

الصفحة

1

9

♦♦♦

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2019
- عناصر الإجابة -

+٢١٣٨٤٤٦١٧٣٤٥٤٩
+٢١٣٨٤٤٦٠٣٥٠
٨٠٣٨٤٤٦٢٠٦٧٧٦٥٥
٨٠٣٨٤٤٦٢٠٦٧٧٦٥٥



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

NR45

علوم المهندس

المادة

4 مدة الاجاز

8 المعامل

شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

الشعبة أو المسلك

Éléments de correction

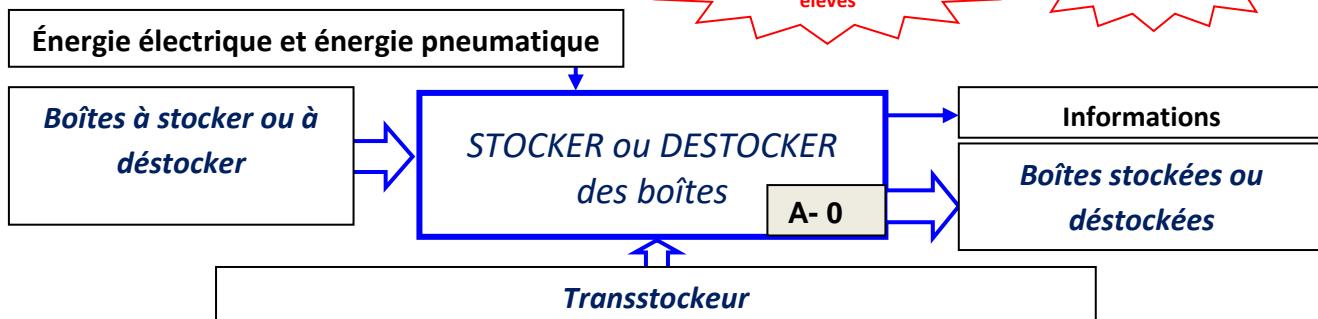
Documents réponses

Situation d'évaluation 1

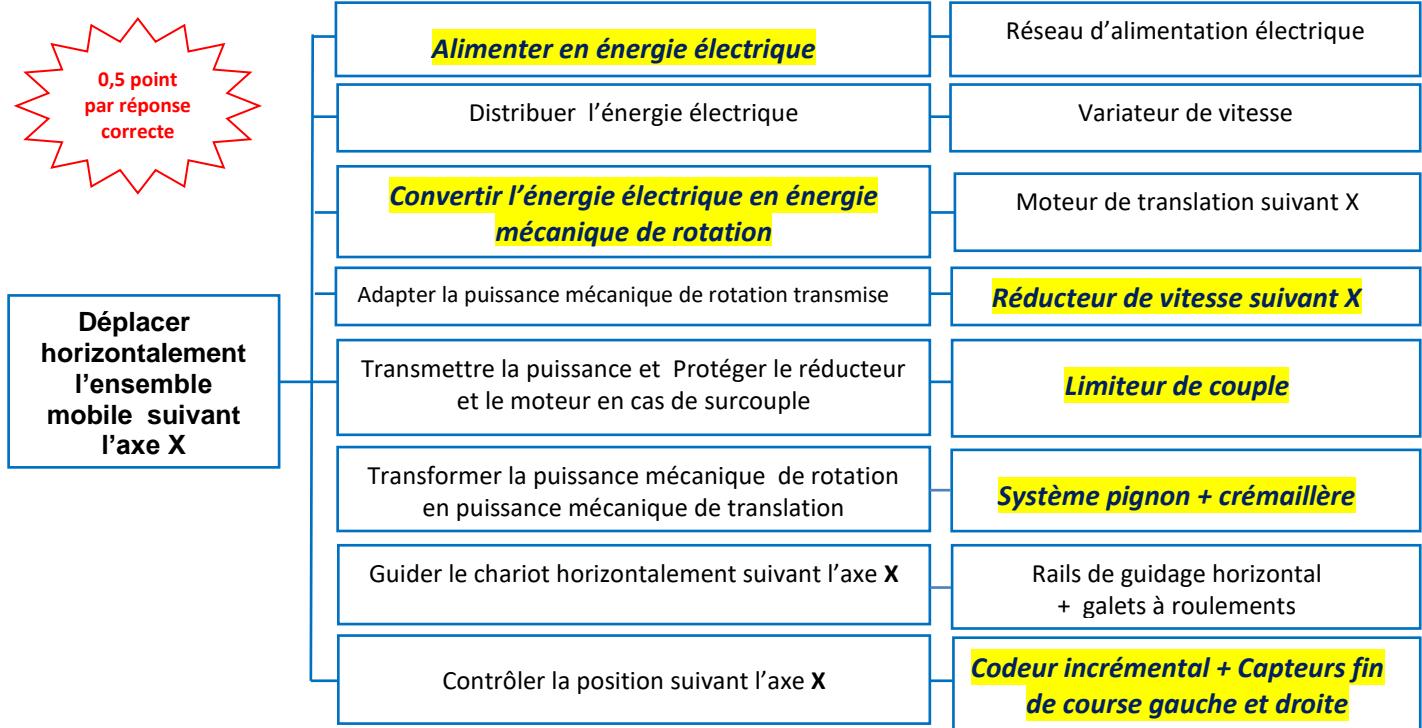
Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle du transstockeur :

