

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2017

-عناصر الإجابة -

الملكية المغربية  
وزارة التربية الوطنية  
والتكوين المهني  
والتعليم العالي والبحث العلمي



المركز الوطني للتفويج والأمتحانات والتوجيه

NR 45

|   |             |   |                  |
|---|-------------|---|------------------|
| 4 | مدة الإنجاز | علوم المهندس  | المادة           |
| 8 | المعامل     | شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية | الشعبة أو المسلك |

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

N.B

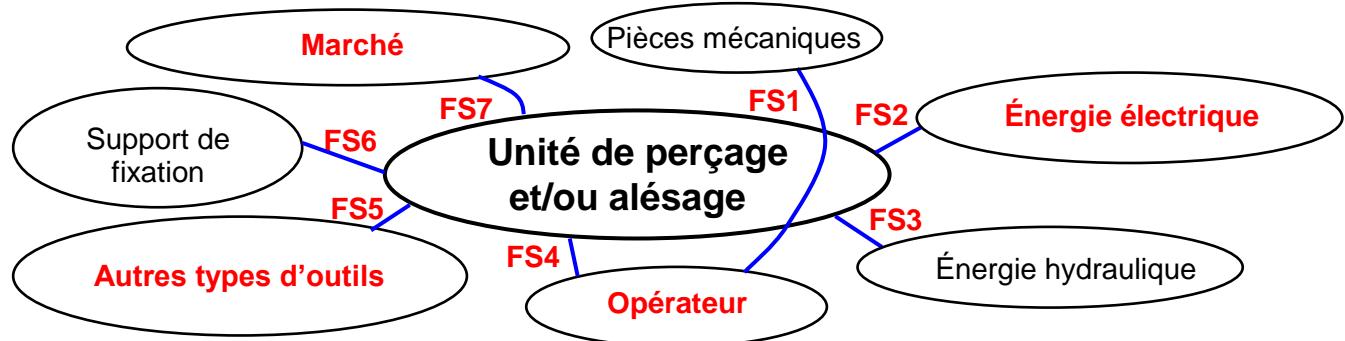
Le correcteur est tenu de respecter à la lettre les consignes relatives aux répartitions des notes indiquées sur les éléments de correction

## Documents réponses

### SITUATION D'EVALUATION 1 :

#### Tâche 1.1 :

- 1.1.1** Les éléments manquants sur le diagramme pieuvre et identification et description des fonctions de services manquantes du produit : /1,75 pt



**FS1 : Permettre à l'opérateur de percer et/ou aléser des trous sur des pièces mécaniques ;**

**FS2 : Être alimentée en énergie électrique ;**

**FS3 : Être alimentée en énergie hydraulique ;**

**FS4 : Être facile à régler par l'opérateur ;**

**FS5 : Pouvoir monter d'autres types d'outils ;**

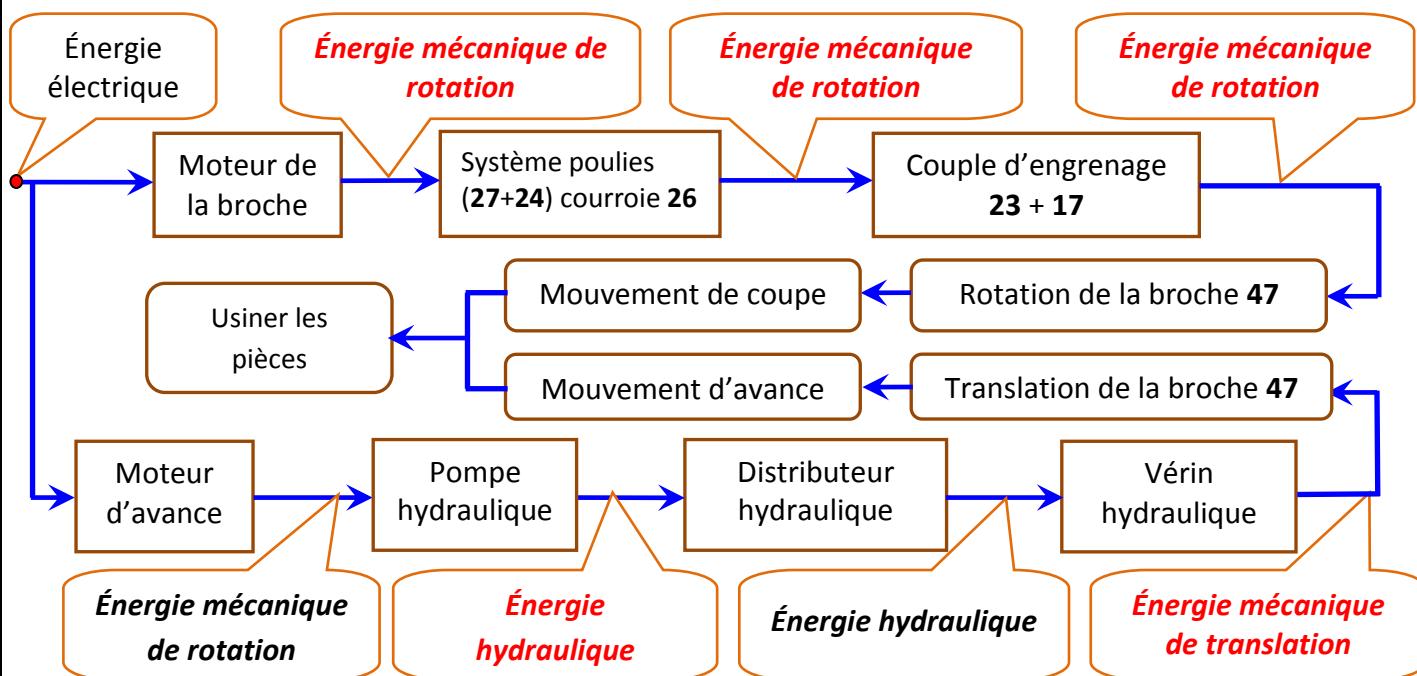
**FS6 : Se monter sur un support de fixation ;**

