

الصفحة 1 10	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2017 -عناصر الإجابة - NR 45	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه
-------------------	--	---

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

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

N.B

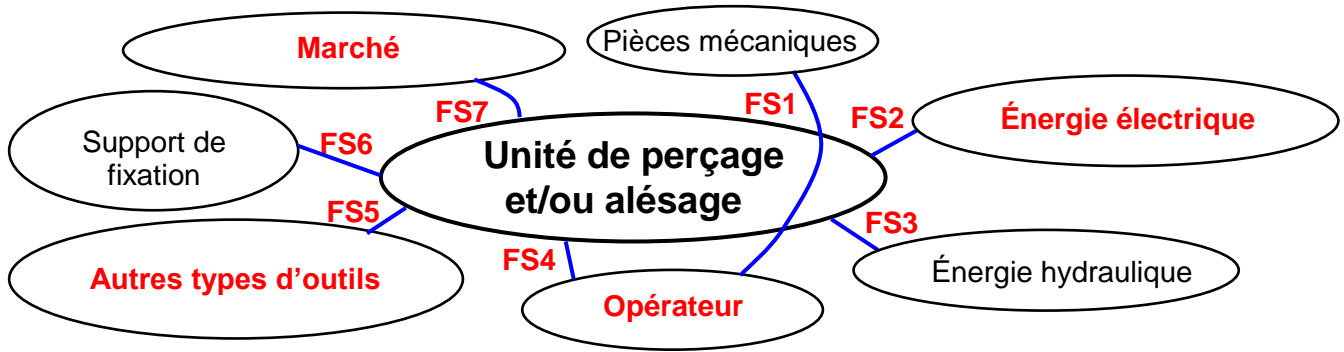
Le correcteur est tenu de respecter à la lettre les consignes relatives aux répartitions des notes indiquées sur les éléments de correction

Documents réponses

SITUATION D'ÉVALUATION 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 ;

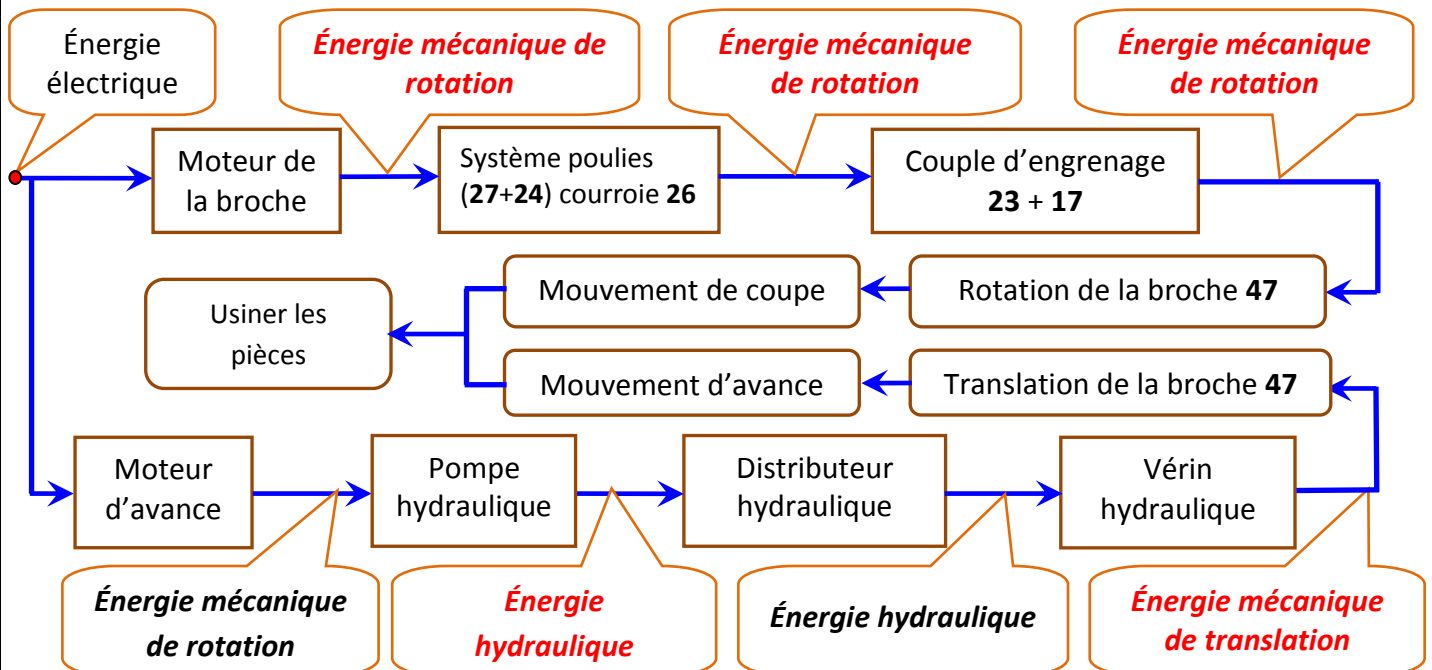
FS6 : Se monter sur un support de fixation ;