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 0,25 point par case /1 pt

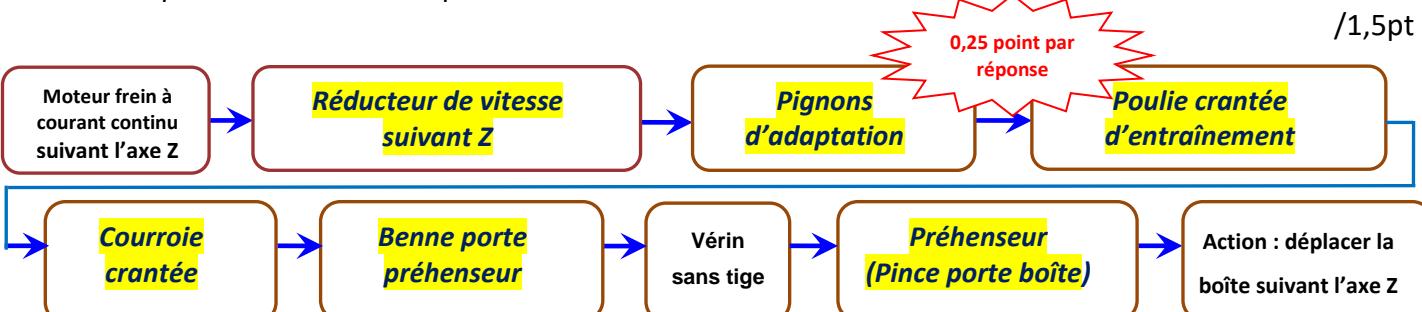


- b. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction "Déplacer horizontalement l'ensemble mobile suivant l'axe X" : /3 pts



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 : /1,5pt



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) :

- 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.

