

الصفحة	<p style="text-align: center;"> <b>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</b>  <b>الدورة العادية 2019</b>  <b>- عناصر الإجابة -</b> </p>		<p style="text-align: center;"> <small>المملكة المغربية          وزارة التربية الوطنية          والتكوين المهني          والتعليم العالي والبحث العلمي</small> </p>	
1			<p style="text-align: center;"> <small>المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه</small> </p>	
9			<p style="text-align: center;">NR45</p>	
◆◆◆			<p style="text-align: center;">*****</p>	
4	مدة الانجاز	علوم المهندس	المادة	
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك	

# Éléments de correction

**Documents réponses**

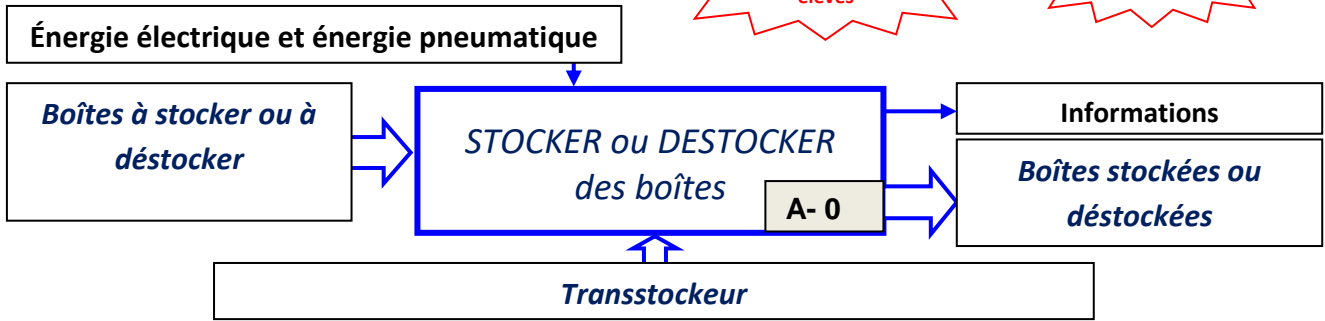
**Situation d'évaluation 1**

**Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle du transstockeur :**

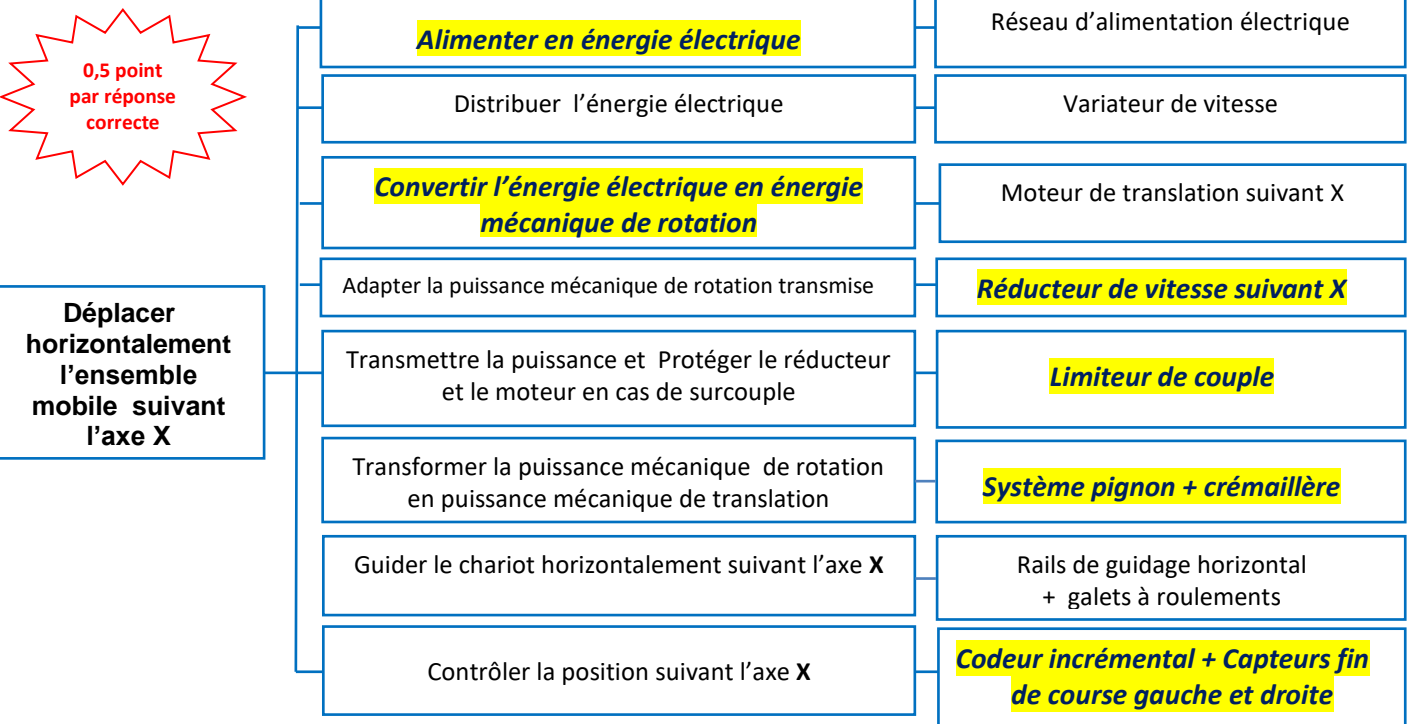
En se référant à la présentation du support et au principe de fonctionnement du système « transstockeur » pages 2/17, 3/17 et DRES page 13/17 :

a. Compléter l'actigramme A-0 du transstockeur :

