

| | | | | |
|--------|--|--|---|------------------|
| الصفحة | <p>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة -</p> <p>NR45</p> | | <p>المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي</p> <p>المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه</p> | |
| 1 | | | | |
| 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 :

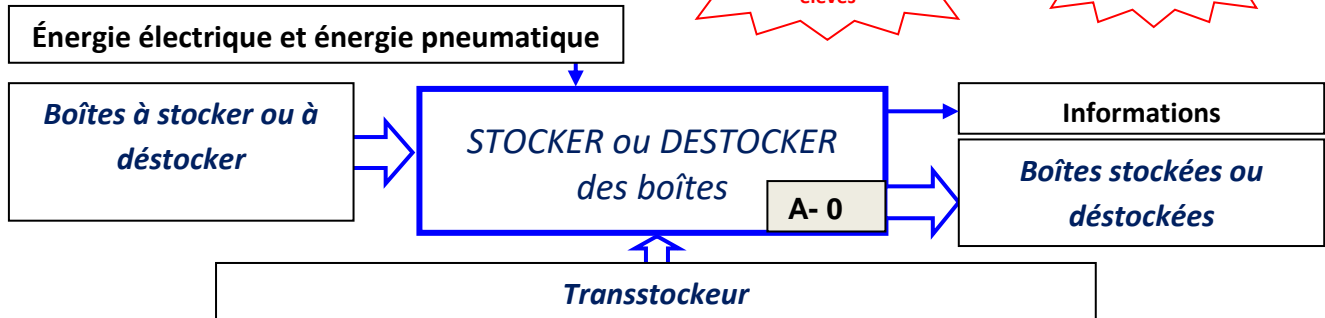
En se référant à la présentation du support et au principe de fonctionnement du système « transstockeur » pages 2/17, 3/17 et DRES page 13/17 :

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

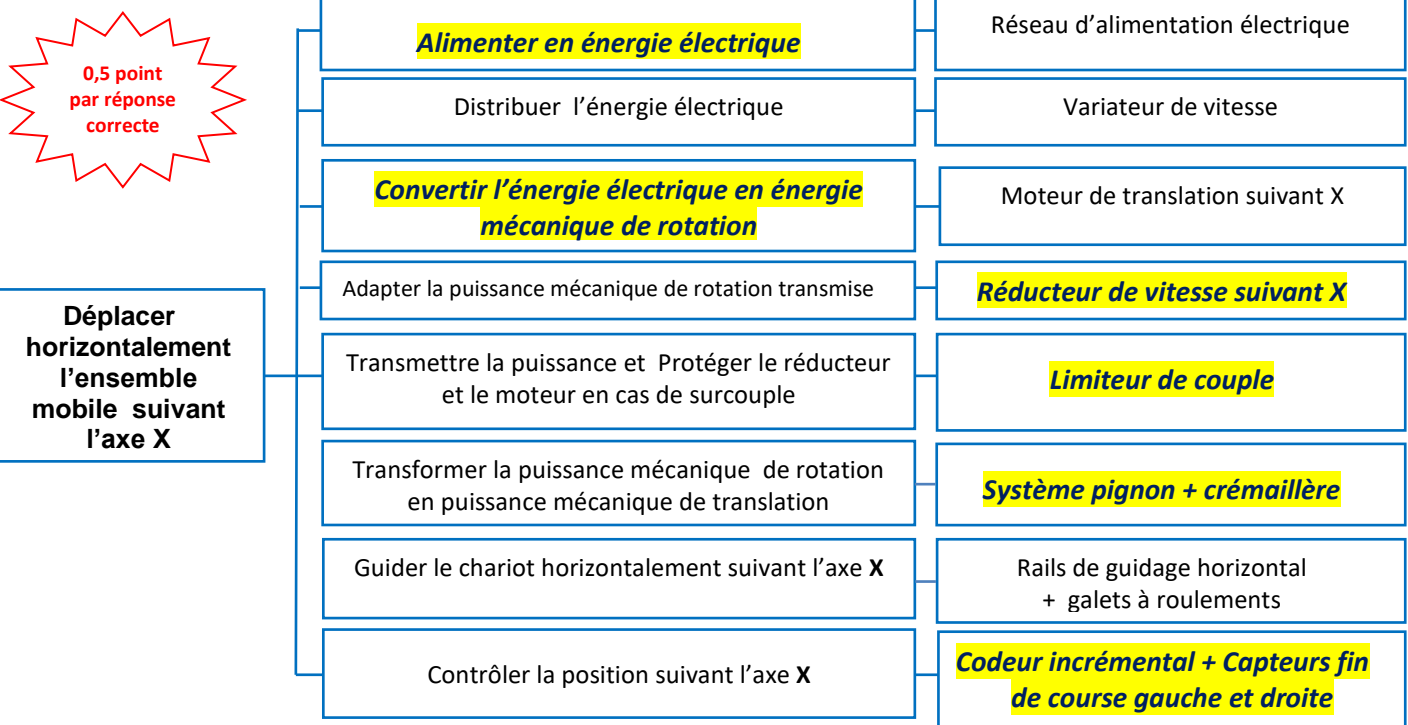
Tenir compte des formulations des élèves