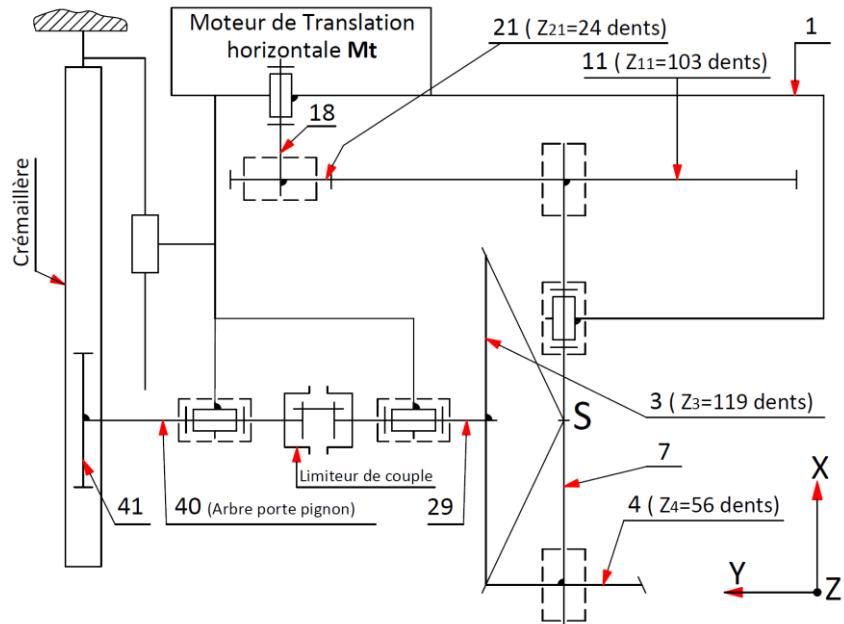
- c. Compléter le tableau suivant :

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

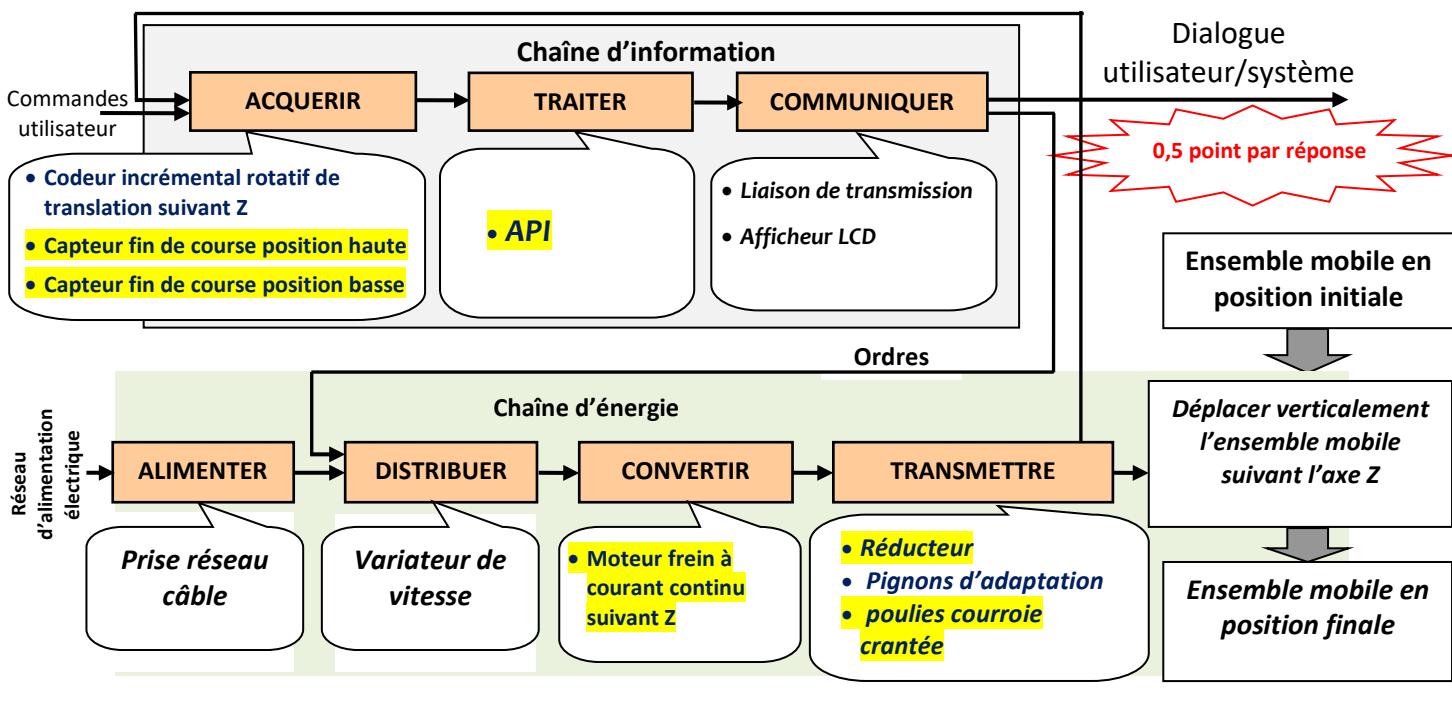
0,25 point par symbole de liaison correcte



