

الصفحة

1

11

\*\*\*|

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا  
الدورة الاستثنائية 2022  
- معاصر الإجابة -

TTTTTTTTTT-TT

RR 45

المملكة المغربية  
وزارة التربية الوطنية  
والتعليم الأولي والرياضة  
المركز الوصفي للتقدير والامتحانات



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

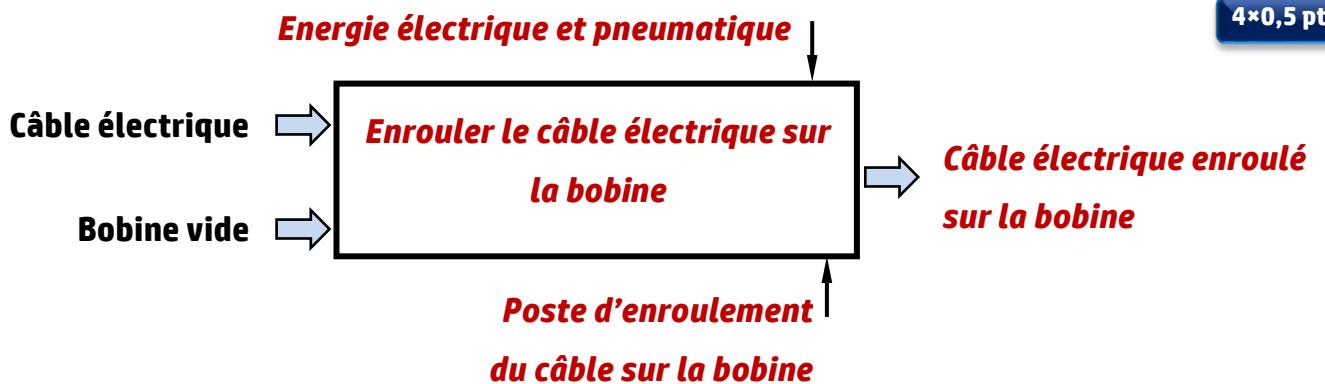
# ELEMENTS DE REPONSES

## DOCUMENTS REPONSES (DREP)

## **Situation d'évaluation n°1 :**

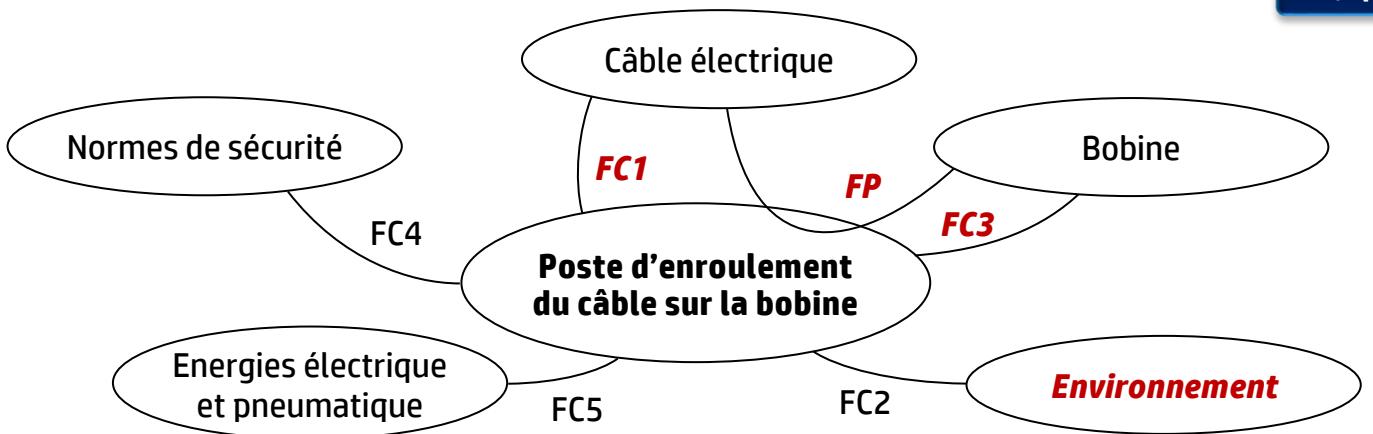
### **Tâche 11 : Analyse fonctionnelle du poste d'enroulement du câble électrique sur la bobine.**

- a. Compléter l'actigramme suivant en se référant à la présentation du support (page 2/18) : /2 pts



- b. Compléter le diagramme des interactions et la liste des fonctions de services ci-dessous : /3 pts

## Diagramme des interactions :



## Fonctions de service :

**FP** : Enrouler le câble électrique sur la bobine ;

**FC3** : Assurer le chargement/déchargement de la bobine ;

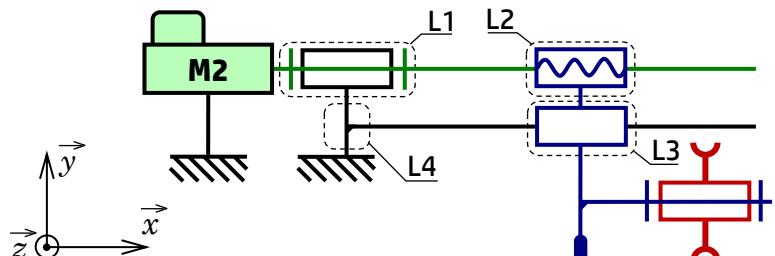
**FC1** : S'adapter à la tension et à la vitesse de défilement du câble électrique ;

## **FC4 : Respecter les normes de sécurité.**

#### **FC2 : Respecter l'environnement ;**

**FC5 : Etre alimenté en énergie électrique et pneumatique.**

c. Compléter le tableau de la page 7/11 en se référant au schéma cinématique du mécanisme de répartition du câble sur la bobine suivant : **/3 pts**



Repère de la liaison	Nom de la liaison	Degré(s) de liberté	Cocher les cases convenables						
			Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz	Conjugués
L1	<b>Pivot</b>	<b>1</b>				<input checked="" type="checkbox"/>			
L2	<b>Hélicoïdale</b>	<b>1</b>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
L3	<b>Glissière</b>	<b>1</b>	<input checked="" type="checkbox"/>						
L4	<b>Encastrement</b>	<b>0</b>							