**FS7 : Avoir un prix compétitif sur le marché.**

0,25 pt par réponse

- 1.1.2** Le schéma synoptique de la chaîne d'énergie précisant la forme d'énergie entrante et sortante de chaque sous-système de l'unité de perçage et/ou alésage : /1.25 pt

0,25 pt par réponse



1.1.3 Le nom et la fonction manquants de chaque composant du schéma partiel de l'installation hydraulique : /2 pts

| Repère du composant | Symbole du composant | Nom du composant              | Fonction du composant  |
|---------------------|----------------------|-------------------------------|--|
| A                   |                      | Filtre<br>0,25 pt par réponse | Filtrer l'huile des impuretés  |
| B                   |                      | Pompe hydraulique             | Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique               |
| C                   |                      | Distributeur hydraulique 5/2  | Distribuer l'énergie hydraulique au vérin                                      |
| D                   |                      | Manomètre                     | Indiquer la pression hydraulique de service                                    |
| E                   |                      | Limitateur de pression        | Protéger le circuit hydraulique dans le cas de surpression (excès de pression) |

## Tâche 1.2 :

1.2.1 Réponses pour assurer les différentes fonctions du tableau suivant :

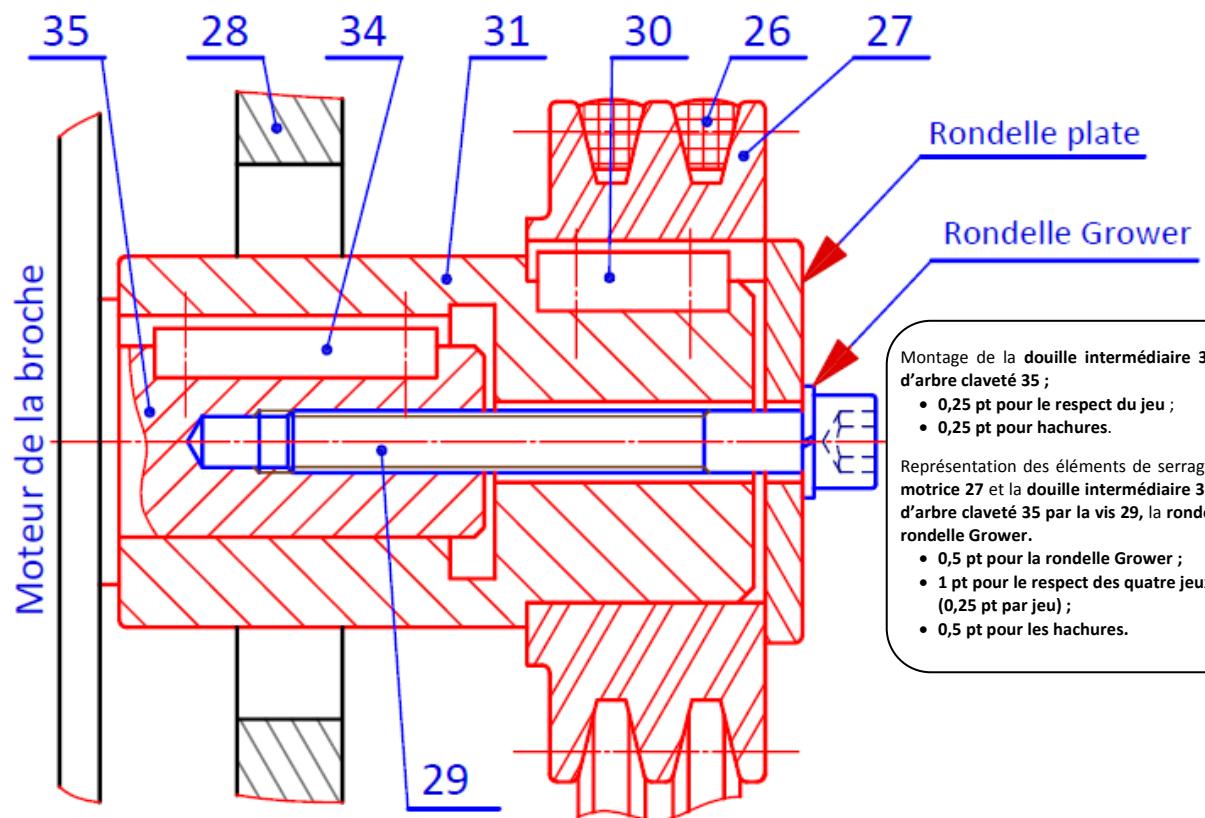
/2.75 pts

| Expression de la fonction   | Réponses proposées pour assurer la fonction |                         |  |
|---|---|-------------------------|--|
| La transmission de la puissance mécanique de rotation entre l'arbre moteur <b>35</b> et l'arbre intermédiaire <b>21</b> est assurée par : | <input type="checkbox"/>                    | Engrenages              | <input checked="" type="checkbox"/> Système poulies- courroies trapézoïdales |
|   | <input type="checkbox"/>                    | Système pignons- Chaîne | <input type="checkbox"/> Système poulies- courroies plates                   |
| La transmission de la puissance mécanique de rotation entre l'arbre intermédiaire <b>21</b> et l'arbre creux <b>11</b> est assurée par :  | <input checked="" type="checkbox"/>         | Engrenages              | <input type="checkbox"/> Système poulies- courroies trapézoïdales            |
