



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

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

GRILLE DE NOTATION :

TOTAL :/80 POINTS

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
11	a	2 pts
	b	2 pts
	c	2 pts
12	a	2 pts
	b	2,5 pts
	c	3 pts
	d	2 pts
13	a	4 pts
	b	2 pts
Total : 21,5 pts		

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
21	a	1 pt
	b	3 pts
	c	1 pt
	d	1 pt
	e	2 pts
22	a	1,5 pt
	b	1,5 pt
	c	2 pts
23	a	3 pts
	b	2 pts
	c	1 pt
Total : 19 pts		

Situation d'évaluation 3		
Tâche	Question	Note
31	a	2 pts
	b	3,5 pts
	c	2 pts
	d1	1 pt
	d2	3 pts
	d3	1,5 pt
	d4	1,5 pt
	e	5 pts
32	f	1 pt
	a	4,5 pts
	b	2 pts
33	c	1,5 pt
	a	3,5 pts
	b	7,5 pts
Total : 39,5 pts		

DOCUMENTS REPONSES

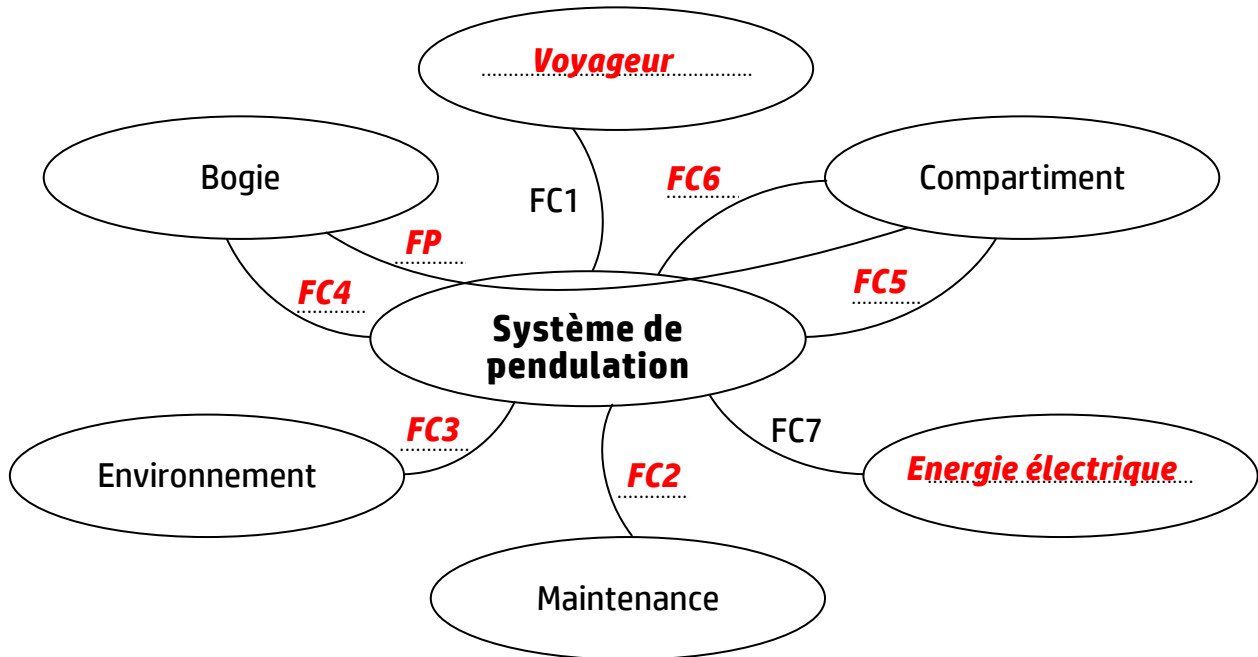
Situation d'évaluation n°1 :

Tâche 11 :

- a. Compléter le diagramme des interactions d'après la liste des fonctions de service ci-dessous : /2 pts

Diagramme des interactions :

8 x 0,25 pt



Fonctions de service :

FP : permettre l'inclinaison du compartiment par rapport au bogie

FC1 : participer au confort du voyageur

FC2 : permettre des coûts de maintenance réduits

FC3 : résister à l'environnement extérieur (Projections de ballast, d'eaux, de graisse, les lavages haute pression, ...)

