

الصفحة	1		<p>المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المعنى والتعليم العالي والبحث العلمي</p> <p>المركز الوطني للتقويم والامتحانات</p>
10	<p>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة الاستدراكية 2021 - عناصر الإجابة -</p>		
***I	RR 45		
4h	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك

ÉLÉMENTS DE RÉPONSES

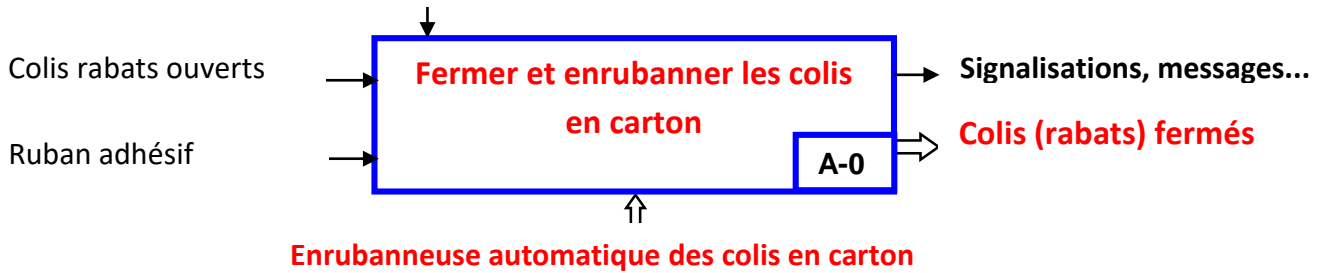
Situation d'évaluation 1

/18,5 pts

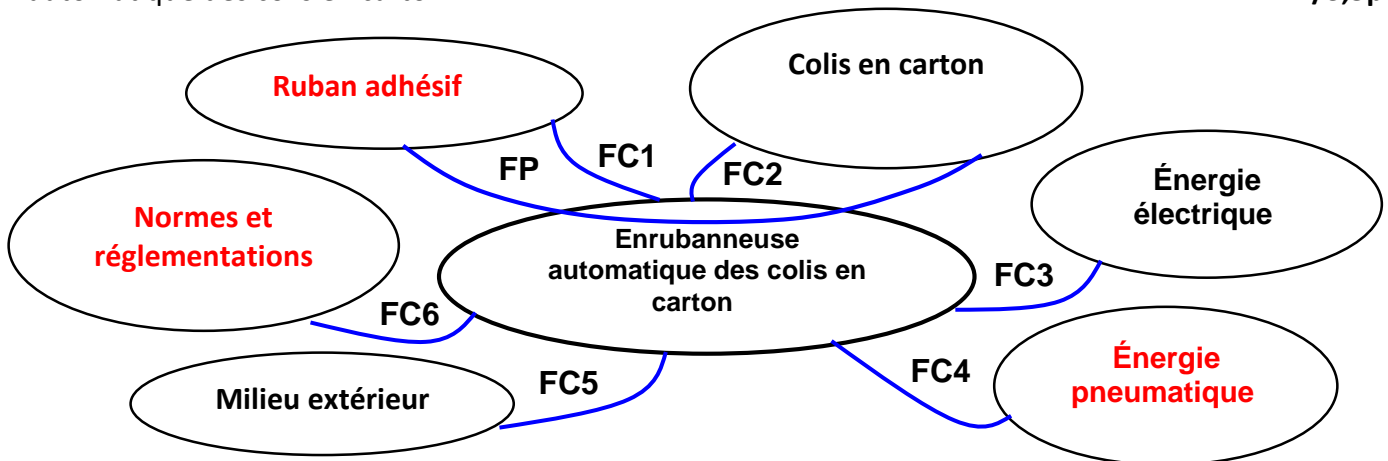
Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle de l'enrubanneuse automatique

- a. Compléter l'actigramme de niveau A-0 de l'enrubanneuse automatique des colis page (2/18) : /1pt

Energies (électrique, pneumatique)