|   | <input type="checkbox"/>                    | Système pignons- Chaîne | <input type="checkbox"/> Système poulies- courroies plates                   |
| Le guidage en rotation de la broche <b>47</b> par rapport au boîtier <b>49</b> est assuré par :   | <input type="checkbox"/>                    | Des coussinets          | <input checked="" type="checkbox"/> Des roulements                           |
|   | <input type="checkbox"/>                    | Paliers lisses          | <input type="checkbox"/> Paliers hydrodynamiques                             |
| L'entrée de l'huile sous pression pour assurer la <b>sortie</b> de la tige <b>44</b> du vérin hydraulique <b>V</b> se fait à travers :    | <input checked="" type="checkbox"/>         | L'Orifice <b>O1</b>     | <input type="checkbox"/> L'Orifice <b>O2</b>                                 |
|   | <input type="checkbox"/>                    | Le Trou <b>T</b>        | <input type="checkbox"/> L'Orifice <b>O1 et O2</b>                           |
| La sortie de la tige <b>44</b> du vérin hydraulique <b>V</b> assure la translation du (de la) :   | <input checked="" type="checkbox"/>         | Guide broche <b>46</b>  | <input checked="" type="checkbox"/> Boîtier <b>49</b>                        |
|   | <input checked="" type="checkbox"/>         | Broche <b>47</b>        | <input type="checkbox"/> Demi-carter gauche <b>1</b>                         |

Pour cette dernière ligne 0,25 pt par réponse juste

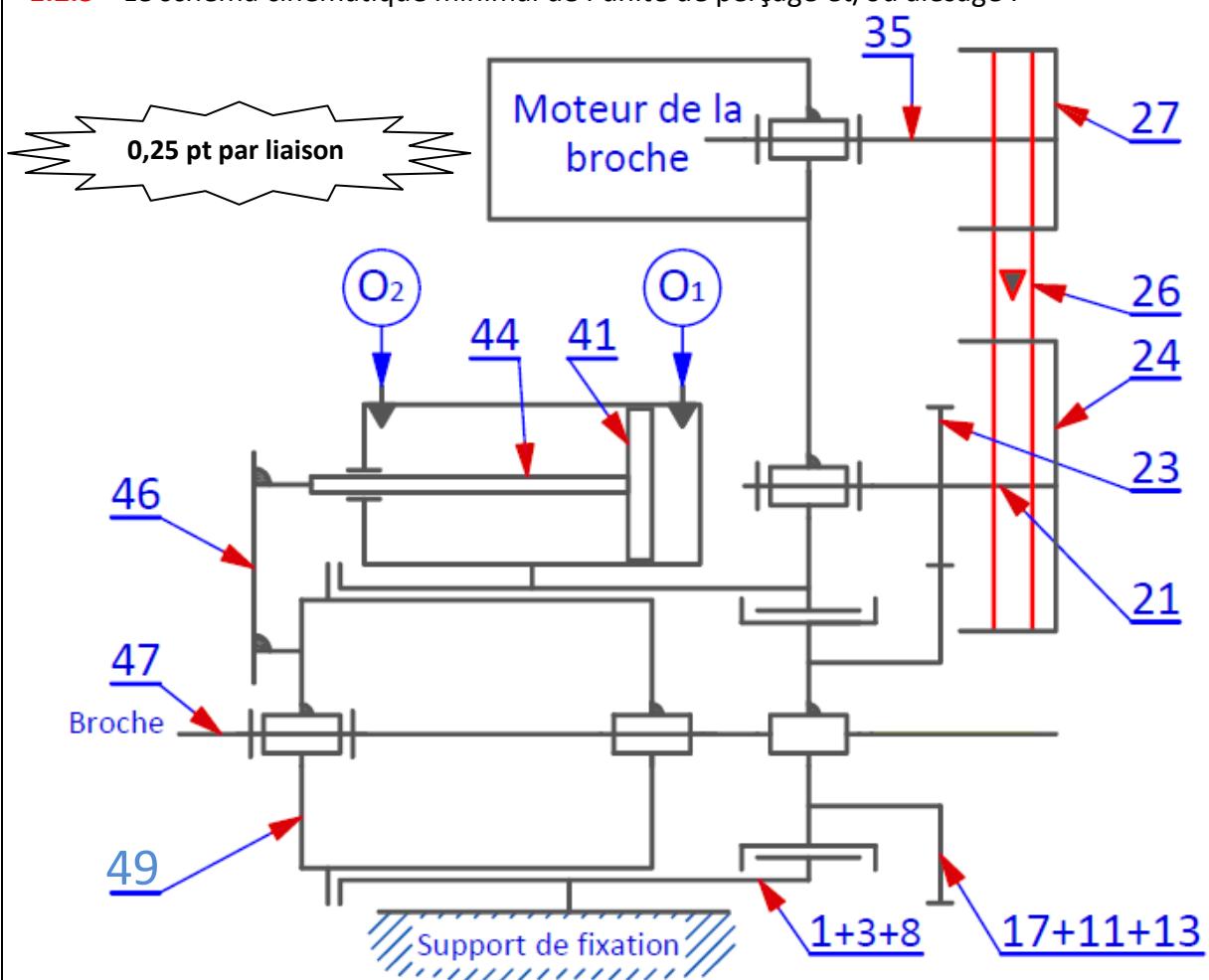
1.2.2 Le bout d'arbre 35 du moteur de la broche ne permet pas d'assurer la liaison directe avec la poulie motrice 27, alors le constructeur intercale la douille intermédiaire 31 qui participe à la réalisation de la liaison complète : (voir page suivante) /2,5 pts

- Le montage de la **douille intermédiaire 31 sur le bout d'arbre claveté 35** ;
- Représentation des éléments de serrage de la **poulie motrice 27** et la **douille intermédiaire 31** avec le **bout d'arbre claveté 35** par la **vis 29**, la **rondelle plate** et la **rondelle Grower**.