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

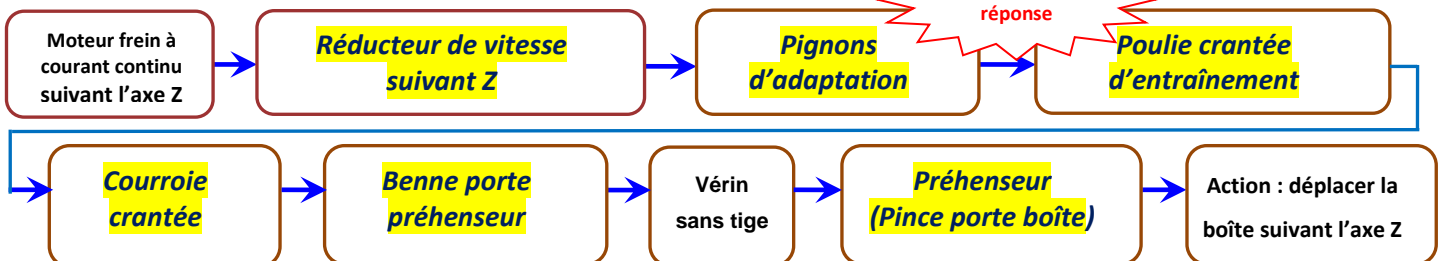


Tâche 1.2: Analyse technique du transstockeur :

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 :

0,25 point par réponse

/1,5pt



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

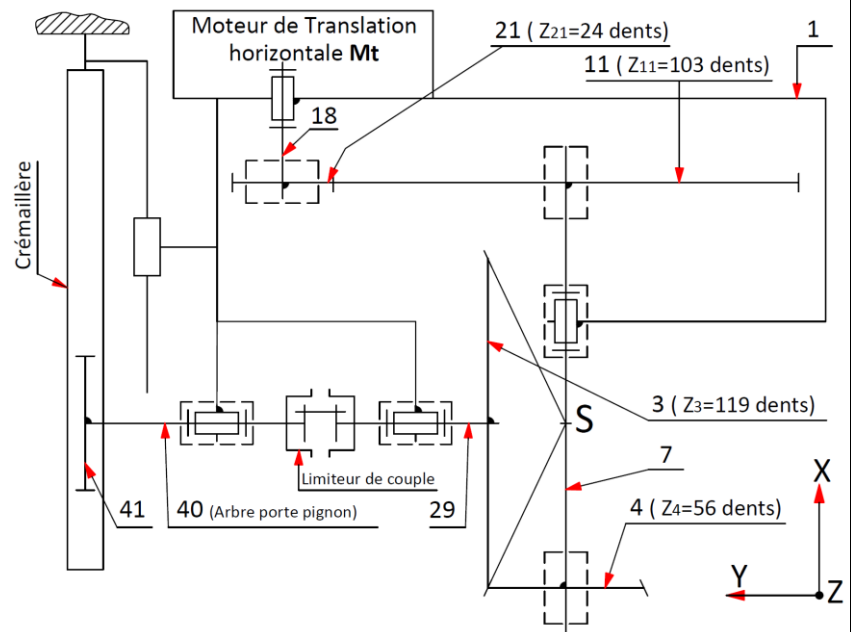
b. Citer **les deux** conditions d'engrènement entre les roues de l'engrenage conique à dentures droites (pignon conique 4 et roue *dentée* conique 3) : /1 pt

- 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.