FC4 : respecter les interfaces avec le bogie

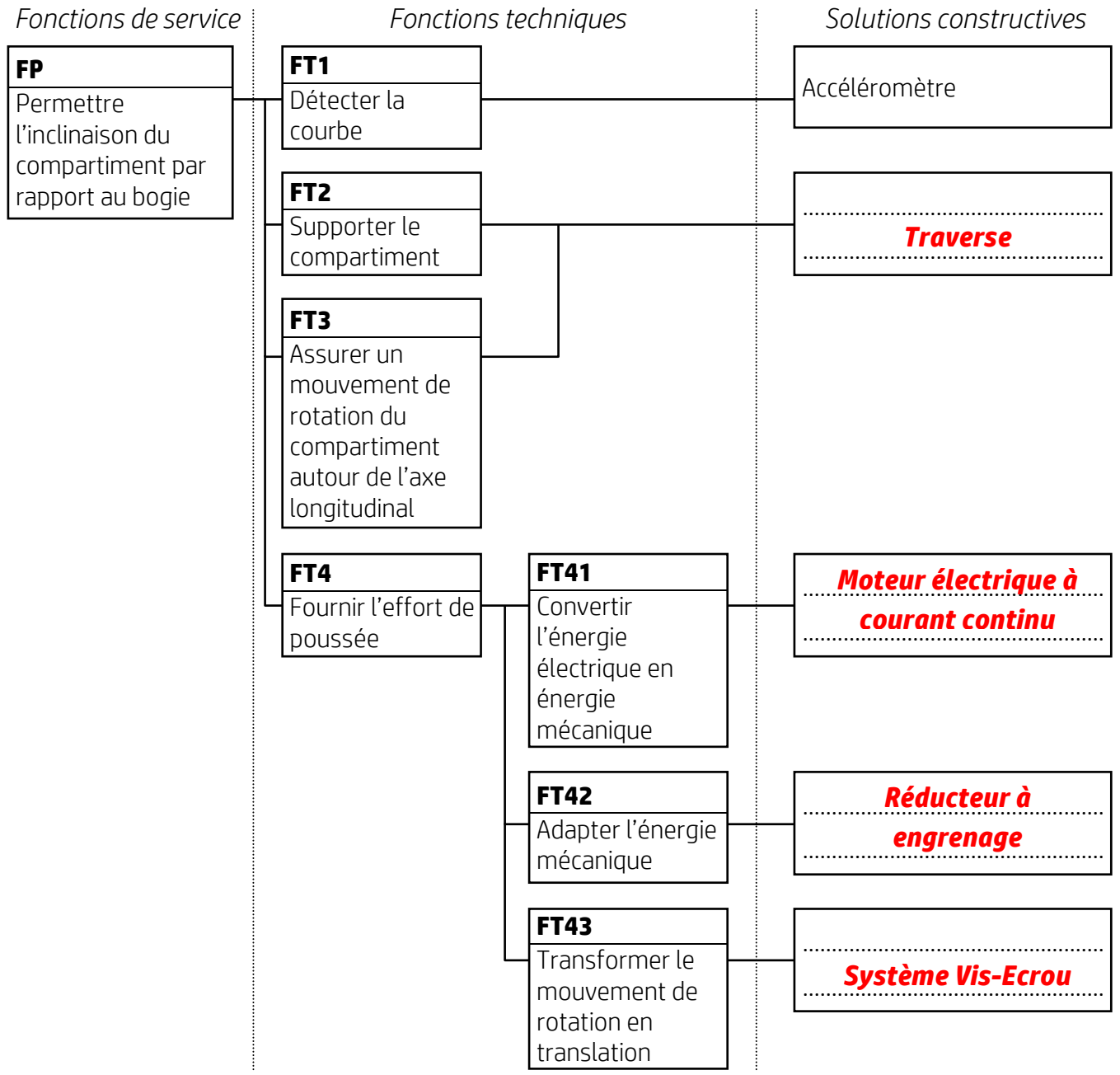
FC5 : respecter les interfaces avec le compartiment