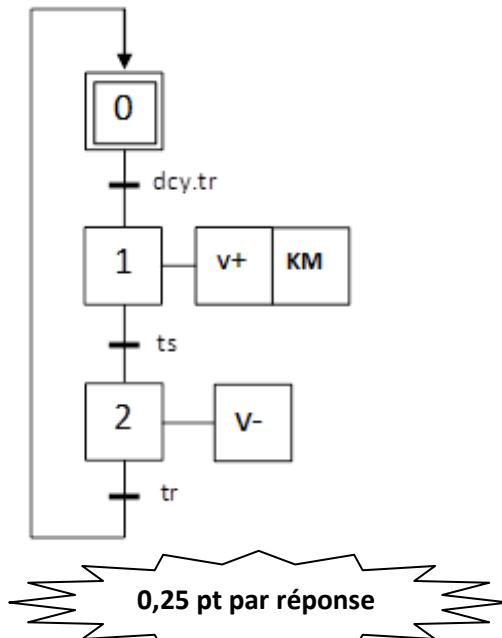
### 1.2.3 Le schéma cinématique minimal de l'unité de perçage et/ou alésage :

/1 pt



## Tâche 1.3 :

**1.3.1** Le grafset de point de vue partie commande du vérin hydraulique V : **/1,25 pt**



**1.3.2** A partir du schéma électrique de commande, DRESS page (15/19) du vérin hydraulique V :

a- Les équations de commande du pré-actionneur V+ et V- : **/0.5 pt**

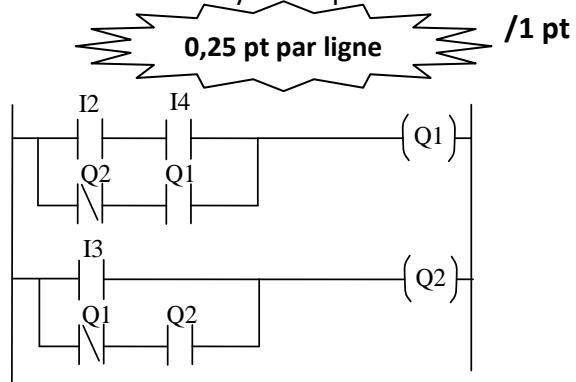
$$V+ = (dcy.tr) + (\bar{V}^- \cdot V^+)$$

**0,25 pt par réponse**

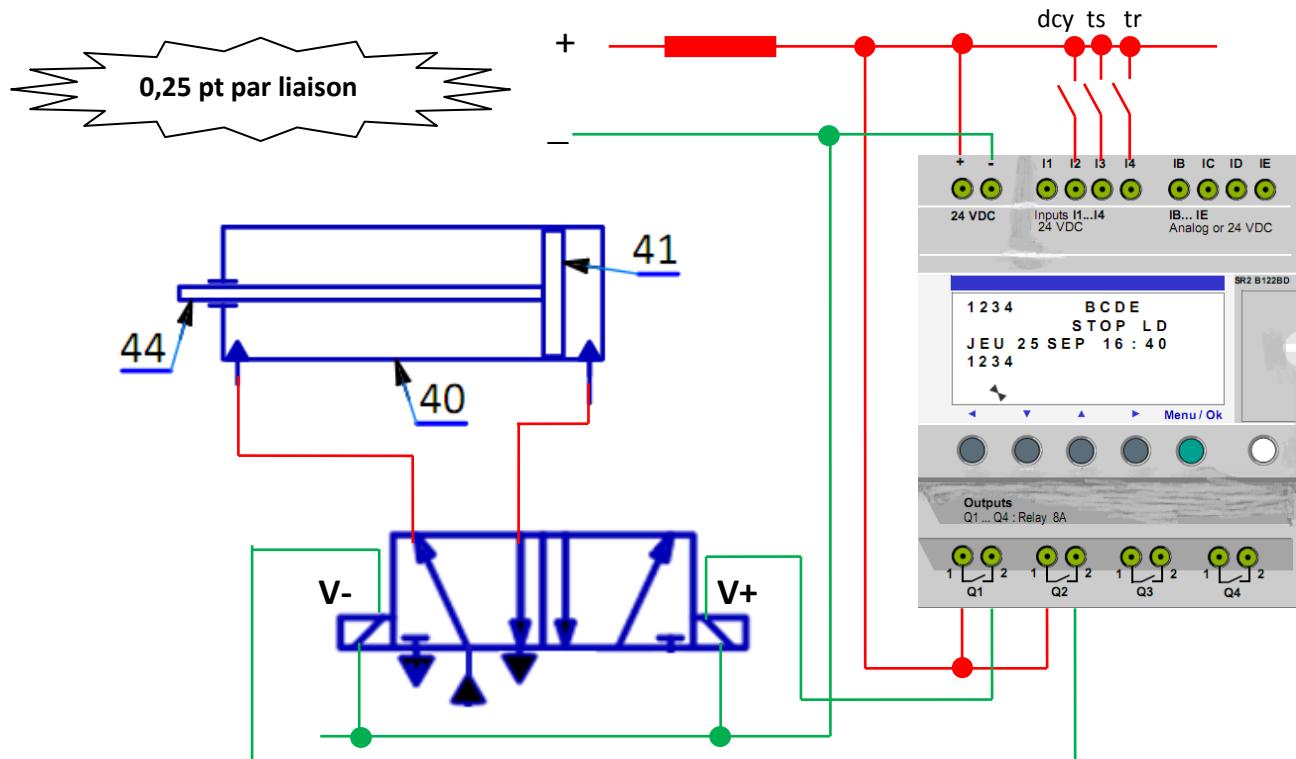
$$V^- = ts + (\bar{V}^+ \cdot V^-)$$

**0,25 pt par réponse**

b- Le programme LADDER du module Zelio pour la commande du vérin hydraulique V : **/1 pt**