Tenir compte des formulations des élèves /1 pt  
0,25 point par case

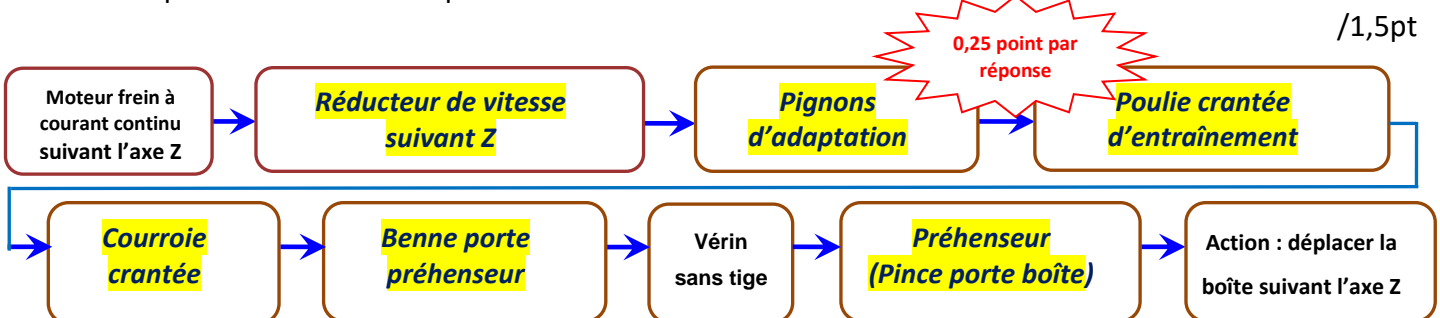


b. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction "Déplacer horizontalement l'ensemble mobile suivant l'axe X" : /3 pts



**Tâche 1.2: Analyse technique du transstockeur :**

a. Compléter, en se référant au schéma technologique de principe page 3/17, le schéma synoptique suivant par les noms des composants de la chaîne de transmission de mouvement suivant l'axe Z :



En se référant au dessin d'ensemble et à sa nomenclature **DRES** pages 13/17 et 14/17, on vous demande de :

**b. Citer les deux conditions d'engrènement entre les roues de l'engrenage conique à dentures droites (pignon conique 4 et roue dentée conique 3) :** /1 pt

- *Le pignon conique 4 doit avoir le même module que la roue dentée conique 3.*
- *Les sommets des deux cônes doivent être confondus au même point S.*

0,5 point par réponse

**c. Compléter le tableau suivant :**

0,25 point par réponse

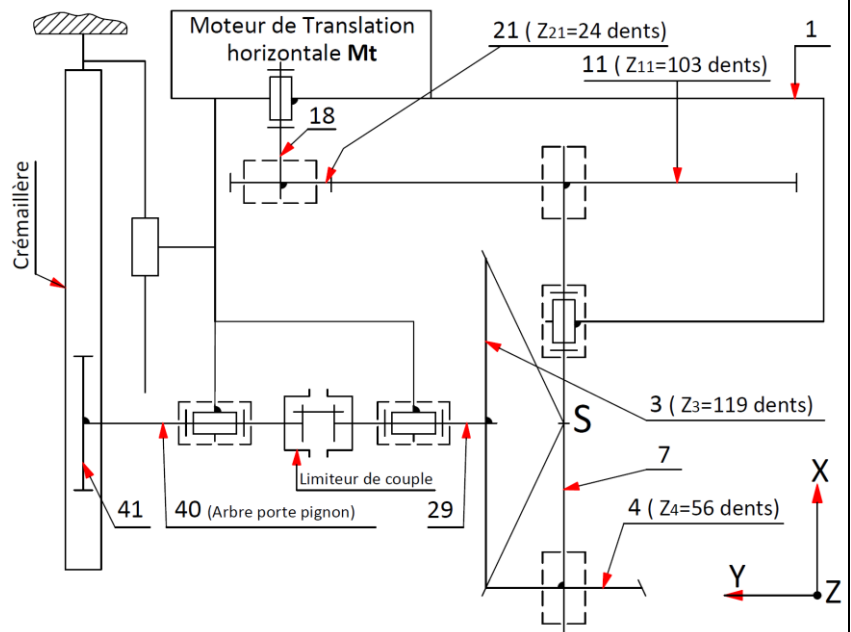
/1,5 pt

Repère de l'élément	Nom de l'élément	Fonction de l'élément
13	Roulement à rouleaux coniques	Guider en rotation l'arbre intermédiaire 7 et encaisser les efforts axiaux appliqués par le pignon conique 4
26	Joint à lèvres	Assurer la fonction étanchéité entre le couvercle 25 et l'arbre 29
43	Bouchon de trou de graissage	Fermer le trou de graissage après usage