FS7 : Avoir un prix compétitif sur le marché.



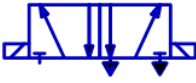


0,25 pt par réponse

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		0,25 pt par réponse Filtre	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		Limiteur de pression	Protéger le circuit hydraulique dans le cas de surpression (excès de pression)

Tâche 1.2 :

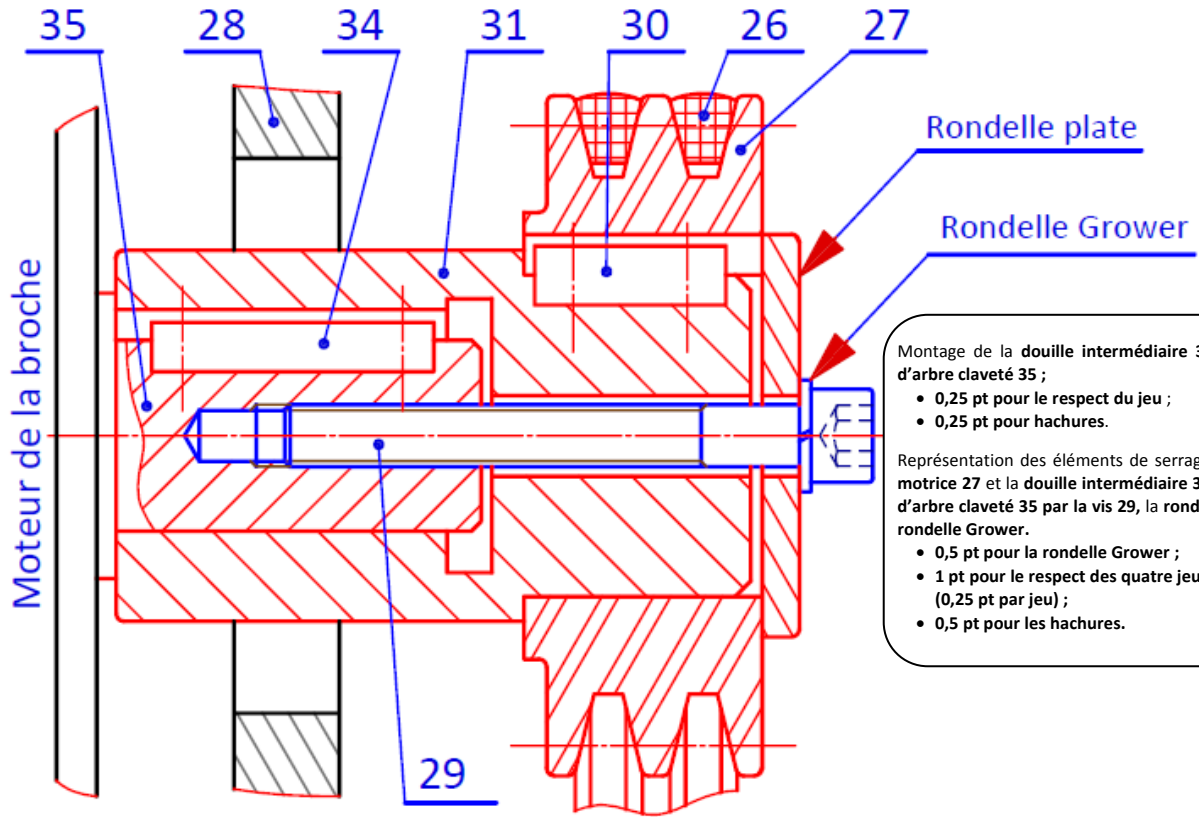
1.2.1 Réponses pour assurer les différentes fonctions du tableau suivant : /2.75 pts

