

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة -		المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه
1	NR45		
9	*****		
◆◆◆			
4	مدة الانجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك

Éléments de correction

Documents réponses

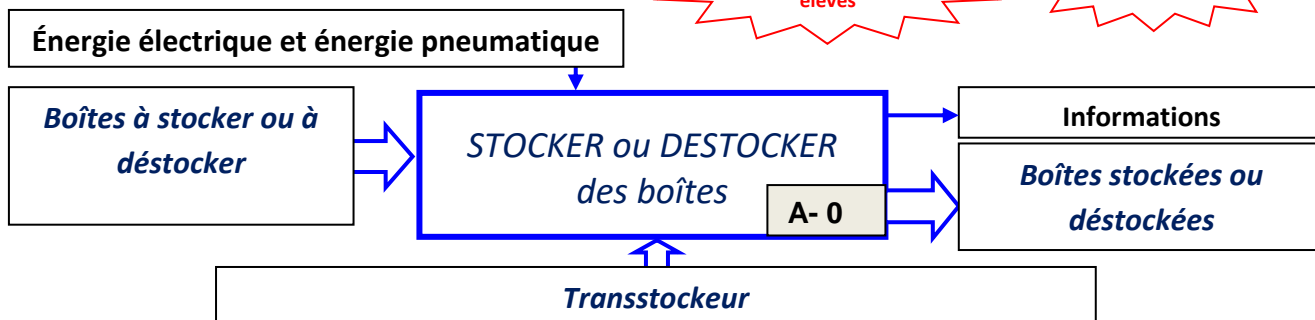
Situation d'évaluation 1

Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle du transstockeur :

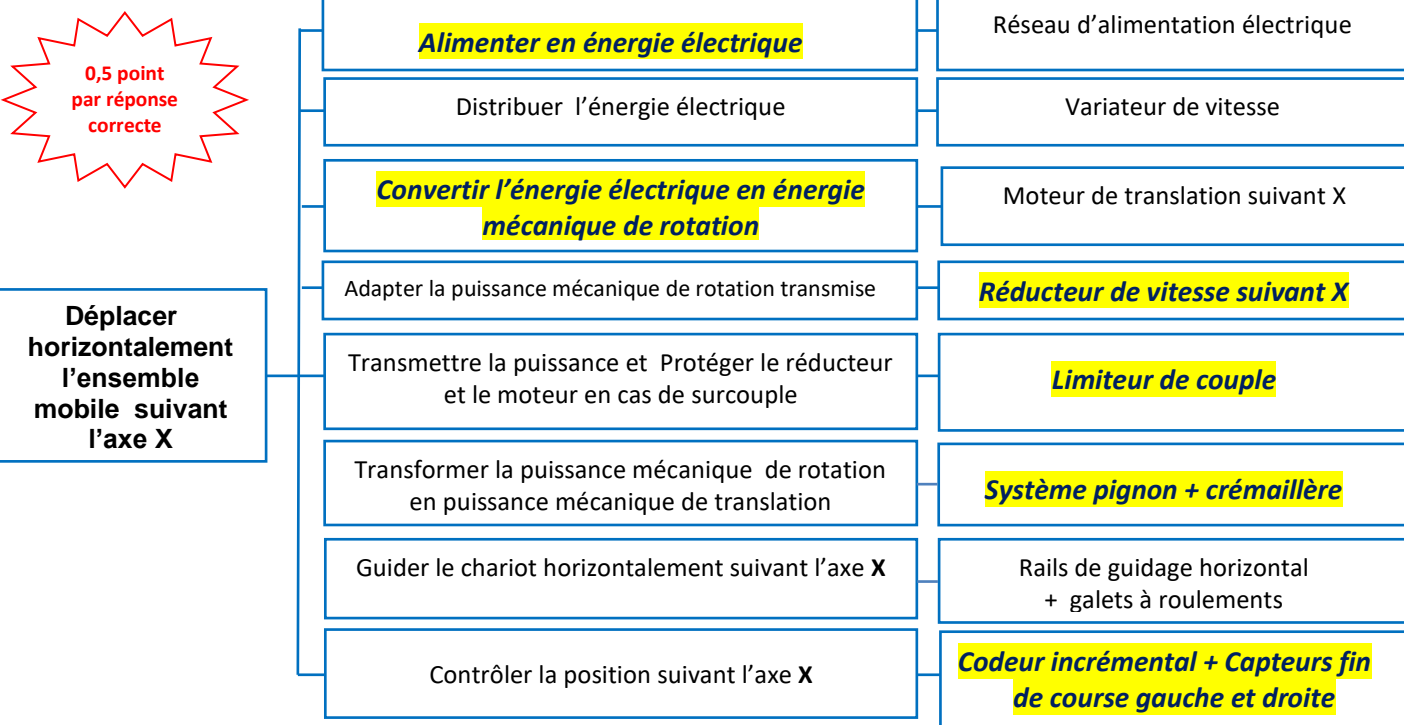
En se référant à la présentation du support et au principe de fonctionnement du système « transstockeur » pages 2/17, 3/17 et DRES page 13/17 :

