

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا  
الدورة العادية 2023

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXXX

مخاض الإجابة

NR 45

4h

مدة الإنجاز

علوم المهندس

المادة

8

المعامل

شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

الشعبة أو المملك

# ELEMENTS DE REponses

**LE CORRECTEUR EST TENU DE PRENDRE EN CONSIDERATION LES EXPRESSIONS CORRECTES ET LES INCERTITUDES DE CALCUL DU CANDIDAT**

**GRILLE DE NOTATION :**

**TOTAL :** ..... /80 POINTS

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
11	a	2 pts
	b	3,25 pts
	c	1 pt
	d1	2 pts
	d2	1 pt
	d3	0,5 pt
12	a	1 pt
	b	1 pt
	c	0,75 pt
13	a	4 pts
	b	1 pt
	c	1 pt
Total : 18,5 pts		

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
21	a	2 pts
	b	2 pts
	c	2 pts
	d	1,5 pt
	e	1,5 pt
22	a	1 pt
	b	1 pt
	c	2 pts
	d	1 pt
	e	1 pt
23	a	1 pt
	b	1 pt
	c	1 pt
	d	1 pt
Total : 19 pts		

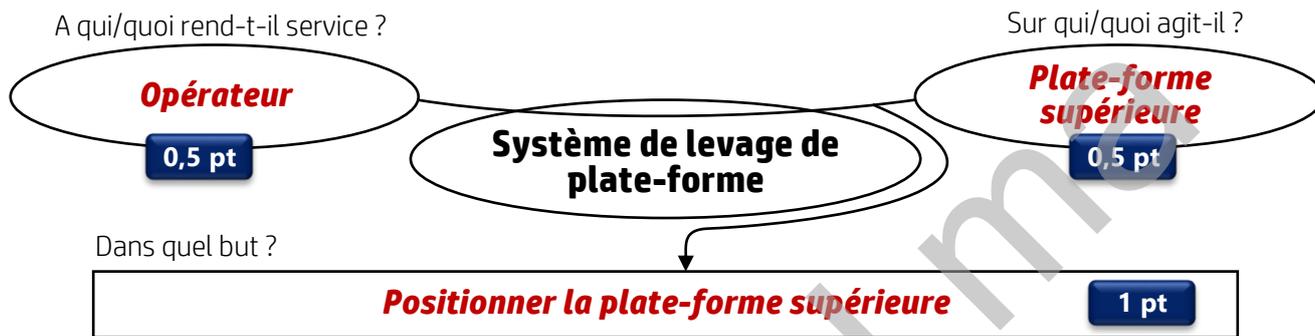
Situation d'évaluation 3		
Tâche	Question	Note
31	a	2 pts
	b	3 pts
	c	4 pts
32	a	7,5 pts
	b	1 pt
	c	2 pts
	d	4 pts
	e	1 pt
33	a	2,5 pt
	b	4 pts
	c	1 pt
34	a	2 pts
	b	4,5 pts
	c	0,5 pt
35	a	0,5 pt
	b	2 pts
	c	1 pt
Total : 42,5 pts		

## DOCUMENTS REPONSES (DREP)

### Situation d'évaluation n°1 :

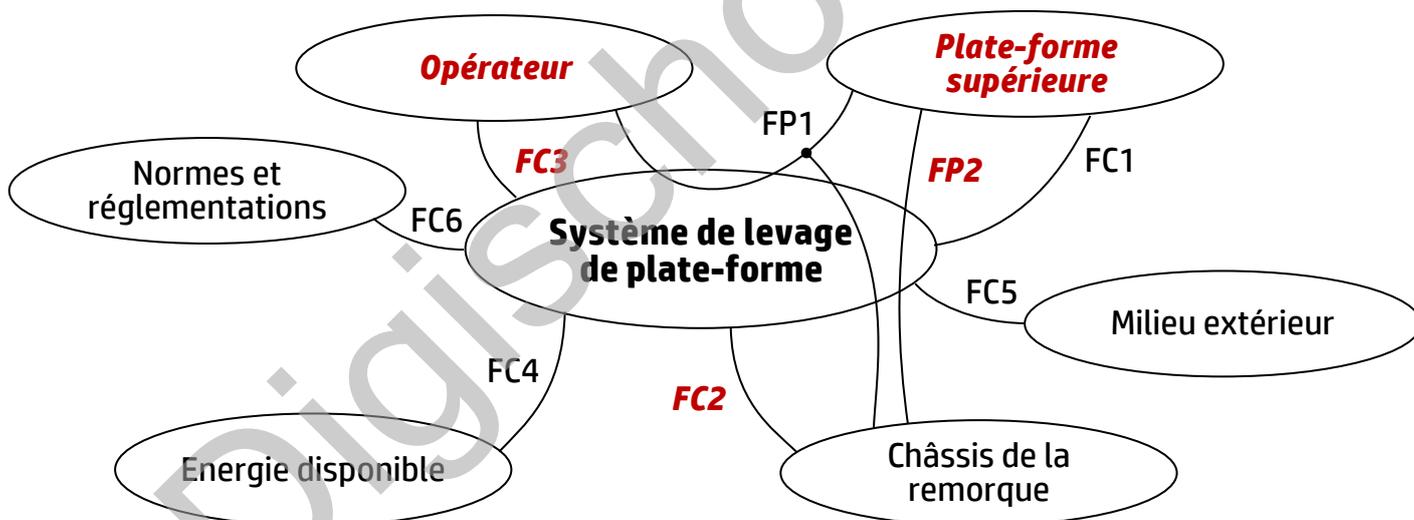
#### Tâche 11 : Analyse fonctionnelle et technique du système de levage de plate-forme.

