

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2023

.....-III-III-III

عناصر الإجابة

NR 45

4h مدة الإجهاز

علوم المهندس

المادة

8 المعامل

شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

الشعبة أو المسلك

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
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)

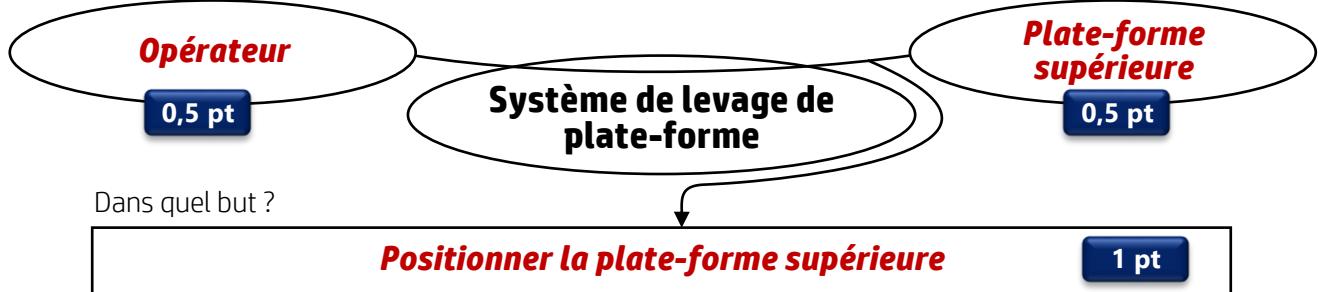
Situation d'évaluation n°1 :

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

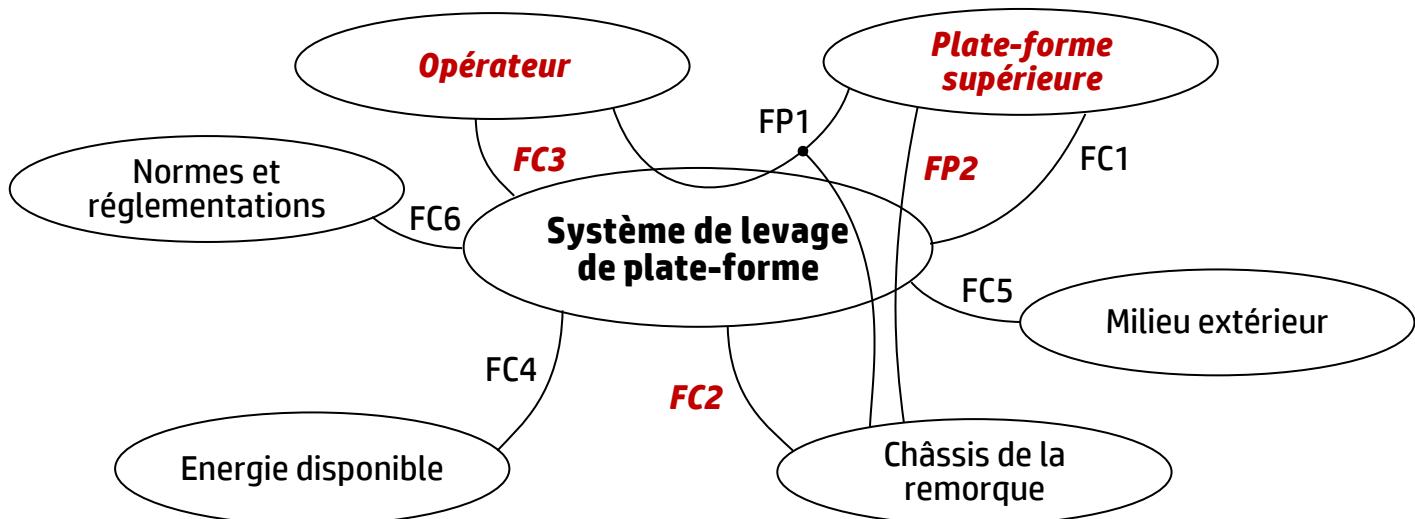
A qui/quoi rend-t-il service ?

Sur qui/quoi agit-il ?