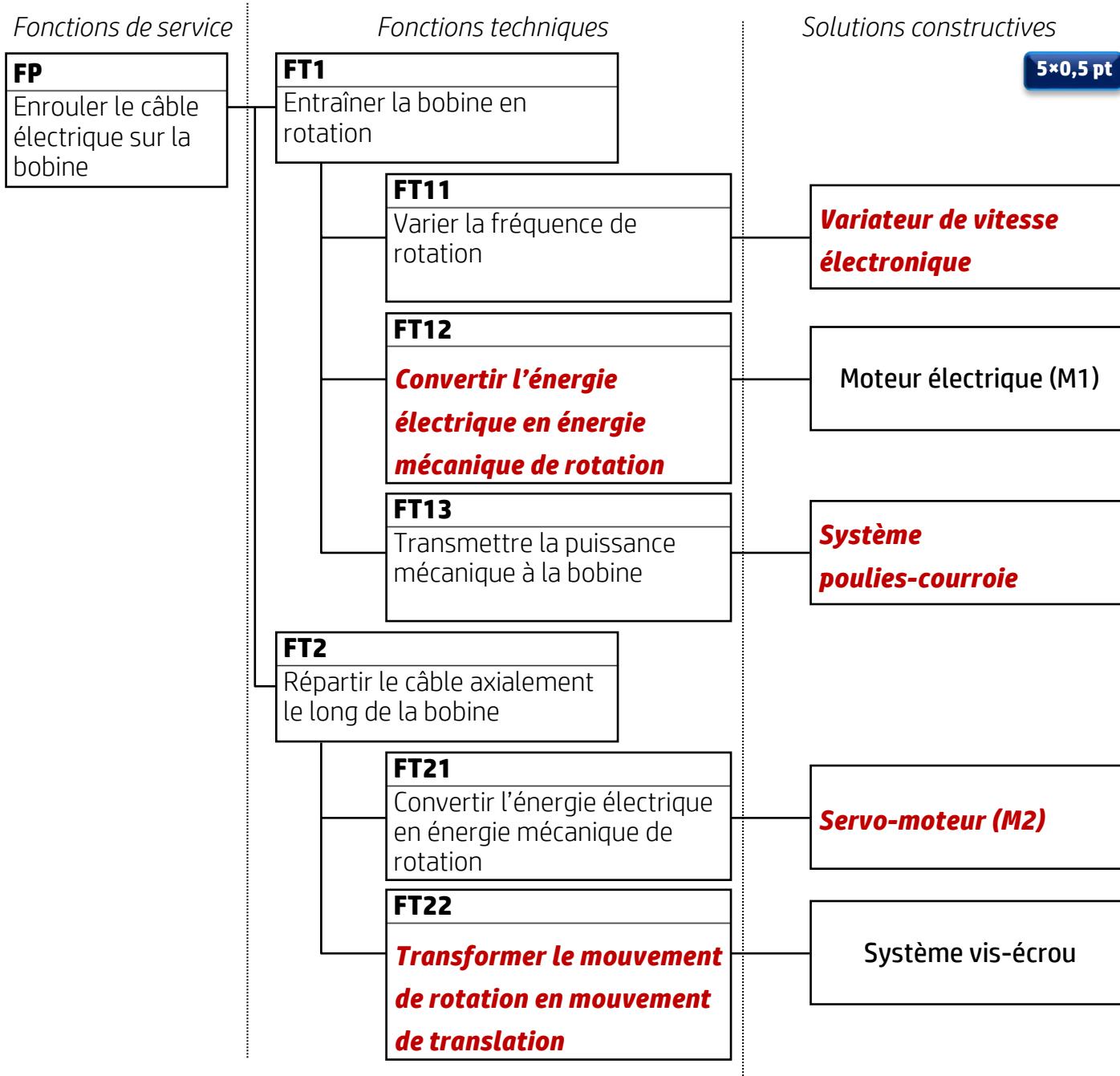
4×0,25 pt

4×0,25 pt

4×0,25 pt

- d. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction FP (voir la représentation schématique des trois mécanismes page 3/18) :

/2,5 pts



## Tâche 12 : Asservissement de la vitesse de rotation de la bobine.

- a. Quel est le rôle du capteur suiveur du diamètre d'enroulement ?

/0,5 pt

**Acquérir la valeur du diamètre d'enroulement à chaque instant.**

- b. Quel est l'élément qui permet de comparer la consigne de vitesse  $U_c$  et l'image  $U_r$  de la vitesse réelle  $N_{M1}$  du moteur asynchrone triphasé  $M1$  ?

/0,5 pt

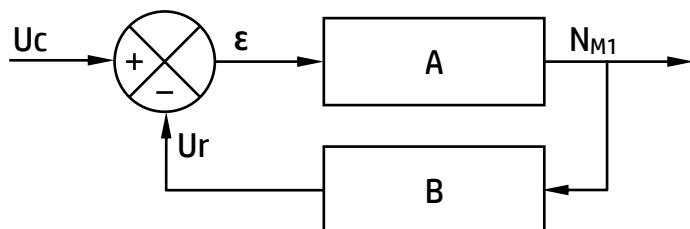
**Le comparateur.**

- c. Exprimer l'écart  $\epsilon$ .

/0,5 pt

$$\epsilon = U_c - U_r$$

- d. Pour calculer les fonctions de transfert en boucle ouverte **FTBO** et en boucle fermée **FTBF**, utilisez le schéma de la figure suivante :



- d1. Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte **FTBO**.

/0,5 pt

$$FTBO: H(p) = A \cdot B$$

- d2. Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée  $FTBF = Di/Uc$ .

/0,5 pt

$$FTBF = \frac{Di}{Uc} ; H(p) = \frac{A}{1 + A \cdot B}$$

## Tâche 13 : Montage partiel de la poulie guide-câble 31 sur l'arbre 34.

- a. Compléter le dessin du trou taraudé et de la vis de fixation CHc M6×16 (tige complètement filetée).