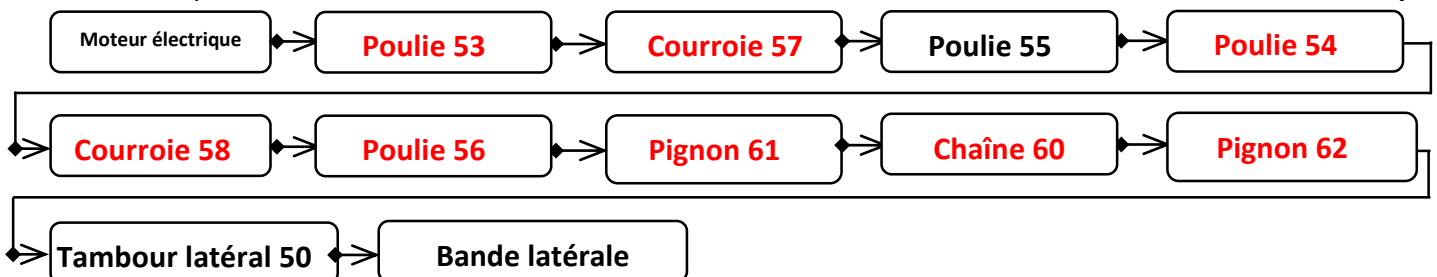


- b. Compléter le diagramme de pieuvre et le tableau des fonctions de service de l'enrubanneuse automatique des colis en carton : /3,5pts



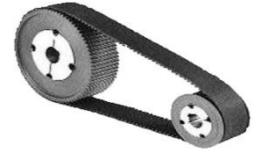
FP	Fermer et enrubanner les colis ouverts en carton
FC1	S'adapter aux rubans adhésifs existants
FC2	S'adapter aux formes et dimensions des colis ouverts en carton
FC3	Être alimentée en énergie électrique
FC4	Être alimentée en énergie pneumatique
FC5	Résister aux milieux extérieurs
FC6	Respecter les normes et les réglementations

- c. Compléter, en se référant à la Fig. 3 page (3/18), le synoptique de la chaîne de transmission de puissance d'un transporteur latéral : /2pts



d. Quel est l'avantage de la transmission de la puissance mécanique de rotation par le système poulies-courroies synchrones (crantées) : /1pt

La transmission par système poulies courroies crantées est assurée par obstacles ; donc il n'y a pas de glissement et par suite le rapport de transmission est constant



e. Compléter le tableau par les noms et les rôles des pièces **DRES** pages (14/18 et 15/18) : /2pts

Pièces	Nom	Rôle
6	<i>Pignon pour chaîne</i>	<i>Participe à la transmission de puissance mécanique de rotation.</i>
8	<i>Roulement à bille à contact radial</i>	<i>Guider en rotation l'axe de pivotement 4 par rapport au châssis 1</i>
13	<i>Clavette parallèle</i>	<i>Transmettre le couple entre l'axe 4 et 6</i>
21	<i>Vis FHC, M8-20</i>	<i>Assurer le maintien en position de la liaison complète entre l'axe de pivotement 4 et le bras centreur 2</i>

Tâche 1.2 : Étude technique du système centreur pneumatique.

a. Compléter, en se référant à la chaîne de transmission Fig. 3 page (3/18), le schéma cinématique minimal du transporteur latéral : 2,5pts

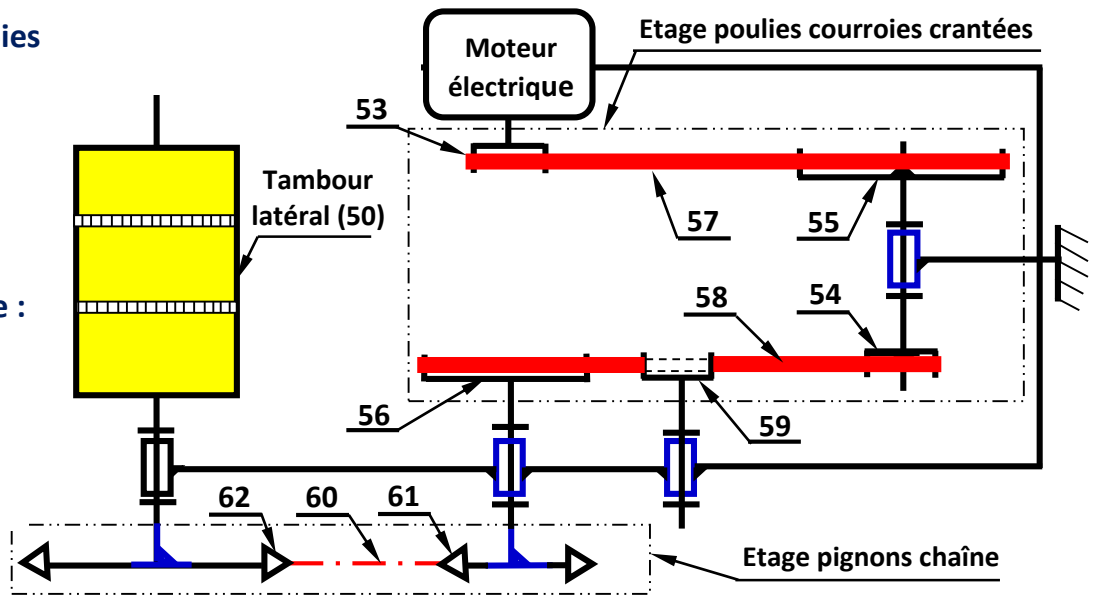
◆ **Etage poulies-courroies crantées :**