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 |

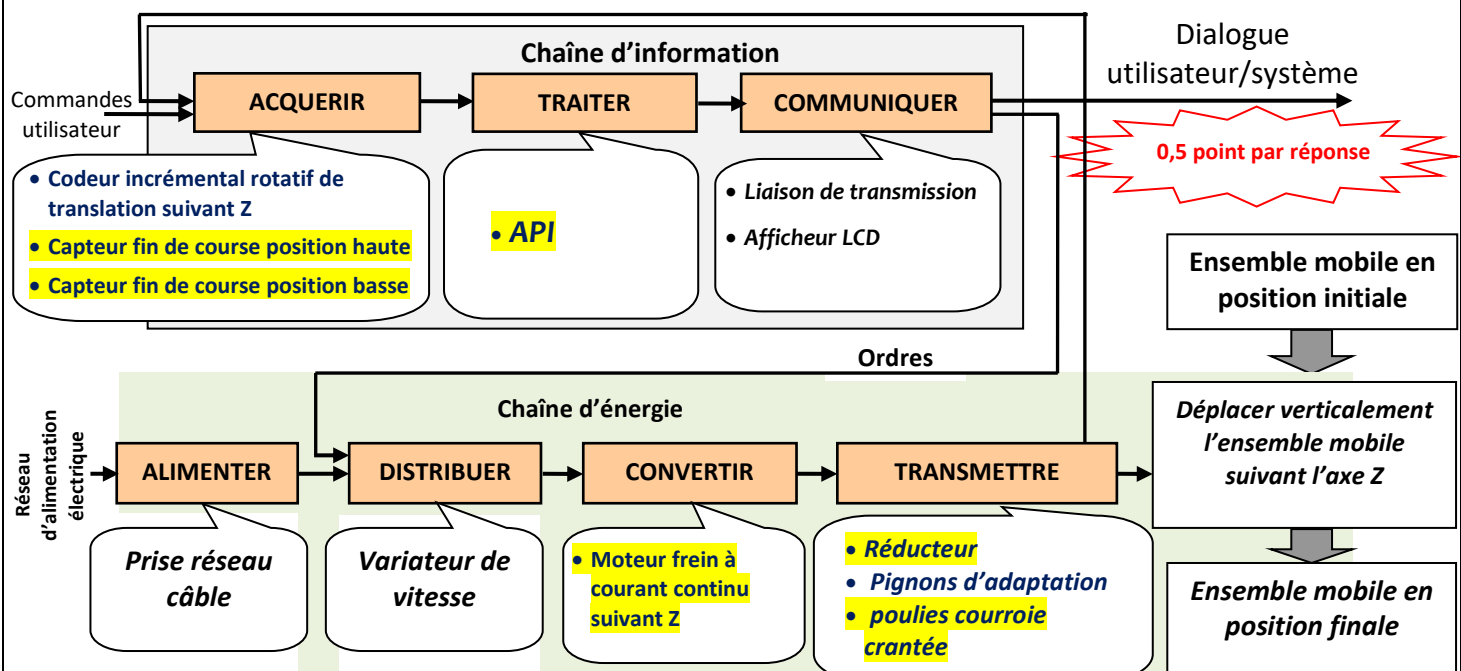
d. Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme d'entraînement de l'ensemble mobile suivant l'axe **X** :



**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



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

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 **Pu (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 **Pm (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 Pm (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 **Mt (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

| | | | |
|------------------|------|---|--|
| الصفحة 6 9 | NR45 | الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية | |
|------------------|------|---|--|

Situation d'évaluation 3

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

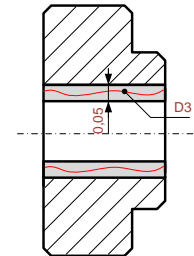
- a. Interpréter et expliquer par un schéma la spécification suivante :
/1,5 pt

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


Interprétation /1pt
Schéma /0,5pt

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

Schéma explicatif



- 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} : (0.25pt) | R  0.08 D3 (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 chariotier | 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

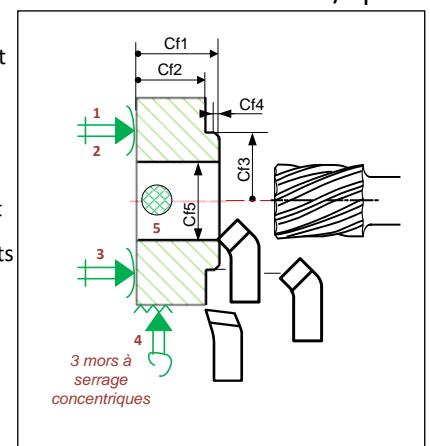
- b2. Donner le type de porte-pièce à utiliser pour réaliser cette phase :

Mandrin trois mors durs.

