

# الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

## الدورة العادية 2024

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 CONSIDÉRATION LES EXPRESSIONS CORRECTES ET LES INCERTITUDES DE CALCUL DU CANDIDAT**

## GRILLE DE NOTATION :

TOTAL : ..... /80 POINTS

Situation d'évaluation 1			Situation d'évaluation 2			Situation d'évaluation 3			Situation d'évaluation 3 (suite)		
Tâche	Question	Note	Tâche	Question	Note	Tâche	Question	Note	Tâche	Question	Note
1.1	a	1 pt	2.1	a	2 pts	3.1	a	2 pts	3.3	a	1,5 pt
	b	1,5 pt		b	1 pt		b	2 pts		b	1 pt
	c	2,25 pts		c	1,5 pt		c	1,5 pt		c1	2 pts
1.2	a	2,75 pts		d	0,75 pt		d	2 pts		c2	1 pt
	b	3,75 pts		e	0,75 pt		e	7 pts		c3	1 pt
	c	3 pts		f	1 pt		f	1 pt	c4	0,5 pt	
1.3	a	1,5 pt	2.2	a	1 pt	3.2	a	2 pts	c5	c5	1 pt
	b	b1		0,5 pt	b		1 pt	b1		1 pt	Total : 40 pts
		b2		3 pts	c		1,5 pt	b2		4,5 pts	
		b3		1 pt	d		1 pt	b3		1 pt	
Total : 20,25 pts				e	2 pts		b4	2 pts			
2.3	a	a1	1 pt	f	f1		1 pt	b5	1 pt	Total : 40 pts	
		a2	0,5 pt	f2	0,5 pt		c1	2 pts			
		a3	0,5 pt	2.3	a		a1	1 pt	c2		2 pts
		b1	0,25 pt				a2	0,5 pt	c3		1 pt
	b2	1 pt	a3				0,5 pt				
	b3	1 pt	b1			0,25 pt					
	Total : 19,75 pts			b2	1 pt						
				b3	1 pt						
			b4	0,5 pt							

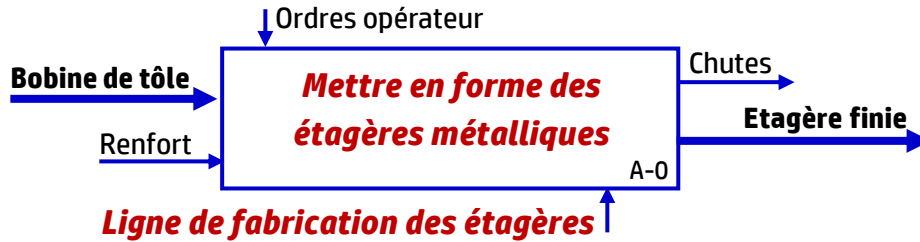
## DOCUMENTS RÉPONSES (DREP)

### SITUATION D'ÉVALUATION 1

**Tâche 1.1 :** Analyse fonctionnelle (Voir Présentation du support, page 2/17) :

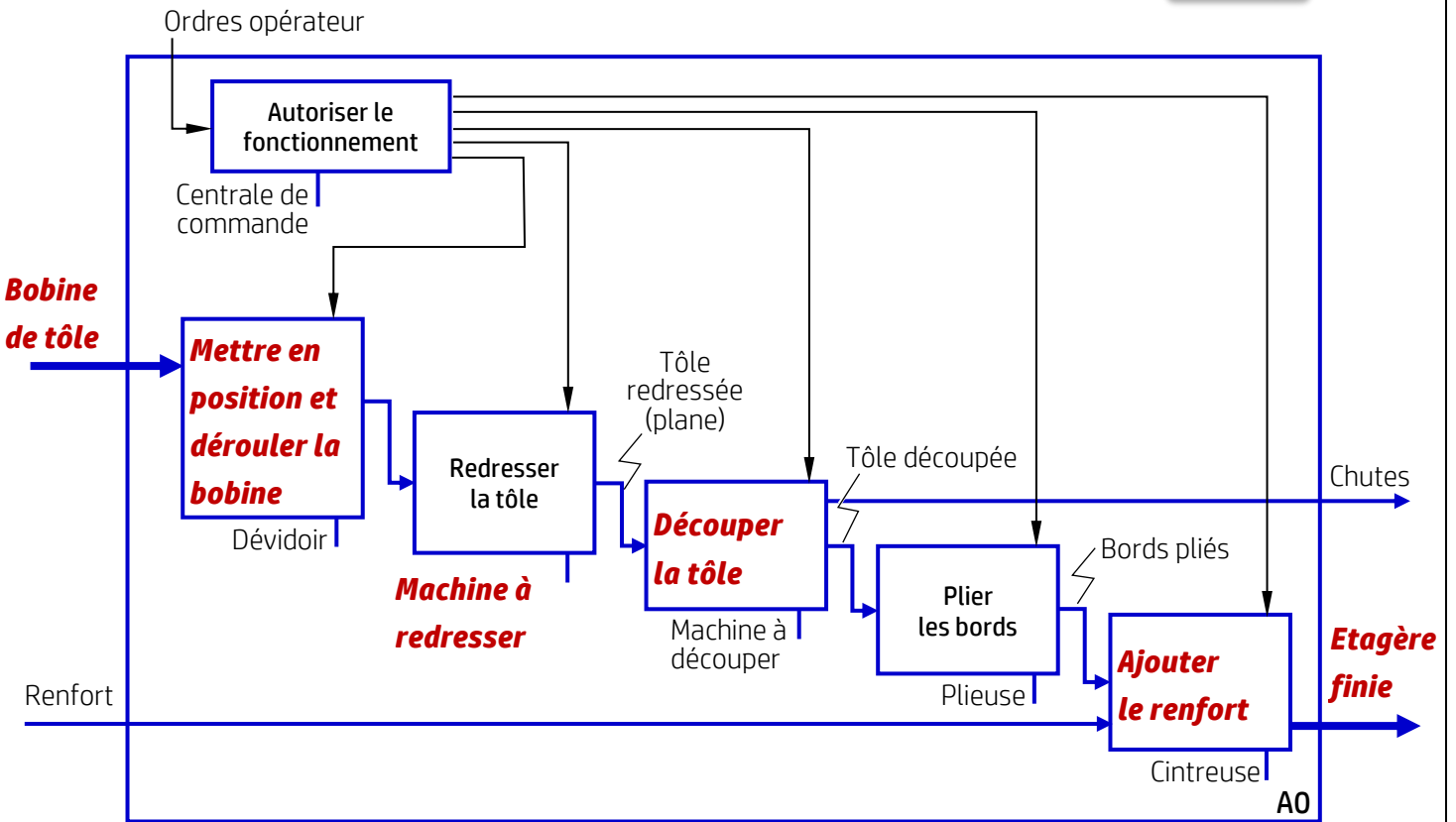
a. Compléter l'actigramme A-0 de la ligne de fabrication des étagères :