- 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 :



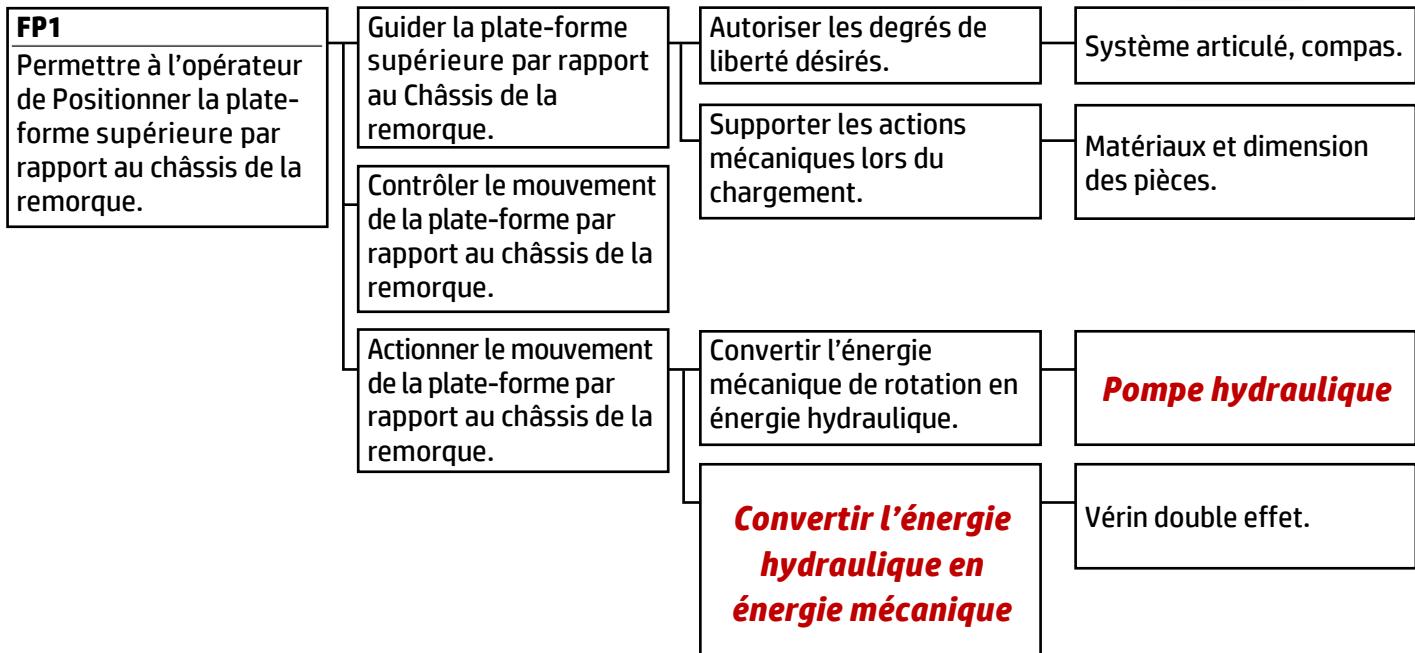
- Tableau des fonctions principales et contraintes :

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	S'adapter à la plate-forme supérieure
FC2	S'adapter au châssis de la remorque.
FC3	Être ergonomique et d'utilisation simple et facile par l'opérateur.
FC4	S'adapter aux sources d'énergies disponibles
FC5	Résister aux agressions du milieu extérieur
FC6	Respecter les normes et les réglementations

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	Régler le débit et la vitesse du fluide dans la conduite
3	Distributeur 4/3	Distribuer l'énergie hydraulique au vérin
5	Filtre	Filtrer l'huile des impuretés
6	Limiteur de pression	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).