- b3. Proposer un moyen de contrôle de la cote Ø36H7 :

Tampon « entre / n'entre pas »

N.B. : Cf2 peut être entre F1 et F2



| | | | |
|------------------|------|---|--|
| الصفحة 7 9 | NR45 | الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية | |
|------------------|------|---|--|

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

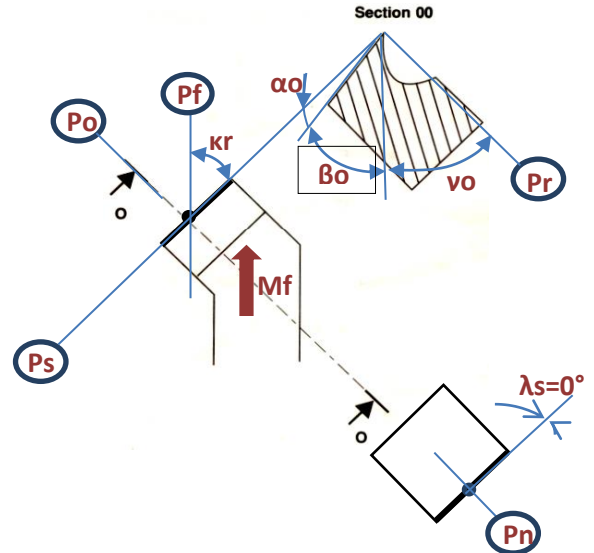
c.1. L'orientation de l'arête de l'outil ci-contre :

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 (**$\alpha_o, \theta_o, \gamma_o$**) ;
- ✓ 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

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

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

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

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

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

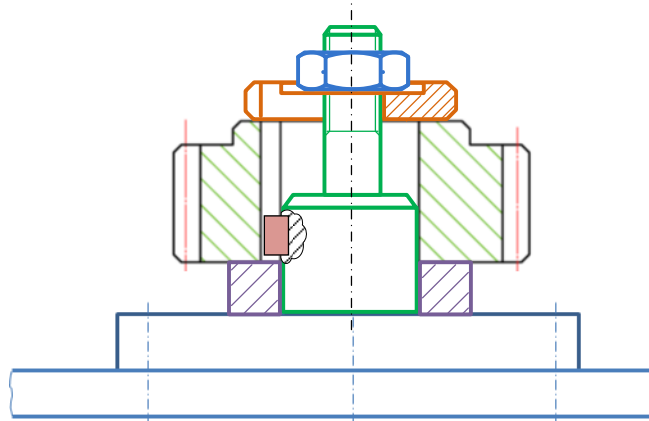
$$np = \frac{T}{tc} = \frac{29,103}{1,108} = 26,266 \text{ soit } np = 26 \text{ pièces}$$

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) ; /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

| | | | |
|------------------|------|---|--|
| الصفحة 8 9 | NR45 | الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية | |
|------------------|------|---|--|

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

| | La dureté | La résilience | L'allongement % |
|-----------|-----------|---------------|-----------------|
| Influence | 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** :