**2×0,5 pt /1 pt**



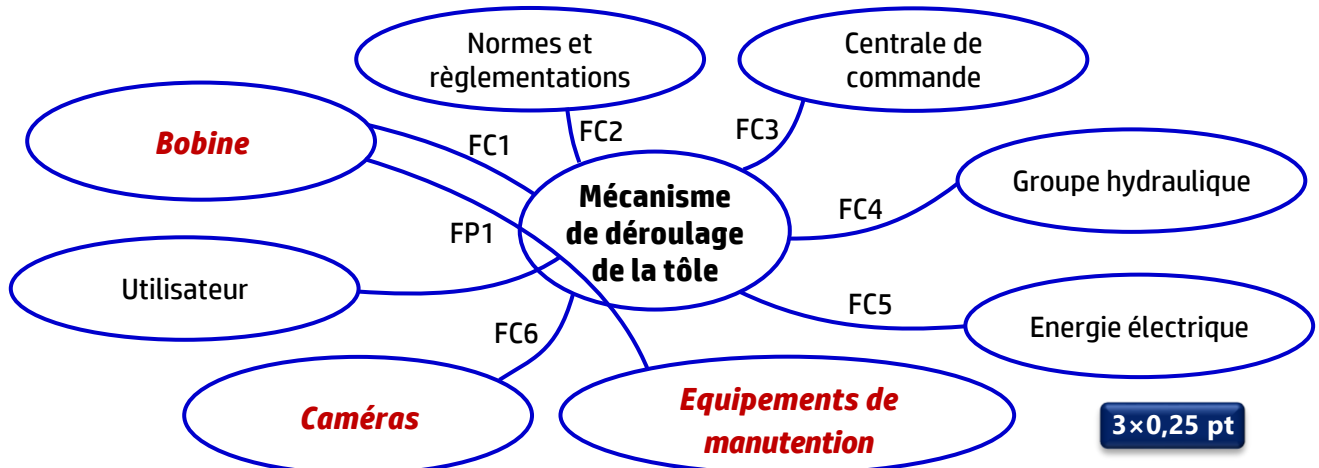
b. Compléter le diagramme SADT suivant de la ligne de fabrication des étagères :

**6×0,25 pt /1,5 pt**



c. Compléter le diagramme des interactions suivant et le tableau des fonctions de service du mécanisme de déroulage de la tôle (page 6/17) par les expressions convenables :

**/2,25 pts**



**3×0,25 pt**






Fonction	Formulation	3×0,5 pt
FP1	Permettre à l'utilisateur de charger une bobine à l'aide des équipements de manutention.	
FC1	Assurer le maintien latéral de la bobine et s'opposer au retour élastique.	
FC2	<b>Respecter les normes et les réglementations.</b>	
FC3	Permettre le pilotage par une centrale de commande.	
FC4	<b>Etre Alimenté en énergie hydraulique.</b>	
FC5	<b>Etre Alimenté en énergie électrique.</b>	
FC6	Surveiller l'évolution du processus avec des caméras.	