**1.3.3** Le schéma de câblage du module Zelio et du vérin hydraulique V : **/1,5 pt**



## SITUATION D'EVALUATION 2 :

### Tâche 2.1 :

**2.1.1** Le nombre de Reynolds  $R$  dans la conduite 2-3 et la nature de l'écoulement :

/1,5 pt

$$R = \frac{C_d}{\nu} = \frac{1,98 \times 12 \cdot 10^{-3}}{0,22 \cdot 10^{-4}} = 1080 \leq 2000 \text{ donc l'écoulement est laminaire}$$

**2.1.2** La pression  $P_3$  (en bar) en appliquant le théorème de Bernoulli entre les points 2 et 3 :

/2 pts

$$\frac{1}{2} (C_3^2 - C_2^2) + g(Z_3 - Z_2) + \frac{1}{\rho} (P_3 - P_2) = J_t$$

$$P_3 = P_2 + \rho \cdot [J_t - g(Z_3 - Z_2)]$$

$$P_3 = 50 \times 10^5 + 900 \times [-68,55 - 9,81 \times 4] = 49,029 \text{ bar}$$

**2.1.3** L'intensité de la force  $F_3$  (en N) générée par la pression  $P_3$  (Prendre  $P_3 = 49$  bar) et l'intensité de la force  $F_{44/46}$  (en N) appliquée par la tige 44 sur le guide broche 46 :

/1 pt

$$\text{on a: } P_3 = \frac{F_3}{S} \Leftrightarrow F_3 = P_3 \times S = P_3 \times \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F_3 = 49 \times 10^5 \times \frac{\pi \times 40^2 \times 10^{-6}}{4} = 6157,52 \text{ N}$$

$$\text{on a: } \eta_V = 1 \Leftrightarrow F_{44/46} = F_3 = 6157,52 \text{ N}$$

**2.1.4** Validation du choix du vérin hydraulique V, vis-à-vis de l'effort minimal de poussée  $F_f = 6000$  N nécessaire aux outils pour percer des diamètres de 25 mm :

/0,5 pt

$$F_{44/46} = 6157,52 \text{ N} \geq F_f = 6000 \text{ N donc le choix du vérin est validé}$$

### Tâche 2.2 :

**2.2.1** La fréquence de rotation de la broche N<sub>47</sub> en (tr/min), sachant que  $Vc = 25 \text{ m/min}$  pour percer un diamètre maximal  $d = 25 \text{ mm}$  :

/1 pt

$$N = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 25} = 318,30 \text{ tr/min}$$

**2.2.2** La puissance utile  $P_u$  en (watt) de la broche 47, avec  $N_{47} = 320 \text{ tr/min}$  :

/1 pt

$$\omega_{47} = \frac{2\pi \times N_{47}}{60} = \frac{2\pi \times 320}{60} = 33,51 \text{ rad/s}$$

$$P_u = C_{47} \times \omega_{47} = 81,2 \times 33,51 = 2721,012 \text{ watt}$$

**2.2.3** Le rapport de transmission  $k$  et la déduction de la fréquence de rotation de l'arbre moteur de la broche N<sub>35</sub> en (tr/min), sachant que  $k = \frac{N_{47}}{N_{35}}$  et  $N_{47} = 320 \text{ tr/min}$  :

/1 pt

$$k = \frac{N_{47}}{N_{35}} = \frac{d_{27} \times d_{23}}{d_{24} \times d_{17}} = \frac{85 \times 78}{130 \times 150} = 0,34$$

$$N_{35} = \frac{N_{47}}{k} = \frac{320}{0,34} = 941 \text{ tr/min}$$

**2.2.4** La puissance mécanique de rotation  $P_m$  en (watt) du moteur de la broche, en prenant la puissance utile  $P_u = 2722$  watt :

/0,5 pt

$$\eta_{pc} \times \eta_e = \frac{P_u}{P_m} \Leftrightarrow P_m = \frac{P_u}{\eta_{pc} \times \eta_e} = \frac{2722}{0,92 \times 1} = 2958,69 \text{ watt}$$

**2.2.5** Choix du moteur :

/0,75 pt

| Référence type moteur | Puissance (kW) | Fréquence de rotation (tr/min) |
|-----------------------|----------------|--------------------------------|
| M2QA 132 S6A          | 3              | 955                            |

0,25 pt par réponse

## Tâche 2.3 :

2.3.1 A partir de la **modélisation de la denture DRESS** page (15/19) et en lui appliquant le principe fondamental de la statique :

a. L'expression littérale de l'effort  $F_B$  en fonction de  $Ft$  :

0.5 pt

$$F_B = Ft$$

b. L'expression littérale du moment d'encastrement  $M_B$  en fonction de l'effort  $Ft$  et du module  $m$  : /1 pt

$$M_B = Ftxh = 2,25xmxFt$$

2.3.2 Sachant que le moment quadratique  $I_{GZ} = \frac{k\pi^3 \cdot m^4}{96}$ , en appliquant la condition de résistance à la contrainte normale de flexion plane simple :

a. Démonstration de l'expression  $m \geq 2,34 \sqrt{\frac{Ft}{kxRpe}}$  du **module minimal m** de la denture : /1,5 pt

$$\sigma_{max} = \frac{M_B}{I_{GZ}} \leq Rpe \quad \text{avec} \quad \frac{I_{GZ}}{V} = \frac{bxe^3}{12} \times \frac{2}{e} = \frac{kxmxm^3\pi^3}{12 \times 8} \times \frac{2 \times 2}{\pi x m} = \frac{kxm^3\pi^2}{24} \quad \text{et} \quad M_B = 2,25xmxFt$$

$$\text{Donc} \quad \frac{2,25xmxFtx24}{kxm^3\pi^2} \leq Rpe \Leftrightarrow m^2 \geq \frac{2,25xFtx24}{kxRpe\pi^2}$$