- Z₅₃ = 18 dents
- Z₅₅ = 72 dents
- Z₅₄ = 15 dents
- Z₅₆ = 60 dents

◆ **Etage pignons chaîne :**

- Z₆₁ = 16 dents
- Z₆₂ = 48 dents

◆ **Diamètre du tambour latéral d₅₀ = 192 mm**



b. Remplir, en se référant au **DRES** page (14/18), les tableaux suivants par les degrés de liberté (1 ou 0), les noms et les symboles des liaisons indiquées : /1,5pt

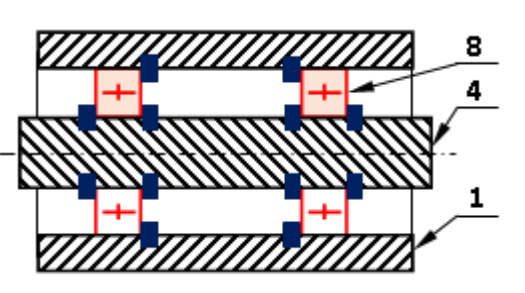
Liaison L4/1			
Tx	0	Rx	1
Ty	0	Ry	0
Tz	0	Rz	0
Nom : Pivot			
Symbole :			

Liaison L6/4			
Tx	0	Rx	0
Ty	0	Ry	0
Tz	0	Rz	0
Nom : Encastrement			
Symbole :			

Liaison L2/4			
Tx	0	Rx	0
Ty	0	Ry	0
Tz	0	Rz	0
Nom : Encastrement			
Symbole :			

c. Compléter le tableau suivant, par **serré** ou **glissant**, pour l'ajustement relatif au montage des roulements 8 ; et ensuite **noircir** les arrêts latéraux correspondant à la solution adoptée **DRES** page (14/18) : /2pts

	Bague intérieure du roulement 8	Bague extérieure du roulement 8
Axe de pivotement 4	Serré	
Châssis (Moyeu 1)		Glissant