- a. En se référant à la présentation du support et au principe de fonctionnement du système de levage de plate-forme (pages 2/18 et 3/18), compléter le diagramme « bête à cornes » suivant décrivant la fonction globale du système étudié : /2 pts



- b. Compléter le diagramme des interactions (pieuvre) suivant et le tableau ci-dessous par les éléments du milieu extérieur et les fonctions contraintes convenables : 5×0,25 pt /3,25 pts

– Diagramme des interactions :

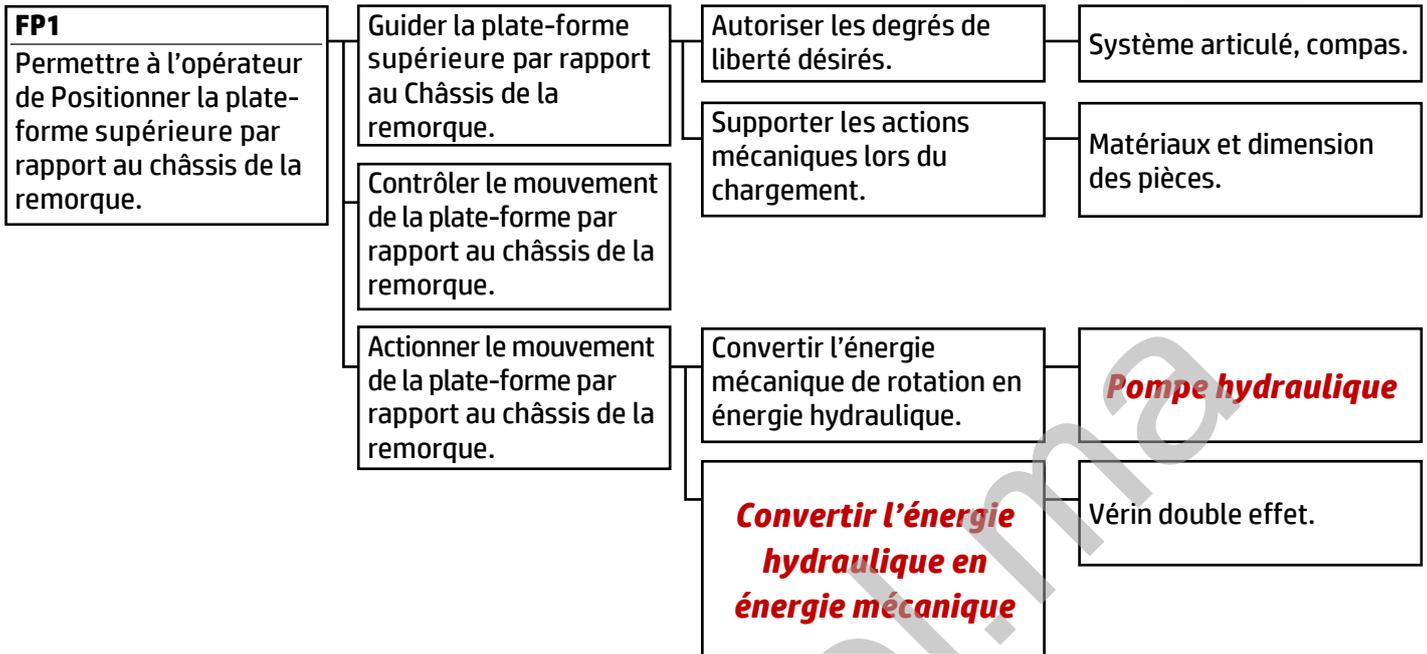


– Tableau des fonctions principales et contraintes :

4×0,5 pt

FP1	Permettre à l'opérateur de positionner la plate-forme supérieure par rapport au châssis de la remorque.
FP2	Maintenir en position bloquée la plate-forme par rapport au châssis de la remorque pendant le déplacement routier.
FC1	<b>S'adapter à la plate-forme supérieure</b>
FC2	S'adapter au châssis de la remorque.
FC3	Être ergonomique et d'utilisation simple et facile par l'opérateur.
FC4	<b>S'adapter aux sources d'énergies disponibles</b>
FC5	<b>Résister aux agressions du milieu extérieur</b>
FC6	<b>Respecter les normes et les réglementations</b>

c. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction principale FP1 : **2×0,5 pt** /1 pt



d. En se référant au schéma du circuit hydraulique du système étudié (DRES page 15/18) :

d1. Compléter le tableau ci-dessous : **4×0,5 pt** /2 pts

Repère	Nom de l'élément	Fonction de l'élément
2 et 2'	Régulateur de débit	<b>Régler le débit et la vitesse du fluide dans la conduite</b>
3	Distributeur 4/3	<b>Distribuer l'énergie hydraulique au vérin</b>
5	Filtre	<b>Filtrer l'huile des impuretés</b>
6	<b>Limiteur de pression</b>	Protéger le circuit hydraulique des surpressions de l'huile.