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{Ft}{kxRpe}}$$

b. La valeur numérique du module minimal  $m$  en (mm), sachant que:  $Ft = 1090$  N,  $k = 8$ ,  $Rpe = 380$  N/mm<sup>2</sup> : /0,5 pt

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{1090}{8 \times 380}} = 1,40 \text{ mm}$$

c. Choix du module  $m$  en (mm) parmi la **série principale des modules normalisés** : /0,5 pt

Le module normalisé de la roue dentée 17 est  $m = 1,5$  mm

2.3.3 Tableau des caractéristiques (expression littérale et valeur numérique) de l'engrenage (23, 17), avec

$m = 1,5$  mm : /1,25 pt

0,25 pt par réponse : expression littérale et application numérique

|                | Diamètre primitif                              | Nombre de dents                                     | Diamètre de tête   | Diamètre de pied  | Entraxe                         |
|----------------|--|---|--|---|---------------------------------|
| Pignon 23      | $d_{23} = 78$ mm                               | $Z_{23} = 52$ dents                                 | $da_{23} = 81$ mm  | $df_{23} = 74,25$ mm  | $a = \frac{d_{23} + d_{17}}{2}$ |
| Roue dentée 17 | $d_{17} = m \cdot Z_{17}$<br>$d_{17} = 150$ mm | $Z_{17} = \frac{d_{17}}{m}$<br>$Z_{17} = 100$ dents | $da_{17} = m \cdot Z_{17} + 2 \cdot m$<br>$da_{17} = 153$ mm | $df_{17} = m \cdot Z_{17} - 2,5 \cdot m$<br>$df_{17} = 146,25$ mm | $a = 114$ mm                    |

## SITUATION D'EVALUATION 3 :

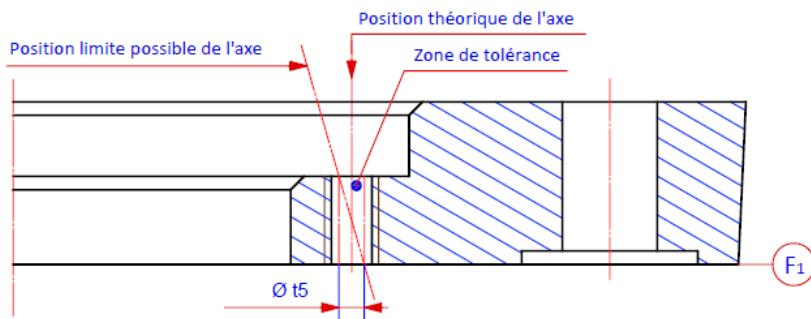
### Tâche 3.1 :

3.1.1 Interprétation de la spécification géométrique suivante : 4xA ⊕ Ø t<sub>5</sub> F1 D2 /2 pts

- ◆ Nom de la spécification : *Localisation* /0,25 pt
- ◆ Type de spécification: *Position* /0,25 pt
- ◆ Explication de la spécification : *L'axe des quatre trous A doit être compris dans une zone cylindrique de Ø t<sub>5</sub> dont l'axe est dans la position théorique exacte. F1 : référence primaire, D2 : référence secondaire.* /1 pt

- ♦ Schéma explicatif pour un seul trou :

/0,5 pt



- 3.1.2 La désignation du matériau du guide broche 46, sachant que c'est un acier non allié moulé à 0,35 % de carbone : /0,75 pt

GC35

- 3.1.3 La signification de la spécification suivante : M8x1,25

/0,75 pt

M : filetage métrique triangulaire Iso

8 : diamètre nominal du filetage

1,25 : le pas du filetage

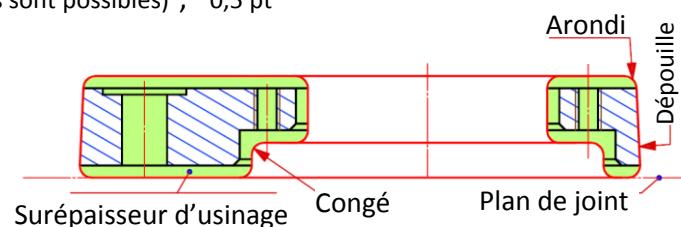
0,25 pt par réponse

- 3.1.4 Le but du modèle dans le cas du procédé du moulage en sable : /1 pt

Il permet l'obtention de l'empreinte dans le moule.

- 3.1.5 Le dessin de brut capable, sachant que les avant-trous de D1 et de D2 proviennent bruts du moulage en sable : /3 pts

- o les surépaisseurs d'usinage ; 1,5 pt
- o le plan de joint en trait mixte (autres solutions sont possibles) ; 0,5 pt
- o la dépouille ; 0,5 pt
- o les arrondis et les congés. 0,5 pt



- 3.1.6 Exemple de deux défauts de moulage : (autres solutions sont possibles) /1 pt

- o Crikes ;
- o Retassures.