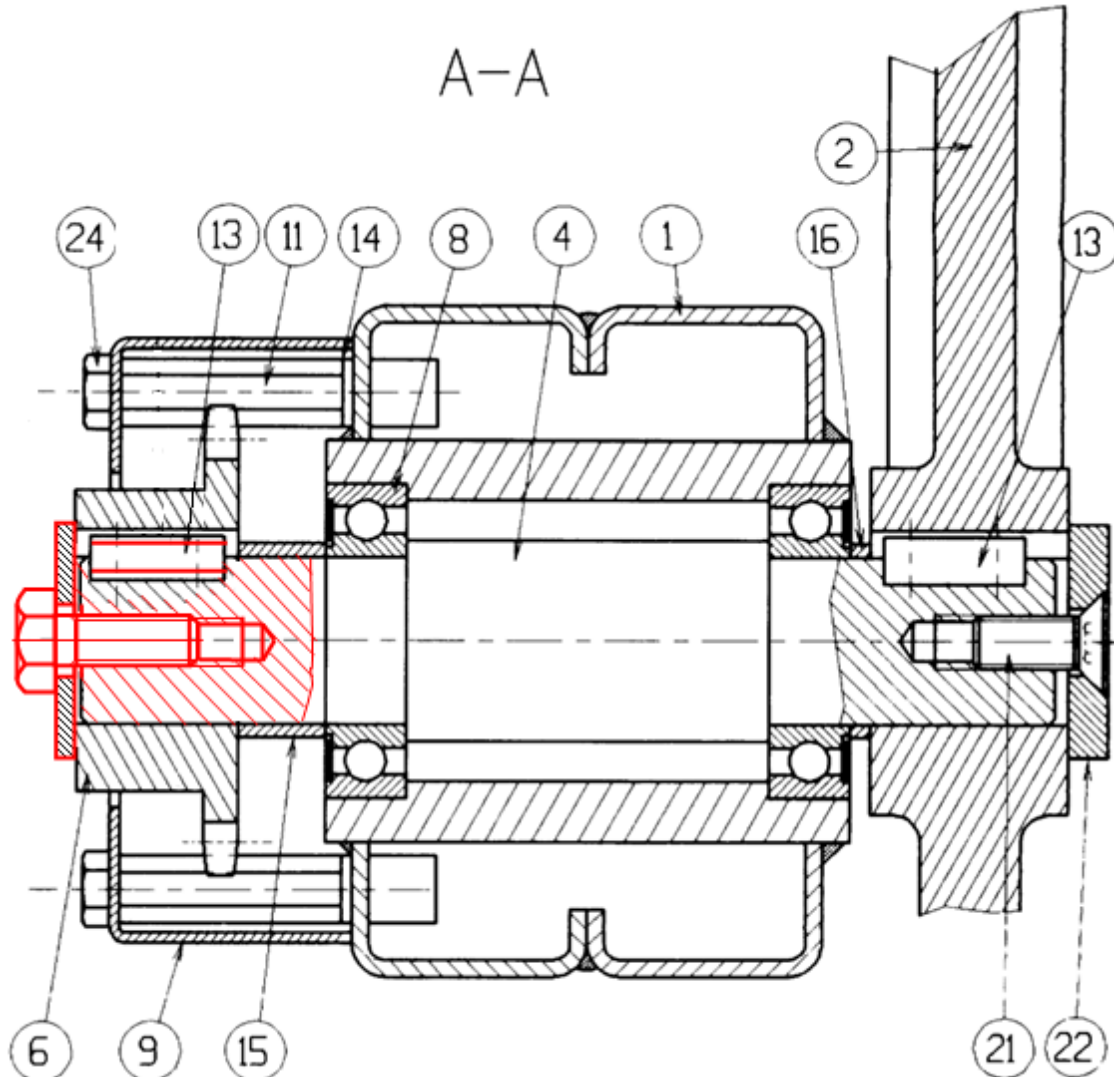


d. Modification de la solution constructive entre le pignon 6 et l'axe de pivotement 4 :

La solution du montage du pignon 6 sur l'axe de pivotement 4 a été jugée inadéquate en raison des fréquences de pannes élevées qu'elle engendre auprès des clients. Le service maintenance avise les concepteurs de modifier cette solution par une conception plus fiable, sans modifier les dimensions des autres pièces. Pour cela, on vous demande de participer à cette mise à niveau, en remplaçant la solution existante **DRES** page (14/18) par une autre.

Représenter la liaison complète entre le pignon 6 et l'axe de pivotement 4 en utilisant la rondelle **plate**, la **clavette parallèle type B** et la **vis H** : /3pts

NB : les dimensions des éléments dessinés ci-dessous sont à l'échelle du dessin (**Respecter ces dimensions**) :



الصفحة	5	RR 45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم والتكنولوجيا: مسلك العلوم والتكنولوجيا الميكانيكية
10			

Situation d'évaluation 2

/19 pts

Tâche 2.1 : Calcul de la masse limite du colis à center

Se référer à la **page 3/18** et aux données du **DRES** page (15/18).