d2. Expliciter la désignation du distributeur 4/3 (repère 3) : /1 pt

**Distributeur 4 orifices et 3 positions, monostable à commande électromagnétique (et rappel par ressort)**

d3. Sur lequel des deux régulateurs de débit faut-il agir pour régler la vitesse de sortie du vérin ? /0,5 pt

**Régulateur de débit n° 2**.....

**Tâche 12 : Asservissement (Utiliser les courbes du DRES page 16/18).**

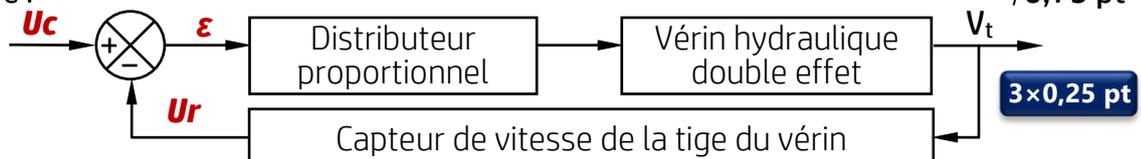
a. Relever le débit volumique maximal  $Q_{v_{max}}$  (en  $m^3/s$ ) à la sortie du distributeur hydraulique proportionnel sachant que la tension maximale de consigne générée par la carte est de 10 V : /1 pt

**$Q_{v_{max}} \approx 10,25 \times 10^{-5} m^3/s$**

b. Relever le débit volumique  $Q_v$  (en  $m^3/s$ ) à la sortie du distributeur proportionnel et la tension de consigne  $U_c$  (en V) correspondant à la vitesse de sortie des tiges des vérins  $V_t = 12,5 mm/s$  : /1 pt

**$Q_v \approx 7,8 \times 10^{-5} m^3/s$ .....  $U_c \approx 7,6 V$ ..... **2×0,5 pt****

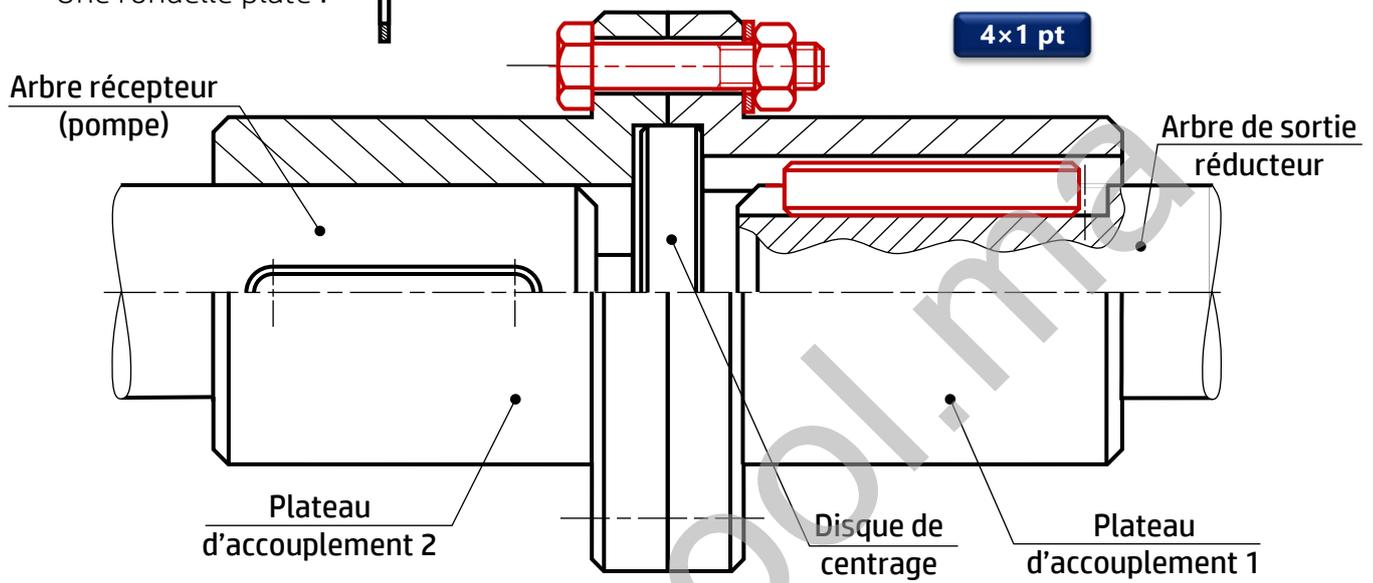
c. Placer sur le schéma bloc suivant la tension de la consigne  $U_c$ , l'image de la vitesse de la tige du vérin  $U_r$  et l'écart  $\varepsilon$  : /0,75 pt



**Tâche 13 : Travail graphique.**

a. Compléter la demi-vue en coupe du dessin ci-dessous par les éléments suivants : /4 pts