FC6 : supporter et transmettre les efforts du compartiment

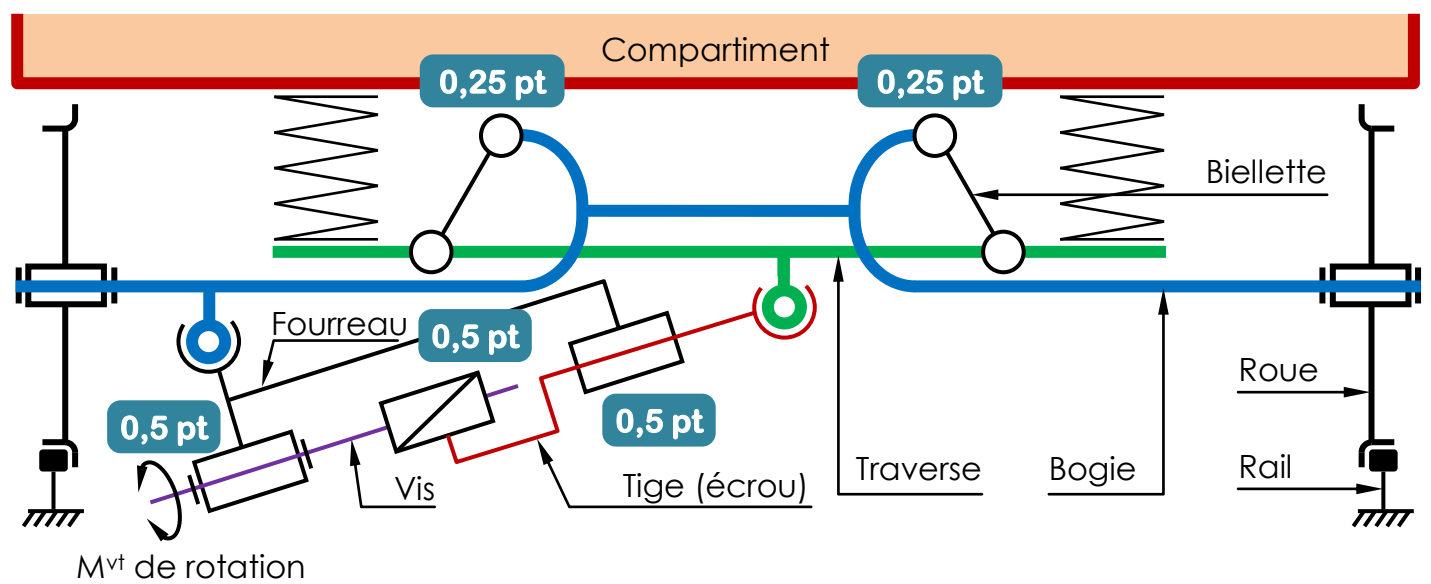
FC7 : utiliser l'énergie électrique disponible.

4 x 0,5 pt /2 pts

b. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction FP :



c. Compléter le schéma cinématique du système de pendulation (voir page 3) :



Tâche 12 :

a. Calculer, en se référant aux données de l'accéléromètre 3 axes – ADXL335 (DRES page 14/18), la tension U_y (en mV) pour $a = 0 \text{ m/s}^2$ et pour $a = 1,2 \text{ m/s}^2$: /2 pts

On donne : - la tension d'alimentation de l'accéléromètre est $V_s = 3,3 \text{ V}$;
- la tension à l'origine mesurée par l'accéléromètre est $V_0 = V_s/2$.