Expression de la fonction	Réponses proposées pour assurer la fonction	
La transmission de la puissance mécanique de rotation entre l'arbre moteur 35 et l'arbre intermédiaire 21 est assurée par : 0,5 pt par réponse	<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 21 et l'arbre creux 11 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 47 par rapport au boîtier 49 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 sortie de la tige 44 du vérin hydraulique V se fait à travers :	<input checked="" type="checkbox"/> L'Orifice O1	<input type="checkbox"/> L'Orifice O2
	<input type="checkbox"/> Le Trou T	<input type="checkbox"/> L'Orifice O1 et L'Orifice O2
La sortie de la tige 44 du vérin hydraulique V assure la translation du (de la) :	<input checked="" type="checkbox"/> Guide broche 46	<input checked="" type="checkbox"/> Boîtier 49
	<input checked="" type="checkbox"/> Broche 47	<input type="checkbox"/> Demi-carter gauche 1

Pour cette dernière ligne 0,25 pt par réponse juste

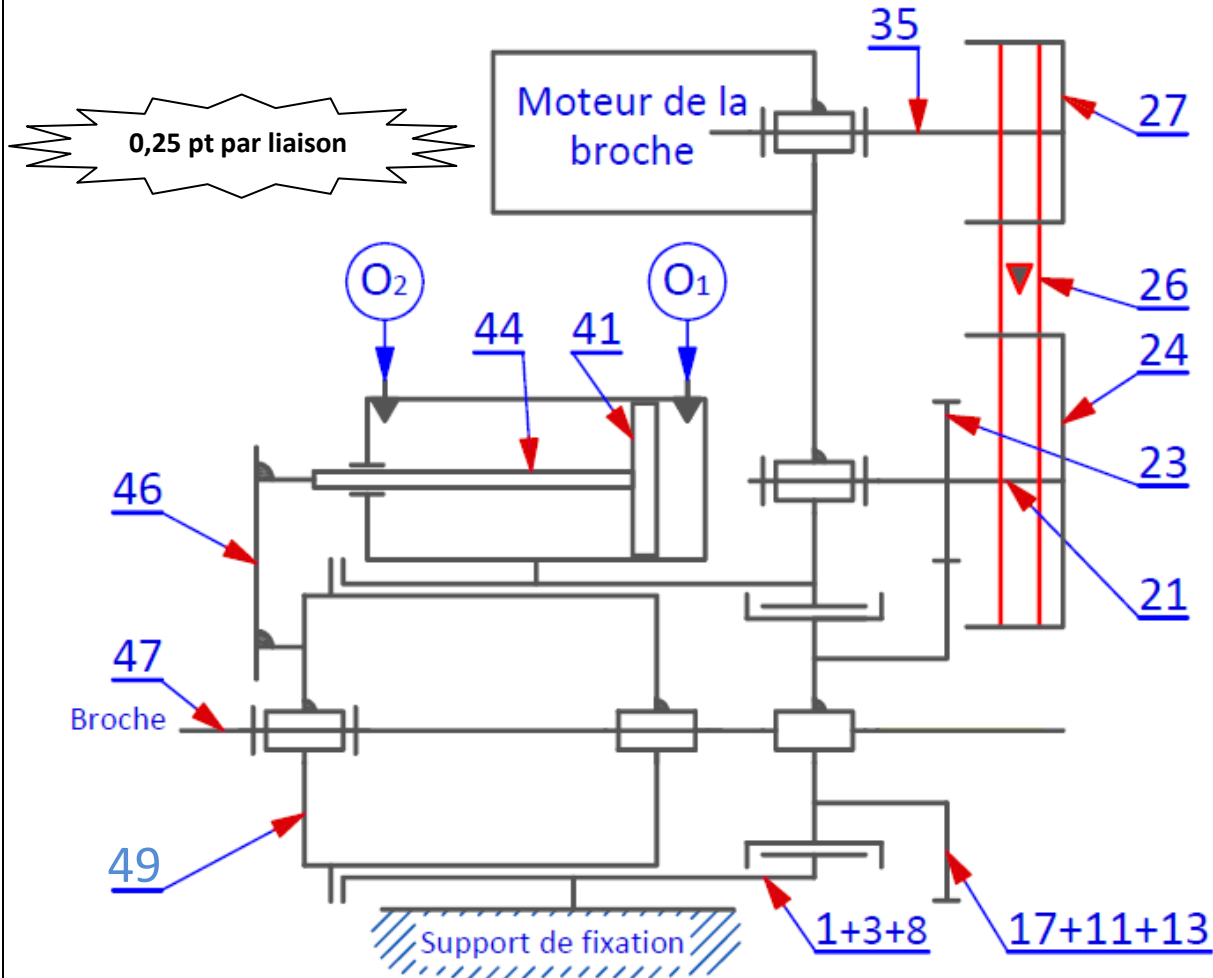
1.2.2 Le bout d'arbre 35 du moteur de la broche ne permet pas d'assurer la liaison directe avec la poulie motrice 27, alors le constructeur intercale la douille intermédiaire 31 qui participe à la réalisation de la liaison complète : (voir page suivante) /2,5 pts

