

الصفحة
1
10
***|

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2024

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتعليم الأول والثانوي
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

مناصر الإجابة

NR 45

4h
مدة الإنجاز

علوم المهندس

المادة

8
المعامل

شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية

المعدة 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			
Tâche	Question	Note	
1.1	a	1 pt	
	b	1,5 pt	
	c	2,25 pts	
1.2	a	2,75 pts	
	b	3,75 pts	
	c	3 pts	
1.3	a	1,5 pt	
	b	b1	0,5 pt
		b2	3 pts
		b3	1 pt
Total :20,25 pts			

Situation d'évaluation 2			
Tâche	Question	Note	
2.1	a	2 pts	
	b	1 pt	
	c	1,5 pt	
	d	0,75 pt	
	e	0,75 pt	
	f	1 pt	
2.2	a	1pt	
	b	1pt	
	c	1,5 pt	
	d	1 pt	
	e	2 pts	
	f	f1	1 pt
		f2	0,5 pt
2.3	a	a1	1 pt
		a2	0,5 pt
		a3	0,5 pt
	b	b1	0,25 pt
		b2	1 pt
		b3	1pt
		b4	0,5 pt

Situation d'évaluation 3			
Tâche	Question	Note	
3.1	a	2 pts	
	b	2 pts	
	c	1,5 pt	
	d	2 pts	
	e	7 pts	
	f	1 pt	
3.2	a	2 pts	
	b	b1	1 pt
		b2	4,5 pts
		b3	1 pt
		b4	2 pts
		b5	1 pt
	c	c1	2 pts
		c2	2 pts
		c3	1 pt

Situation d'évaluation 3 (suite)			
3.3	a	1,5 pt	
	b	1 pt	
	c	c1	2 pts
		c2	1 pt
		c3	1 pt
		c4	0,5 pt
c5		1 pt	
Total : 40 pts			



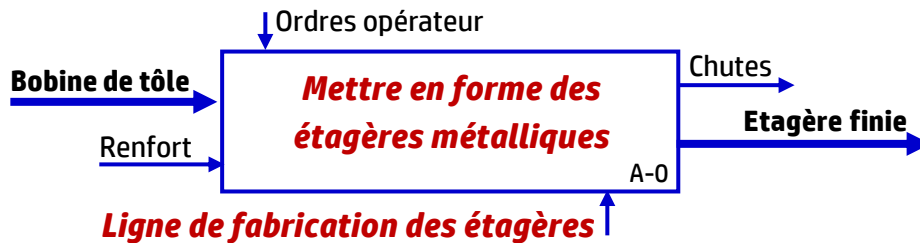
DOCUMENTS RÉPONSES (DREP)