- Une clavette parallèle de forme B :
- Un boulon H d'assemblage des plateaux d'accouplement :
- Une rondelle plate :



b. Quel est le rôle du disque de centrage ? /1 pt

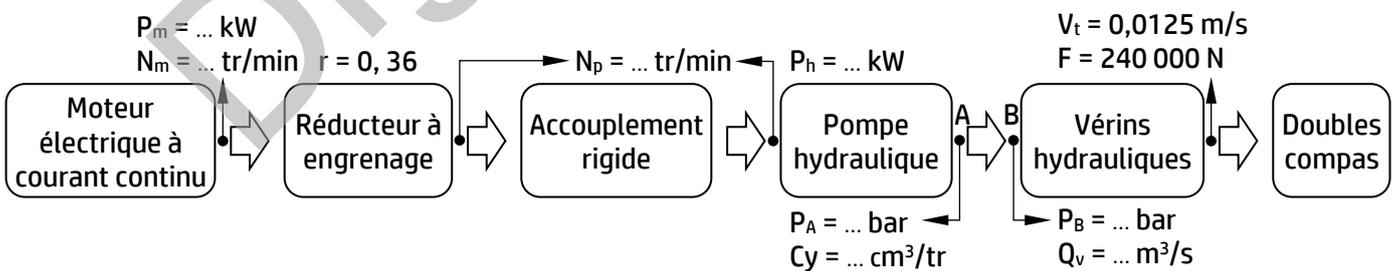
**Aligner l'axe de l'arbre de sortie réducteur avec celui de l'arbre récepteur (pompe).**.....

c. Cocher l'ajustement convenable entre le disque de centrage et les plateaux d'accouplement : /1 pt

- H7g6 : Ajustement avec jeu**
- H7m6 : Ajustement serré monté au maillet
- H7p6 : Ajustement serré monté à la presse

**Situation d'évaluation 2 :**

Rappelons la nouvelle modélisation de la chaîne énergétique du système de levage :



**Tâche 21 : Vérification de quelques caractéristiques de la pompe hydraulique.**

Se référer aux (DRES pages 15/18 et 16/18).

a. Montrer que la pression  $P_B$  dans un vérin hydraulique est de **409,526 bar**, sachant que la force développée par l'ensemble des **deux vérins** pour soulever et stabiliser la plate-forme supérieure est égale à  $F = 240\,000\text{ N}$  : /2 pts

$$P_B = \frac{F}{2 \cdot S_V \cdot \eta_V} = \frac{F}{2 \frac{\pi \cdot d_V^2}{4} \cdot \eta_V} = \frac{24 \times 10^4}{\frac{2\pi \times 63^2 \times 10^{-6}}{4} \times 0,94} \times 10^{-5} \Rightarrow P_B = 409,526 \text{ bar}$$

- b. Calculer la pression de refoulement  $P_A$  (en bar) à la sortie de la pompe hydraulique en appliquant l'équation de Bernoulli entre les points A et B. /2 pts

$$\frac{1}{2}(\cancel{V_B^2} - \cancel{V_A^2}) + \frac{1}{\rho}(P_B - P_A) + g(\cancel{Z_B} - \cancel{Z_A}) = J_{A-B} \Rightarrow \frac{1}{\rho}(P_B - P_A) = J_{A-B}$$

$$P_A = P_B - \rho \cdot J_{A-B} = 409,526 - 880 \times (-120) \times 10^{-5} \Rightarrow P_A = 410,582 \text{ bar}$$

- c. Calculer le débit volumique  $Q_{v1}$  (en  $m^3/s$ ) dans un vérin sachant que la vitesse de sortie des tiges des deux vérins du double compas est  $V_t = 0,0125$  m/s, puis en déduire le débit volumique  $Q_v$  à la sortie de la pompe : /2 pts

$$Q_{v1} = S_{v1} \cdot V_t = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} V_t = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \times 0,0125 \Rightarrow Q_{v1} = 3,896 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

2×1 pt

$$Q_v = 2 \cdot Q_{v1} \Rightarrow Q_v = 2 \times 3,896 \cdot 10^{-5} = 7,792 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

- d. Déduire la puissance hydraulique nette  $P_h$  (en kW) de la pompe en s'assurant qu'elle est légèrement inférieure à celle donnée par le constructeur sur le (DRES page 15/18). On rappelle que la pression d'aspiration à l'entrée de la pompe est  $P_{asp} = 1$  bar : /1,5 pt

$$P_h = Q_v \cdot \Delta P = Q_v \cdot (P_A - P_{asp}) \Rightarrow P_h = 7,792 \times 10^{-5} \times (410,582 - 1) \times 10^5$$

$$P_h = 3,192 \text{ kW}$$

- e. Calculer la cylindrée  $Cy$  (en  $cm^3/tr$ ) de la pompe hydraulique, en utilisant son schéma cinématique simplifié et ses caractéristiques sur le (DRES page 15/18) en s'assurant qu'elle est égale à la valeur donnée par le constructeur : /1,5 pt

$$Cy = 5 \cdot C \cdot S_p = 5 \cdot 2 \cdot R \cdot tg(\alpha) \cdot \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \Rightarrow Cy = 5 \cdot 2 \cdot 40 \cdot tg(11^\circ) \cdot \frac{\pi \cdot 12^2}{4}$$

$$Cy = 8,793 \text{ cm}^3/tr$$

### Tâche 22 : Choix du moteur électrique à courant continu.

- a. Calculer la puissance mécanique  $P_p$  (en kW) de la pompe hydraulique. Prendre  $P_h = 3,192$  kW : /1 pt

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_p} \Rightarrow P_p = \frac{P_h}{\eta_p} \Rightarrow P_p = \frac{3,192}{0,9} \Rightarrow P_p = 3,546 \text{ kW}$$

- b. En déduire la puissance mécanique  $P_m$  (en kW) du moteur électrique sachant que le rendement du système de transmission est  $\eta_t = 0,96$  : /1 pt

$$\eta_t = \frac{P_p}{P_m} \Rightarrow P_m = \frac{P_p}{\eta_t} \Rightarrow P_m = \frac{3,546}{0,96} \Rightarrow P_m = 3,694 \text{ kW}$$

- c. Calculer la fréquence de rotation  $N_p$  (en tr/min) de l'arbre de la pompe hydraulique.