- 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.



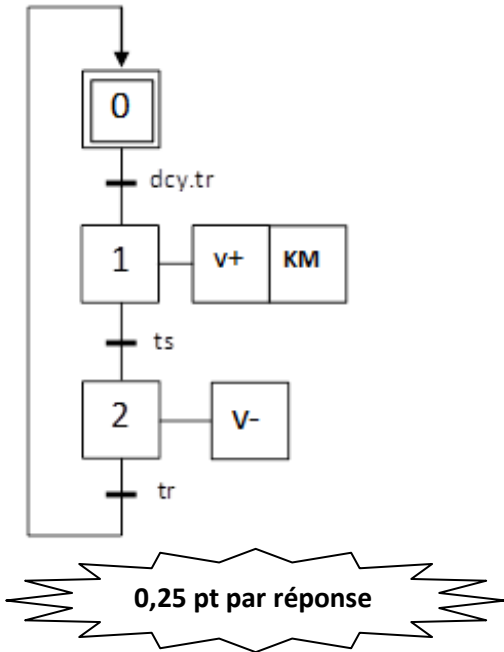
1.2.3 Le schéma cinématique minimal de l'unité de perçage et/ou alésage :

/1 pt



Tâche 1.3 :

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



0,25 pt par réponse

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

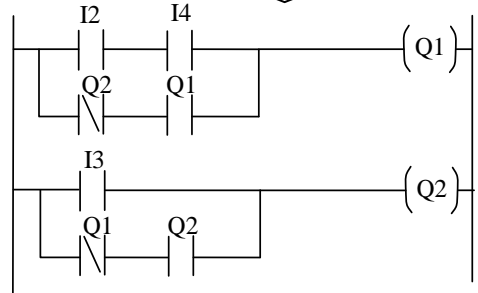
$$V+ = (dcy.tr) + (\bar{V}^- . V^+)$$

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

0,25 pt par réponse

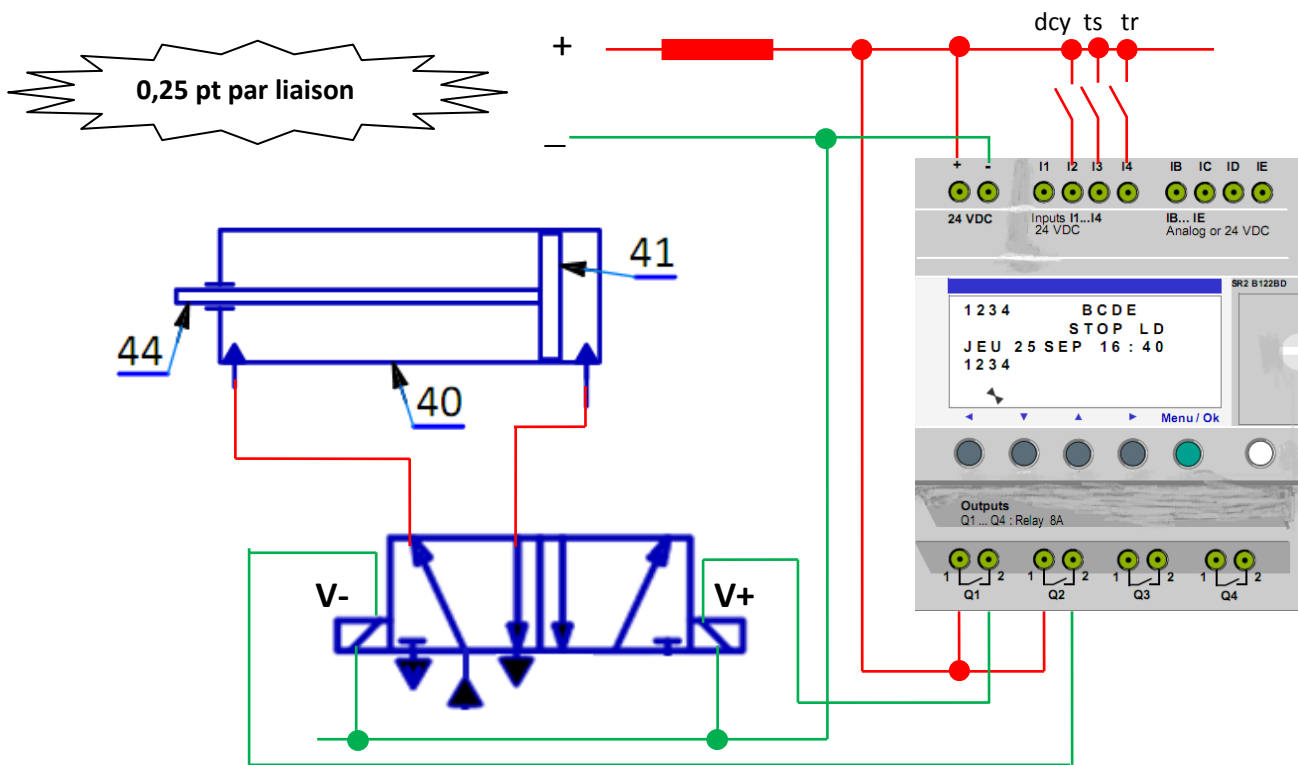
b- Le programme **LADDER** du module **Zelio** pour la commande du vérin hydraulique V :

0,25 pt par ligne /1 pt



1.3.3 Le schéma de câblage du module Zelio et du vérin hydraulique V :

/1,5 pt



0,25 pt par liaison

SITUATION D'ÉVALUATION 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

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

2.1.2 La pression **P₃** (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 **F₃** (en N) générée par la pression **P₃** (Prendre **P₃ = 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

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

Tâche 2.2 :

2.2.1 La fréquence de rotation de la broche **N₄₇** en (tr/min), sachant que **V_c = 25 m/min** pour percer un diamètre maximal **d = 25 mm** : /1 pt

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