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 = θ_s/θ_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 appliquée à l'ensemble mobile de masse « **M** » pendant son mouvement horizontal : /1pt

$$\overrightarrow{Mg} + \overrightarrow{R_z} + \overrightarrow{R_x} + \overrightarrow{F_t} = M \cdot \vec{\gamma}$$

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
0,25 point par réponse (case) correcte	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	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M.g.f + M \cdot \gamma$	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M.g.f$	$F_t = R_x + M \cdot \gamma = M.g.f + M \cdot \gamma$
Application numérique	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18 + 10^3 \times 0,7$ $= 2500 \text{ N}$	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18$ $= 1800 \text{ N}$	$F_t = 10^3 \times 10 \times 0,18 + 10^3 \times (-0,7)$ $= 1100 \text{ N}$

d. Calculer, à deux chiffres après la virgule et à partir de l'expression $m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k.R_p}}$, 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

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

e. Calculer le diamètre primitif **d** (en mm) du pignon 41 si sa fréquence de rotation **N=159 tr/min** pour déplacer l'ensemble mobile horizontalement suivant l'axe **X** à une vitesse linéaire **V=0,7 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.m (K=10)
3 mm	84 mm	$da = d + 2m$ $da = 90 \text{ mm}$	$df = d - 2,5.m$ $df = 76,50 \text{ mm}$	$b = K.m$ $b = 30 \text{ mm}$

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_u (en Watt) capable de déplacer l'ensemble mobile suivant l'axe X : /1 pt

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

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

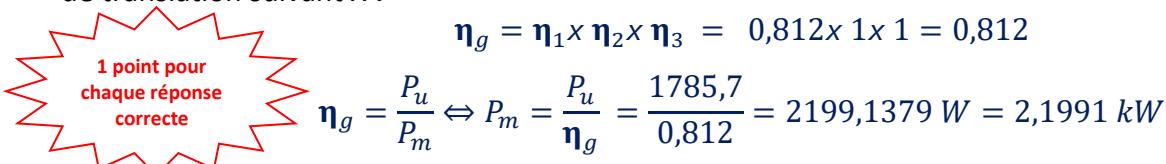


$$k = \frac{N_{29}}{N_{18}} = \frac{Z_{21} \times Z_4}{Z_{11} \times Z_3} = \frac{24 \times 56}{103 \times 119} = 0,1096$$

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

- 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

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



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

- 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



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

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

- 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- e. Choisir la nuance optimale du matériau qui convient pour cette construction :

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

/1pt

Situation d'évaluation 3

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

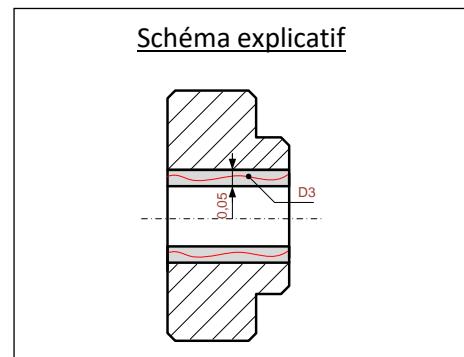
a. Interpréter et expliquer par un schéma la spécification suivante :

/1,5 pt

D3		0,05
----	--	------



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 D ₃
	(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
F1	Dressage	Outil coudé à charioter	d'enveloppe	0,25pt par réponse
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 ; /3pts

(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.