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

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

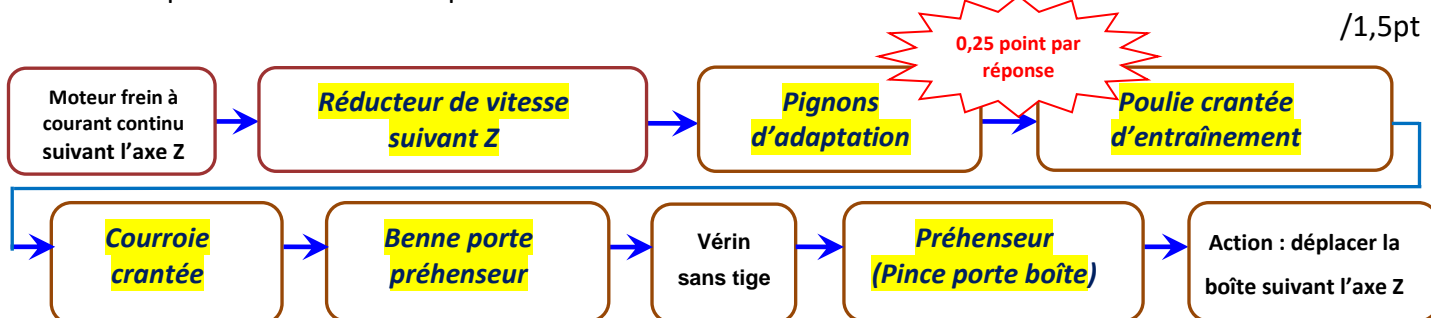


b. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction "Déplacer horizontalement l'ensemble mobile suivant l'axe X" :



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.

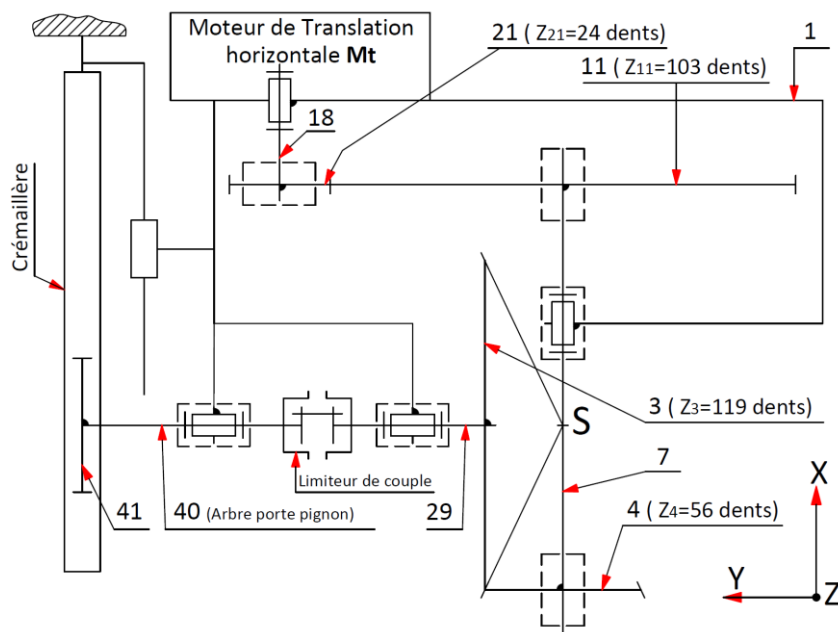
0,5 point par réponse

c. Compléter le tableau suivant :