**d. Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme d'entraînement de l'ensemble mobile suivant l'axe X :**

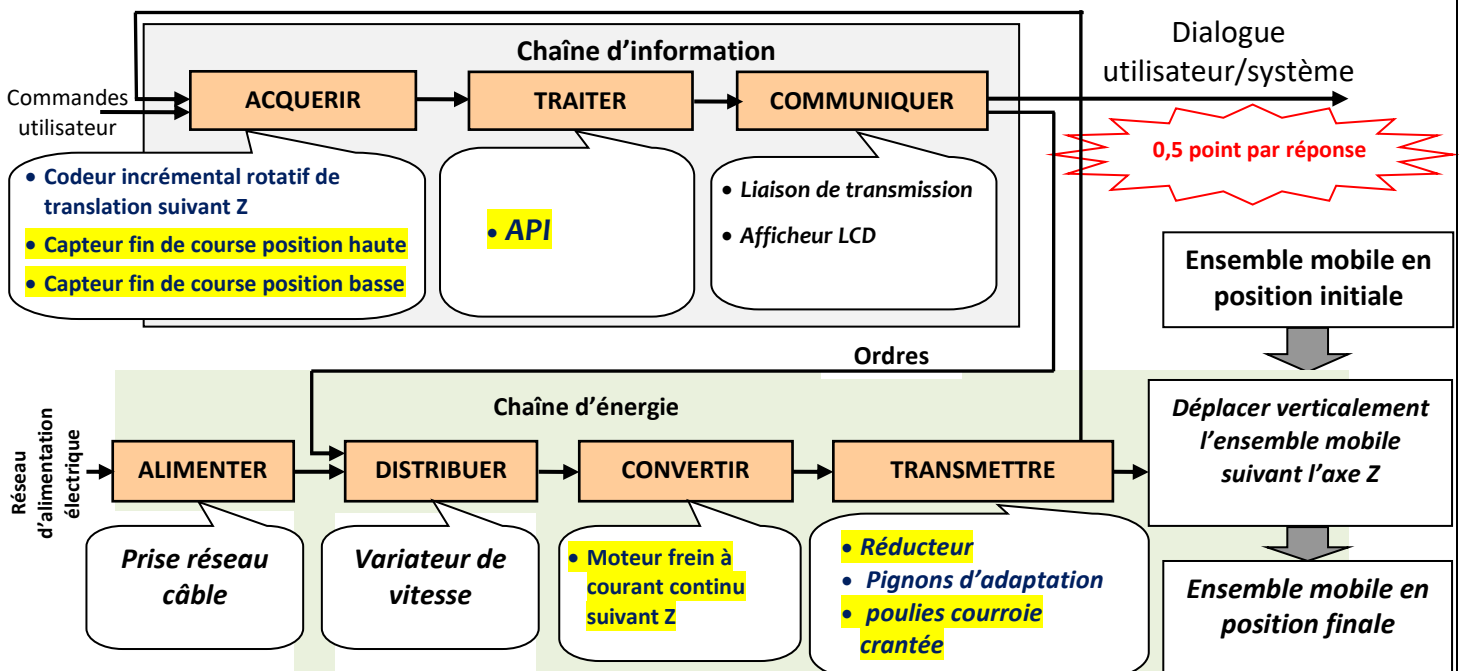
/1,5 pt

0,25 point par symbole de liaison correcte



**Tâche 1.3 : Chaîne fonctionnelle et asservissement :**

**a. Compléter la chaîne fonctionnelle relative à la fonction "Déplacer verticalement l'ensemble mobile suivant l'axe Z" (voir figure 2 page 3/17 et DRES page 15/17) :** /3 pts



b. En se référant au schéma bloc du système asservi, DRES page 15/17 :

/3pts

b.1. Donner le rôle du comparateur :

*Comparer la position réelle du moteur à courant continu à celle désirée du préhenseur.*

b.2. Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte F.T.B.O :

$$F.T.B.O = K.H.G$$

b.3. Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée F.T.B.F =  $\theta s / \theta e$  :

$$F.T.B.F = \frac{H.G}{1+K.H.G}$$

1 point par réponse  
correcte

### Situation d'évaluation 2

N.B. : Dans vos calculs, considérer quatre chiffres après la virgule.

**Tâche 2.1 : Étude dynamique et détermination de quelques caractéristiques géométriques du pignon 41 :**

En utilisant les données des DRES pages 15/17 et 16/17, déterminer l'effort tangentiel  $F_t$  appliqué par la crémaillère sur le pignon 41 et calculer les caractéristiques géométriques de ce dernier. Pour ce faire :

a. Écrire l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique appliqué à l'ensemble mobile de masse « **M** » pendant son mouvement horizontal :

$$M\vec{g} + \vec{R}_z + \vec{R}_x + \vec{F}_t = M \cdot \vec{\gamma}$$

b. Projeter l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique sur l'axe **X** et déduire l'expression littérale de l'effort tangentiel  $F_t$  :

$$F_t - R_x = M \cdot \gamma \Leftrightarrow F_t = R_x + M \cdot \gamma$$

c. En se référant au diagramme de modélisation de la vitesse, compléter le tableau ci-dessous en donnant l'expression littérale et en effectuant les applications numériques :