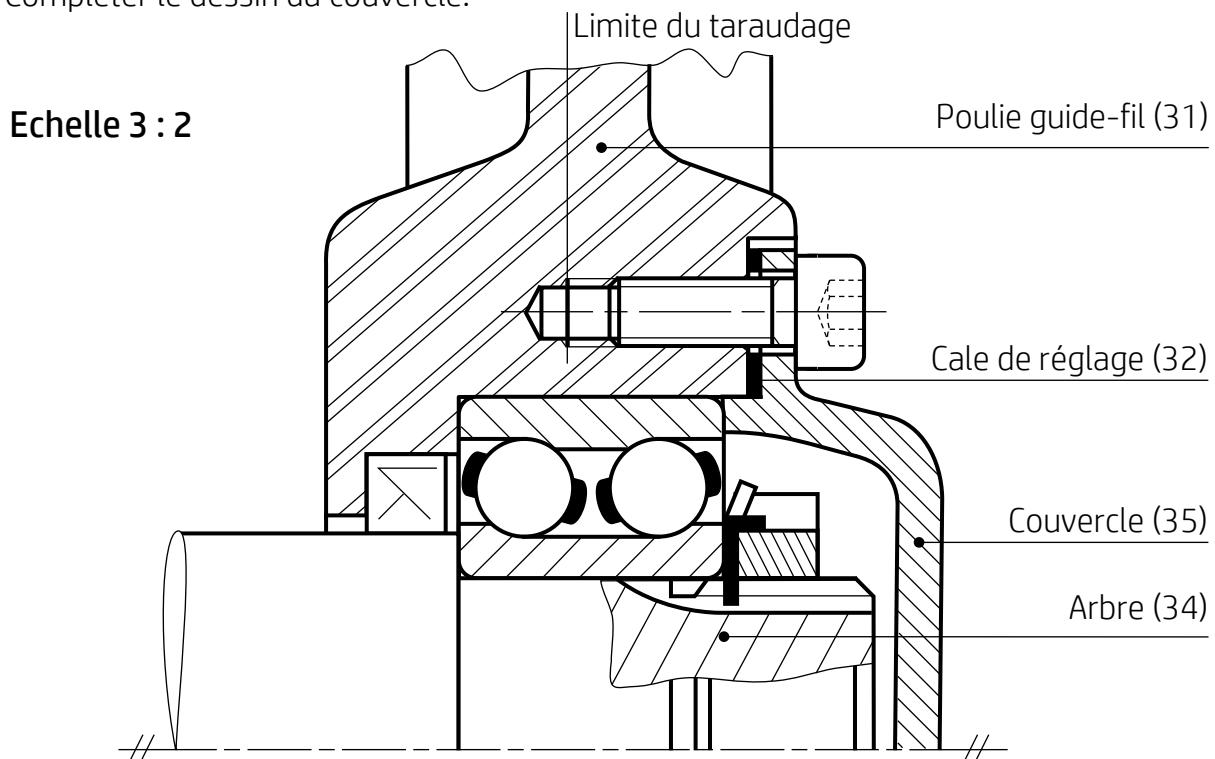
/2 pts

- b. Mettre en place la cale de réglage d'une épaisseur d'environ 1.

/0,5 pt

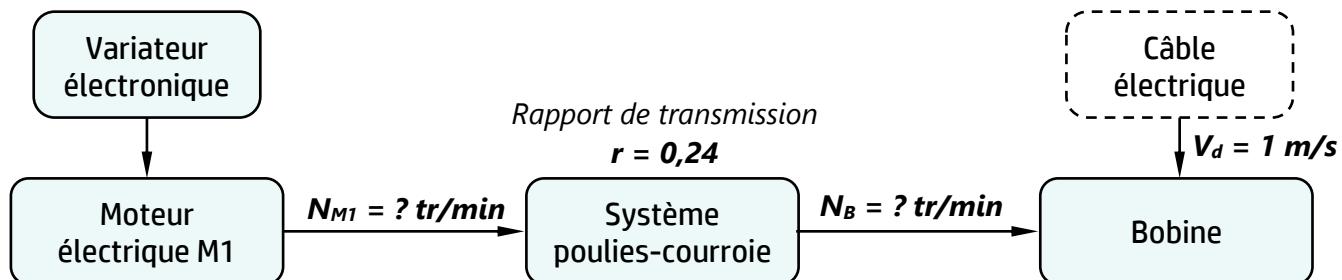
- c. Compléter le dessin du couvercle.

/1 pt



## Situation d'évaluation n°2 :

**Tâche 21 :** Comportement cinématique du mécanisme d'entraînement de la bobine.



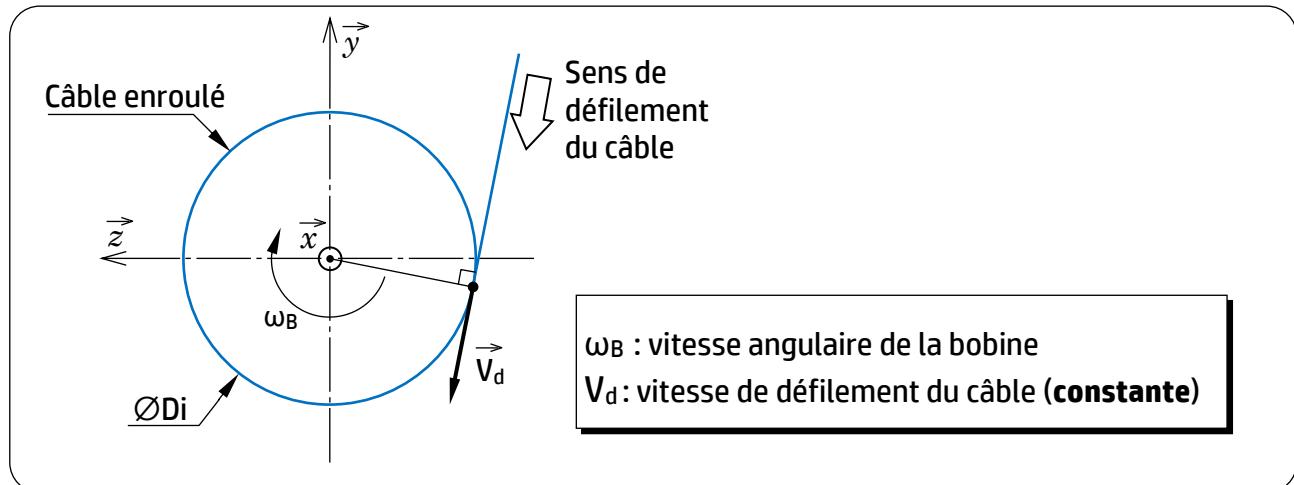
- a. Calculer, d'après la modélisation ci-dessous, la vitesse angulaire  $\omega_B$  (rad/s) de la bobine à un instant donné et en déduire sa fréquence de rotation  $N_B$  (tr/min).