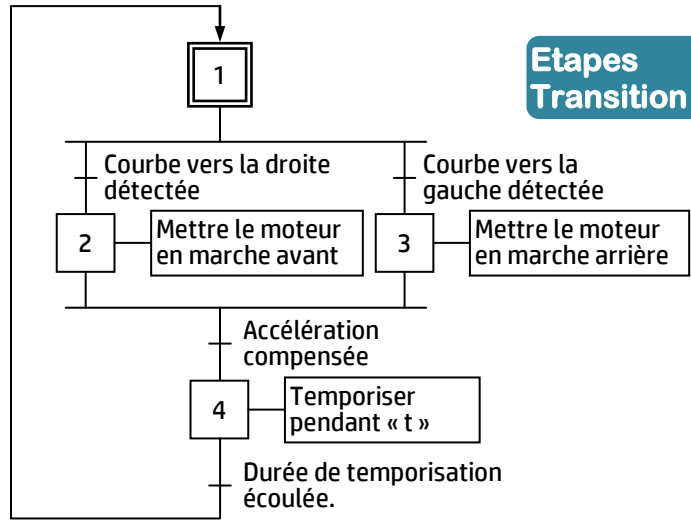
1 pt par cas

$U_y = V_0 + S \cdot a = \frac{V_s}{2} + S \cdot a ;$

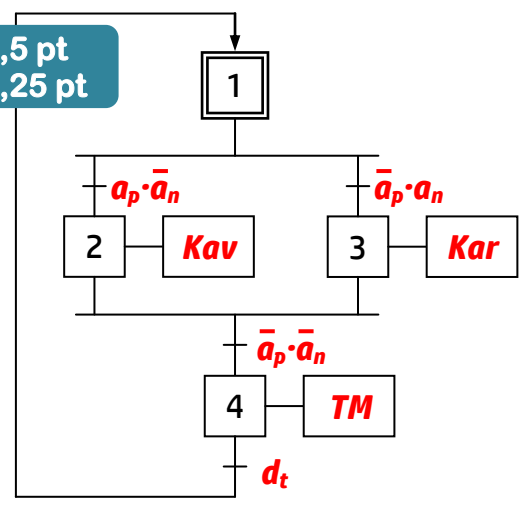
Pour $a = 0 \text{ m/s}^2 : U_y = \frac{3300}{2} + 30,6 \times 0 = 1650 \text{ mV}$

Pour $a = 1,2 \text{ m/s}^2 : U_y = 1650 + 30,6 \times 1,2 = 1686,72 \text{ mV}$

b. Compléter, en se basant sur le grafctet suivant de point de vue partie opérative et du tableau d'affectation (DRES 15/18), le grafctet de point de vue partie commande : /2,5 pts

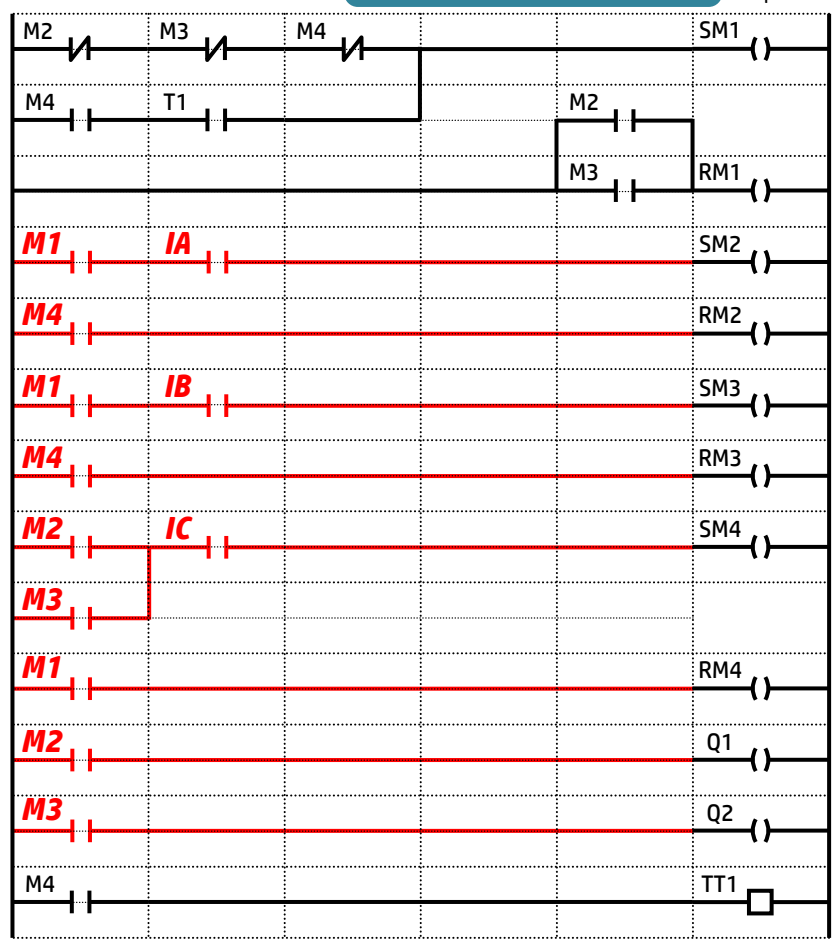
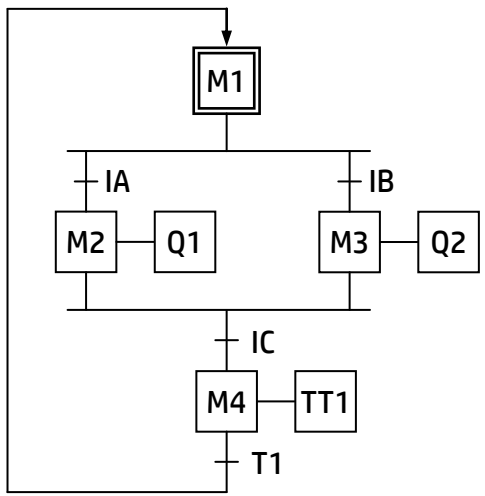