/1,75 pt

	Phase 01	Phase 12	Phase 23
	Accélération	Vitesse constante	Décélération
	$\gamma = 0,7 \text{ m/s}^2$	$\gamma = 0 \text{ m/s}^2$	$\gamma = -0,7 \text{ m/s}^2$
Expression littérale	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M \cdot g \cdot f + M \cdot \gamma$	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M \cdot g \cdot f$	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M \cdot g \cdot f + M \cdot \gamma$
Application numérique	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18 + 10^3 \times 0,7 = 2500 \text{ N}$	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18 = 1800 \text{ N}$	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18 + 10^3 \times (-0,7) = 1100 \text{ N}$

0,25 point par réponse  
(case) correcte

d. Calculer, à deux chiffres après la virgule et à partir de l'expression  $m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k \cdot R_p}}$ , le module minimal  $m_{\min}$  (en mm) de la denture droite du pignon 41, en prenant  $F_t = 2551 \text{ N}$ ,  $k = 10$  et  $R_p = 165 \text{ N/mm}^2$  :

/1 pt

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k \cdot R_p}} \text{ donc } m_{\min} = 2,34 \sqrt{\frac{2551}{10 \times 165}} = 2,90 \text{ mm}$$

e. Calculer le diamètre primitif **d** (en mm) du pignon 41 si sa fréquence de rotation  $N = 159 \text{ tr/min}$  pour déplacer l'ensemble mobile horizontalement suivant l'axe **X** à une vitesse linéaire  $V = 0,7 \text{ m/s}$  :

/1 pt

$$V = \omega \cdot \frac{d}{2} \Leftrightarrow d = \frac{2 \cdot V}{\omega} = \frac{2 \times 60 \times V}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 2 \times 0,7}{2\pi \times 159} \cdot 10^3 = 84,0818 \text{ mm}$$

f. Compléter, sans tenir compte des valeurs trouvées auparavant, le tableau des caractéristiques du pignon 41 : (Expression littérale + application numérique) :

/1,5pt

Module	Diamètre primitif	Diamètre de tête	Diamètre de pied	Largeur $b = K \cdot m$ (K=10)
3 mm	84 mm	$da = d + 2m$ $da = 90 \text{ mm}$	$df = d - 2,5 \cdot m$ $df = 76,50 \text{ mm}$	$b = K \cdot m$ $b = 30 \text{ mm}$

0,5 point par  
case correcte

**Tâche 2.2 : Validation du choix du moteur de translation suivant X** (voir DRES page 16/17) :

a. Calculer la puissance utile **P<sub>u</sub>** (en Watt) capable de déplacer l'ensemble mobile suivant l'axe X : /1 pt

$$P_u = F_t \times V_{max} = 2551 \times 0,7 = 1785,70 \text{ W}$$

b. Déterminer le rapport de réduction  $k = \frac{N_{29}}{N_{18}}$  du réducteur de vitesse et en déduire la fréquence de rotation **N<sub>18</sub>** (en tr/min) de l'arbre moteur sachant que **N<sub>29</sub> = N<sub>40</sub> = 159 tr/min**. Pour les applications numériques, prendre **quatre chiffres** après la virgule : /1,5 pt

0,75 point pour chaque réponse correcte

$$k = \frac{N_{29}}{N_{18}} = \frac{Z_{21} \times Z_4}{Z_{11} \times Z_3} = \frac{24 \times 56}{103 \times 119} = 0,1096$$

$$N_{18} = \frac{N_{29}}{k} = \frac{159}{0,1096} = 1450,7299 \text{ tr/min}$$

c. Calculer le rendement global **η<sub>g</sub>** et en déduire la puissance mécanique **P<sub>m</sub>** (en kW) du moteur électrique de translation suivant X : /2pts

$$\eta_g = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0,812 \times 1 \times 1 = 0,812$$

1 point pour chaque réponse correcte

$$\eta_g = \frac{P_u}{P_m} \Leftrightarrow P_m = \frac{P_u}{\eta_g} = \frac{1785,7}{0,812} = 2199,1379 \text{ W} = 2,1991 \text{ kW}$$

d. Choisir, en se référant au **DRES** page 16/17, le type du moteur qui convient : /1pt

Type du moteur	Puissance P <sub>m</sub> (en kW)	fréquence de rotation (en tr/min)	Couple (en N.m)
FLSPX 100 LK	2,2	1457	14,41

0,25 point pour chaque réponse correcte

**Tâche 2.3 : Détermination du diamètre de l'arbre 40 et choix de son matériau.**

**Hypothèse** : on ne tiendra compte que des actions mécaniques provoquant la torsion de l'arbre porte **pignon 40**.

a. Calculer le moment de torsion **M<sub>t</sub>** (en N.m) transmis par l'arbre porte **pignon 40** : /1,5pt

$$M_t = F_t \times \frac{d}{2} = 2551 \times \frac{84 \cdot 10^{-3}}{2} = 107,1420 \text{ N.m}$$

b. Calculer, en appliquant la condition de rigidité à la torsion, le diamètre minimal **d<sub>min</sub>** (en mm) de l'arbre porte **pignon 40**. Pour la suite des calculs, prendre **M<sub>t</sub> = 110 N.m** : /2pts

$$\theta_{max} = \frac{M_t}{G \cdot I_0} = \frac{32 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot d_{min}^4} \leq \theta_{lim} \Leftrightarrow d_{min} \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot \theta_{lim}}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 110 \cdot 10^3 \cdot 180 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot \pi}}$$

$$d_{min} \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 110 \cdot 180 \cdot 10^2}{8 \cdot \pi^2 \cdot 0,5}} = 35,5929 \text{ mm}$$