SITUATION D'ÉVALUATION 1

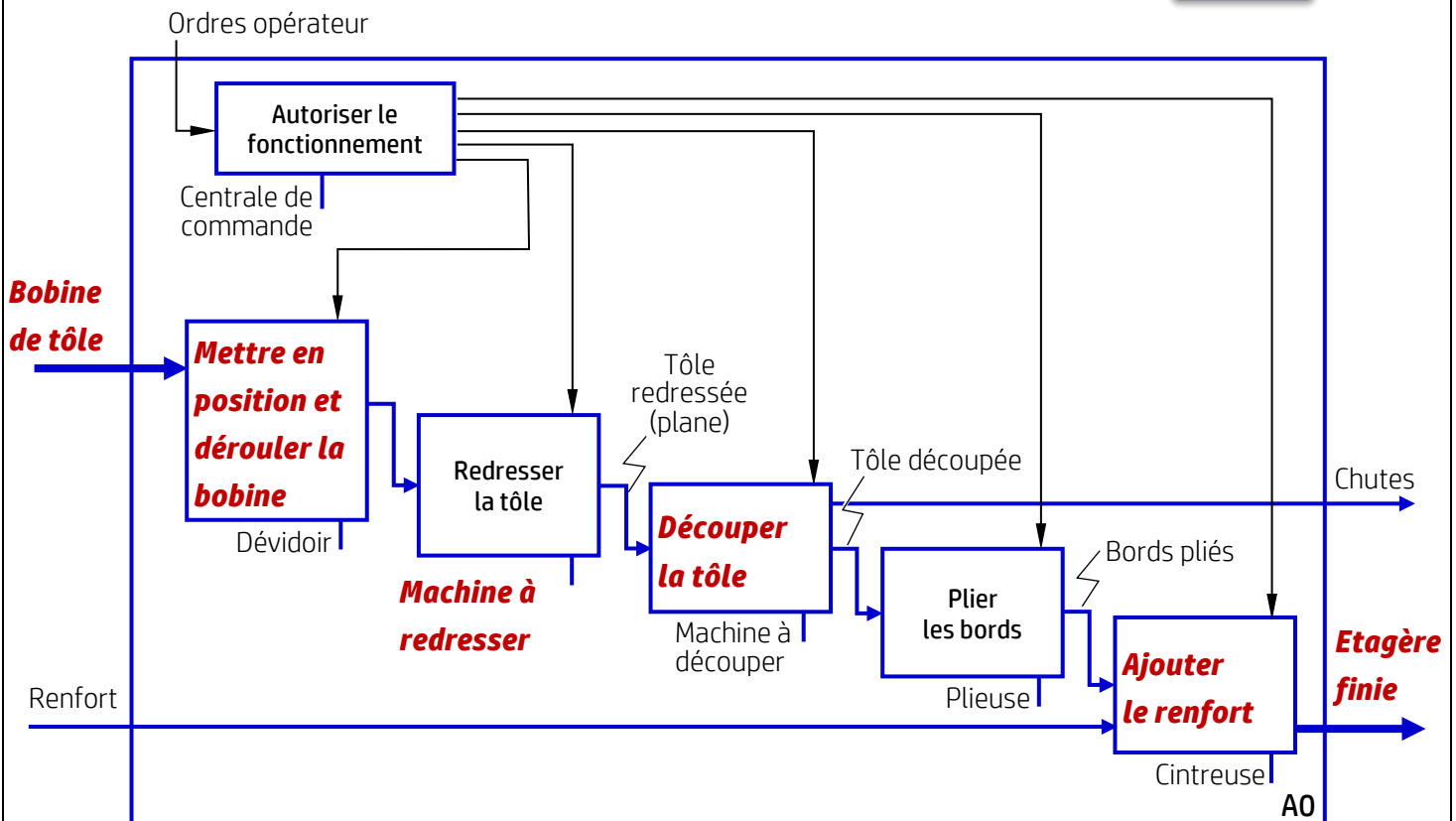
Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle (Voir Présentation du support, page 2/17) :

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

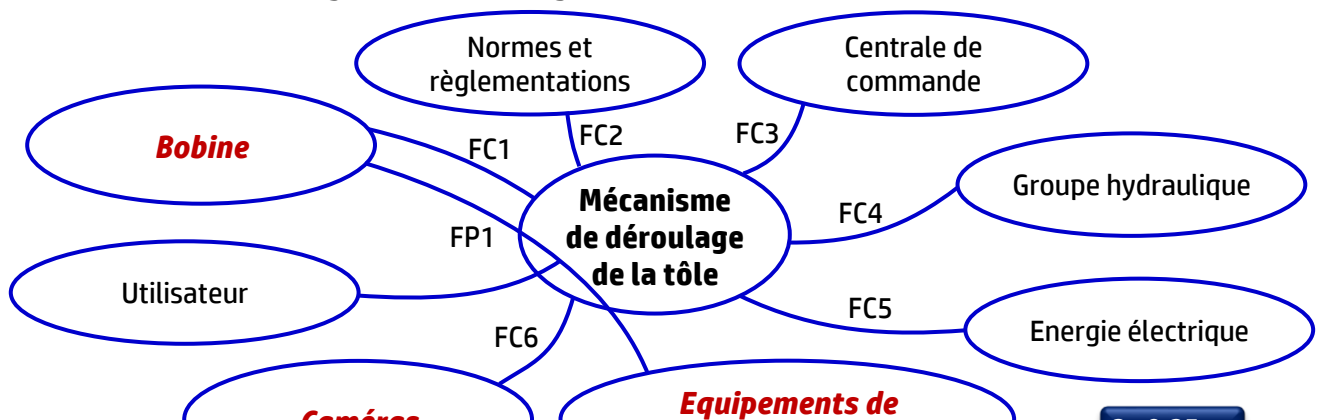
2×0,5 pt /1 pt



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



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	Respecter les normes et les réglementations.
FC3	Permettre le pilotage par une centrale de commande.
FC4	Etre Alimenté en énergie hydraulique.
FC5	Etre Alimenté en énergie électrique.
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	Boulon	Assurer le serrage du palier 17 avec le support principal 1
29	Clavette parallèle	Participer à établir la liaison complète entre la chape de tige 15 et l'axe support 28
33	Goupille cannelée	Etablir une liaison complète entre la bague percée 32 et l'axe support 28
23 et 26	Roulements à billes à contact radial	Assurer la fonction guidage en rotation des galets 22 par rapport à l'axe 24
12	Joint à quadrilobes	Assurer l'étanchéité statique entre 11 et 13 Assurer l'étanchéité dynamique entre 9 et 11
Les orifices O ₁ et O ₂		Alimenter le vérin hydraulique en pression et refouler l'huile