- a. Calculer l'intensité de la force $F_{5/2}$ (en **N**), développée par le vérin 5 sur le bras centreur 2 : /1,5pt

$$\text{on a: } \eta_v = 1, \quad \text{donc } P_v = \frac{F_{5/2}}{S} \Leftrightarrow F_{5/2} = P_v \times S = P_v \times \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F_{5/2} = 6 \times 10^5 \times \frac{\pi \times 32^2 \times 10^{-6}}{4} = 482,54 \text{ N}$$

- b. Calculer, en appliquant la relation d'équilibre du bras centreur 2, $F_{5/2} \times a = F_{C/2} \times b$; la valeur de l'intensité de $F_{C/2}$ (en **N**), appliquée par le colis sur le bras centreur 2 (prendre $F_{5/2} = 480 \text{ N}$) : /1pt

$$\text{On a: } F_{5/2} \times a + 0 + F_{C/2} \times b = 0 \Leftrightarrow F_{5/2} \times a = F_{C/2} \times b$$

$$\text{Par suite: } F_{C/2} = F_{5/2} \times \frac{a}{b} \Leftrightarrow F_{C/2} = 480 \times \frac{132}{330} = 192 \text{ N}$$

- c. Calculer, en projetant l'équation vectorielle de l'équilibre strict du colis sur l'axe \vec{x} , l'effort tangentiel $T_{R/C}$ (en **N**); en déduire l'intensité de l'effort normal $N_{R/C}$ (en **N**): (On donne : $\text{tg}\phi = f = \frac{T_{R/C}}{N_{R/C}}$) /2pts

$$F_{2/C} - T_{R/C} = 0 \Leftrightarrow F_{2/C} = T_{R/C} = 192 \text{ N}$$

$$\text{on a: } f = \frac{T_{R/C}}{N_{R/C}} \Leftrightarrow N_{R/C} = \frac{T_{R/C}}{f} = \frac{192}{0,48} = 400 \text{ N}$$

- d. Calculer, en projetant l'équation vectorielle de l'équilibre strict du colis sur l'axe \vec{y} , le poids du colis P (en **N**) et en déduire la valeur limite de sa masse M (en **kg**): /1pt

$$N_{R/C} - P = 0 \Leftrightarrow P = N_{R/C} = 400 \text{ N}$$

$$\text{on a: } P = M \times g \Leftrightarrow M = \frac{P}{g} = \frac{400}{10} = 40 \text{ kg}$$

Tâche 2.2 : Choix du moteur électrique optimal d'un transporteur latéral.

Se référer à la **Fig. 3** page (3/18) et aux **DRES** pages (15/18 et 16/18).

- a. Calculer l'effort tangentiel F_t (en **N**), appliqué par le tambour latéral sur la bande latérale, capable de déplacer le colis. /1pt

$$\text{On a: } C_u = F_t \times \frac{d_{50}}{2} \Leftrightarrow F_t = \frac{2 \times C_u}{d_{50}} = \frac{2 \times 100}{192 \times 10^{-3}} = 1041,66 \text{ N}$$

- b. Déterminer, en prenant $F_t = 1042 \text{ N}$, la puissance utile P_u (en **Watt**), générée au niveau du tambour latéral 50, capable de déplacer le colis à la vitesse V_{bande} : /1pt

$$P_u = F_t \times V_{Bande} = 1042 \times 0,35 = 364,7 \text{ W}$$

- c. Calculer la vitesse de rotation ω_{50} (en **rad/s**) du tambour latéral 50, sachant que son diamètre $d_{50} = 192 \text{ mm}$, et en déduire sa fréquence de rotation N_{50} (en **tr/min**): /1,5pt

$$\text{On a: } V_{Bande} = \omega_{50} \times \frac{d_{50}}{2} \Leftrightarrow \omega_{50} = \frac{2 \times V_{Bande}}{d_{50}} = \frac{2 \times 0,35}{192 \times 10^{-3}} = 3,645 \text{ rad/s}$$

$$\text{On a: } \omega_{50} = \frac{2 \cdot \pi \times N_{50}}{60} \Leftrightarrow N_{50} = \frac{60 \cdot \omega_{50}}{2\pi} = \frac{60 \times 3,645}{2\pi} = 34,81 \text{ tr/min}$$

الصفحة	RR 45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2021 - عناصر الإجابة	
10	6	- مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	