On donne : Débit volumique  $Q_v = 7,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$  ; Cylindrée de la pompe  $Cy = 8,79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/tr$  /2 pts

$$Q_v = \frac{Cy \cdot N_p}{60} \Rightarrow N_p = \frac{60 \cdot Q_v}{Cy} = \frac{60 \cdot 7,8 \times 10^{-5}}{8,793 \times 10^{-6}} \Rightarrow N_p = 532,208 \text{ tr/min}$$

- d. En déduire la fréquence de rotation  $N_m$  (en tr/min) de l'arbre du moteur électrique sachant que le rapport de réduction du réducteur à engrenage est  $r = 0,36$  : /1 pt

$$N_m = \frac{N_p}{r} \Rightarrow N_m = \frac{532,208}{0,36} = 1478,355 \text{ tr/min}$$

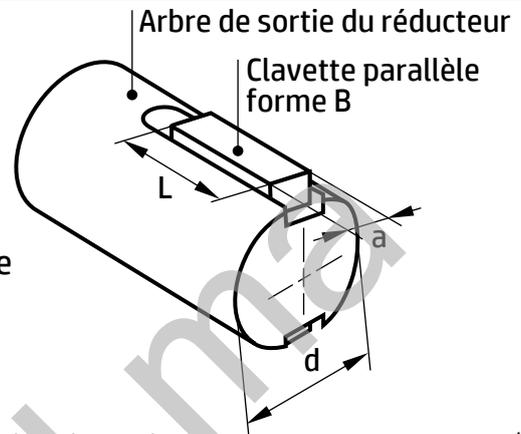
- e. Choisir le moteur électrique optimal en utilisant le tableau du choix du moteur électrique (DRES page 16/18) : /1 pt

Référence	Puissance (kW)	Fréquence de rotation (tr/mn)
<b>BLDC-5000R3</b> <span style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">0,5 pt</span>	<b>5 kW</b> <span style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">0,25 pt</span>	<b>1500 tr/min</b> <span style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px;">0,25 pt</span>

### Tâche 23 : Etude de la résistance au cisaillement.

On donne :

- Couple de l'arbre de sortie du réducteur  $C = 90 \text{ N}\cdot\text{m}$   
 Diamètre de l'arbre de sortie du réducteur  $d = 28 \text{ mm}$   
 Clavettes en acier **S128** :  $Re = 128 \text{ N/mm}^2$  ;  $Reg = 0,5 \cdot Re$   
 Coefficient de sécurité  $s = 3$   
 Epaisseur de la clavette  $a = 8 \text{ mm}$



- a. Calculer l'effort tangentiel  $T$  (en N) transmis par chacune des deux clavettes : /1 pt

$$C = T \cdot \frac{d}{2} + T \cdot \frac{d}{2} = T \cdot d \Rightarrow T = \frac{C}{d} \Rightarrow T = \frac{90}{28 \times 10^{-3}} = 3214,286 \text{ N}$$

- b. Calculer la résistance pratique au glissement  $Rpg$  (en  $\text{N/mm}^2$ ) du matériau de la clavette : /1 pt

$$Rpg = \frac{Reg}{s} \Rightarrow Rpg = \frac{0,5 \cdot Re}{s} = \frac{0,5 \times 128}{3} = 21,333 \text{ N/mm}^2$$

- c. Ecrire l'expression de la condition de résistance et en déduire la section minimale sollicitée  $S_{min}$  (en  $\text{mm}^2$ ) : /1 pt

$$\tau_{max} \leq Rpg \Rightarrow \frac{T}{S} \leq Rpg \Rightarrow S \geq \frac{T}{Rpg} \Rightarrow S_{min} = \frac{3214,286}{21,333} = 150,669 \text{ mm}^2$$

- d. En déduire la longueur minimale  $L_{min}$  de la clavette : /1 pt

$$S_{min} = a \times L_{min} \Rightarrow L_{min} = \frac{S_{min}}{a} = \frac{150,669}{8} = 18,834 \text{ mm}$$

### Situation d'évaluation 3 :

**Tâche 31 : Analyse du dessin de définition (DRES page 17/18).**

- a. Donner la désignation du matériau du plateau d'accouplement sachant que c'est un acier non allié pour traitements thermiques contenant 0,45% de carbone : /2 pts

**C45**

- b. Expliquer la spécification  $\varnothing 28H7$  et citer un moyen pour la mesurer ou la contrôler : /3 pts

$\varnothing$  : **Symbole du diamètre** ..... 28 : **Dimension nominale** ..... 6×0,5 pt

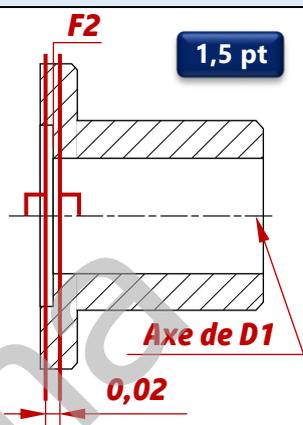
H : **Position de la tolérance** ..... 7 : **Qualité de la tolérance** .....