2.2.2 La puissance utile **P_u** en (watt) de la broche **47**, avec **N₄₇ = 320 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 **N₃₅** en (tr/min), sachant que **k = $\frac{N_{47}}{N_{35}}$** et **N₄₇ = 320 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 F_t : 0.5 pt

$$F_B = F_t$$

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

$$M_B = F_t \times h = 2,25 \times m \times F_t$$

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

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

$$\sigma_{max} = \frac{M_B}{I_{GZ}} \leq Rpe \text{ avec } \frac{I_{GZ}}{V} = \frac{b \times e^3}{12} \times \frac{2}{e} = \frac{k \times m \times m^3 \times \pi^3}{12 \times 8} \times \frac{2 \times 2}{\pi \times m} = \frac{k \times m^3 \times \pi^2}{24} \text{ et } M_B = 2,25 \times m \times F_t$$

$$\text{Donc } \frac{2,25 \times m \times F_t \times 24}{k \times m^3 \times \pi^2} \leq Rpe \Leftrightarrow m^2 \geq \frac{2,25 \times F_t \times 24}{k \times Rpe \times \pi^2}$$

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k \times Rpe}}$$

b. La valeur numérique du module minimal m en (mm), sachant que: $F_t = 1090$ N, $k = 8$, $Rpe = 380$ N/mm²: /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

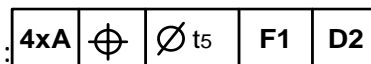
0,25 pt par réponse : expression littérale et application numérique