- d. Déterminer, en utilisant les données du synoptique de la chaîne de transmission de puissance mécanique, le rapport de transmission $K = \frac{N_{50}}{N_M}$ et en déduire la fréquence de rotation N_M (en **tr/min**) de l'arbre moteur :

$$k = \frac{N_{50}}{N_M} = \frac{Z_{53} \times Z_{54}}{Z_{55} \times Z_{56}} \times \frac{Z_{61}}{Z_{62}} = \frac{18 \times 15}{72 \times 60} \times \frac{16}{48} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{48} = 0,02$$

$$N_M = \frac{N_{50}}{k} = 48 \times 34,81 = 1671 \text{ tr/min}$$

- e. Calculer le rendement global η_g de la chaîne de transmission de la puissance et déduire, en prenant $P_u = 365 \text{ W}$, la puissance mécanique P_M (en **kW**) du moteur :

$$\eta_g = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,95 \times 0,9 = 0,855$$

$$\eta_g = \frac{P_u}{P_M} \Leftrightarrow P_M = \frac{P_u}{\eta_g} = \frac{365}{0,855} = 426,9 \text{ W} = 0,426 \text{ kW}$$

- f. Compléter le tableau suivant, en se référant au **DRES** page (16/18), par les caractéristiques du moteur électrique optimal :

Type du moteur	Puissance P_M (en kW)	Fréquence de rotation (en tr/min)
71 L/4	0,43	1680

Tâche 2.3 : Vérification de la résistance à la déformation de l'axe de pivotement 4.

Se référer à la **Fig. 3** page (3/18) et **DRES** page (16/18)

- a. Calculer le moment de torsion M_t (en **N.m**) résultant de la force $F_{C/2}$ par rapport à l'axe de pivotement (4) :

$$\text{on a : } M_t = F_{C/2} \times b \Leftrightarrow M_t = 192 \times 330 \times 10^{-3} = 63,36 \text{ N.m}$$

- b. Écrire, en tenant compte du coefficient k_t , l'expression littérale de la condition de résistance à la torsion dans une section droite de l'axe de pivotement (4) :

La condition de résistance à la torsion dans une section droite de l'axe de pivotement (4) est :

$$\tau_{Max} = \frac{k_t \cdot M_t}{I_o} = \frac{32 \cdot k_t \cdot M_t}{\pi \times d^4} \cdot \frac{d}{2} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

- c. Déterminer le diamètre minimal d (en **mm**) de l'axe de pivotement (4), (prendre $M_t = 64 \text{ N.m}$) : /2,5pts

$$\text{on a : } \tau_{Max} = \frac{k_t \cdot M_t}{I_o} = \frac{32 \cdot k_t \cdot M_t}{\pi \times d^4} \cdot \frac{d}{2} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

$$\Leftrightarrow d \geq \left(\frac{16 \times s \times k_t \times M_t}{\pi \times R_{eg}} \right)^{1/3} \text{ d'ou } d \geq \left(\frac{16 \times 3,5 \times 2 \times 64 \times 10^3}{\pi \times 170} \right)^{1/3} = 23,76 \text{ mm}$$

- d. Calculer l'angle unitaire de torsion θ (en **rad/mm**), en prenant $d_4 = 24 \text{ mm}$ et sachant que le module d'élasticité transversal de l'arbre est $G = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$:

$$M_t = G \times \theta \times I_o \Leftrightarrow \theta = \frac{M_t}{G \times I_o} \quad \text{avec } I_o = \frac{\pi \times d_4^4}{32} = \frac{\pi \times 24^4}{32} = 32572,03 \text{ mm}^4$$

$$\theta = \frac{64 \times 10^3}{8 \cdot 10^4 \times 32572,03} = 2,45 \times 10^{-5} ; \quad \theta = 2,45 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

- e. Vérifier la condition de rigidité à la torsion de l'axe de pivotement (4) et conclure :

$$\theta = 2,45 \times 10^{-5} \text{ rad/mm} \leq \theta_{limite} = 2,75 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

Donc la déformation dans l'axe de pivotement (4) respecte la condition de rigidité.

Situation d'évaluation 3

/42 pts

Tâche 3.1 : Se référer au DRES page (17/18)

a. Compléter le tableau suivant relatif à la désignation du matériau de l'axe de pivotement 4 : /2pts

	Type d'acier	% de carbone	% de chrome
41 Cr 4	Acier faiblement allié	0,41	1

b. Compléter le tableau suivant relatif à la spécification géométrique proposée : /2pts