- 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	Liaison encastrement		0	0
21/28	Liaison encastrement		0	0
10/16	Liaison pivot		1	0
9/11	Liaison pivot glissant		1	1
22/24	Liaison pivot		1	0



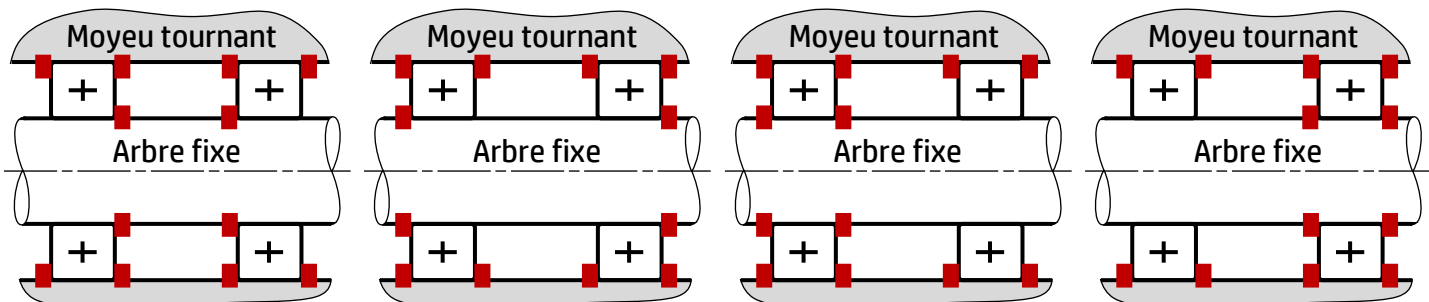
- c. Compléter le tableau suivant en précisant le nom et la fonction de chaque composant du schéma partiel de l'installation hydraulique DRES page (16/17) : 12×0,25 pt /3 pts

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

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)
Bagues intérieures des roulements (23)	Glissant	
Bagues extérieures des roulements (23)		Serré

2×0,25 pt

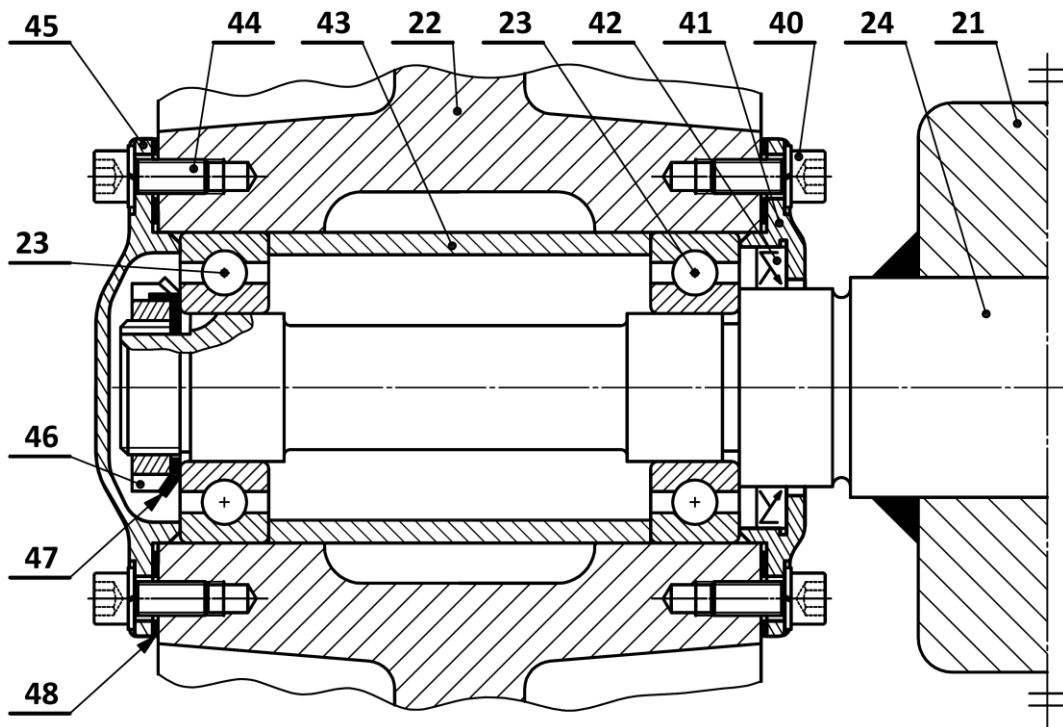
- b2. Compléter le montage des deux roulements 23 :