1 point pour l'expression littérale et 1 point pour l'application numérique

c. Calculer la contrainte tangentielle maximale **ζ<sub>max</sub>** (en N/mm<sup>2</sup>) de torsion. Prendre **d<sub>min</sub> = 36 mm** : /1,75pt

$$\zeta_{max} = \frac{k_t \times M_t}{I_0} \times \frac{d_{min}}{2} = \frac{16 \times k_t \times M_t}{\pi \times d_{min}^3}$$

$$\zeta_{max} = \frac{16 \times 3,85 \times 110 \times 10^3}{\pi \times 36^3} = 46,2291 \text{ N/mm}^2$$

1 point pour l'expression littérale et 0,75 pour application numérique

d. Déterminer la résistance élastique au glissement minimale **R<sub>eg min</sub>** (en N/mm<sup>2</sup>) du matériau de l'arbre porte **pignon 40** afin de respecter la condition de résistance et en déduire la résistance élastique minimale **R<sub>e min</sub>** (en N/mm<sup>2</sup>) : /1,5pt

**Condition de résistance à la torsion**

$$\zeta_{max} \leq \frac{R_{eg}}{s} \Leftrightarrow R_{eg} \geq s \times \zeta_{max} \text{ donc } R_{eg min} = 5 \times 46,2291$$

$$\Leftrightarrow R_{eg min} = 231,1455 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{e min} = \frac{R_{eg min}}{0,7} = \frac{231,1455}{0,7} = 330,2078 \text{ N/mm}^2$$

0,75 point pour l'expression littérale et 0,75 pour application

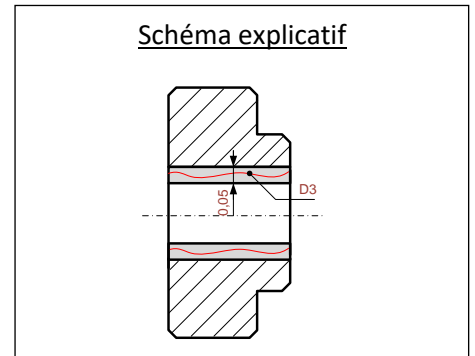
e. Choisir la nuance optimale du matériau qui convient pour cette construction : /1pt

**La nuance choisie du matériau est : 38 Cr 2 dont Re=350 N/mm<sup>2</sup>**

**Situation d'évaluation 3**

**Tâche 3.1 : Analyse du dessin de définition** (se référer au **DRES** pages 16/17 et 17/17) :

a. Interpréter et expliquer par un schéma la spécification suivante :  
/1,5 pt



Il s'agit de la cylindricité : la surface **D3** doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de **0,05**.

b. Compléter le tableau ci-dessous en identifiant les spécifications dimensionnelle et géométrique caractérisant la rainure **R** :  
/1pt

Spécifications dimensionnelles	Spécification géométrique
12H8 : (0.25pt) 41 <sup>+0.2</sup> <sub>0</sub> : (0.25pt)	R  0.08 D <sub>3</sub> (0.5pt)

c. Identifier et donner la signification de la nuance du matériau du **pignon 41** :  
/2 pts  
**C 40 : Acier non allié ou acier spécial pour traitement thermique contenant 0,40% de carbone.**

**Tâche 3.2 : Etude partielle de la phase 20** (se référer aux **DRES** pages 16/17 et 17/17) :

a. Compléter le tableau ci-dessous, pour l'usinage des surfaces (**F1**, **D2** et **D3**), en précisant le nom de l'opération, **l'outil de finition**, le mode de génération et la machine-outil :  
/2,5 pts

Les surfaces	Nom de l'opération	Nom de l'outil	Mode de génération (d'enveloppe ou de forme)	Nom de la machine
<b>F1</b>	Dressage	Outil coudé à charioter	d'enveloppe	0,25pt par réponse  Tour //
<b>D2</b>	Chariotage	Outil couteau ou Outil à dresser d'angle	d'enveloppe	
<b>D3</b>	Alésage	Alésoir machine	de forme	

b. Etude partielle de la phase 20 :

**b1.** Sur le croquis de la phase 20 ci-contre :  
/8pts

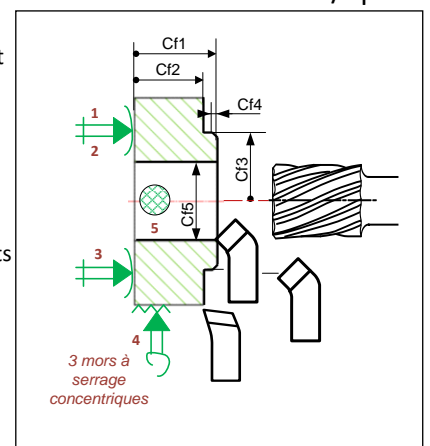
- Indiquer les surfaces usinées en **trait fort** ; /0,5 pt
- Mettre en place les symboles technologiques de mise en position ;  
(Appui plan /2pts ; Centrage court /1pt) /3pts

- Dessiner les outils en position de travail ; (0,25/outil) /1 pt
- Installer les cotes fabriquées ( Cf<sub>i</sub> ) sans les chiffrer ; (0.5pt/Cf) /2,5 pts