Moyen de mesure : **Alésomètre**, ..... Moyen de contrôle : **Tampon lisse**, .....

**Micromètre d'intérieur**

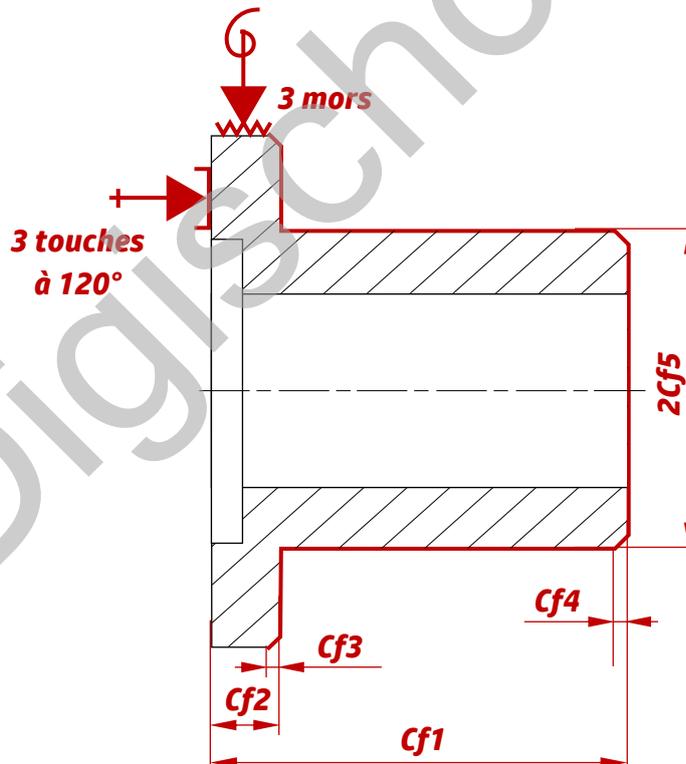
**Jauge plate**

c. Compléter le tableau suivant relatif à la spécification  $F2 \perp 0,02 D1$  : /4 pts

Nom de la tolérance	Type de tolérance	Interprétation	Croquis de la zone de tolérance
<b>Perpendicularité</b>  <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">0,5 pt</div>	<b>Orientation</b> .....  <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">0,5 pt</div>	<b>La surface tolérancée F2 doit être comprise entre 2 plans parallèles distants de 0,02 mm et perpendiculaires à l'axe de référence D1.</b>  <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">1,5 pt</div>	 <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">1,5 pt</div>

**Tâche 32 : Etude partielle de la phase 20 et validation de la machine disponible (DRES page 17/18).**

- a. Mettre en place sur le croquis de la phase 20 ci-dessous relatif au plateau d'accouplement : /7,5 pts
- les surfaces usinées en trait fort. 1 pt
  - les symboles technologiques (2<sup>ème</sup> norme) de mise et de maintien en position isostatique. 2x2 pts
  - les cotes fabriquées non chiffrées (se limiter aux spécifications dimensionnelles). 5x0,5 pt



b. Cocher l'outil utilisé : /1 pt



c. Calculer l'effort de coupe  $F_c$  (en N) : /2 pts

$$F_c = K_c \cdot a \cdot f = 1980 \times 2 \times 0,2 = 792 \text{ N}$$

d. Déterminer la puissance de coupe  $P_c$  (en kW) et en déduire la puissance fournie par le moteur de la machine  $P_{fm}$ : /4 pts

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} = \frac{792 \cdot 120}{60} = 1584 \text{ W} = 1,584 \text{ kW} \quad \text{2 pts}$$

$$\eta = \frac{P_c}{P_{fm}} \Rightarrow P_{fm} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{1,584}{0,7} = 2,263 \text{ kW} \quad \text{2 pts}$$

e. Comparer  $P_{fm}$  avec la puissance du moteur disponible et conclure : /1 pt

$$P_{fm} < P_m \text{ donc la machine disponible est valide.}$$

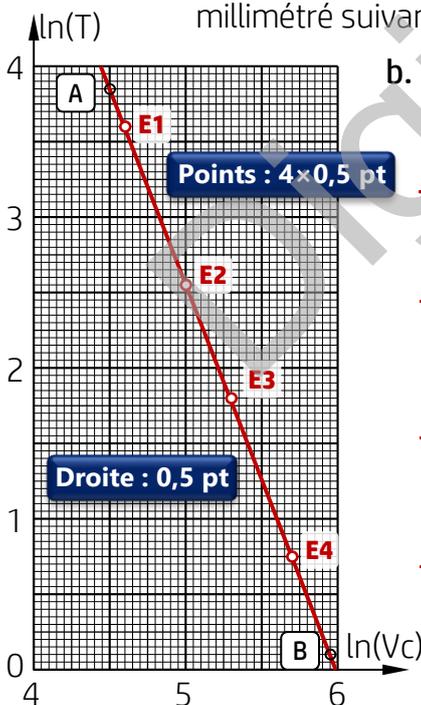
**Tâche 33 : Durée de vie de l'outil (DRES page 17/18)**