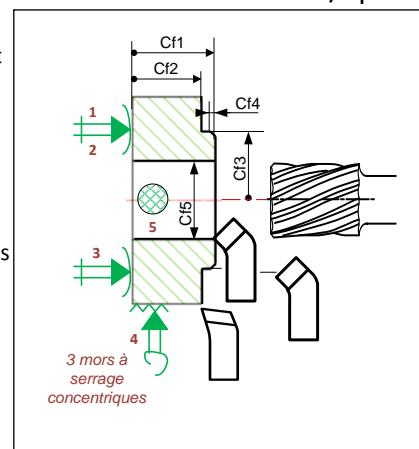
/0,5 pt

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



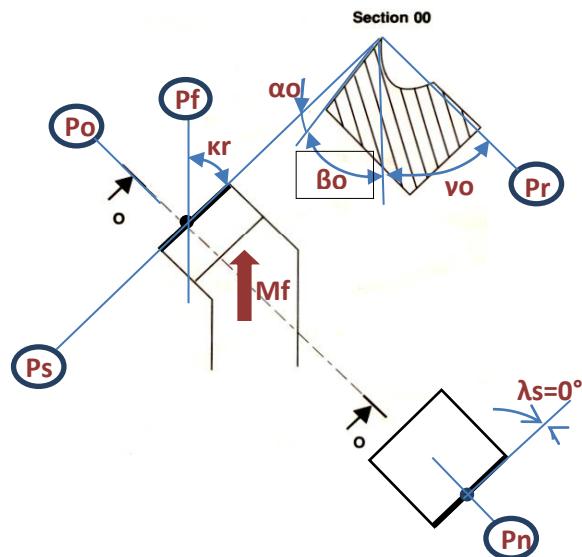
c. Étude de la géométrie de l'outil en main permettant la réalisation de l'opération F1 : /5,5 pts

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 (M_f) ;
- ✓ Les plans du référentiel en main (P_r, P_s, P_f, P_n, P_o) ;
- ✓ 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 .



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

$$tc = \frac{l}{V_f} ; V_f = N.f = \frac{1000.Vc.f}{\pi.Dbrut} = \frac{1000.32.0,4}{\pi.95} = 42,888 \text{ mm/min} ;$$

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

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

$$T = Cv . Vc^n = 10^{12} . 32^{-7} = 29,103 \text{ min} ; \text{ donc } T = 29,103 \text{ min}$$

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 ».

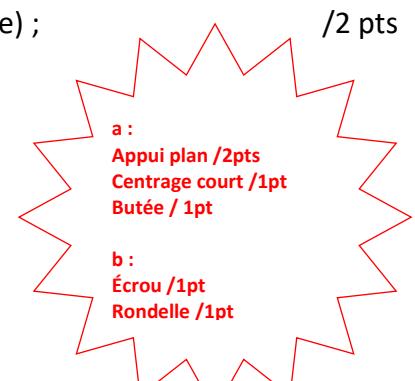
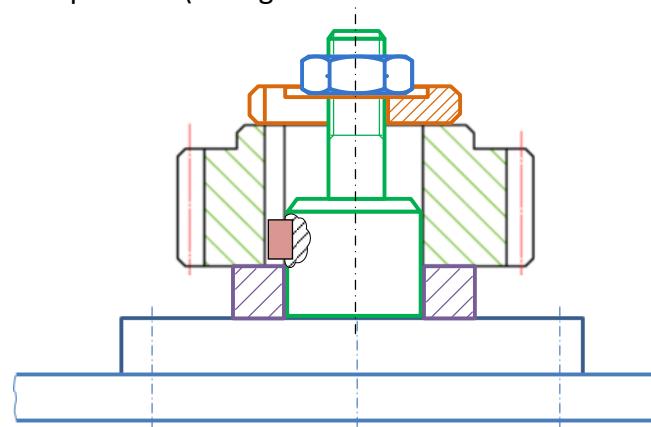
A partir du croquis de phase 50, compléter le dessin partiel du montage d'usinage relatif au taillage de la denture du pignon 41, en matérialisant :

a. Les symboles de mise en position (appui plan- centrage court- butée) ;

b. Le symbole du maintien en position (serrage avec écrou et rondelle fendue) ;