**b2.** Donner le type de porte-pièce à utiliser pour réaliser cette phase :  
Mandrin trois mors durs. /0,5 pt

**b3.** Proposer un moyen de contrôle de la cote  $\varnothing 36H7$  :  
Tampon « entre / n'entre pas » /0,5 pt

N.B. : Cf<sub>2</sub> peut être entre F1 et F2



c. Étude de la géométrie de l'outil en main permettant la réalisation de l'opération **F1** : /5,5 pts

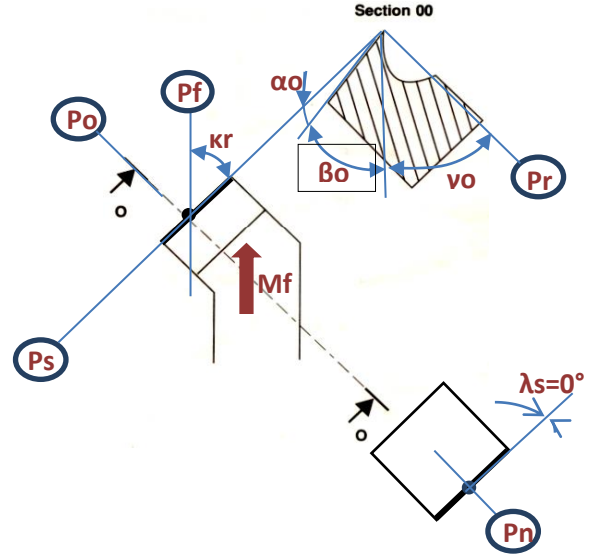
c.1. L'orientation de l'arête de l'outil ci-contre :

**A droite** /0,5 pt

c.2. Compléter le croquis de l'outil en main ci-dessous en indiquant :

- ✓ Le mouvement d'avance relatif à cette opération (**Mf**) ;
- ✓ Les plans du référentiel en main (**Pr, Ps, Pf, Pn, Po**) ;
- ✓ Les angles de face orthogonaux ( **$\alpha_o, \beta_o, \gamma_o$** ) ;
- ✓ L'angle de direction d'arête  **$K_r$**  et l'angle d'inclinaison  **$\lambda_s$** .

Mf /0.5pt  
0,5 pt /plan  
0,5 pt /angle



d. Calcul du nombre de pièces « **np** » à usiner avec un même outil lors de l'opération d'ébauche de **F1**, voir **DRES** page 17/17. Prendre trois chiffres après la virgule pour les applications numériques : /6 pts

d.1. Calculer le temps de coupe **tc** (en min) relatif à l'usinage de **F1** en ébauche : /3pts

$$tc = \frac{l}{V_f} ; V_f = N \cdot f = \frac{1000 \cdot V_c \cdot f}{\pi \cdot D_{brut}} = \frac{1000 \cdot 32 \cdot 0,4}{\pi \cdot 95} = 42,888 \text{ mm/min} ;$$

$$tc = \frac{47,5}{42,888} = 1,107 \text{ min} ; \text{ donc } tc = 1,107 \text{ min.}$$

d.2. Déterminer la durée de vie de l'outil **T** (en min) : /1,5pt

$$T = C_v \cdot V_c^n = 10^{12} \cdot 32^{-7} = 29,103 \text{ min} ; \text{ donc } T = 29,103 \text{ min}$$

d.3. Calculer le nombre de pièces « **np** » à usiner en prenant **tc = 1,108 min** : /1,5pt

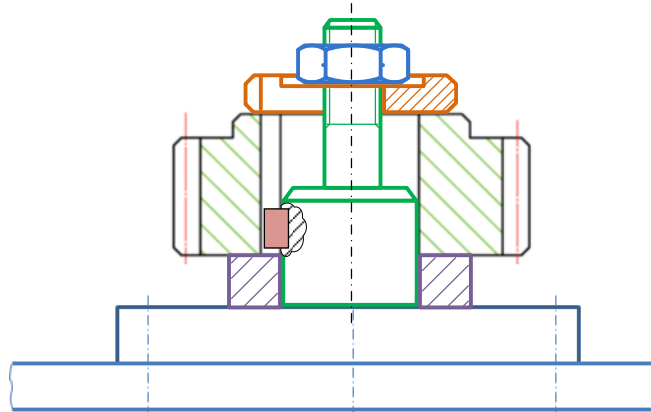
$$np = \frac{T}{tc} = \frac{29,103}{1,108} = 26,266 \text{ soit } np = 26 \text{ pièces}$$

### Tâche3.3 : Étude de la phase de taillage de la denture du pignon 41 (phase 50) :

Le taillage de la denture en série est réalisé sur la machine spéciale de taillage « **FELLOWS** ».

A partir du croquis de phase **50**, compléter le dessin partiel du montage d'usinage relatif au taillage de la denture du pignon **41**, en matérialisant :

- a. Les symboles de mise en position (appui plan- centrage court- butée) ; /4 pts
- b. Le symbole du maintien en position (serrage avec écrou et rondelle fendue) ; /2 pts



a :  
Appui plan /2pts  
Centrage court /1pt  
Butée / 1pt

b :  
Écrou /1pt  
Rondelle /1pt



**Tâche 3.4 : Étude de la phase de traitement thermique :**

Le pignon 41 (en C40) sera sollicité au frottement lors de son fonctionnement, ce qui nécessite une amélioration de ses caractéristiques mécaniques par une trempe. La dureté recherchée est de **420 Hv**.