### Tâche 1.2 : Compréhension des solutions constructives retenues pour le bras presseur

- a. Compléter, en se référant aux DRES pages (14/17 et 15/17), le tableau suivant en donnant la désignation et la fonction des pièces et des orifices indiquées : **11×0,25 pt / 2,75 pts**

Repère	Désignation	Fonction
18 + 20	<b>Boulon</b>	<b>Assurer le serrage du palier 17 avec le support principal 1</b>
29	<b>Clavette parallèle</b>	<b>Participer à établir la liaison complète entre la chape de tige 15 et l'axe support 28</b>
33	<b>Goupille cannelée</b>	<b>Etablir une liaison complète entre la bague percée 32 et l'axe support 28</b>
23 et 26	<b>Roulements à billes à contact radial</b>	<b>Assurer la fonction guidage en rotation des galets 22 par rapport à l'axe 24</b>
12	<b>Joint à quadrilobes</b>	<b>Assurer l'étanchéité statique entre 11 et 13 Assurer l'étanchéité dynamique entre 9 et 11</b>
Les orifices O <sub>1</sub> et O <sub>2</sub>		<b>Alimenter le vérin hydraulique en pression et refouler l'huile</b>

- b. Compléter le tableau suivant par le nom, le symbole normalisé et le nombre de degrés de liberté (0 ou 1) de chaque liaison entre les pièces indiquées : **/3,75 pts**

Liaison	Nom de la liaison	Symbole normalisé	Nombre de degrés de liberté	
			Rotation	Translation
2/1	<b>Liaison encastrement</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
21/28	<b>Liaison encastrement</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
10/16	<b>Liaison pivot</b>		<b>1</b>	<b>0</b>
9/11	<b>Liaison pivot glissant</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
22/24	<b>Liaison pivot</b>		<b>1</b>	<b>0</b>

5×0,25 pt

5×0,25 pt

5×0,25 pt

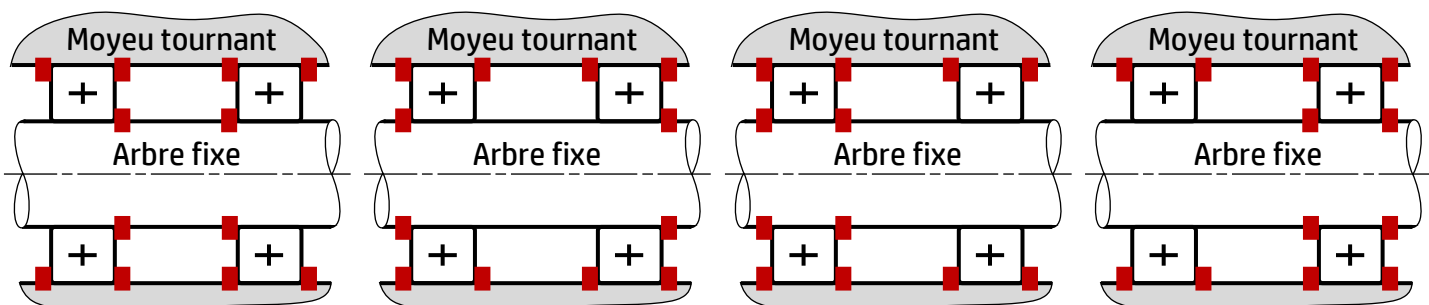
- c. Compléter le tableau suivant en précisant le nom et la fonction de chaque composant du schéma partiel de l'installation hydraulique DRES page (16/17) : 12×0,25 pt /3 pts

Repère	Nom du composant	Fonction du composant
B	<b>Filtre</b>	<b>Filter l'huile des impuretés</b>
D	<b>Pompe hydraulique</b>	<b>Convertir l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique</b>
E	<b>Distributeur hydraulique 5/2</b>	<b>Distribuer l'énergie hydraulique au vérin</b>
F	<b>Régulateur de débit unidirectionnel</b>	<b>Contrôler et réguler le débit d'un fluide dans un circuit hydraulique dans un seul sens</b>
G	<b>Manomètre</b>	<b>Indiquer la pression hydraulique de service</b>
H	<b>Limiteur de pression</b>	<b>Protéger le circuit hydraulique dans le cas de surpression (excès de pression)</b>

### Tâche 1.3 : Conception d'une solution constructive

- a. Placer les arrêts latéraux adéquats relatifs à un montage de roulements pour le cas d'un guidage en rotation entre un axe fixe et un moyeu tournant : 6 couples d'arrêts×0,25 pt /1,5 pt

#### 4 Solutions possibles :



- b. Amélioration, sur le dessin de la page 8/17, de la solution constructive adoptée pour le guidage en rotation d'un galet 22 par rapport à l'axe support des galets 24 :

- b1. Compléter le tableau suivant par « Serré » ou « Glissant » selon le type d'ajustement : /0,5 pt