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 $d_{\min} = 650 \text{ mm}$ 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 $N_{\min}$ et maximale $N_{\max}$ (en tr/min) du moteur :

$$k_g = \frac{N_{B\min}}{N_{m\min}} \Leftrightarrow N_{m\min} = \frac{N_{B\min}}{k_g} \quad k_g = \frac{N_{B\max}}{N_{m\max}} \Leftrightarrow N_{m\max} = \frac{N_{B\max}}{k_g} \quad /1,5 \text{ pt}$$

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 η_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

L'écoulement est laminaire donc

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

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 $P_2 \approx 120 \text{ bar}$: /2 pts

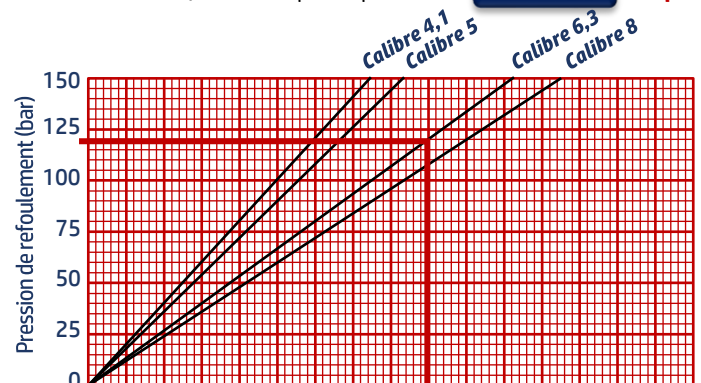
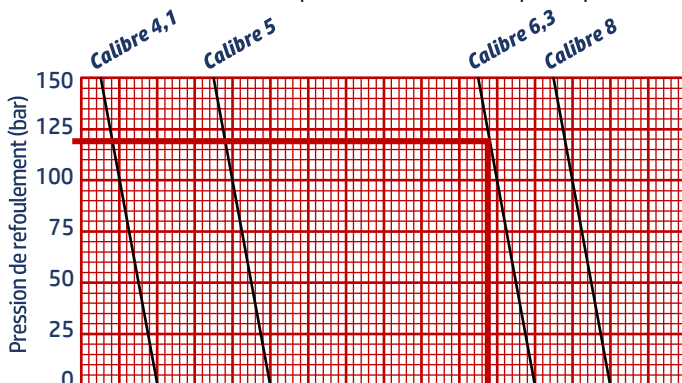
$$\frac{1}{2} [(V_3)^2 - (V_2)^2] + g \cdot (Z_3 - Z_2) + \frac{1}{\rho} (P_3 - P_2) = J_R + J_S + W_{2-3}$$

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

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

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 : $2 \times 0,5 \text{ pt}$ /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_2	$P_2 = 120 \text{ bar}$
Débit de la pompe hydraulique Q (en L/min)	$Q = 10,4 \text{ L/min}$
Puissance de la pompe hydraulique P (en kW)	$P = 2,25 \text{ kW}$

2×0,25 pt

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

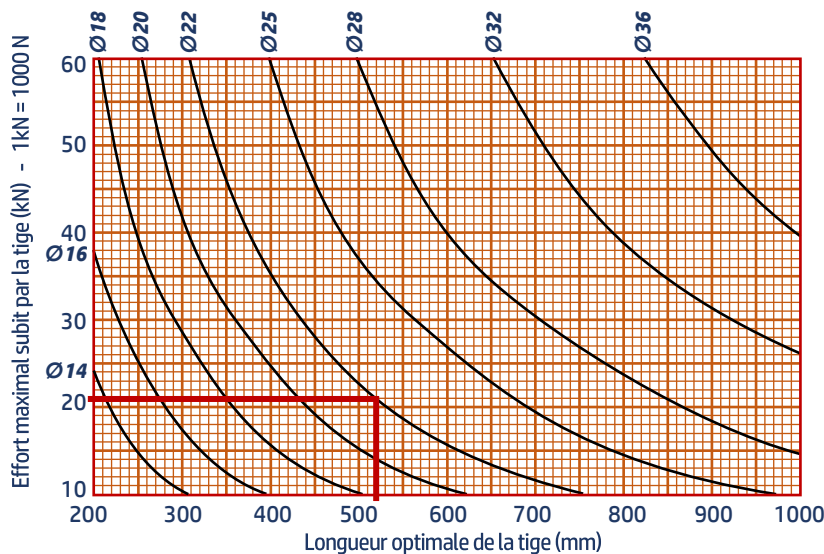
a. Détermination du diamètre minimal et de la longueur optimale de la tige 10 du vérin hydraulique :