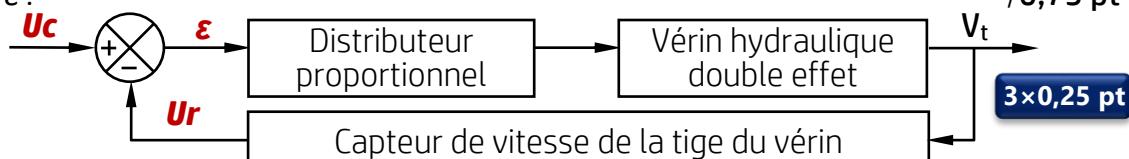
a. Relever le débit volumique maximal Qv_{max} (en m^3/s) à la sortie du distributeur hydraulique proportionnel sachant que la tension maximale de consigne générée par la carte est de 10 V : **/1 pt**

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

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

$$Qv \approx 7,8 \times 10^{-5} m^3/s \quad Uc \approx 7,6 V \quad 2 \times 0,5 pt$$

c. Placer sur le schéma bloc suivant la tension de la consigne Uc , l'image de la vitesse de la tige du vérin Ur et l'écart ε : **/0,75 pt**



3×0,25 pt

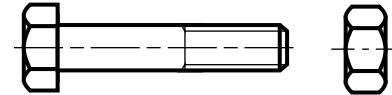
Tâche 13 : Travail graphique.

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

- Une clavette parallèle de forme B :



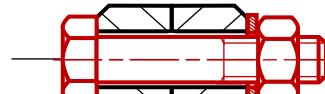
- Un boulon H d'assemblage des plateaux d'accouplement :



- Une rondelle plate :

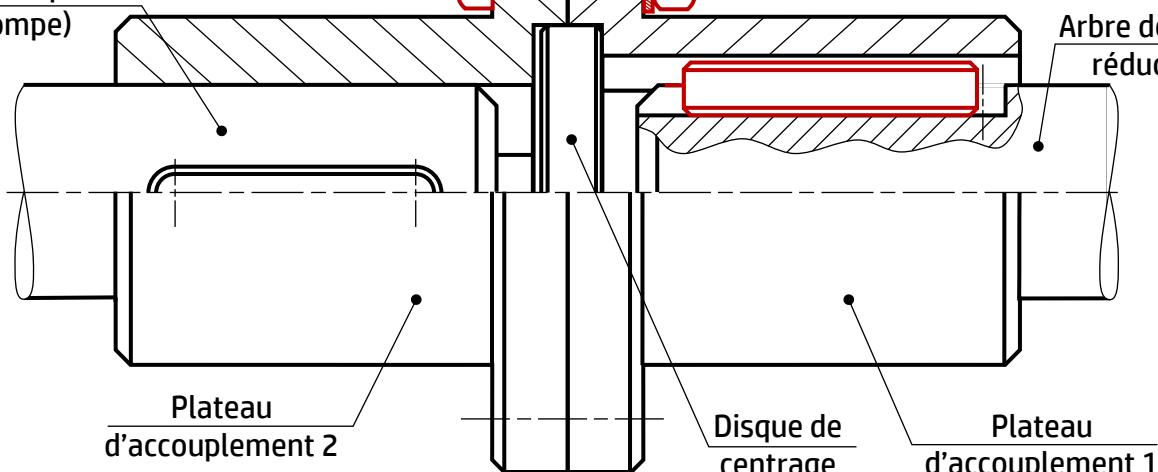


Arbre récepteur (pompe)



4x1 pt

Arbre de sortie réducteur



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 :

$P_m = \dots \text{ kW}$

$N_m = \dots \text{ tr/min} \quad r = 0,36$

Moteur électrique à courant continu

Réducteur à engrenage

$N_p = \dots \text{ tr/min}$

Accouplement rigide

$P_h = \dots \text{ kW}$

Pompe hydraulique

$P_A = \dots \text{ bar}$

$C_y = \dots \text{ cm}^3/\text{tr}$

$V_t = 0,0125 \text{ m/s}$

$F = 240\,000 \text{ N}$

Vérins hydrauliques

$P_B = \dots \text{ bar}$

$Q_v = \dots \text{ m}^3/\text{s}$

Doubles compas

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

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

- 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

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

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

- 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 $V_t = 0,0125 \text{ m/s}$, puis en déduire le débit volumique Q_V à la sortie de la pompe : /2 pts

$$Q_{V1} = S_{V1} \cdot V_t = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} V_t = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \times 0,0125 \Rightarrow Q_{V1} = 3,896 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

2x1 pt

$$Q_V = 2 \cdot Q_{V1} \Rightarrow Q_V = 2 \times 3,896 \cdot 10^{-5} = 7,792 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- 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 $P_{asp} = 1 \text{ bar}$: /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

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

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

Tâche 22 : Choix du moteur électrique à courant continu.