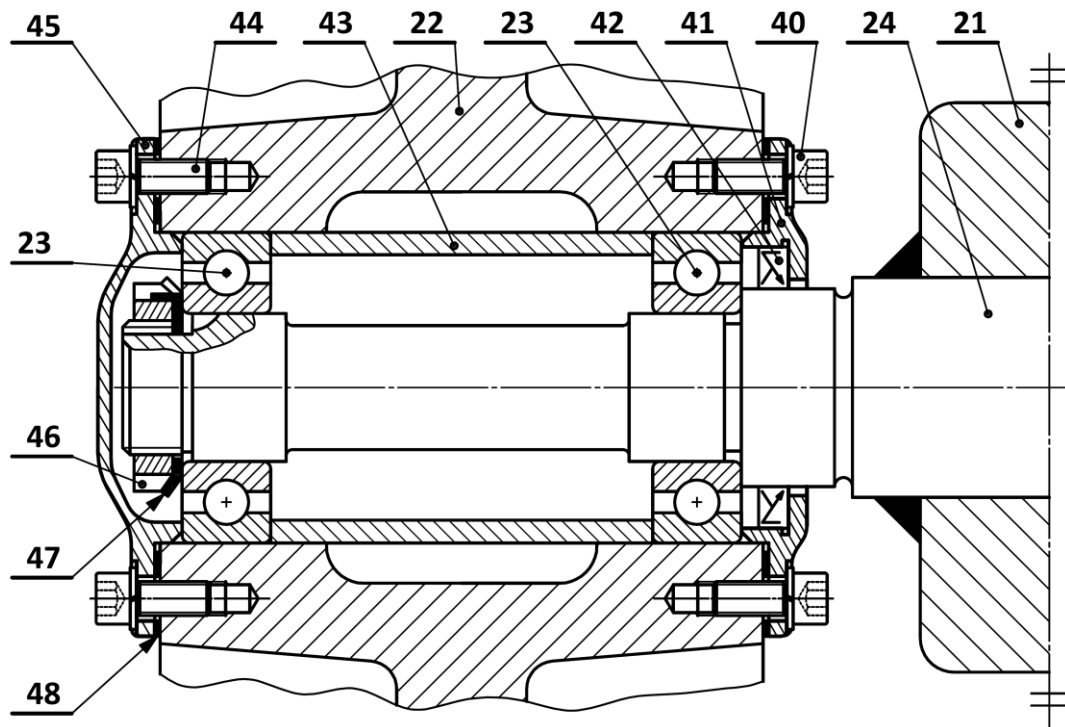
	Arbre (24)	Moyeu (22)	2×0,25 pt
Bagues intérieures des roulements (23)	<b>Glissant</b>		
Bagues extérieures des roulements (23)		<b>Serré</b>	

- b2. Compléter le montage des deux roulements 23 :

4 arrêts×0,75 pt /3 pts

- b3. Compléter le dessin du couvercle 45 :

/1 pt



## SITUATION D'ÉVALUATION 2

### Tâche 2.1 : Valider le choix du moteur, DRES page (15/17)

- a. Calculer, pour  $d_{\min} = 650$  mm de la bobine, la vitesse angulaire  $\omega_{B\max}$  (en rad/s) du mandrin porte-bobine, et en déduire sa fréquence de rotation  $N_{B\max}$  (en tr/min) : 2×1 pt /2 pts

$$V_t = \omega_{B\max} \times \frac{d_{\min}}{2} \Leftrightarrow \omega_{B\max} = \frac{2 \times V_t}{d_{\min}} = \frac{2 \times 0,84}{650 \times 10^{-3}} = 2,584 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{B\max} = \frac{2 \cdot \pi \times N_{B\max}}{60} \Leftrightarrow N_{B\max} = \omega_{B\max} \times \frac{60}{2 \times \pi} = \frac{60 \times 2,584}{2 \times \pi} = 24,687 \text{ tr/min}$$

- b. Montrer que le rapport de transmission global de la chaîne de transmission  $k_g = 1/138$  : /1 pt

$$k_{pc} = \frac{Z_m}{Z_r} = \frac{30}{36} \text{ donc } k_g = k_r \cdot k_{pc} = \frac{1}{115} \times \frac{30}{36} = \frac{1}{138}$$

- c. En déduire les fréquences de rotation minimale  $N_{m\min}$  et maximale  $N_{m\max}$  (en tr/min) du moteur : /1,5 pt

$$k_g = \frac{N_{B\min}}{N_{m\min}} \Leftrightarrow N_{m\min} = \frac{N_{B\min}}{k_g} \quad k_g = \frac{N_{B\max}}{N_{m\max}} \Leftrightarrow N_{m\max} = \frac{N_{B\max}}{k_g} \quad \text{2×0,75 pt}$$

$$N_{m\min} = \frac{10,695}{\frac{1}{138}} = 1475,910 \text{ tr/min} \quad N_{m\max} = \frac{24,687}{\frac{1}{138}} = 3406,806 \text{ tr/min}$$

- d. Calculer la puissance utile  $P_u$  (en kW) développée au niveau du mandrin porte-bobine pour entraîner la bobine la plus lourde avec la vitesse angulaire  $\omega_{B\min}$  : /0,75 pt

$$P_u = C_{\max} \cdot \omega_{B\min} = 2000 \times 1,12 = 2240 \text{ Watt} = 2,240 \text{ kW}$$