- a. Compléter le tableau ci-contre en précisant l'influence de la trempe sur les caractéristiques mécaniques mentionnées (répondre par **augmente** ou **diminue**) : /1,5pt

0,5pt par réponse

Influence	La dureté	La résilience	L'allongement %
	augmente	diminue	diminue

- b. Cocher le type d'acier du pignon 41 : /0,5 pt

Acier hypoeutéctoïde

Acier hypereutéctoïde

- c. Compléter le tableau ci-dessous en précisant le nom de l'essai de dureté utilisé pour évaluer la dureté recherchée (**420 Hv**), et le type de pénétrateur : /1,5 pt

Nom de l'essai de dureté	Type de pénétrateur
Vickers	Pyramide (en diamant)

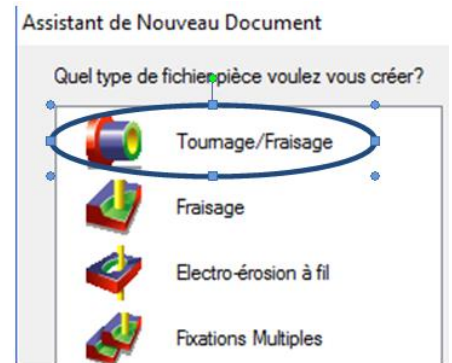
0,75pt par réponse

**Tâche 3.5 : Conception du profil à réaliser de la phase 20 par FeatureCam :**

En vue d'améliorer davantage la productivité des pièces fabriquées, on décide de réaliser le **pignon 41** sur un tour à commande numérique deux axes. Le programme **CN** du profil à réaliser est édité par le logiciel de F.A.O (FeatureCam).

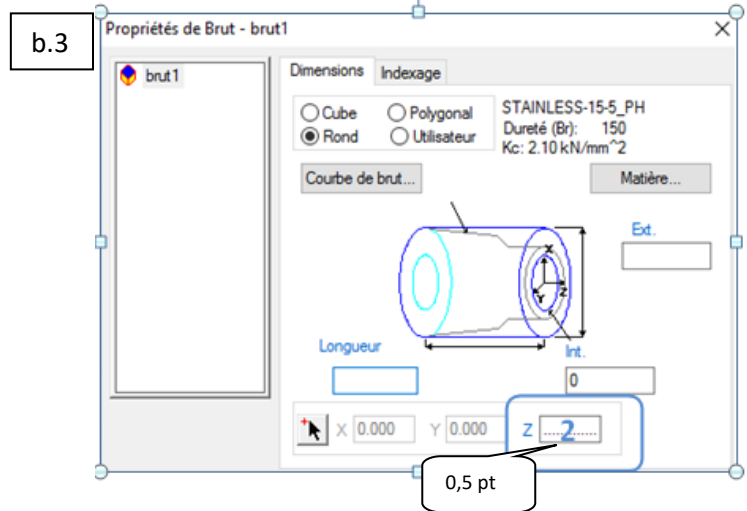
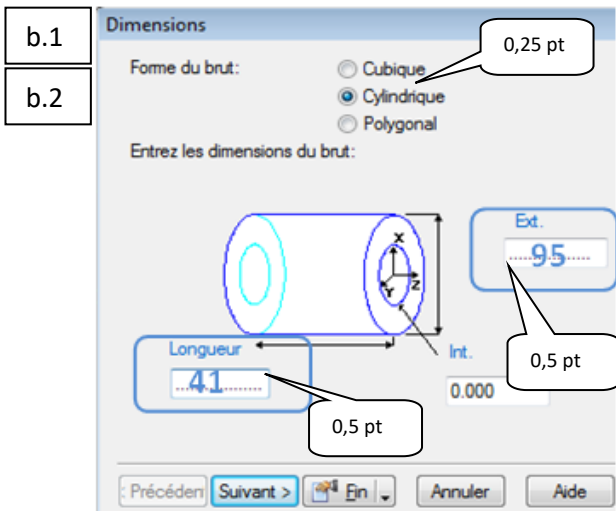
A l'aide du logiciel **FeatureCam** et en se référant au **DRES** page 17/17, on vous demande d'établir les étapes à suivre pour concevoir le profil à réaliser de la **phase 20** :

- a. Entourer sur la fenêtre ci-contre, le choix du type de fichier pièce qu'on veut créer pour un nouveau document. /0,25 pt



- b. Compléter les fenêtres ci-dessous relatives aux propriétés de brut en : /1,75pt

- b1.** Cochant la forme du brut choisi ;  
**b2.** Indiquant les dimensions du brut ;  
**b3.** Spécifiant la dimension du décalage de l'origine programme de la face brute, sachant que la profondeur de passe est de **a = 2 mm**.