### Tâche 3.2:

Etude partielle de la phase 20 :

- 3.2.1 Sur le croquis de phase relatif à la phase 20 : /4 pts

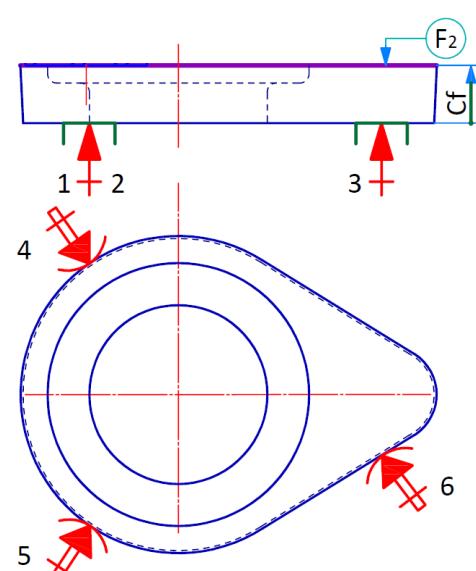
- a. les symboles technologiques permettant de positionner la pièce à usiner; /2,5 pts
- b. Installation de la cote fabriquée (sans valeur) ; 1 pt
- c. Installation de l'outil en position de travail. /0,5 pt

- 3.2.2 Le nom de l'opération d'usinage de F2 : /0,5 pt

Surfaçage ou Fraisage de face

- 3.2.3 Le nom de l'outil permettant de réaliser la surface F2 : /0,5 pt

Fraise cloche, fraise tourteau, fraise une taille  
(Fraise deux tailles : acceptable).



**3.2.4** Choix de la machine-outil permettant de réaliser la surface F2 : / 0,5pt

*Fraiseuse verticale*

**3.2.5** Moyen de mesure et moyen de contrôle de la cote  $24^{\pm 0,2}$  : / 1 pt

*Calibre à coulisse, Calibre à mâchoires.*

### Tâche 3.3 :

Validation du choix de la machine permettant la réalisation de l'opération de perçage :

**3.3.1** L'effort tangentiel de coupe  $F_c$  (en N) : / 1,5 pt

$$F_c = K_c \cdot \frac{f \cdot D_3}{4} = 2270 \cdot \frac{0,23 \cdot 14}{4} = 1827,35 \text{ N}$$

**FC = 1827,35 N**

**3.3.2** La puissance  $P_c$  (en Watt) nécessaire à la coupe : / 2 pts

$$P_c = F_c \cdot V_c = 1827,35 \cdot \frac{30}{60} = 913,675 \text{ Watt}$$

**Pc = 913,675 Watt**

**3.3.3** La puissance  $P_{cm}$  (en kW) consommée par la machine: / 1,5 pt

$$P_{cm} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{913,675}{0,8} = 1142 \text{ Watt}$$

**P<sub>cm</sub> = 1,142 kW**

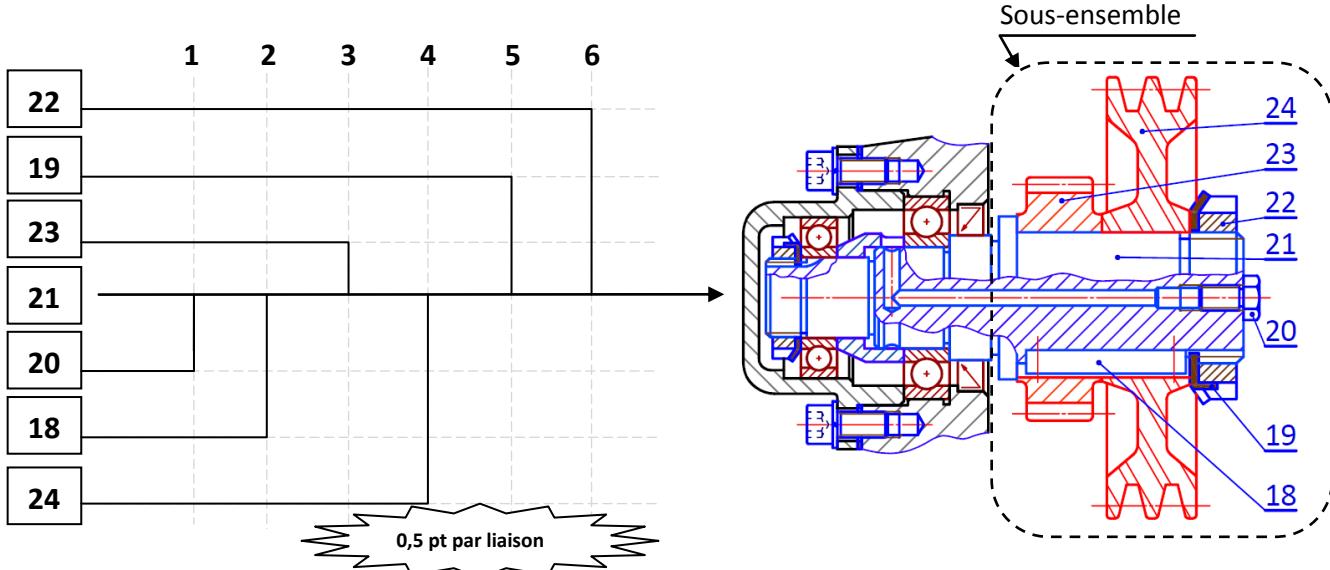
**3.3.4** Conclusion sur la validation de la machine choisie :  $P_{cm} < P_m$ ; ( $P_m=3 \text{ kW}$ ) donc la machine choisie est convenable / 0,5 pt

### Tâche 3.4 :

On désire établir le montage du sous ensemble représenté par le dessin ci-dessous :

**3.4.1** Le repère de la pièce support : 21 / 1 pt

**3.4.2** Le graphe de montage du sous-ensemble : / 2,5 pts



### Tâche 3.5 :

**3.5.1** Deux objectifs de la méthode SPC (MSP : Maîtrise Statistique des Procédés): / 0,5 pt

➤ Maîtriser le procédé et intervenir avant de produire les rebuts ;

➤ Surveiller la fabrication ;

➤ S'assurer de la stabilité de la qualité tout au long du processus ;

**3.5.2** Détermination de la capacité du procédé, La cote supervisée est  $\varnothing 82H7$  (écart supérieur es = + 0,035, écart inférieur ei = 0) : / 1,5 pt

a. L'indice de capacité  $C_p$  et conclusion :

$$C_p = \frac{IT}{6 \cdot \sigma_{\text{estimé}}} ; \sigma_{\text{estimé}} = \frac{\bar{R}}{d_n} = \frac{0,0052}{2,326} = 0,0022 ; C_p = \frac{0,035}{6 \cdot 0,0022} = 2,65$$