- e. Déterminer le rendement global  $\eta_g$  de la chaîne de transmission : /0,75 pt

$$\eta_g = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,8 \times 0,9 \times 0,85 = 0,612$$

f. Calculer la puissance mécanique  $P_m$  (en kW) à générer par le **moteur** et conclure sur sa validité : /1 pt

$$\eta_g = \frac{P_u}{P_m} \Leftrightarrow P_m = \frac{P_u}{\eta_g} = \frac{2,24}{0,612} = 3,660 \text{ KW}$$

**Le moteur est validé car sa puissance 4 kW est supérieure à 3,66 kW.**

**Tâche 2.2 :** Détermination des caractéristiques de la pompe hydraulique convenable, se référer au DRES page (16/17)

a. Calculer la pression hydraulique  $P_3$  (en bar) au point 3 du vérin hydraulique : /1 pt

$$P_3 = \frac{1}{\eta_v} \cdot \frac{F_{16/10}}{S_p} = \frac{1}{\eta_v} \cdot \frac{4 \times F_{16/10}}{\pi \cdot d_p^2} = \frac{1}{0,9} \times \frac{4 \times 21 \times 10^3}{\pi \times 50^2} \times 10 = 118,895 \text{ bar}$$

b. Calculer, dans la conduite 2-3, le nombre de REYNOLDS  $R$  et en déduire la nature de l'écoulement : /1 pt

$$R = \frac{V_f \cdot d}{\nu} = \frac{1,5 \times 18 \times 10^{-3}}{0,2 \times 10^{-4}} = 1350 \Rightarrow R = 1350 < 2000 \quad \text{0,75 pt}$$

**donc l'écoulement est laminaire** 0,25 pt

c. Calculer les pertes de charges régulières  $J_R$  (en J/kg) dans la conduite 2-3 : /1,5 pt

$$J_R = -\lambda \frac{L \cdot V_f^2}{2 \cdot d} = -\frac{64}{1350} \times \frac{8 \times 1,5^2}{2 \times 18 \times 10^{-3}} = -23,703 \text{ J/kg}$$

d. Compléter le tableau ci-dessous en tenant compte du théorème de BERNOULLI appliqué entre les points 2 et 3 du schéma partiel de l'installation hydraulique du DRES page (16/17) : /1 pt

Expression littérale	$\frac{1}{2}[(V_3)^2 - (V_2)^2]$	$g \cdot (Z_3 - Z_2)$	$J_T = J_R + J_S$	$W_{2-3}$
Valeur numérique	0	0	-133,703 J/kg	0 J/kg

e. Vérifier que la valeur de la pression de refoulement  $P_2 \approx 120$  bar : /2 pts

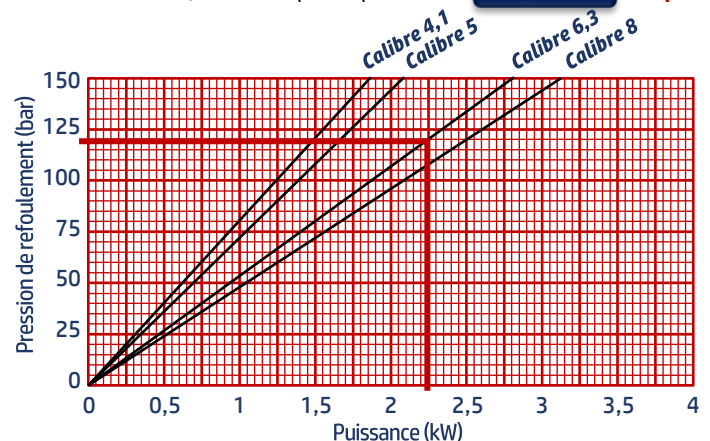
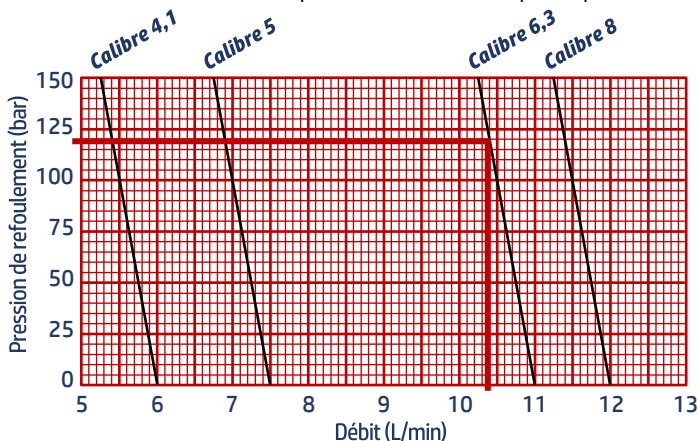
$$\frac{1}{2}[(V_3)^2 - (V_2)^2] + g \cdot (Z_3 - Z_2) + \frac{1}{\rho}(P_3 - P_2) = J_R + J_S + W_{2-3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\rho}(P_3 - P_2) = J_R + J_S \Rightarrow P_2 = P_3 - \rho \cdot (J_R + J_S)$$

$$P_2 = 118,895 - 900 \times (-133,703) \times 10^{-5} = 120,098 \text{ bar}$$

f. En utilisant la pression de refoulement  $P_2$  :

f1. Tracer, sur les deux graphiques suivants, les lignes nécessaires pour déterminer les valeurs du débit et de la puissance de la pompe relatives au calibre 6,3 de la pompe :  $2 \times 0,5$  pt /1 pt



f2. Relever les valeurs et compléter le tableau des caractéristiques de la pompe hydraulique : /0,5 pt