0,25 point par réponse

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

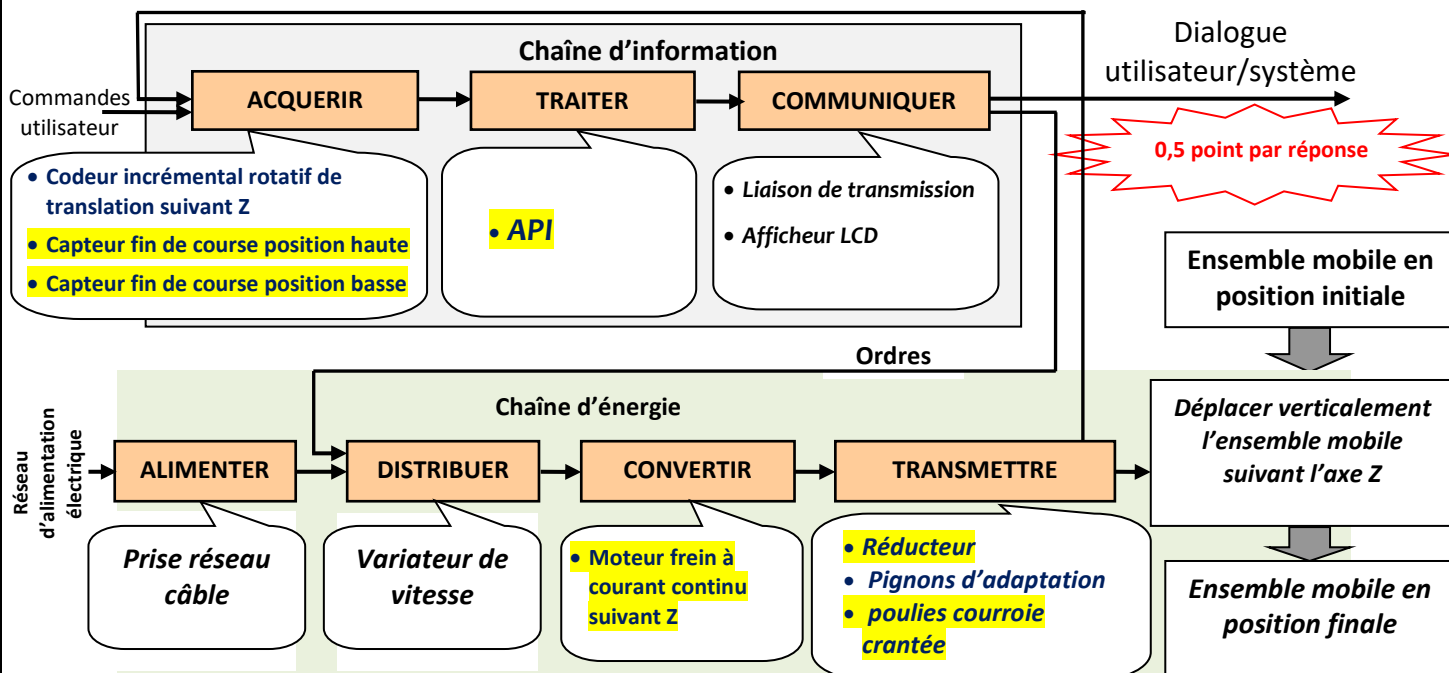
d. Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme d'entraînement de l'ensemble mobile suivant l'axe X : /1,5 pt



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



0,5 point par réponse

الصفحة	4	NR45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
9			

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 : /1pt

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

b. Projeter l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique sur l'axe **X** et déduire l'expression littérale de l'effort tangentiel F_t : /1 pt