- a. Calculer la puissance mécanique P_p (en kW) de la pompe hydraulique. Prendre $P_h = 3,192 \text{ kW}$: /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 $Q_V = 7,8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$; Cylindrée de la pompe $Cy = 8,79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{tr}$ /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)			
BLDC-5000R3	0,5 pt	5 kW	0,25 pt	1500 tr/min	0,25 pt

Tâche 23 : Etude de la résistance au cisaillement.

On donne :

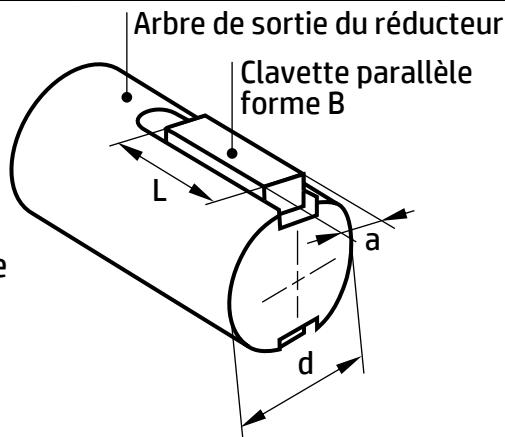
Couple de l'arbre de sortie du réducteur $C = 90 \text{ N}\cdot\text{m}$

Diamètre de l'arbre de sortie du réducteur $d = 28 \text{ mm}$

Clavettes en acier S128 : $\text{Re} = 128 \text{ N/mm}^2$; $\text{Reg} = 0,5 \cdot \text{Re}$

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 R_{pg} (en N/mm^2) du matériau de la clavette :

/1 pt

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

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

/1 pt

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

- 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 : **Symbol du diamètre** 28 : **Dimension nominale** 6x0,5 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 ⊥ 0,02 D1 :

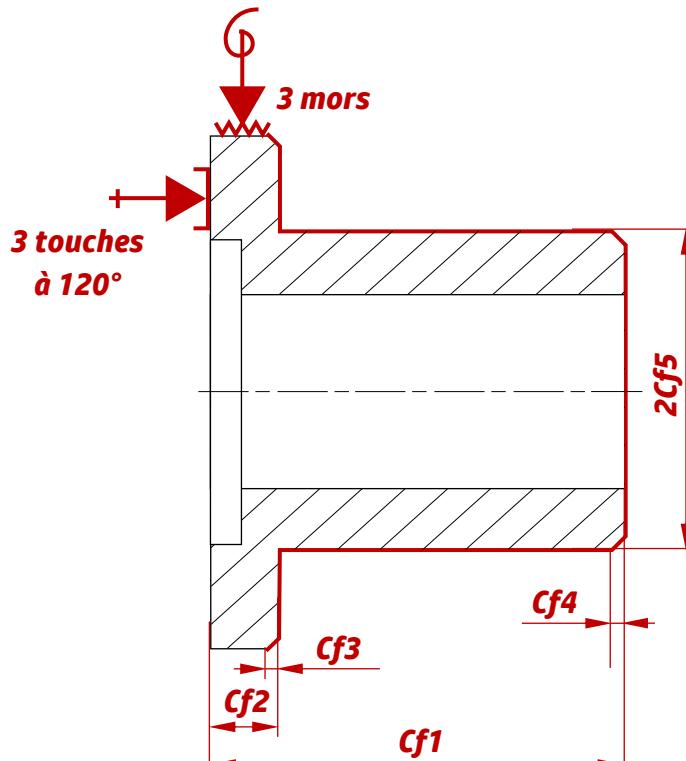
/4 pts

Nom de la tolérance	Type de tolérance	Interprétation	Croquis de la zone de tolérance
Perpendicularité	Orientation	<p>La surface tolérancée F2 doit être comprise entre 2 plans parallèles distants de 0,02 mm et perpendiculaires à l'axe de référence D1.</p> <p>..... 0,5 pt 1,5 pt</p>	