/4 pts

/2 pts



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 hypoeutectoïde

Acier hypereutectoïde

- 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)

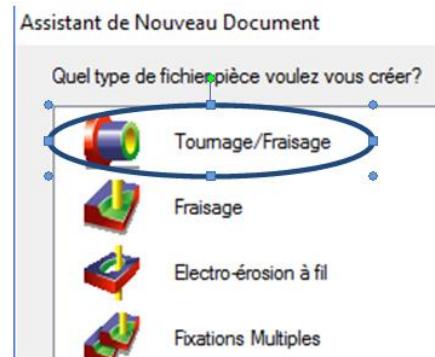
0,75pt par réponse

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



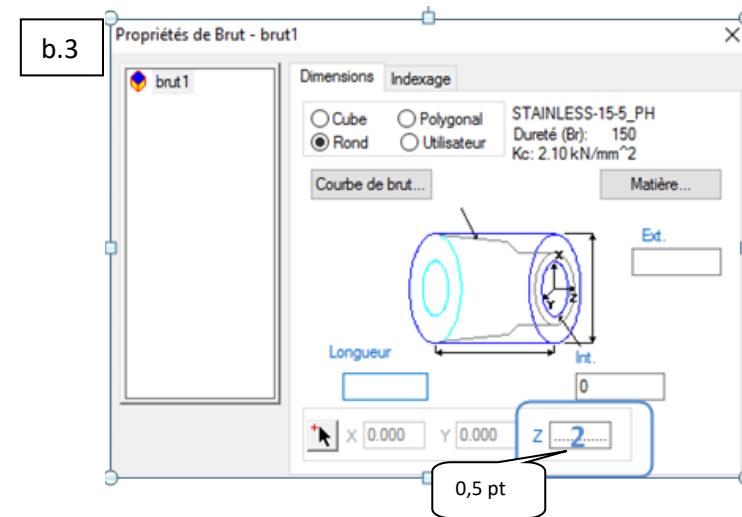
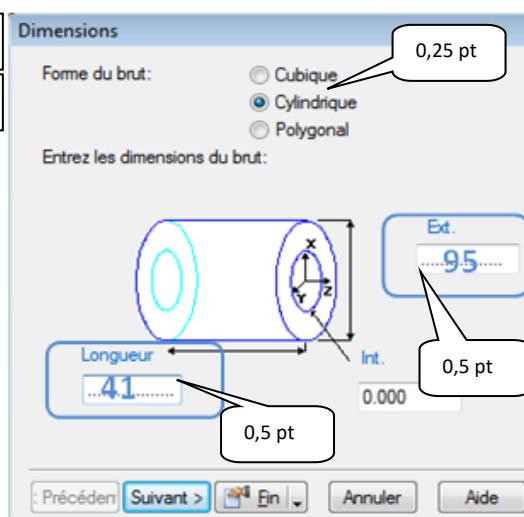
- b. Compléter les fenêtres ci-dessous relatives aux propriétés de brut en : /1,75pt

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 $a = 2 \text{ mm}$.

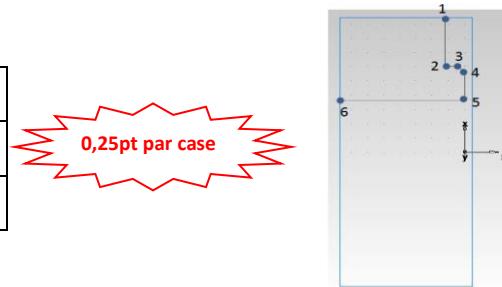
b.1
b.2



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 :