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

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

الصفحة	5	NR45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
9			

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

a. Calculer la puissance utile **P_u** (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 **N₁₈** (en tr/min) de l'arbre moteur sachant que **N₂₉ = N₄₀ = 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_g** et en déduire la puissance mécanique **P_m** (en kW) du moteur électrique de translation suivant X : /2pts

1 point pour chaque réponse correcte

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

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

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

Type du moteur	Puissance P _m (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_t** (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_{min}** (en mm) de l'arbre porte **pignon 40**. Pour la suite des calculs, prendre **M_t = 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_{max}** (en N/mm²) de torsion. Prendre **d_{min} = 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_{eg min}** (en N/mm²) du matériau de l'arbre porte **pignon 40** afin de respecter la condition de résistance et en déduire la résistance élastique minimale **R_{e min}** (en N/mm²) : /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

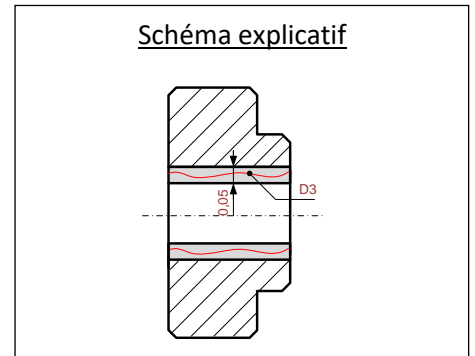
e. Choisir la nuance optimale du matériau qui convient pour cette construction : /1pt

La nuance choisie du matériau est : 38 Cr 2 dont Re=350 N/mm²

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^{+0.2}₀ : (0.25pt)	R 0.08 D3

(0.5pt)

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

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
F1	Dressage	Outil coudé à charioter	d'enveloppe	0,25pt par réponse Tour //
D2	Chariotage	Outil couteau ou Outil à dresser d'angle	d'enveloppe	
D3	Alésage	Alésoir machine	de forme	

b. Etude partielle de la phase 20 :

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

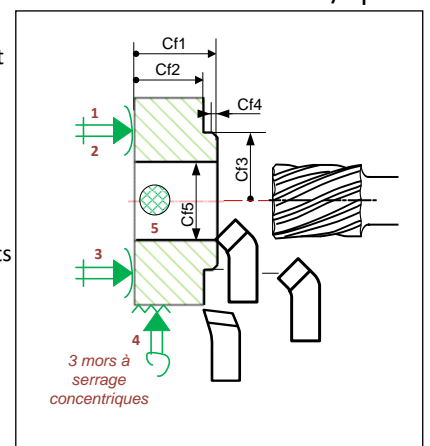
- Indiquer les surfaces usinées en **trait fort** ; /0,5 pt
- Mettre en place les symboles technologiques de mise en position ;
(Appui plan /2pts ; Centrage court /1pt) /3pts

- Dessiner les outils en position de travail ; (0,25/outil) /1 pt
- Installer les cotes fabriquées (Cf_i) 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 **Ø36H7** :
Tampon « entre / n'entre pas » /0,5 pt

N.B. : Cf₂ 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

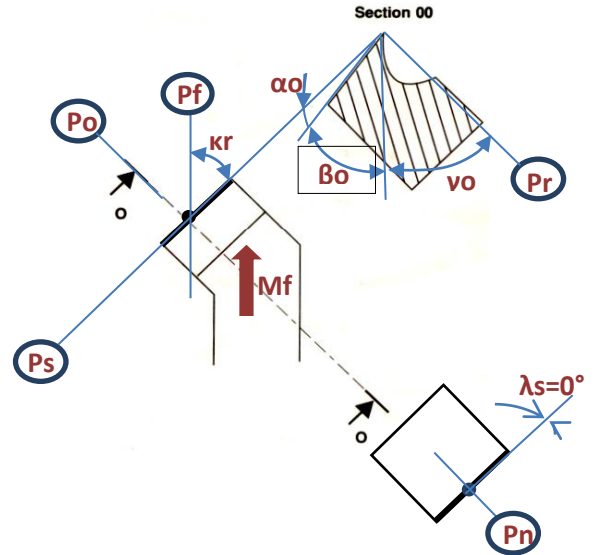
c.1. L'orientation de l'arête de l'outil ci-contre :

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 **λ_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