	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	$d_{17} = m \cdot Z_{17}$ $d_{17} = 150$ mm	$Z_{17} = \frac{d_{17}}{m}$ $Z_{17} = 100$ dents	$da_{17} = m \cdot Z_{17} + 2 \cdot m$ $da_{17} = 153$ mm	$df_{17} = m \cdot Z_{17} - 2,5 \cdot m$ $df_{17} = 146,25$ mm	

SITUATION D'EVALUATION 3 :

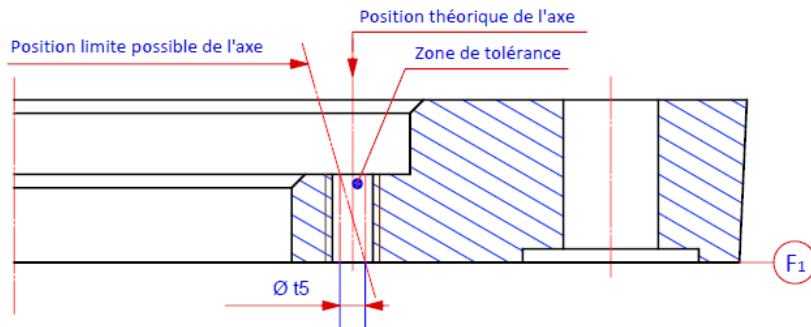
Tâche 3.1 :

3.1.1 Interprétation de la spécification géométrique suivante : /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 ∅ t5 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

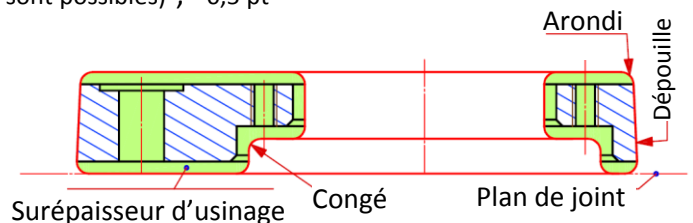
1,25 : le pas du filetage



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 avants trous de D1 et de D2 proviennent bruts du moulage en sable : /3 pts

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



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

- Criques ;
- 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

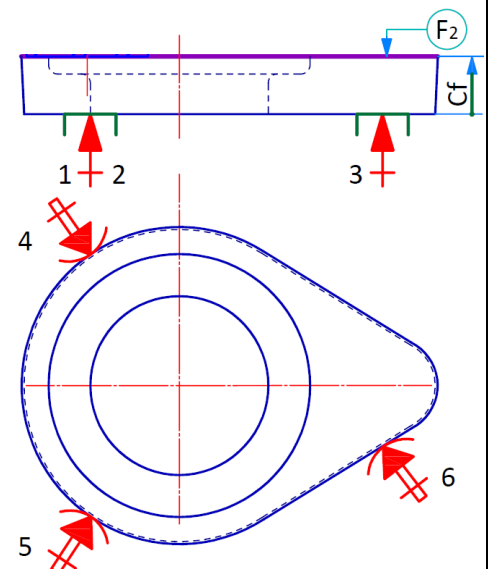
- a. les symboles technologiques permettant de positionner la pièce à usiner ; /2,5 pts
- b. Installation de la cote fabriquée (sans valeur) ; 1 pt
- c. Installation de l'outil en position de travail. /0,5 pt

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 $24^{+0,2}$: /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

$$F_c = K_c \cdot \frac{f \cdot D^3}{4} = 2270 \cdot \frac{0,23 \cdot 14^3}{4} = 1827,35 \text{ N} \quad \boxed{F_c = 1827,35 \text{ N}}$$

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

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

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

$$P_{cm} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{913,675}{0,8} = 1142 \text{ Watt} \quad \boxed{P_{cm} = 1,142 \text{ kW}}$$