On donne : Diamètre instantané d'enroulement  $D_i = 397,88$  mm.

/1,5 pt

$$V_d = \omega_B \cdot \frac{D_i}{2} \Rightarrow \omega_B = \frac{2 \cdot V_d}{D_i}; \text{A.N.: } \omega_B = \frac{2 \times 1 \times 10^3}{397,88} = 5,026 \text{ rd/s}$$
Formule 0,5 pt ; A.N. 0,25 pt

$$\omega_B = \frac{\pi \cdot N_B}{30} \Rightarrow N_B = \frac{30 \cdot \omega_B}{\pi}; \text{A.N.: } N_B = \frac{30 \times 5,026}{3,14} = 48 \text{ tr/min}$$
Formule 0,5 pt ; A.N. 0,25 pt



- b. Déterminer la fréquence de rotation  $N_{M1}$  (tr/min) du moteur M1 :

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

/1 pt

$$r = \frac{N_B}{N_{M1}} \Rightarrow N_{M1} = \frac{N_B}{r}; \text{A.N.: } N_{M1} = \frac{48}{0,24} = 200 \text{ tr/min}$$

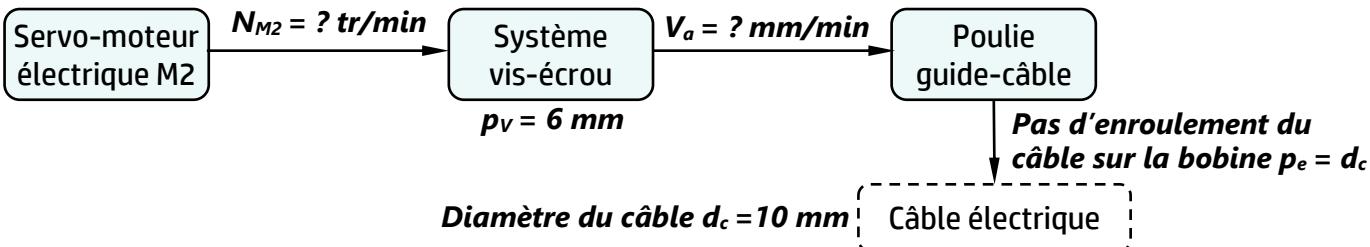
- c. Conclure à propos de la variation de la fréquence de rotation  $N_{M1}$  du moteur M1 lorsque le diamètre d'enroulement  $D_i$  augmente (de  $D_0$  à  $D_f$ ) au fur et à mesure que le câble s'enroule sur la bobine (DRES page 15/18) sachant qu'on peut exprimer la fréquence de rotation comme suit :

$$N_{M1} = \frac{k}{D_i} \text{ avec } k \text{ constante.}$$

/1 pt

**k est une constante, lorsque  $D_i$  augmente  $N_{M1}$  diminue.**

## Tâche 22 : Comportement cinématique du mécanisme de répartition du câble sur la bobine.



- a. Montrer que la vitesse de déplacement axial alternatif de la poulie guide-câble le long de la bobine est  $V_a = 480 \text{ mm/min}$  sachant que cette poulie se déplace d'un pas  $p_e$  pour un tour de la bobine. Prendre  $N_B = 48 \text{ tr/min}$ . /1,5 pt

$$V_a = p_e \cdot N_B ; \text{A.N. : } V_a = 10 \times 48 = 480 \text{ mm/min}$$

- b. Calculer la fréquence de rotation  $N_{M2}$  (tr/min) du Servo-moteur M2. Rappelons que  $p_v = 6 \text{ mm}$ . /1,5 pt

$$V_a = p_v \cdot N_{M2} \Rightarrow N_{M2} = \frac{V_a}{p_v} ; \text{A.N. : } N_{M2} = \frac{480}{6} = 80 \text{ tr/min}$$

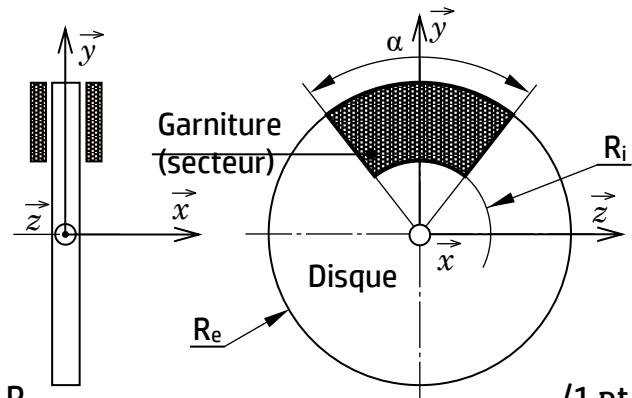
- c. Montrer que la relation entre la fréquence de rotation  $N_{M2}$  du moteur M2 et la fréquence de rotation  $N_{M1}$  du moteur M1 (calculée en question b page 8/18) est  $N_{M2} = r \frac{p_e}{p_v} N_{M1}$  /2 pts

$$V_a = p_v \cdot N_{M2} = p_e \cdot N_B \Rightarrow N_{M2} = \frac{p_e}{p_v} N_B \quad \textcircled{1} \quad \text{or} \quad r = \frac{N_B}{N_{M1}} \Rightarrow N_B = r \cdot N_{M1} \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \text{ et } \textcircled{2} \Rightarrow N_{M2} = r \frac{p_e}{p_v} N_{M1}$$