Caractéristiques de la pompe hydraulique de calibre 6,3	
Pression de refoulement de la pompe hydraulique P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> = 120 bar
Débit de la pompe hydraulique Q (en L/min)	<b>Q = 10,4 L/min</b>
Puissance de la pompe hydraulique P (en kW)	<b>P = 2,25 kW</b>

2×0,25 pt

**Tâche 2.3 : Vérification de la résistance mécanique, se référer au DRES page (16 /17)**

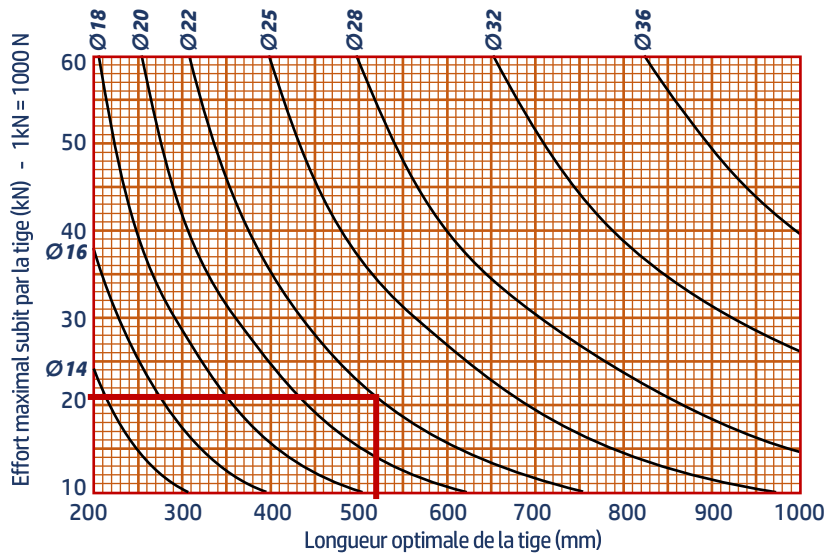
a. Détermination du diamètre minimal et de la longueur optimale de la tige 10 du vérin hydraulique :

a1. Calculer, en appliquant la condition de résistance à la compression, le diamètre minimal d<sub>t</sub> (en mm) de la tige 10 du vérin hydraulique : /1 pt

$$\sigma_{max} = \frac{F_{16/10}}{S} \leq \frac{Re}{s} \Leftrightarrow \frac{4 \times F_{16/10}}{\pi \times d_t^2} \leq \frac{Re}{s} \Rightarrow d_t \geq \sqrt{\frac{4 \times s \times F_{16/10}}{\pi \times Re}}$$

$$d_t \geq \sqrt{\frac{4 \times 6 \times 21 \cdot 10^3}{\pi \times 380}} = 20,552 \text{ mm}$$

a2. Tracer, sur le graphique suivant, les lignes nécessaires pour trouver la longueur optimale L (en mm) de la tige 10 du vérin hydraulique (prendre d<sub>t</sub> = Ø22 mm) : /0,5 pt



a3. Compléter le tableau suivant par les valeurs de d<sub>t</sub> et L : /0,5 pt

Effort maximal subit par la tige F <sub>16/10</sub> (en N)	F <sub>16/10</sub> = 21000 N
Diamètre normalisé d <sub>t</sub> de la tige 10 (en mm)	<b>d<sub>t</sub> = 22 mm</b>
Longueur optimale L de la tige 10 (en mm)	<b>L = 520 mm</b>

2×0,25 pt

b. Vérification et choix du matériau de l'axe d'articulation 16 :

b1. Donner le nombre de sections sollicitées au cisaillement de l'axe d'articulation 16 : /0,25 pt

**2 sections**

b2. Calculer la contrainte maximale tangentielle de cisaillement τ<sub>Max</sub> (en N/mm<sup>2</sup>) dans une section droite de l'axe d'articulation 16 : /1 pt

$$\tau_{max} = \frac{T}{2 \times S} = \frac{4 \times T}{2 \times \pi \cdot d^2} = \frac{4 \times 21 \times 10^3}{2 \times \pi \times 20^2} = 33,439 \text{ N/mm}^2$$

b3. Déterminer la limite élastique au glissement  $Reg$  (en  $N/mm^2$ ) du matériau de l'axe d'articulation 16 (DRES page 16/17) et en déduire la limite élastique  $Re$  (en  $N/mm^2$ ):