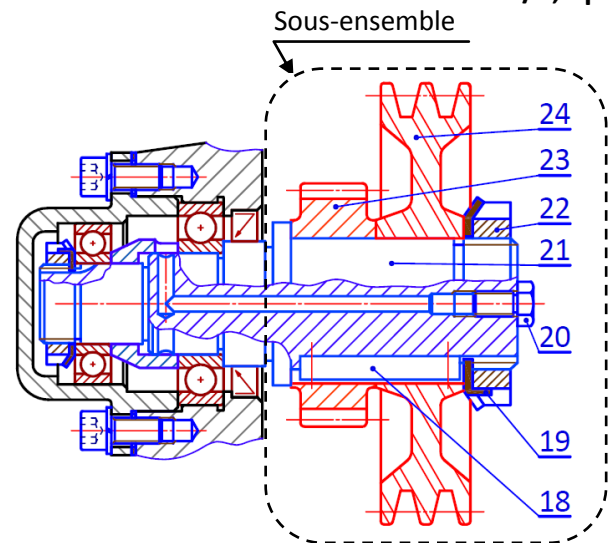
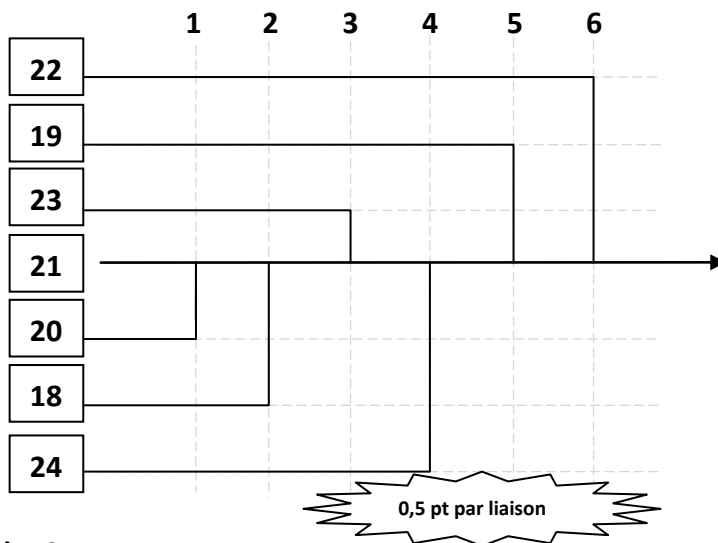
3.3.4 Conclusion sur la validation de la machine choisie : $P_{cm} < P_m$; ($P_m=3 \text{ kW}$) donc la machine choisie est convenable /0,5 pt

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

a. L'indice de capabilité C_p et conclusion :