## Tâche 23 : Validation du couple de freinage.

Données vérin	Pression d'alimentation du vérin $P_a = 5 \text{ bar} = 0,5 \text{ N/mm}^2$ Diamètre du piston $d_p = 90 \text{ mm}$
Données freinage	Nombre de contacts $n = 2$ Coefficient de frottement $f = 0,45$ Rayon extérieur $R_e = 125 \text{ mm}$ Rayon intérieur $R_i = 75 \text{ mm}$



- a. Calculer l'effort presseur  $F_p$  engendré par la pression  $P_a$ . /1 pt

$$F_p = P_a \cdot \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} ; \text{A.N. : } F_p = 0,5 \times \frac{\pi \cdot 90^2}{4} = 3180,86 \text{ N}$$

- b. Pour simplifier le calcul du couple de freinage, on procède en deux étapes :

- b1. Calculer le couple de freinage  $C_f$  (N·m) pour une couronne de garniture (cas où  $\alpha = 360^\circ$ ). /1,5 pt

$$\textcircled{1} \quad C_f = n \cdot f \cdot F_p \cdot \frac{R_e + R_i}{2} ; \text{A.N. : } C_f = 2 \times 0,45 \times 3180,86 \times \frac{125 + 75}{2} \times 10^{-3} = 286,27 \text{ N} \cdot \text{m}$$

OU BIEN

$$\textcircled{2} \quad C_f = \frac{2}{3} \cdot n \cdot f \cdot F_p \cdot \frac{R_e^3 - R_i^3}{R_e^2 - R_i^2} \Rightarrow C_f = \frac{2}{3} \cdot 2 \times 0,45 \times 3180,86 \times \frac{1531250}{10000} \times 10^{-3} = 292,24 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- b2. Calculer le couple de freinage  $C_{fs}$  (N·m) pour un secteur (cas étudié, figure ci-dessus) d'angle au sommet  $\alpha = 60^\circ$  sachant que  $C_{fs} = C_f \frac{\alpha}{360}$ . /1 pt

$$C_{fs} = C_f \frac{\alpha}{360} ; \text{A.N. : } \textcircled{1} \quad C_{fs} = 47,7 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{OU BIEN} \quad \textcircled{2} \quad C_{fs} = 48,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

c. Comparer  $C_{fs}$  avec les exigences du cahier des charges fonctionnel et conclure. /1 pt

**$C_{fs}$  est compris entre 40 N·m et 50 N·m donc il est conforme aux exigences du CdCF.**

**Tâche 24 :** Comportement mécanique du support de la bobine (voir modélisation ci-dessous).

a. Déterminer la réaction  $R_C$  au point C: /1,5 pt

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R}_C + \vec{B} + \vec{A} = \vec{0}; \text{Proj/Oy: } R_C - B - A = 0 \Rightarrow R_C = B + A$$

$$\text{A.N.: } R_C = 1000 + 1000 = 2000 \text{ N}$$

b. Déterminer le moment d'encastrement  $M_C$  au point C: /1,5 pt

$$\sum \vec{M}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_{/c} \vec{R}_C + \vec{M}_{/c} \vec{B} + \vec{M}_{/c} \vec{A} + \vec{M}_C = \vec{0}; \text{Proj/Oz: } b \cdot B + (a+b) \cdot A + M_C = 0$$

$$M_C = -b \cdot (-B) - (a+b) \cdot (-A); \text{ A.N.: } M_C = 0,2 \times 1000 + 0,7 \times 1000 = 900 \text{ N} \cdot \text{m}$$

c. Ecrire les expressions de l'effort tranchant  $T_y$  le long de la poutre AC: /1,5 pt

Pour la suite des calculs, prendre :  $R_C = 2000 \text{ N}$  et  $M_C = 900 \text{ N} \cdot \text{m}$

Zone AB :  $T_y = -(-A) = A$  ..... A.N. :  $T_y (\text{AB}) = 1000 \text{ N}$

.....

Zone BC :  $T_y = -(-A - B) = A + B$  ..... A.N. :  $T_y (\text{BC}) = 2000 \text{ N}$  .....

d. Exprimer et calculer le moment fléchissant  $M_{fz}$  le long de la poutre AC: /1,75 pt