Le fournisseur des plaquettes en carbures métalliques, montées sur l'outil utilisé en phase 20 d'usinage du plateau d'accouplement, a communiqué à travers le tableau suivant l'extrait des résultats enregistrés lors des essais d'usure (critère retenu :  $V_B = 0,3 \text{ mm}$ ) :

Essai	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>
Vc (m/min)	100	150	200	300
ln(Vc)	4,60	5,00	5,30	5,70
T (min)	36,60	12,81	6,05	2,12
ln(T)	3,60	2,55	1,80	0,75

Selon ces résultats, on peut tracer une droite dite droite de Taylor d'équation  $\ln(T) = n \cdot \ln(Vc) + \ln(Cv)$ .

a. Reportez les points correspondants aux essais d'usure (tableau ci-dessus) sur le quadrillage millimétré suivant puis tracer la droite de Taylor (incluant les points A et B) : /2,5 pts



b. Utiliser les données des essais E<sub>1</sub> et E<sub>4</sub>, et montrer que les valeurs des paramètres de la loi de Taylor sont  $n = -2,59$  et  $Cv = 5,46 \times 10^6$  : /4 pts

$$\begin{cases} 3,60 = 4,6 \cdot n + \ln(Cv) \\ 0,75 = 5,7 \cdot n + \ln(Cv) \end{cases} \quad \text{Points : 4x0,5 pt}$$

$$\begin{cases} 3,60 - 0,75 = (4,6 - 5,7) \cdot n \\ 0,75 = 5,7 \cdot n + \ln(Cv) \end{cases} \quad \text{Démarche : 2 pts}$$

$$\begin{cases} 2,85 = -1,1 \cdot n \\ n = -\frac{2,85}{1,1} = -2,59 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,75 = 5,7 \cdot (-2,59) + \ln(Cv) \\ n = -2,59 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \ln(Cv) = 0,75 + 14,763 = 15,513 \\ n = -2,59 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n = -2,59 \\ \ln(Cv) = 0,75 + 14,763 = 15,513 \end{cases} \quad \begin{cases} n = -2,59 \\ Cv = 5,46 \times 10^6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n = -2,59 \\ Cv = 5,46 \times 10^6 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{1 pt} \\ \text{1 pt} \end{matrix}$$

c. Calculer la durée de vie de l'outil T correspondant à la vitesse de coupe  $V_c = 120 \text{ min}$ . /1 pt

$$T = Cv \cdot V_c^n = 5,46 \times 10^6 \times 120^{-2,59} = 22,49 \text{ min}$$

### Tâche 34 : Programmation CN manuelle.

- a. Compléter le tableau des coordonnées des points programmés du profil fini (points de 1 à 7) en mode absolu en se référant au dessin de définition (**DRES** page 17/10) et au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil (**DRES** page 18/10) : /2 pts

Points	1	2	3	4	5	6	7
X (Ø)	24	24	44	46	46	72	78
Z	62	60	60	59	10	10	7

- b. Compléter, en mettant dans chaque case le mot convenable, le programme ISO relatif à la dernière passe de la phase 20 en se référant au tableau des coordonnées (ci-dessus), au croquis des points caractéristiques du parcours d'outil et au tableau des codes ISO (**DRES** page 18/18) : /4,5 pts

On donne :  $V_c = 120 \text{ m/min}$  ;  $N = 1500 \text{ tr/min}$  ;  $f = 0,2 \text{ mm/tr}$

N10	G90	G80	M05	M09		1 <sup>er</sup> Bloc de sécurité
N20	G00	G40	G52	X00	Z00	2 <sup>ème</sup> Bloc de sécurité
N30	M06	T03	D03			Chargement de l'outil n°3, Correcteur n°3
N40	G97	S1500	M04	M41		Fréquence de rotation en tr/min, Sens trigo.
N50	G42	M08	X24	Z62		Point 1. Correction du rayon d'outil, Arrosage
N60	G96	S120				Vitesse de coupe en m/min
N70	G01	G95	F0.2	Z60		Point 2. Vitesse programmée 0,2 mm/tr
N80		X44				Point 3
N90		X46	Z59			Point 4
N100			Z10			Point 5
N110		X72				Point 6
N120		X78	Z7			Point 7
N130	G77	N10	N20			Appel des blocs de sécurité
N140	M02					Fin Programme

- c. Cocher les deux origines que la commande G52 X00 Z00 permet de superposer : /0,5 pt