a1. Calculer, en appliquant la condition de résistance à la compression, le diamètre minimal d_t (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 $d_t = \varnothing 22 \text{ mm}$) : /0,5 pt



a3. Compléter le tableau suivant par les valeurs de d_t et L : /0,5 pt

Effort maximal subit par la tige $F_{16/10}$ (en N)	$F_{16/10} = 21000 \text{ N}$
Diamètre normalisé d_t de la tige 10 (en mm)	$d_t = 22 \text{ mm}$
Longueur optimale L de la tige 10 (en mm)	$L = 520 \text{ mm}$

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_{Max} (en N/mm²) dans une section droite de l'axe d'articulation 16 : /1 pt

$$\tau = \frac{4 \times T}{4 \times 21 \times 10^3}$$



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

F2	⊥	0,04	F1
-----------	----------	-------------	-----------

c. Expliquer la spécification suivante $\varnothing 20 H7$:

3×0,5 pt /1,5 pt

$\varnothing 20$	H	7
Diamètre nominal	Position de la tolérance	Qualité de la tolérance

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
Moulage en sable	Le matériau de la chape (Acier) et son mode d'obtention (lettre G dans la désignation du matériau)

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

/7 pts

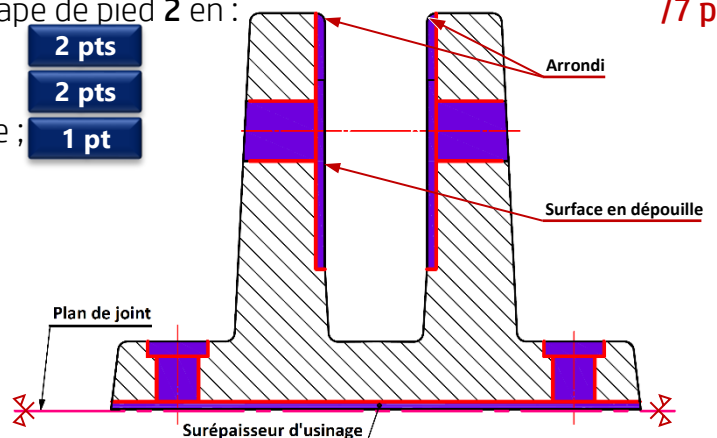
- Ajoutant les surépaisseurs d'usinage ;
- Traçant le plan de joint en trait mixte ;
- Indiquant une des surfaces en dépouille ;
- Dessinant les arrondis.

2 pts

2 pts

1 pt

2 pts



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

/1 pt



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	☒	☐
La pièce	☐	☒

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 ;

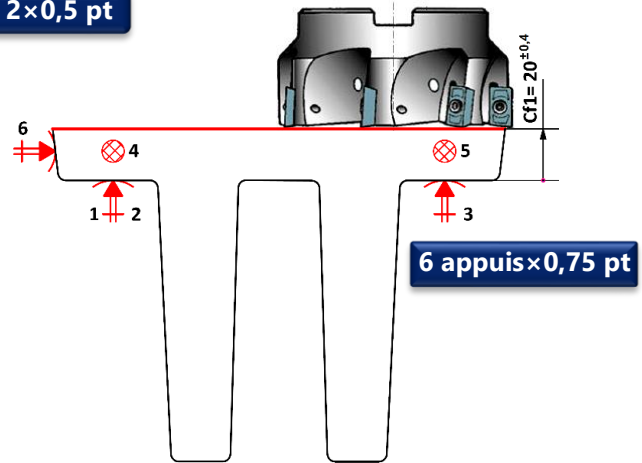
b3. Installer la cote fabriquée avec sa valeur. 2×0,5 pt

/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
Fraiseuse universelle	Verticale	Fraise à surfacer et dresser	En bout

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	Fr 3	Fr 4
Puissance du moteur Pm (kW)	3	5	7	10



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 $40^{+0,1}_0$: **4×0,25 pt /1 pt**

Intervalle de tolérance (IT)	Dimension minimale ($D_{\min}$)	Dimension maximale ($D_{\max}$)	Dimension moyenne (D_{moy})
0,1 mm	40 mm	40,1 mm	40,05 mm

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**

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

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

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

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

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

c4. Conclure, en complétant le tableau ci-contre par (Oui ou Non) : **2×0,25 pt /0,5 pt**

Procédé capable	Procédé réglé
Oui	Oui

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).