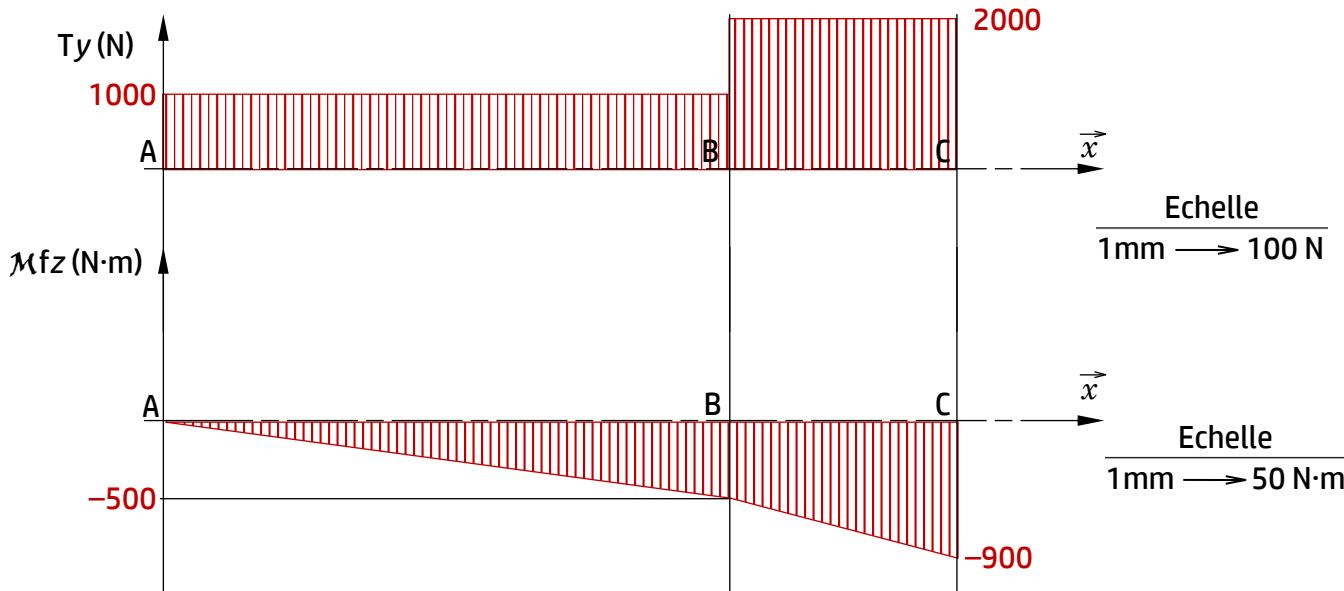
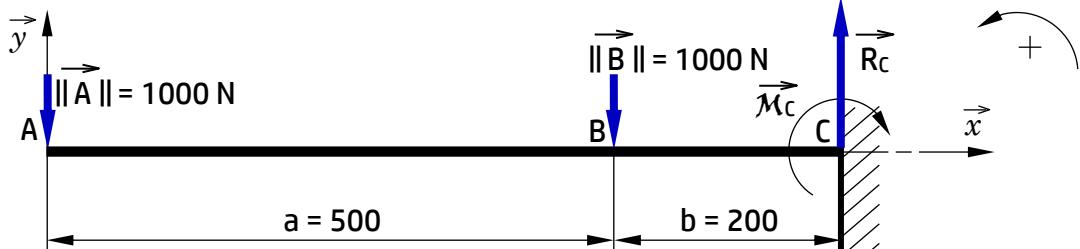
Zone AB :  $M_{fz} = -(A \cdot x) = -1000 \cdot x$  ..... A.N. :  $M_{fz} (\text{A}) = 0 \text{ N}$  .....

.....

Zone BC :  $M_{fz} = -(A \cdot x + B \cdot (x - a))$  ..... A.N. :  $M_{fz} (\text{B}) = -500 \text{ N} \cdot \text{m}$  .....

$= -(A + B) \cdot x + a \cdot B = -2000 \cdot x + 500$  ..... A.N. :  $M_{fz} (\text{C}) = -900 \text{ N} \cdot \text{m}$  .....

e. Tracer les diagrammes de l'effort tranchant et du moment fléchissant le long de la poutre AC. /2 pts



f. Déduire la section dangereuse (la plus sollicitée) de la poutre.

/0,5 pt

**La section dangereuse se situe au point C.**

g. Vérifier la condition de résistance et conclure.

/1,25 pt

On donne : Résistance à la limite d'élasticité  $R_e = 275 \text{ N/mm}^2$  ;

Coefficient de sécurité  $s = 3$  ;

Module de flexion  $I_{GZ}/v = 10,5 \times 10^3 \text{ mm}^3$ .

$$\sigma_{max} = \frac{M f z}{I_{GZ}} \leq \frac{R_e}{s} ; A.N. : \frac{900 \times 10^3}{10,5 \times 10^3} \leq \frac{275}{3} \Rightarrow 85,71 \leq 91,66$$

**La condition de résistance est satisfaite**

## Situation d'évaluation n°3 :

**Tâche 31 :** Lecture du dessin de définition et interprétation des spécifications incluses.

a. Expliquer la désignation du matériau de la poulie guide-câble (Al Cu 4 Mg Si).

0,5 pt

0,5 pt

0,25 pt

0,25 pt

/1,5 pt

**Alliage d'aluminium contenant 4% de cuivre et des traces de magnésium et de silicium.**

b. Compléter le tableau suivant en :

/3 pts

- indiquant le nom du procédé d'obtention du brut de la poulie guide-câble ;
- cochant les caractéristiques convenables de la matière d'œuvre entrante.

4x0,75 pt

Nom du procédé	Caractéristiques de la matière d'œuvre entrante		
	Etat	Forme	Technique de mise en forme
<b>Matriçage</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Solide	<input type="checkbox"/> Fluide	<input type="checkbox"/> Compactage
	<input type="checkbox"/> Liquide	<input type="checkbox"/> Flan	<input checked="" type="checkbox"/> Formage
	<input type="checkbox"/> Poudre	<input checked="" type="checkbox"/> Lopin	<input type="checkbox"/> Fusion

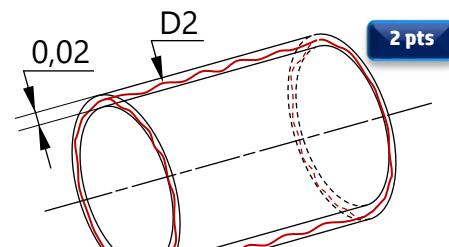
c. Interpréter la spécification géométrique  $D_2 \text{ Ø } 0,02$  et faire un schéma explicatif.

/4 pts

**Il s'agit d'une spécification de cylindricité : Le cylindre**

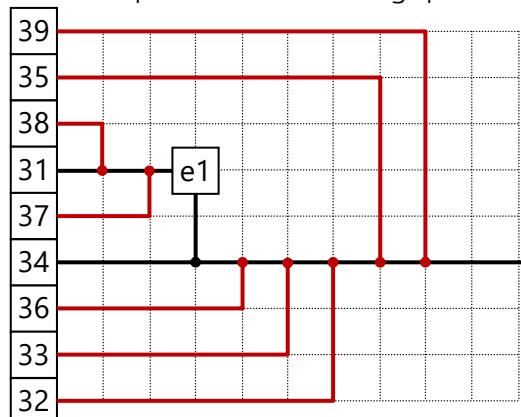
***D2 doit être compris entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent d'une valeur de 0,02 mm.***

2 pts



d. Compléter le graphe de montage visant la mise en place de la poulie guide-câble sur le bout d'arbre 34 (voir DRES page 16/18) en respectant l'ordre logique de mise en place des composants.