Prendre  $\tau_{Max} = 34 N/mm^2$

**Condition de résistance au cisaillement :**  $\tau_{max} \leq \frac{Reg}{s} \Leftrightarrow Reg \geq s \cdot \tau_{max}$  /1 pt  
 $\Leftrightarrow Reg \geq 5 \times 34 = 170 N/mm^2$

on a  $Re = \frac{Reg}{0,5} \Rightarrow Re \geq \frac{170}{0,5} = 340 N/mm^2$  2×0,5 pt

b4. Choisir la nuance optimale du matériau qui convient pour l'axe d'articulation 16 : /0,5 pt

**C40**

### SITUATION D'ÉVALUATION 3

**Tâche 3.1 :** Analyse du dessin de définition et du mode d'obtention du brut, DRES page (17/17)

a. Expliquer la nuance du matériau de la chape de pied 2 (GC 35) : 4×0,5 pt /2 pts

**Acier non allié pour traitements thermiques ayant 0,35% de carbone, obtenu par moulage.**

b. Compléter la spécification géométrique ci-dessous correspondante à l'expression suivante : la surface **F2** doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,04 mm et disposés perpendiculairement par rapport à la surface **F1** : 4×0,5 pt /2 pts

<b>F2</b>	<b>⊥</b>	<b>0,04</b>	<b>F1</b>
-----------	----------	-------------	-----------

c. Expliquer la spécification suivante  $\varnothing 20 H7$  : 3×0,5 pt /1,5 pt

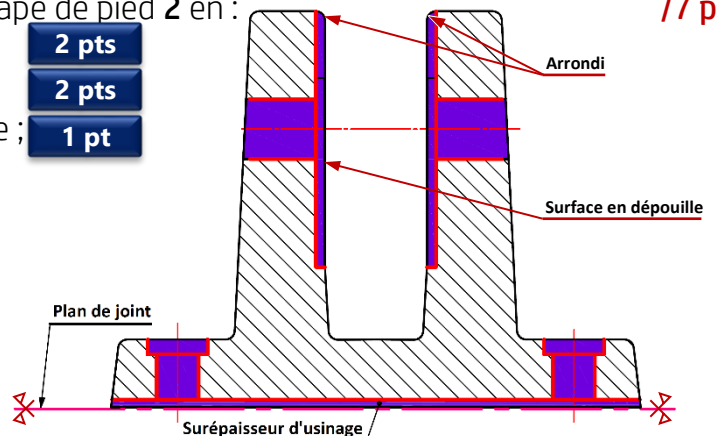
$\varnothing 20$	H	7
<b>Diamètre nominal</b>	<b>Position de la tolérance</b>	<b>Qualité de la tolérance</b>

d. Préciser le procédé d'obtention du brut de la chape de pied 2 et justifier votre réponse 2×1 pt /2 pts

Le procédé d'obtention du brut	Justification
<b>Moulage en sable</b>	<b>Le matériau de la chape (Acier) et son mode d'obtention (lettre G dans la désignation du matériau)</b>

e. Compléter le dessin du brut capable de la chape de pied 2 en : /7 pts

- Ajoutant les surépaisseurs d'usinage ; 2 pts
- Traçant le plan de joint en trait mixte ; 2 pts
- Indiquant une des surfaces en dépouille ; 1 pt
- Dessinant les arrondis. 2 pts



f. Donner l'outillage permettant d'obtenir l'empreinte de la pièce dans le moule : /1 pt

**Le modèle**



**Tâche 3.2 :** Etude de la phase 10 de fraisage, se référer au DRES page (17/17)

a. Mettre une croix dans les cases correctes relatives au mouvement de génération en fraisage : /2 pts

	Mouvement de coupe (Mc)	Mouvement d'avance (Mf)
L'outil	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La pièce	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

2×1 pt

b. Compléter le croquis de la phase 10 ci-dessous :

b1. Repasser la surface usinée en trait fort ou avec une autre couleur ;

b2. Mettre en place les symboles technologiques de mise en position ;

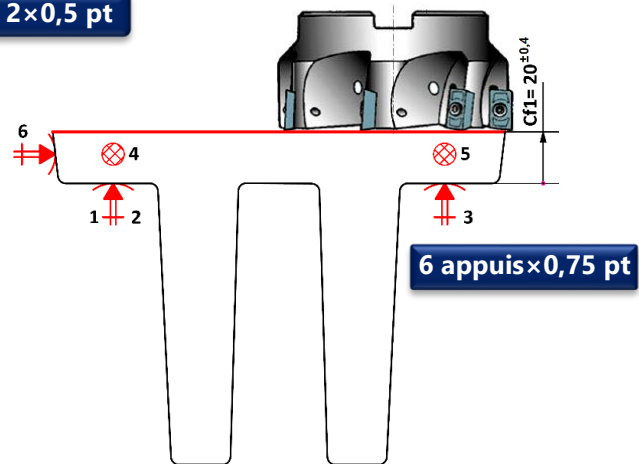
b3. Installer la cote fabriquée avec sa valeur. 2×0,5 pt