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

$C_p > 1,33$ donc le procédé est capable

/1 pt

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

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

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

/ 3,5 pts

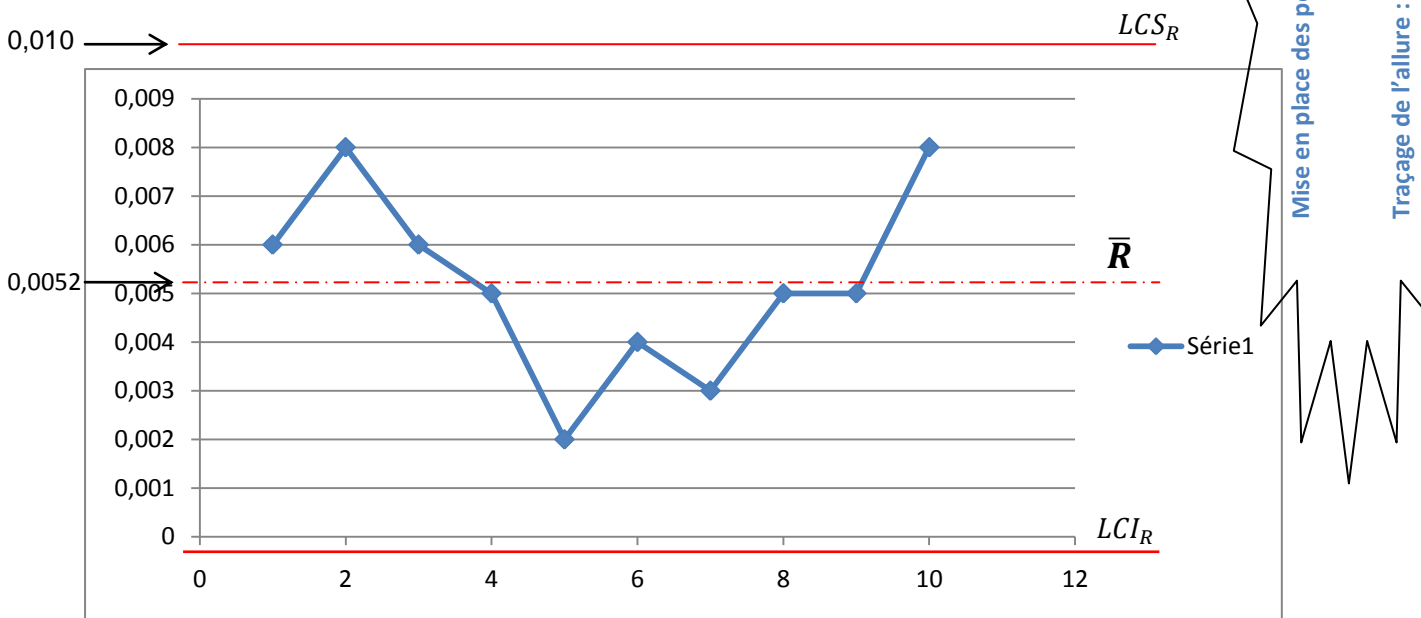
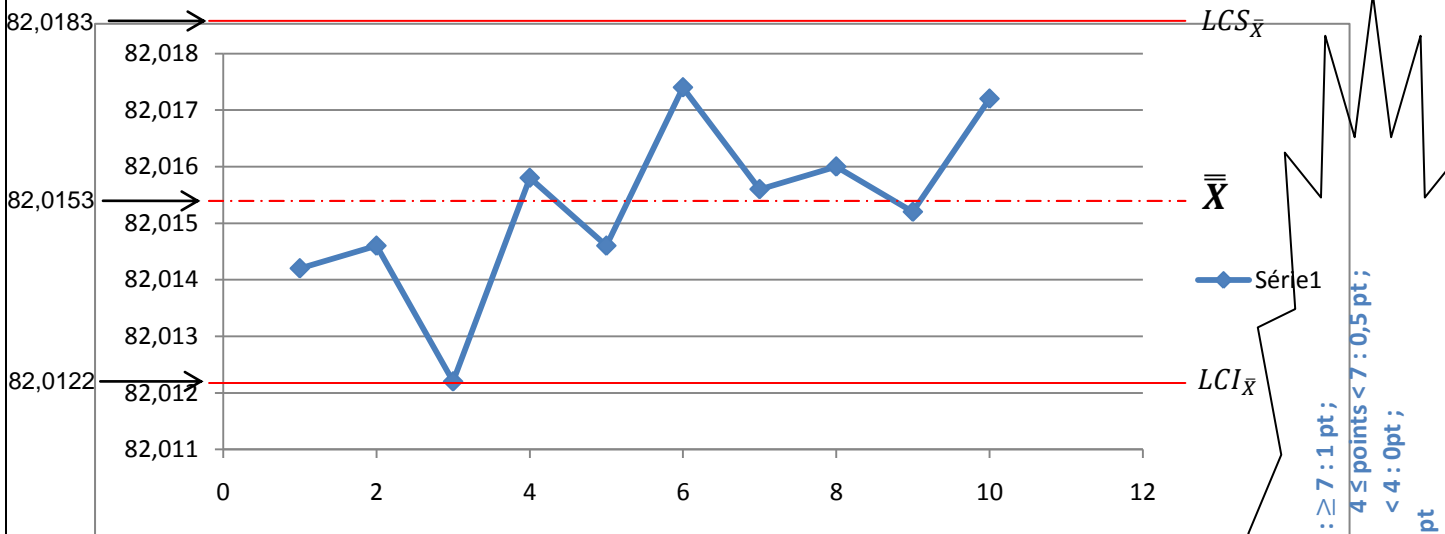
- a. Traçage de l'allure de la carte de contrôle de la moyenne \bar{X} , des dix prélèvements ; /1,25 pt
- b. Traçage de l'allure de la carte de contrôle de l'étendue R des dix prélèvements ; /1,25 pt
- c. Calcul et traçage des limites de contrôle supérieures $LCS_{\bar{X}}$ et LCS_R : /1 pt

Voir détails des notes ci-dessous

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

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

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



Mise en place des points : ≥ 7 : 1 pt ;
 $4 \leq$ points < 7 : 0,5 pt ;
 < 4 : 0 pt ;
Traçage de l'allure : 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