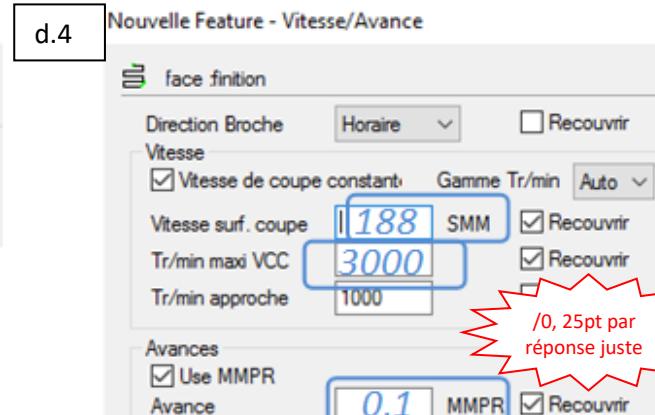
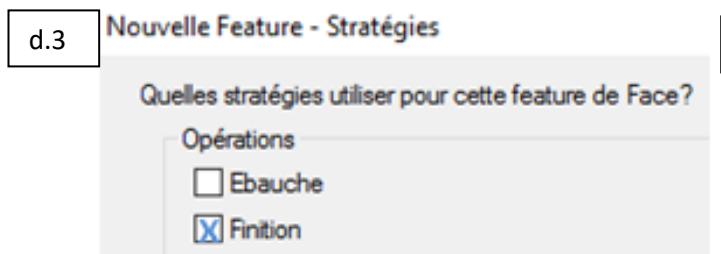
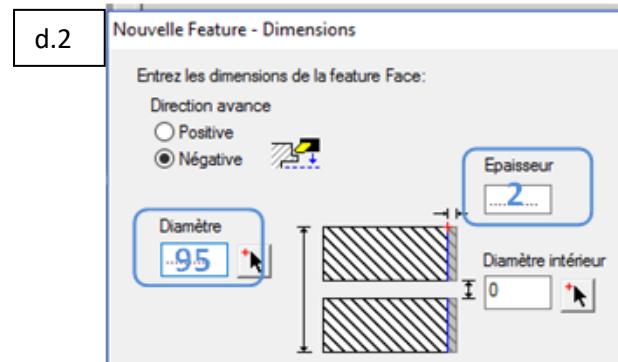
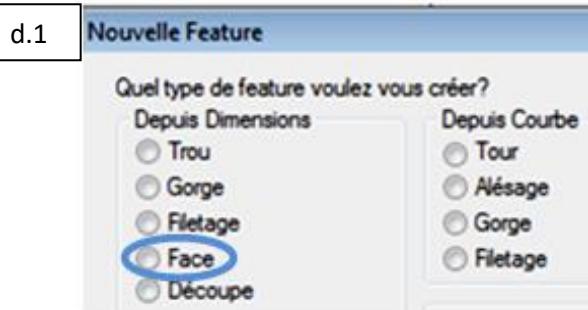
	1	2	3	4	5	6
X (\emptyset)	95	60	60	56	36,0125	36,0125
Z	-6	-6	-2	0	0	-39



c.2. Etape : Géométrie /0,5pt

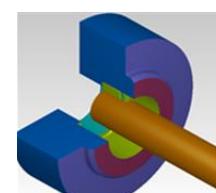
d. Sur les masques ci-dessous relatives à l'opération de dressage de F1, DRES page 17/17 : /2pts

- 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

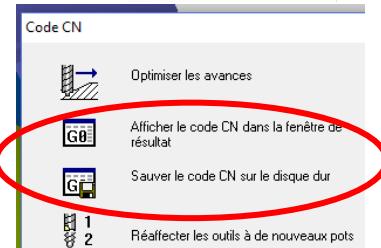
Etape : Parcours d'outil



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 20.005
N35 M8
N40 G1 X-0.0787 Z0.005 F0.0315
N45 G1 X-0.0787 Z0.0984 F0.0315
N50 G0 X-0.0434 Z0.1161 F0.0157
N55 G0 X-0.0434 Z0.1984
N60 G0 X3 9402 20.1984 T1/01/M6
N65 G38 S4500
N70 G37 S1197 M4
N75 G0 X3 9402 20.
N80 G1 X-0.0787 Z0. F0.0039
N85 G1 X0.1184 Z0.0985 F0.0039

```