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

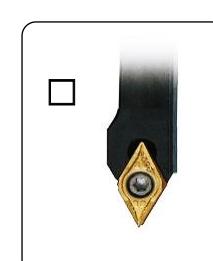
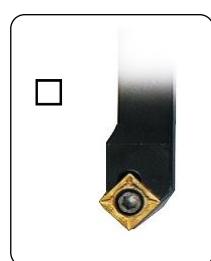
a. Mettre en place sur le croquis de la phase 20 ci-dessous relatif au plateau d'accouplement : /7,5 pts

- les surfaces usinées en trait fort. 1 pt
- les symboles technologiques (2^{ème} norme) de mise et de maintien en position isostatique. 2×2 pts
- les cotes fabriquées non chiffrées (se limiter aux spécifications dimensionnelles). 5×0,5 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

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

2 pts

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

2 pts

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

/1 pt

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

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

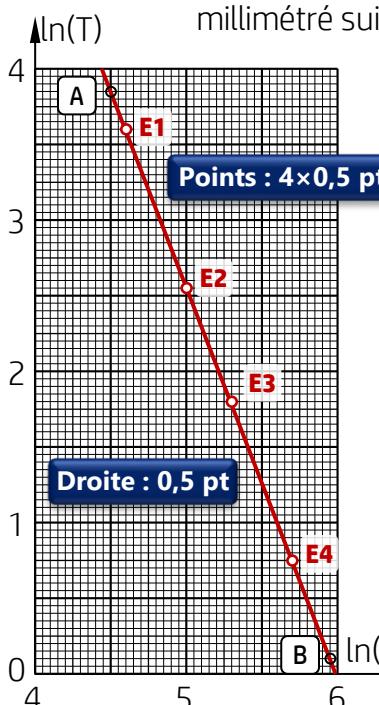
Le fournisseur des plaquettes en carbures métalliques, montées sur l'outil utilisé en phase 20 d'usinage du plateau d'accouplement, a communiqué à travers le tableau suivant l'extrait des résultats enregistrés lors des essais d'usure (critère retenu : $V_B = 0,3 \text{ mm}$) :

Essai	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
V _c (m/min)	100	150	200	300
ln(V _c)	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 $\ln(T) = n \cdot \ln(V_c) + \ln(C_v)$.

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 E₁ et E₄, et montrer que les valeurs des paramètres de la loi de Taylor sont $n = -2,59$ et $C_v = 5,46 \times 10^6$:

/4 pts

$$\left\{ \begin{array}{l} 3,60 = 4,6 \cdot n + \ln(C_v) \\ 0,75 = 5,7 \cdot n + \ln(C_v) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3,60 - 0,75 = (4,6 - 5,7) \cdot n \\ 0,75 = 5,7 \cdot n + \ln(C_v) \end{array} \right.$$

Démarche : 2 pts

$$\left\{ \begin{array}{l} n = \frac{2,85}{1,1} = -2,59 \\ 0,75 = 5,7 \cdot (-2,59) + \ln(C_v) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n = -2,59 \\ \ln(C_v) = 0,75 + 14,763 = 15,513 \end{array} \right.$$

$n = -2,59$

$$C_v = 5,46 \times 10^6$$

1 pt

1 pt

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

/1 pt

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

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 ^{er} Bloc de sécurité
N20	G00	G40	G52	X00	2 ^{ème} 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	262	Point 1. Correction du rayon d'outil, Arrosage
N60	G96	S120			Vitesse de coupe en m/min
N70	G01	G95	F0.2	260	Point 2. Vitesse programmée 0,2 mm/tr
N80			X44		Point 3
N90			X46	Z59	Point 4
N100			210		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{X} (en mm) et la moyenne des étendues \bar{R} (en mm) : /0,5 pt