	Nom de la spécification	Type de la spécification	Interprétation				
<table border="1"> <tr> <td>D2</td> <td>⊥</td> <td>∅0,08</td> <td>F2</td> </tr> </table>	D2	⊥	∅0,08	F2	Perpendicularité	Orientation	L'axe de la surface de tolérance D2 doit être situé dans une zone cylindrique de ∅ 0,08 et dont l'axe est perpendiculaire à la surface de référence F2
D2	⊥	∅0,08	F2				

c. Donner la signification de la spécification suivante **M8 ×1,25** : /1,5pt

M : Profil métrique ISO **8** : Diamètre nominal

1,25 : le pas

d. Donner le principe du procédé d'obtention du brut de l'axe de pivotement 4, sachant qu'il est obtenu par étirage : /1pt

Il consiste à étirer une ébauche, le plus souvent laminée, au travers d'une filière. Généralement, cette opération se réalise à froid.

Tâche 3.2 : Se référer au DRES page (17/18)

a. Compléter le tableau ci-dessous relatif à la réalisation des surfaces indiquées, en précisant le nom de, l'opération, l'outil de finition et la machine-outil : /3.5pts

	Nom de l'opération	Nom de l'outil	Nom de la machine
(D3, F4)	Dressage - Chariotage	Outil à dresser d'angle	Tour parallèle
C3	Chanfreinage	Outil coudé à charioter (45°)	
G2	Réaliser la gorge	Outil à saigner (à gorge)	

b. Spécifier les deux spécifications (dimensionnelle et géométrique) relative à la surface **D3** : /1pt

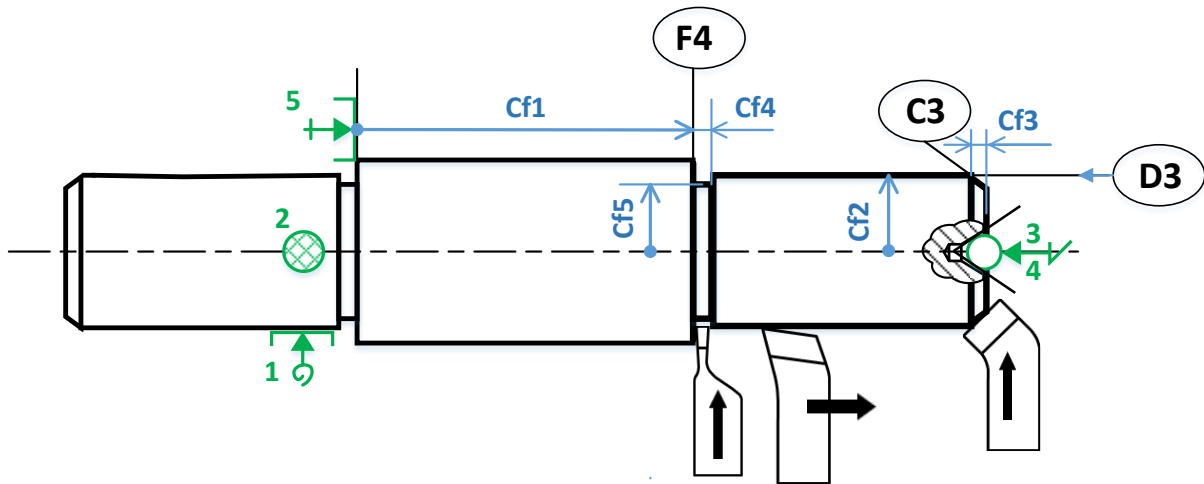
∅25 m6 ;

D3	⊙	∅0,05	D2
----	---	-------	----

c. Compléter le croquis de la hase 40 ci-dessous :

/5.5pts

- Mettre en place les symboles technologiques de mise en position ;
- Dessiner les outils en position de travail ;
- Installer les cotes fabriquées sans les chiffrer.



d. Calculer, en se référant au **DRES** page (17/18), le temps technologique **Tt** (en **min**) relatif à l'usinage de **D3** en ébauche ($\varnothing 25,2$) en prenant l'engagement $e = 2$ mm.