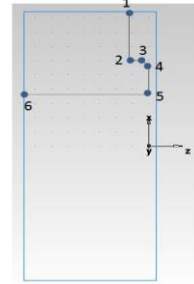


c. Compléter le tableau des coordonnées des points du profil finition (points 1 à 6) et préciser l'étape du logiciel pour tracer ce profil : /3pts

c.1. Tableau des coordonnées :

	1	2	3	4	5	6
X (∅)	95	60	60	56	36,0125	36,0125
Z	-6	-6	-2	0	0	-39

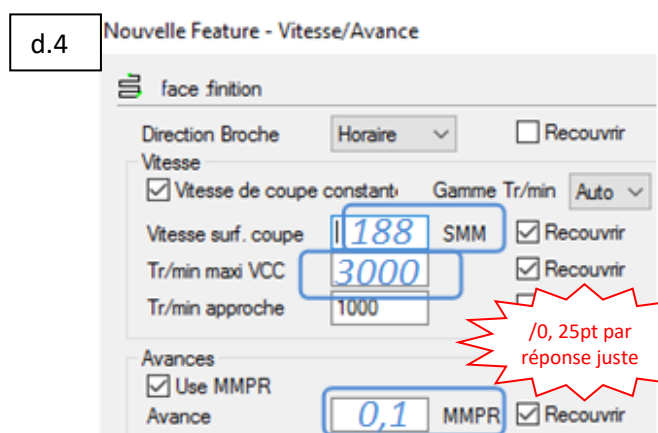
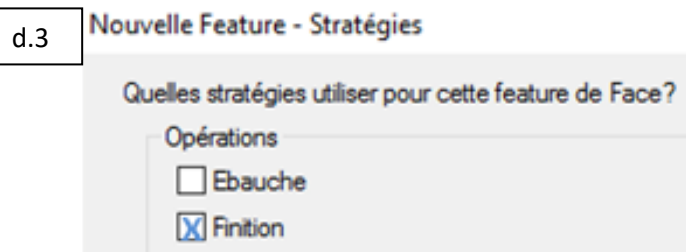
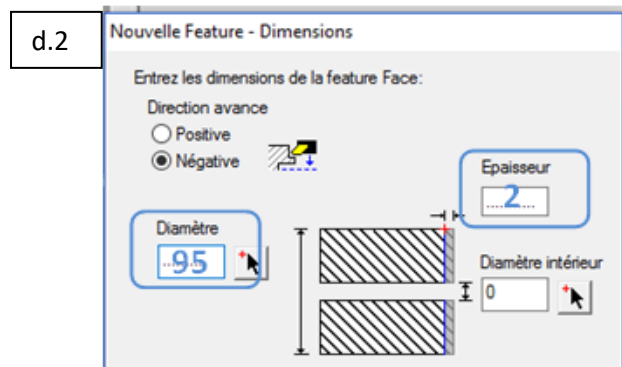
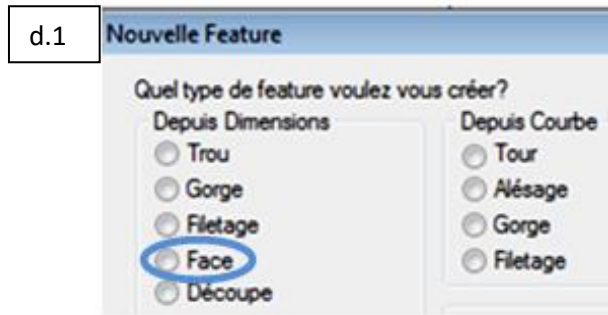
0,25pt par case



c.2. Etape : *Géométrie* /0,5pt

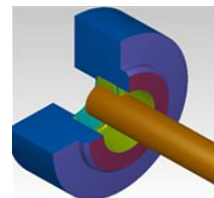
d. Sur les masques ci-dessous relatives à l'opération de dressage de F1, DRES page 17/17 : /2pts

- d.1. Entourer le type de feature à créer ; /0,5 pt
- d.2. Indiquer la dimension de la feature de dressage ; /0,5 pt
- d.3. Cocher les stratégies à utiliser pour cette feature ; /0,25 pt
- d.4. Entrer les conditions de coupe relatives à cette opération. /0,75 pt



e. Donner le nom de l'étape à valider pour simuler l'usinage : /0,5 pt

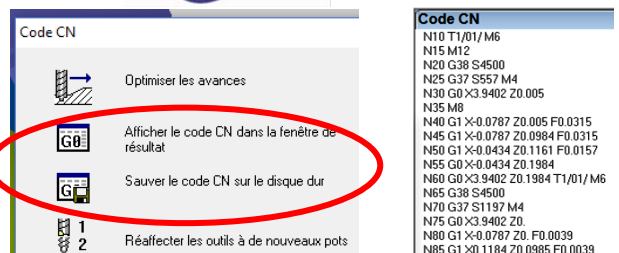
Etape : *Parcours d'outil*



f. Donner le nom de l'étape suivante à valider et entourer les icônes pour afficher et enregistrer le programme du profil conçu : /0,5 pt

Etape : *Code CN*

0,25pt par réponse



```
Code CN
N10 T1/01/M6
N15 M12
N20 G38 S4500
N25 G37 S557 M4
N30 G0 X3.9402 Z0.005
N35 M8
N40 G1 X-0.0787 Z0.005 F0.0315
N45 G1 X-0.0787 Z0.0984 F0.0315
N50 G1 X-0.0434 Z0.1161 F0.0157
N55 G0 X-0.0434 Z0.1984
N60 G0 X3.9402 Z0.1984 T1/01/M6
N65 G38 S4500
N70 G37 S1197 M4
N75 G0 X3.9402 Z0
N80 G1 X-0.0787 Z0 F0.0039
N85 G1 X0.1184 Z0.0985 F0.0039
```