/3,5 pts



7x0,5 pt

### Tâche 32 : Validation du choix de la machine et étude de la mise et le maintien en position isostatique.

L'ébauche de la phase 10 se fera selon les conditions suivantes :  $V_c = 100 \text{ m/min}$  ;  $a = 2 \text{ mm}$  ;  $f = 0,1 \text{ mm/tr}$ . En se référant au dessin de définition de la poulie guide-câble et à l'avant-projet d'étude de fabrication (DRES pages 17/18 et 18/18), répondre aux questions suivantes :

- a. Calculer l'effort de coupe  $F_c$  (N) et en déduire la puissance de coupe correspondante  $P_c$  (kW). /2 pts

$$F_c = K_c \cdot a \cdot f \quad ; \quad A.N. F_c = 1800 \times 2 \times 0,1 = 360 \text{ N} \quad \text{Formule 0,5 pt ; A.N. 0,5 pt}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \quad ; \quad A.N. P_c = \frac{360 \times 100 \times 10^{-3}}{60} = 0,6 \text{ kW} \quad \text{Formule 0,5 pt ; A.N. 0,5 pt}$$

- b. Comparer la puissance de coupe avec la puissance  $P_{c\max}$  fournie par le moteur de la machine et conclure s'il est capable d'effectuer cet usinage. On donne :

Puissance du moteur de la machine  $P_M = 3 \text{ kW}$  ; Rendement de la machine  $\eta = 0,82$ . /1,5 pt

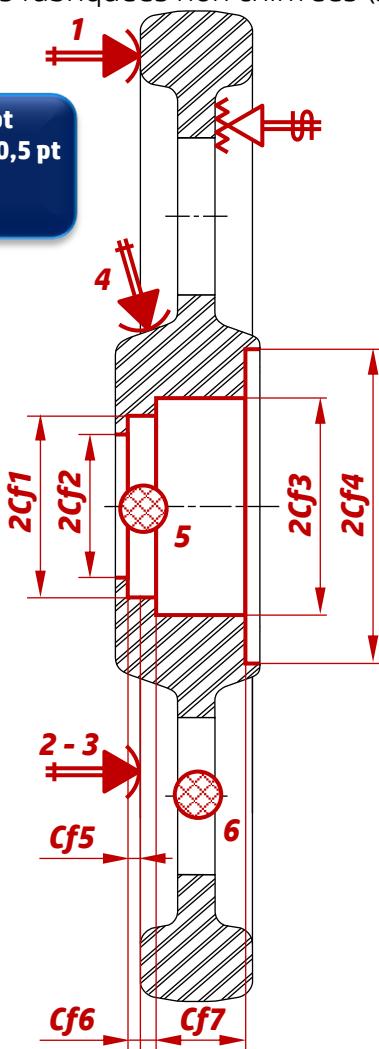
$$\eta = \frac{P_{c\max}}{P_M} \Rightarrow P_{c\max} = \eta \cdot P_M \quad ; \quad A.N. P_{c\max} = 0,82 \times 3 = 2,46 \text{ kW} > 0,6 \text{ kW}$$

**Le moteur de la machine est capable d'effectuer cet usinage.**

- c. Placer sur le croquis de la phase 10 de la poulie guide-câble (ci-dessous) : /6 pts

- Les surfaces usinées en trait fort. 0,5 pt
- Les symboles de mise et de maintien en position isostatique de 2<sup>ème</sup> norme (technologiques) sachant qu'on prévoit d'appliquer un serrage sur le brut B2 à l'aide de trois brides à contact strié.
- Les cotes fabriquées non chiffrées (se limiter aux spécifications dimensionnelles). 7x0,5 pt

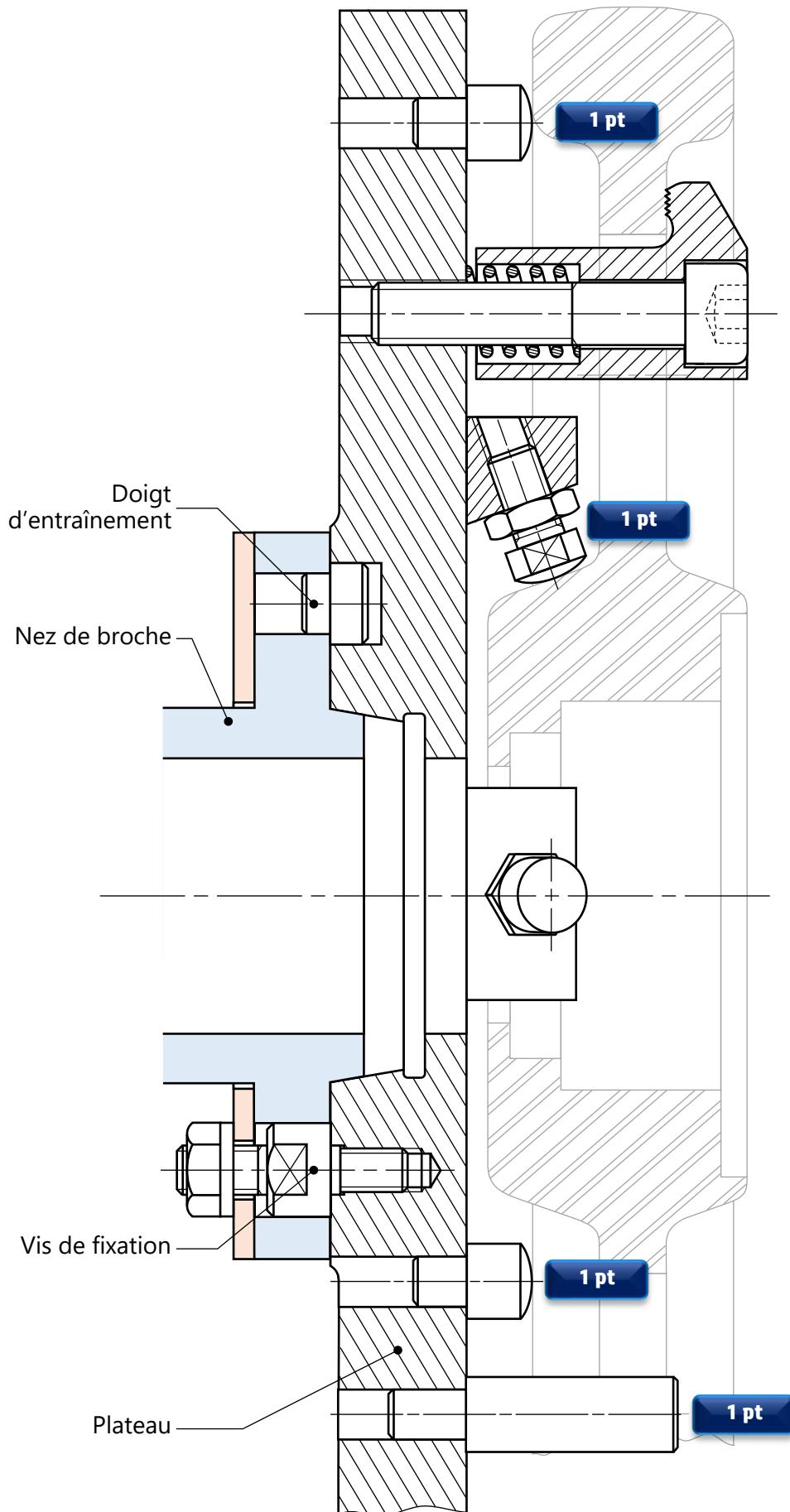
Appui plan : 0,5 pt  
Centrage court : 0,5 pt  
Butée : 0,5 pt  
Serrage : 0,5 pt