/1 pt

/4,5 pts

/1 pt

Croquis de phase :



b4. Compléter le tableau suivant par le nom de la machine, sa configuration (**Horizontale** ou **Verticale**), le nom de l'outil (**Fraise à surfacer**, **à surfacer et à dresser** ou **à rainurer**) et le mode de génération (**En bout** ou **En roulant**) utilisé pour surfacer F1 : 4×0,5 pt /2 pts

Nom de la machine	Configuration	Nom de l'outil	Mode de génération
<b>Fraiseuse universelle</b>	<b>Verticale</b>	<b>Fraise à surfacer et dresser</b>	<b>En bout</b>

b5. Donner un moyen adéquat de mesure de la cote 20±0,4 : /1 pt

**Pied à coulisse**

c. Étude de la coupe afin de choisir la machine convenable pour réaliser la phase 10, en se référant au DRES page (17/17) :

c1. Déterminer la puissance utile à la coupe  $P_c$  (en W) en utilisant la formule donnée : /2 pts

$$P_c = \frac{K_c \cdot a \cdot l \cdot V_c \cdot Z \cdot f_z}{\pi \cdot d \cdot 60} = \frac{2650 \times 3 \times 90 \times 55 \times 12 \times 0,2}{\pi \times 100 \times 60} = 5013,057 \text{ W}$$

c2. Déduire la puissance à fournir par le moteur de la machine  $P_{cm}$  (en kW) : /2 pts

$$P_{cm} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{5013,057 \times 10^{-3}}{0,8} = 6,266 \text{ KW}$$

c3. Cocher la machine optimale : /1 pt

Référence de la machine	Fr 1	Fr 2	<b>Fr 3</b>	Fr 4
Puissance du moteur Pm (kW)	3	5	<b>7</b>	10
Machine optimale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Tâche 3.3 : Etude de la capabilité du procédé DRES page (17/17)

a. Citer trois causes provoquant des variations dimensionnelles entre les pièces fabriquées : /1,5 pt

**Usure de l'outil ; hétérogénéité de la matière ; conditions de coupe ;  
vibrations de la machine ; température ; action de la main d'œuvre...**

3×0,5 pt

b. Compléter le tableau suivant relatif à la cote  $40^{+0,1}_0$  : /1 pt

4×0,25 pt

Intervalle de tolérance (IT)	Dimension minimale ( $D_{min}$ )	Dimension maximale ( $D_{Max}$ )	Dimension moyenne ( $D_{moy}$ )
<b>0,1 mm</b>	<b>40 mm</b>	<b>40,1 mm</b>	<b>40,05 mm</b>

c. La moyenne  $\bar{X}$  et l'étendue  $R$  des 10 échantillons prélevés sont indiquées dans le tableau suivant :

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Moyenne $\bar{X}$	40,05	40,027	40,07	40,03	40,05	40,05	40,06	40,052	40,047	40,054
Etendue R	0,03	0,01	0,04	0,02	0,04	0,01	0,05	0,03	0,04	0,01

Remarque : Pour le calcul, prendre trois (3) chiffres après la virgule

c1. Calculer la moyenne des moyennes  $\bar{\bar{X}}$  (en mm) et la moyenne des étendues  $\bar{R}$  (en mm) : /2 pts

$$\bar{\bar{X}} = \mathbf{40,049 \text{ mm}}$$

$$\bar{R} = \mathbf{0,028 \text{ mm}}$$

2×1 pt

c2. Calculer l'indice de capabilité du procédé  $C_p$ , prendre le coefficient  $dn = 2,326$  : /1 pt

$$\sigma_{\text{estimé}} = \mathbf{0,028 / 2,326 = 0,012 \text{ mm}}$$

$$C_p = \mathbf{1,388}$$

2×0,5 pt

c3. Calculer l'indice de capabilité  $C_{pk}$  (indicateur de dérèglement) : /1 pt

$$C_{pk_{\min}} = \mathbf{(40,049 - 40) / (3 \times 0,012)}$$

$$C_{pk_{\max}} = \mathbf{(40,1 - 40,049) / (3 \times 0,012)}$$

$$= \mathbf{1,361} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$= \mathbf{1,416} \quad \mathbf{0,25 \text{ pt}}$$

$$C_{pk} = \mathbf{\min \{1,361 ; 1,416\} = 1,361} \quad \mathbf{0,5 \text{ pt}}$$

c4. Conclure, en complétant le tableau ci-contre par (Oui ou Non) : /0,5 pt

2×0,25 pt

Procédé capable	Procédé réglé
<b>Oui</b>	<b>Oui</b>

c5. Compléter la courbe de Gauss (en cloche) suivante, correspondante aux valeurs trouvées précédemment en installant :

- La ligne verticale correspondante à  $D_{max}$  ;
- La ligne verticale correspondante à  $D_{min}$  ;
- L'intervalle de tolérance (IT).