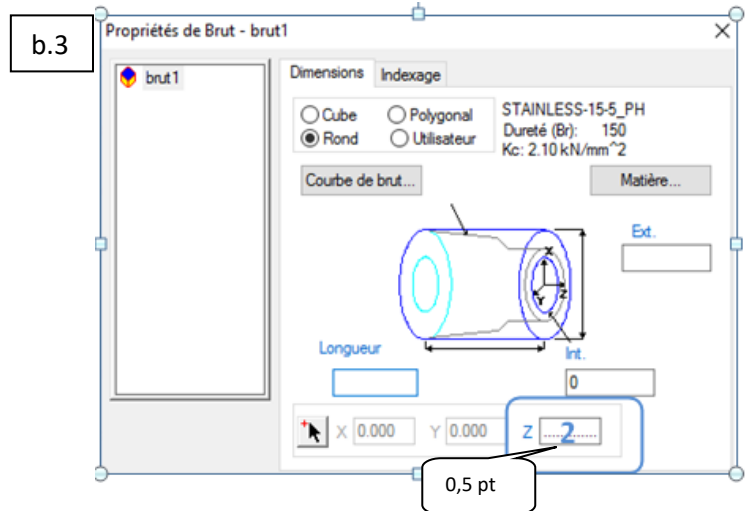
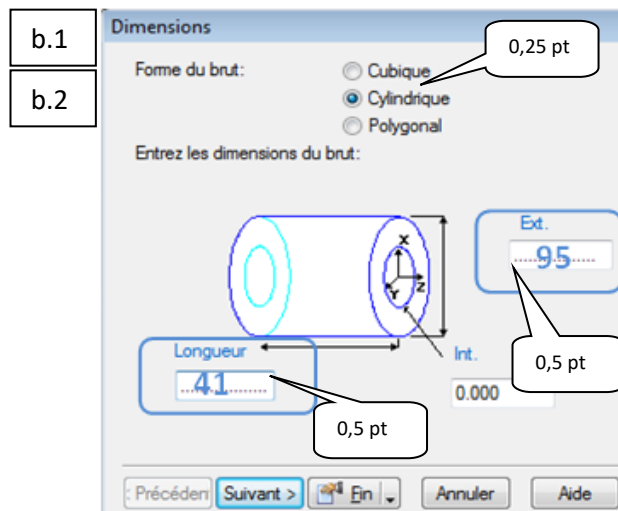
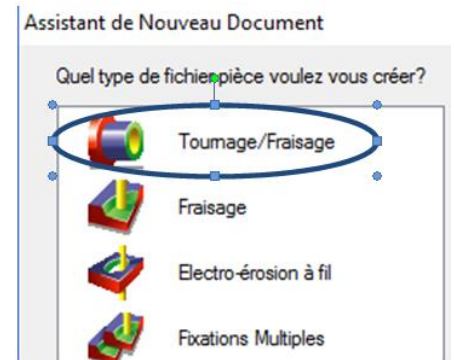
- a. Entourer sur la fenêtre ci-contre, le choix du type de fichier pièce qu'on veut créer pour un nouveau document. /0,25 pt

- 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 mm**.



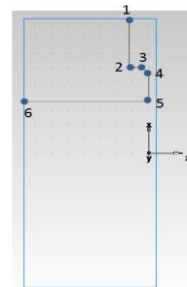
| | | | |
|-------------|------|---|--|
| الصفحة 9 | NR45 | الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2019 - عناصر الإجابة - مادة: علوم المهندس - شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية | |
|-------------|------|---|--|

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 (Ø) | 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 relatifs à l'opération de dressage de F1, DRES page 17/17 : /2pts

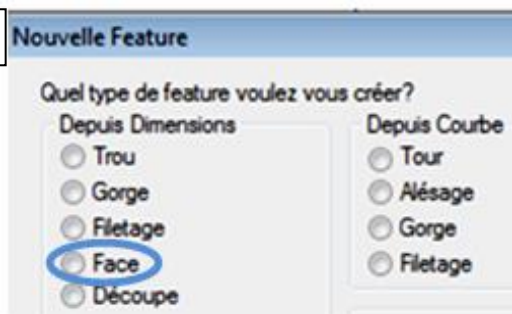
d.1. Entourer le type de feature à créer ; /0,5 pt

d.2. Indiquer la dimension de la feature de dressage ; /0,5 pt

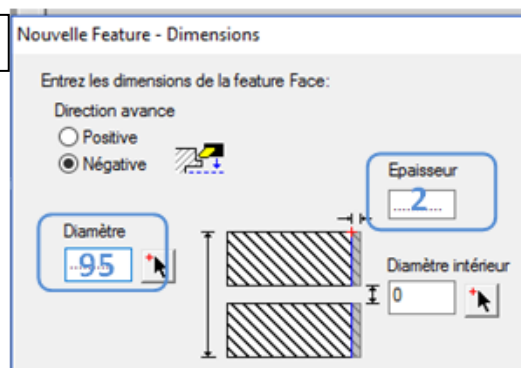
d.3. Cocher les stratégies à utiliser pour cette feature ; /0,25 pt

d.4. Entrer les conditions de coupe relatives à cette opération. /0,75 pt

d.1

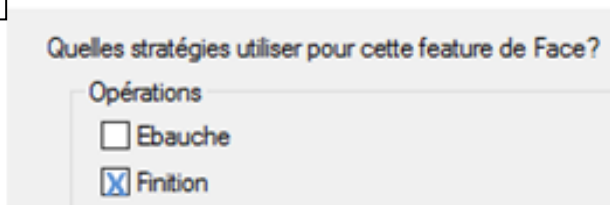


d.2



d.3

Nouvelle Feature - Stratégies



d.4

Nouvelle Feature - Vitesse/Avance

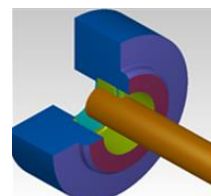


/0, 25pt par réponse juste

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