- d. Cocher le nom de l'outil utilisé pour usiner les surfaces indiquées en ébauche : /1 pt

- Outil à aléser
- Outil à aléser et dresser
- Outil à dresser d'angle

- e. Compléter le montage d'usinage du guide-câble relatif à la phase 10 par les éléments de mise en position isostatique (DRES page 18/18). /4 pts



### Tâche 33 : Vérification de la possibilité de fabriquer le premier lot avec les plaquettes disponibles.

Données : Vitesse d'avance  $V_f = 51 \text{ mm/min}$  ; Vitesse de coupe  $V_c = 100 \text{ m/min}$ .

Coefficients de Taylor :  $C_v = 4,78 \times 10^6$ ,  $n = -2,8$  ; Nombre de pièces du premier lot : 200

- a. Calculer la durée de vie de l'outil  $T$  (en min) pour la vitesse de coupe retenue et vérifier que la longueur usinée par une arête de l'outil pendant sa durée de vie est  $Lu = 616,8 \text{ mm}$ . /2 pts

$$T = C_v \cdot V_c^n \quad ; \quad A.N. \quad T = 4,78 \times 10^6 \times 100^{-2,8} = 12 \text{ min} \quad \text{Formule 0,5 pt ; A.N. 0,5 pt}$$

$$V_f = \frac{Lu}{T} \Rightarrow Lu = V_f \cdot T \quad ; \quad A.N. \quad Lu = 51 \times 12 = 612 \text{ mm} \quad \text{Formule 0,5 pt ; A.N. 0,5 pt}$$

- b. Sachant que la course de l'outil pour usiner une pièce est  $L_c = 41,5 \text{ mm}$ , calculer le nombre  $n_a$  (entier naturel) de pièces fabriquées par une arête de l'outil pendant sa durée de vie et en déduire le nombre d'une plaque (2 arêtes). /1,5 pt

$$n_a = \frac{Lu}{L_c} \quad ; \quad A.N. \quad n_a = \frac{612}{41,5} = 14 \text{ pièces} \Rightarrow n_p = 2 \times n_a = 2 \times 14 = 28 \text{ pièces}$$

- c. Vérifier que 10 plaquettes sont suffisantes pour fabriquer le premier lot de poulies guide-câble. /2 pts

**10 plaquettes permettent d'usiner  $10 \times 14 \times 2 = 280$  pièces > 200 pièces donc elles sont suffisantes pour fabriquer le premier lot.**

### Tâche 34 : Préparation de la fabrication de la poulie guide-câble sur un tour à commande numérique.

- a. Compléter le tableau des coordonnées des points programmés du profil usiné (points 1 à 6) en mode absolu en se référant au dessin de définition (DRES page 17/18) et au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil (DRES page 18/18) : 8×0,25 pt /2 pts

Repère	1	2	3	4	5	6	7
X ( $\emptyset$ )	90	90	61,5	61,5	63,5	47,5	47,5
Z	31,5	25,5	25,5	0	-1	0	31,5

- b. Compléter le programme ISO partiel relatif à la dernière passe de la phase 10 en se référant au tableau des coordonnées des points programmés du profil usiné (ci-dessus), au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil et au tableau des codes ISO (DRES page 18/18).

On donne :  $V_c = 100 \text{ m/min}$  ;  $N = 350 \text{ tr/min}$  ;  $f = 0,1 \text{ mm/tr}$ .

26×0,25 pt /6,5 pts

N10 G40 G00 G90 G80 M05 M09 (1er bloc d'initialisation)

N20 G52 X0 Z0 (2eme bloc d'initialisation)

N30 M06 T02 D02 (Changement Outil en carbures métalliques N° 2)

N40 G97 S350 M08 M03 M42 (Fréquence de rotation sens horaire en tr/min, arrosage)

N50 G41 G96 S100 X90 Z31,5 (Point 1, correction rayon d'outil, Vitesse de coupe m/min)

N60 G01 G95 F0,1 Z25,5 (Point 2, Vitesse d'avance programmée en mm/tr)

N70 X61,5 (Point 3)

N80 Z0..... (Point 4)

N90 X63,5 Z-1..... (Point 5)

N100 X61,5 Z0..... (Retour au point 4)

N110 X47,5 (Point 6)

N120 Z31,5 (Point 7)

N180 G77 N10 N20 (Appel blocs d'initialisation)

N190 M02 (Fin programme)