Cp > 1,33 donc le procédé est capable

/ 1 pt

b. Conclusion sur la capabilité du procédé (procédé réglé ou déréglé), avec  $Cpk = \min \{2,3 ; 3\}$ :

$$Cpk_{\min} = 2,3 > 1,33 \text{ donc le procédé est réglé (centré).} \quad /0,5 \text{ pt}$$

3.5.3 les cartes de contrôle de la moyenne  $\bar{X}$  et de l'étendue R :

a. Traçage de l'allure de la carte de contrôle de la moyenne  $\bar{X}$ , des **dix** prélèvements ;

b. Traçage de l'allure de la carte de contrôle de l'étendue R des **dix** prélèvements ;

c. Calcul et traçage des limites de contrôle supérieures  $LCS_{\bar{X}}$  et  $LCS_R$  : /1 pt

/3,5 pts

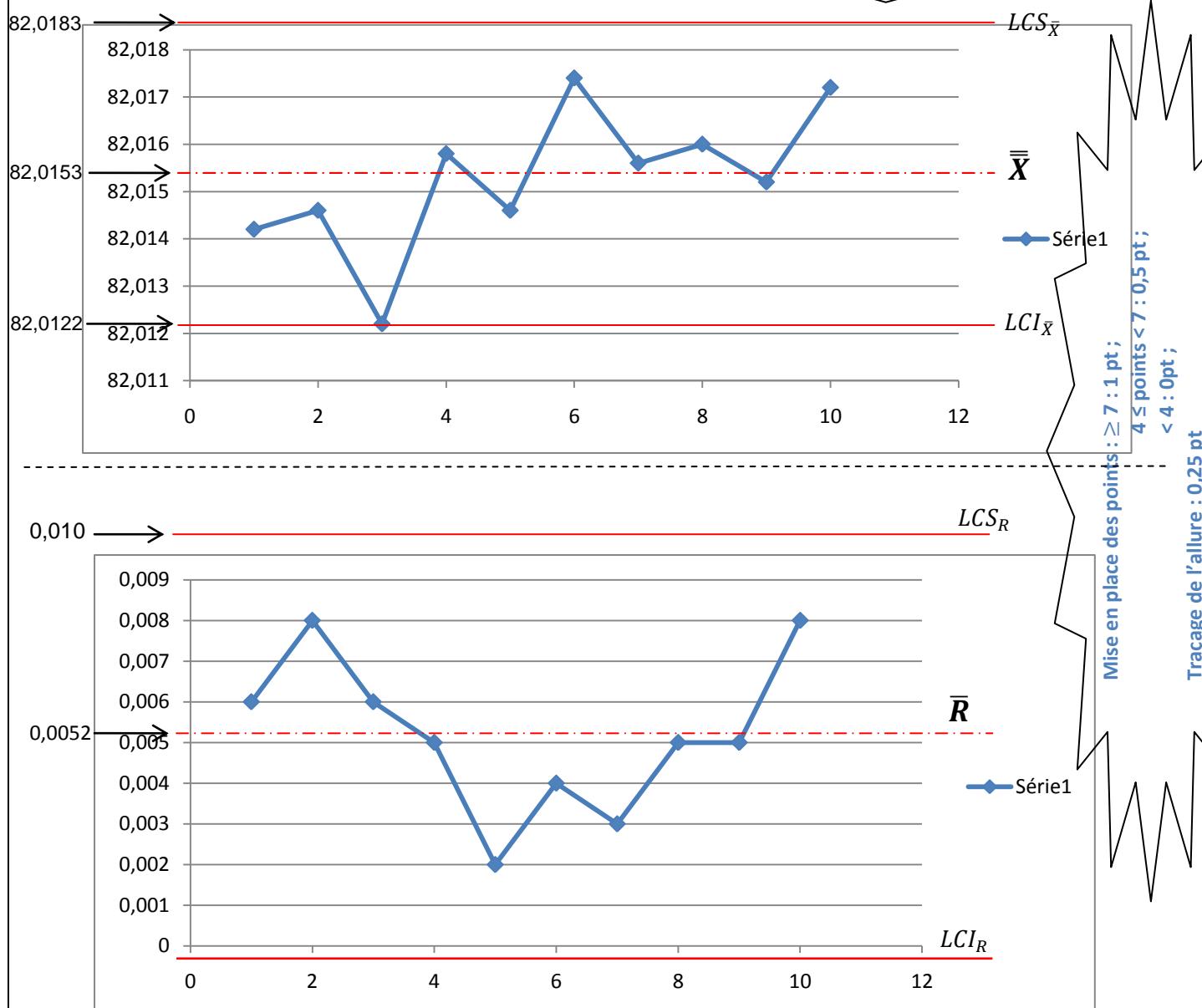
/1,25 pt  
/1,25 pt

Voir détails des notes ci-dessous

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R} = 82,0153 + 0,577 \cdot 0,0052 = 82,0183;$$

$$LCS_R = D_4 \cdot \bar{R} = 2,114 \cdot 0,0052 = 0,0109.$$

c.  $LCS_{\bar{X}}$  : calcul /0,25 pt ; traçage /0,25 pt ;  
 $LCS_R$  : calcul /0,25 pt ; traçage /0,25 pt.



3.5.4 Interprétation des cartes de contrôle de la moyenne et de l'étendue (description et interventions) :

/0,5 pt

**Description :** Procédé sous contrôle, les courbes de la moyenne et de l'étendue oscillent de chaque côté de la moyenne ; /0,25 pt

**Interventions :** Poursuivre la production. /0,25 pt