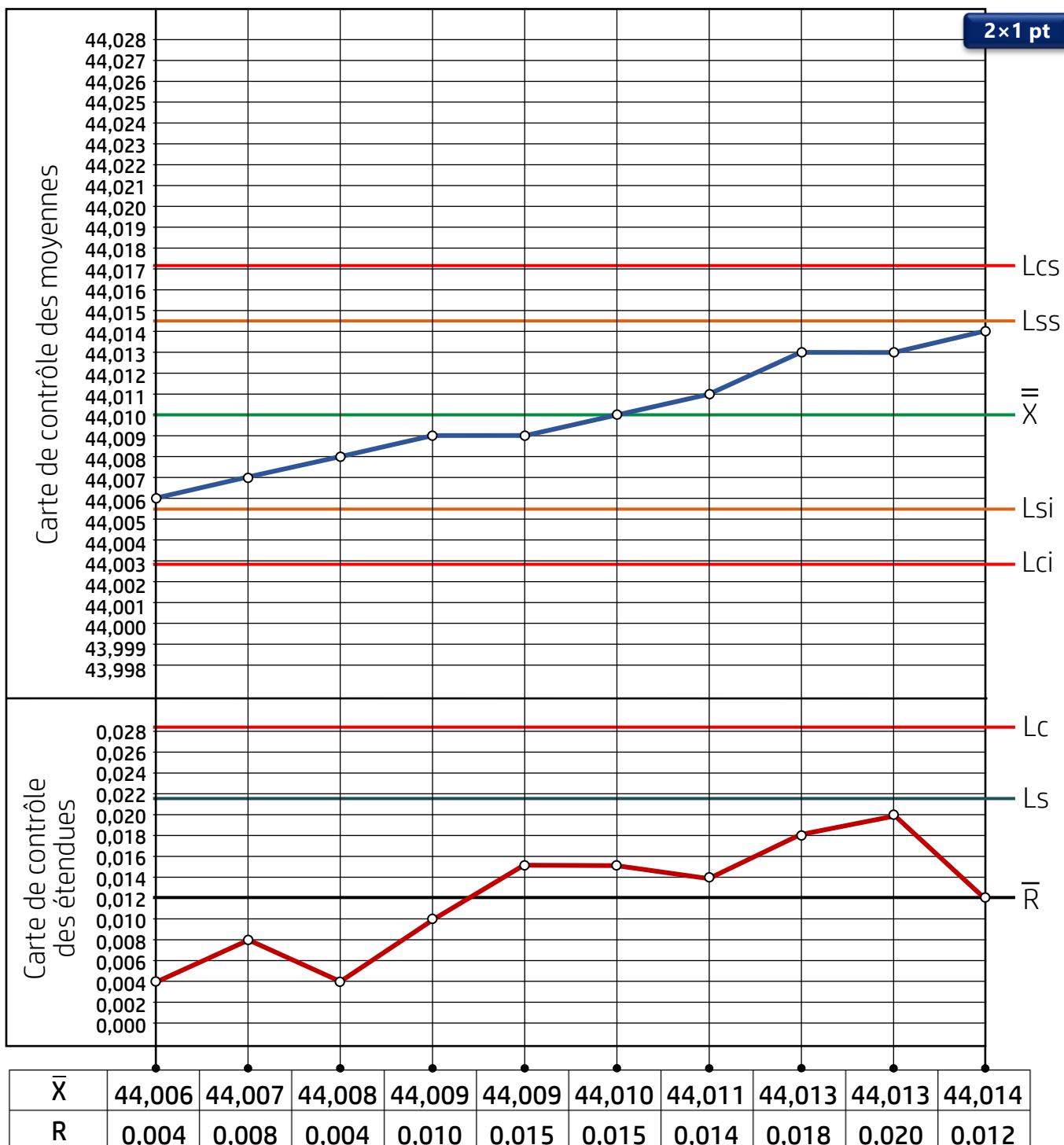
$$\bar{X} = 44,010 / 10 = 44,010 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = 0,012 / 10 = 0,012 \text{ mm}$$

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

2×1 pt



- 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	0,25 pt	<input checked="" type="checkbox"/> I4	<input type="checkbox"/> I5	0,25 pt	<input type="checkbox"/> M4	<input type="checkbox"/> M5	0,5 pt