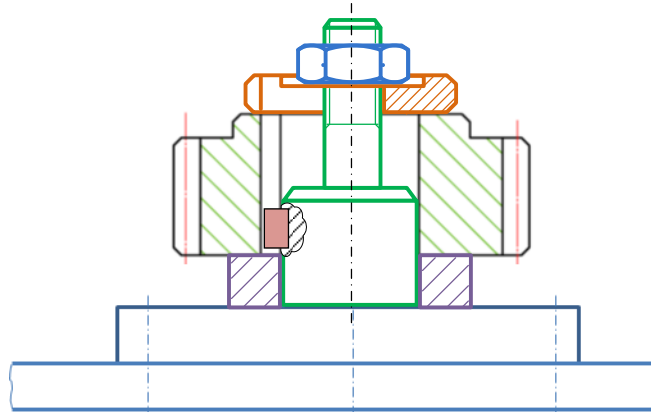
$$np = \frac{T}{tc} = \frac{29,103}{1,108} = 26,266 \text{ soit } np = 26 \text{ pièces}$$

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 <input checked="" type="checkbox"/>	Acier hypereutéctoïde <input type="checkbox"/>
--	--

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)

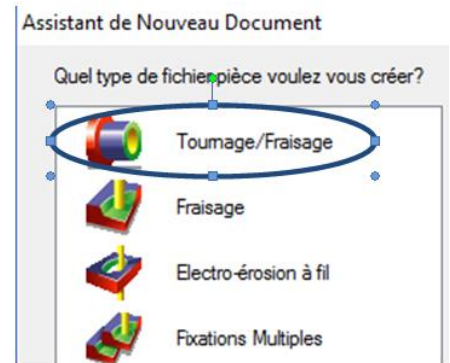
0,75pt par réponse

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).

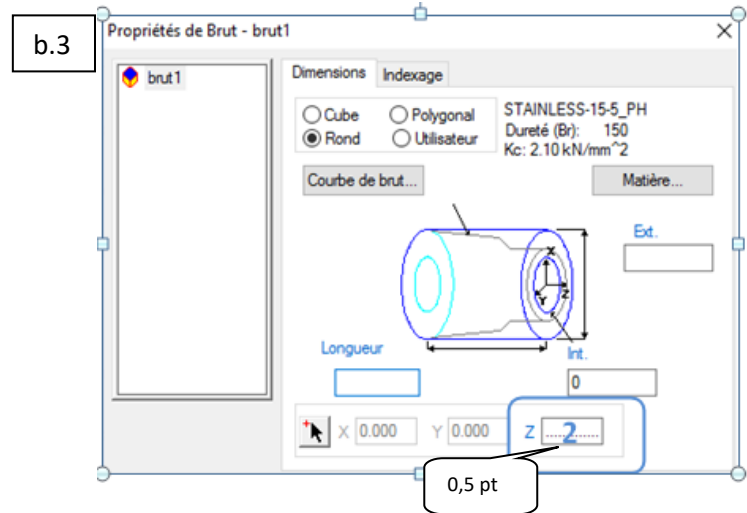
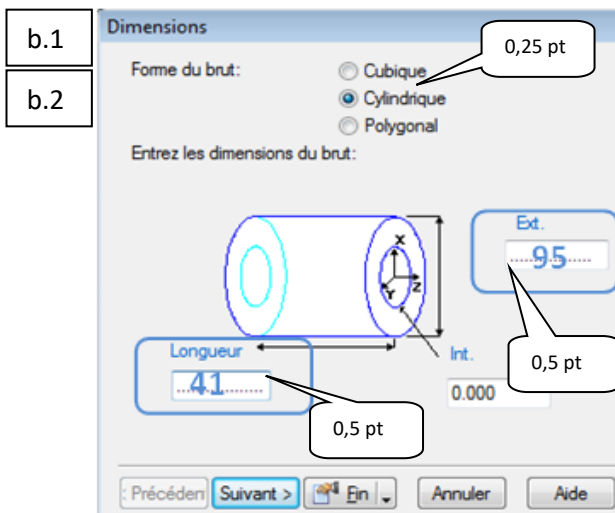
A l'aide du logiciel **FeatureCam** et en se référant au **DRES** page 17/17, on vous demande d'établir les étapes à suivre pour concevoir le profil à réaliser de la **phase 20** :

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**.