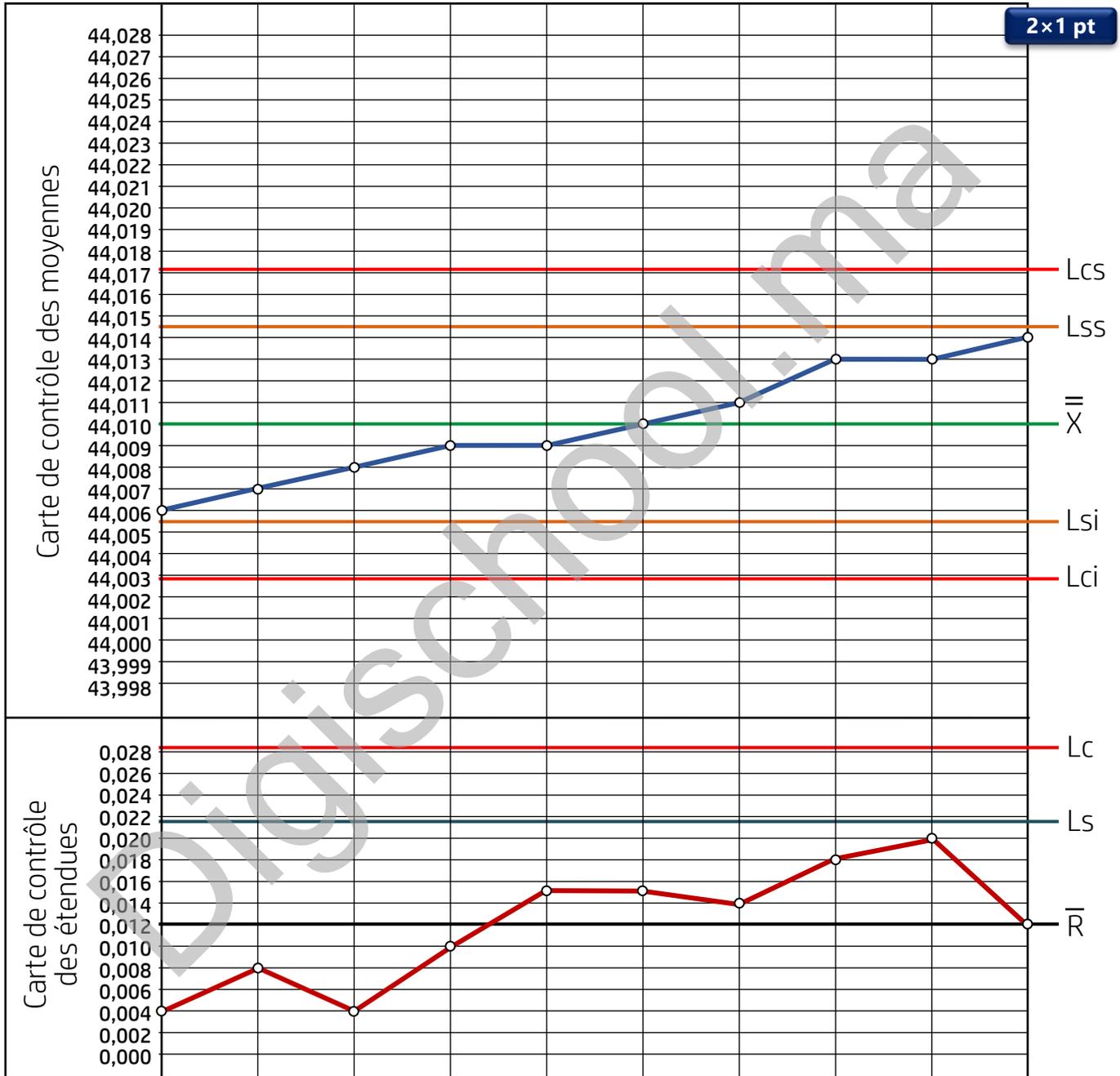
- L'origine mesure et l'origine programme  
 L'origine mesure et l'origine porte-pièce  
 L'origine mesure et l'origine pièce  
 **L'origine mesure et l'origine outil (tourelle)**

**Tâche 35 : Maîtrise statistique des procédés. D'après les données du tableau ci-dessous :**

a. Calculer la moyenne des moyennes  $\bar{\bar{X}}$  (en mm) et la moyenne des étendues  $\bar{R}$  (en mm) : /0,5 pt

$\bar{\bar{X}} = 440,10/10 = 44,010 \text{ mm}$  .....  $\bar{R} = 0,12/10 = 0,012 \text{ mm}$  ..... **2×0,25 pt**

b. Tracer, sur les cartes de contrôle suivantes l'évolution de la moyenne et de l'étendue au cours du temps : /2 pts



$\bar{X}$	44,006	44,007	44,008	44,009	44,009	44,010	44,011	44,013	44,013	44,014
R	0,004	0,008	0,004	0,010	0,015	0,015	0,014	0,018	0,020	0,012

c. Conclure et indiquer la mesure à prendre en cochant les bonnes réponses. Se référer aux exemples d'analyse des cartes de contrôle (DRES page 18/18) : /1 pt

Deux observations (2)			Deux Interprétations (2)			Une mesure à prendre (1)		
<input type="checkbox"/> 01	<input checked="" type="checkbox"/> 02	<input type="checkbox"/> 03	<input type="checkbox"/> I1	<input checked="" type="checkbox"/> I2	<input type="checkbox"/> I3	<input type="checkbox"/> M1	<input checked="" type="checkbox"/> M2	<input type="checkbox"/> M3
<input checked="" type="checkbox"/> 04	<input type="checkbox"/> 05	<b>0,25 pt</b>	<input checked="" type="checkbox"/> I4	<input type="checkbox"/> I5	<b>0,25 pt</b>	<input type="checkbox"/> M4	<input type="checkbox"/> M5	<b>0,5 pt</b>