/2,5pts

$$V_f = N \cdot f = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_{3\text{éba}}} \cdot f = \frac{1000 \cdot 135}{\pi \cdot 25,2} \cdot 0,2 = 341 \text{ mm/min} ; V_f = 341 \text{ mm/min}$$

$$L_c = l + e = 45 + 2 = 47 \text{ mm}$$

$$T_t = \frac{L}{V_f} = \frac{47}{341} = 0,137 \text{ min}$$

$$T_t = 0,137 \text{ min}$$

e. Etude de la géométrie de l'outil réalisant la gorge **G2** **DRES** page (17/18) :

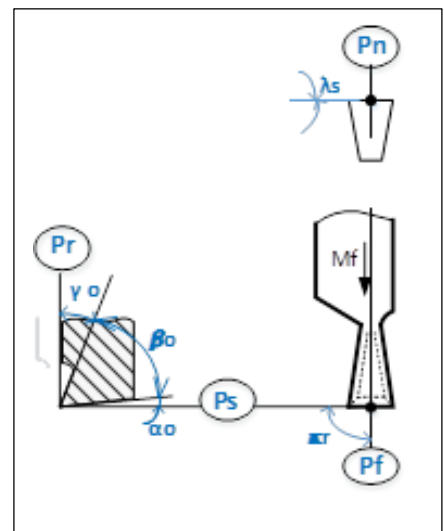
/5pts

e.1. donner l'orientation de l'arête de l'outil ci-dessous :

à droite

e.2. installer sur le croquis ci-contre :

- Les plans de l'outil, référentiel en main, (**Pr**, **Ps**, **Pf** et **Pn**) ;
- Les angles de faces orthogonales (α_o , β_o , γ_o) ;
- L'angle de direction d'arête κ_r et l'angle d'inclinaison d'arête λ_s :



الصفحة	9	RR 45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة الاستدراكية 2021 - عناصر الإجابة
10			- مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

f. Validation de la machine choisie pour réaliser l'ébauche de **D3**, sachant que celle-ci développe, au niveau de son moteur, une puissance $P_m = 4 \text{ kW}$ et son rendement $\eta = 0,8$, voir **DRES** page (17/18) /4pts

f.1. Calculer l'effort de coupe F_c (en **N**) :

$$F_c = K_c \times a \times f = 2775 \times 2 \times 0,2 = 1110 \text{ N} \quad F_c = 1110 \text{ N}$$

f.2. Déterminer la puissance de coupe P_c (en **W**) :

$$P_c = F_c \times \frac{V_c}{60} = 1110 \times \frac{135}{60} = 2497,5 \text{ W} \quad P_c = 2497,5 \text{ W}$$

f.3. Déduire la puissance P_{mf} (en **kW**) à fournir par le moteur de la machine :

$$P_{mf} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{2497,5}{0,8} = 3121,8 \text{ W} = 3,122 \text{ kW}$$

$$P_{mf} = 3,122 \text{ kW}$$

f.4. Conclure sur la validation de la machine choisie :

Machine convenable car $P_{mf} < P_m$

Tâche 3.3 : voir **DRES** page (17/18)

En vue d'améliorer l'aptitude à l'emploi de l'axe de pivotement **4**, une amélioration de la dureté s'avère nécessaire. La dureté recherchée est de **50 HRC**. Pour atteindre cet objectif, on effectue à la pièce une trempe à **850°C** suivie d'un revenu.

a. Donner la signification de **50 HRC** :

/2pts

50 : Valeur de dureté

HRC : Dureté Rockwell avec Cône de diamant.

b. Compléter le tableau suivant, en se référant au diagramme **TRC DRES** page (18/18), en précisant, la température (en °C) et le temps (en s) du début de la transformation de l'austénite, la proportion de chaque constituant micrographique et la durée (environ) de refroidissement à la fin du traitement thermique :

/2pts

Début de la transformation de l'austénite		Fin du traitement thermique	
Température θ (en °C) (environ)	Temps (en seconde s)	Constituants micrographiques en pourcentage %	La durée (environ) de refroidissement (en s)
520 °	60 s	20% de Bainite + 80% de Martensite	600 s

Tâche 3.4 : Etude de la phase 40 sur machine à commande numérique.

On se limitera uniquement à l'étude du programme partiel du profil des surfaces (**C3, D3, F4**), relatif à la phase 40.

a- Compléter le tableau des coordonnées du profil (les points de 1 à 4) en mode absolu **G90**, en tenant compte du croquis de la page 13/18 et en utilisant **DRES** page (17/18) :

/3pts

	1	2	3	4
$X(\text{sur } \emptyset)$	15,2	25,2	25,2	34
Z	3	-2	-45	-45