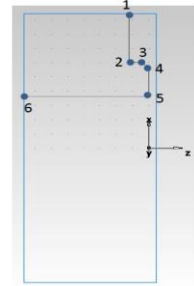
الصفحة 9	NR45	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية
-------------	------	---

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

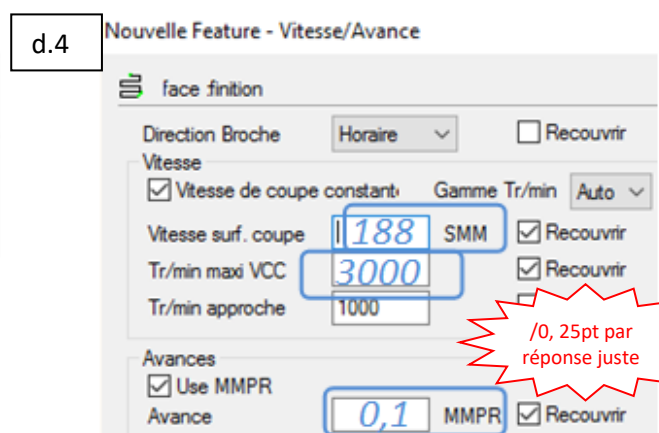
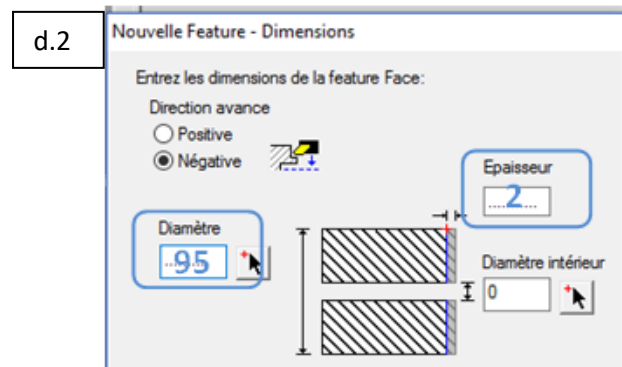
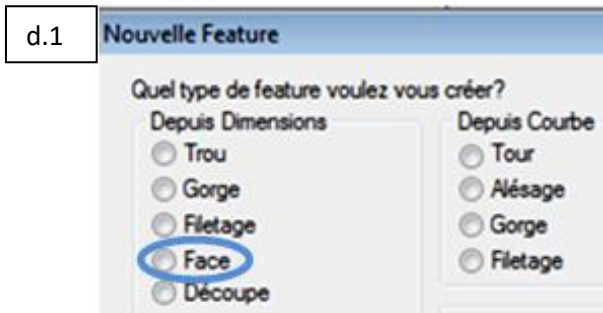
0,25pt par case



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

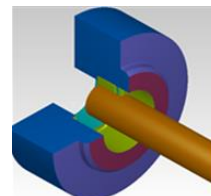
- d.1. Entourer le type de feature à créer ; /0,5 pt
- d.2. Indiquer la dimension de la feature de dressage ; /0,5 pt
- d.3. Cocher les stratégies à utiliser pour cette feature ; /0,25 pt
- d.4. Entrer les conditions de coupe relatives à cette opération. /0,75 pt



e. Donner le nom de l'étape à valider pour simuler l'usage :

/0,5 pt

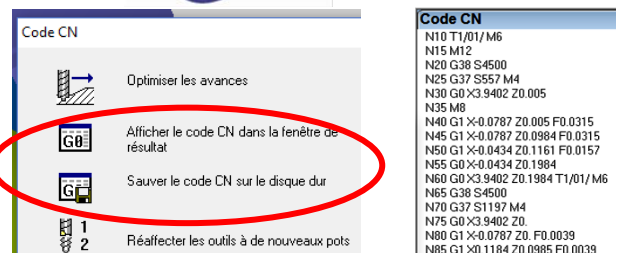
Etape : Parcours d'outil



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
```