Etapes : 3 x 0,5 pt
Transition : 4 x 0,25 pt

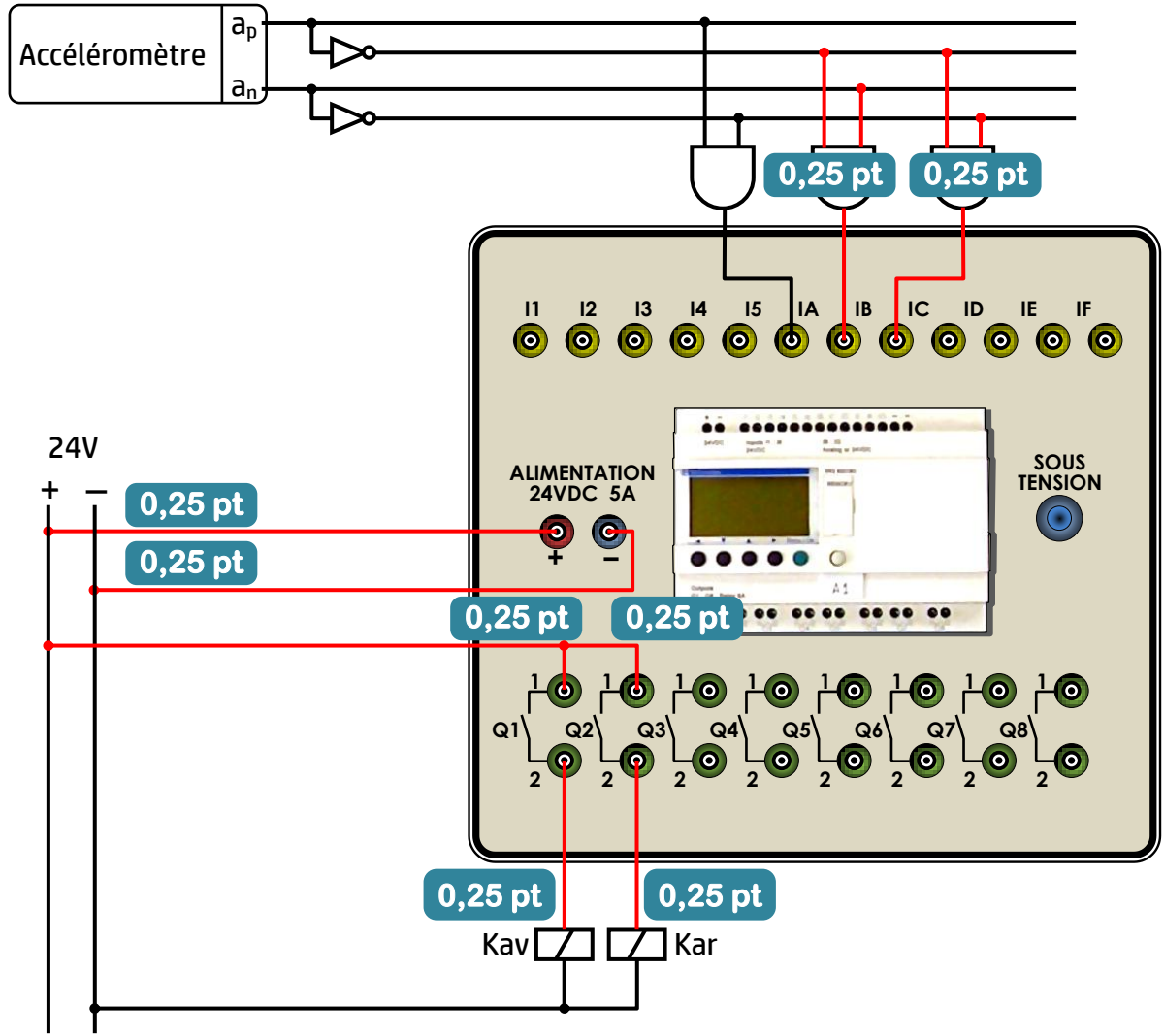


c. Etablir, d'après le grafctet de point de vue API (Zelio) ci-dessous, le programme de commande du moteur en langage à contacts (Ladder) :

12 contacts x 0,25 pt /3 pts



d. Réaliser, en se basant sur le grafçet de point de vue API de la question « c » (page 7/18), le schéma de câblage de l'alimentation, des entrées et des sorties du module Zelio : /2 pts



Tâche 13 :

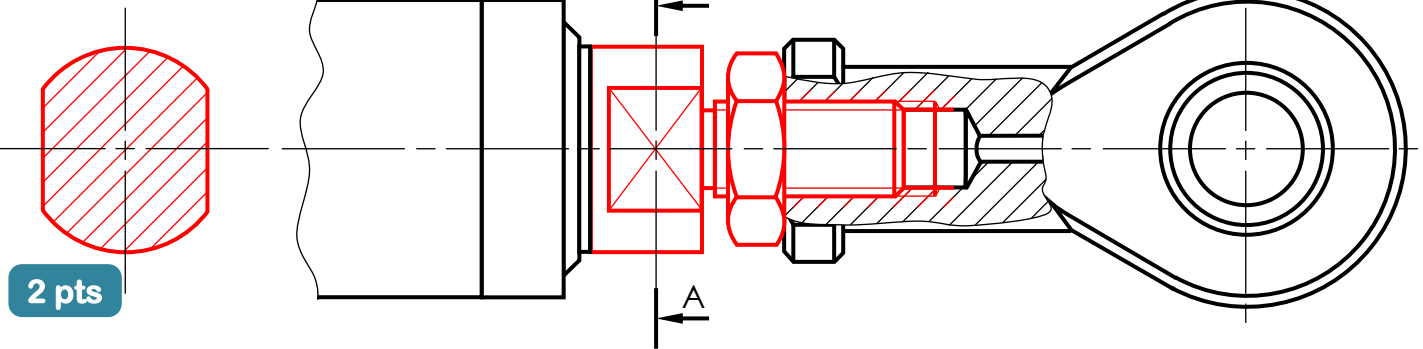
- a. Compléter le dessin de montage de la chape sur la tige du vérin en respectant les consignes suivantes : /4 pts
- reproduire les éléments de la liaison en prenant les mêmes dimensions données dans le DRES page 15/18.
 - le taraudage de la chape a une longueur de 20 mm.

b. Dessiner la section sortie A-A.

- Vis : 1 pt
- Ecrou : 1 pt
- Taraudage : 1 pt
- Hachures : 1 pt

/2 pts

Section A-A



2 pts

Situation d'évaluation n°2 :

Tenir compte des valeurs relevées par le candidat sur les graphes appartenant aux intervalles acceptés pour : Tache 21-Questions c, d et e ; Tache 22-Questions a, b et c

Tâche 21 :

Important !

On donne :	Vitesse de rotation du moteur $N_m = 1800 \text{ tr/min}$	Nombre de dents du pignon $Z_1 = 20 \text{ dents}$
	Pas de la vis $p_v = 10 \text{ mm}$	Nombre de dents de la roue $Z_2 = 60 \text{ dents}$

a. Calculer le rapport de transmission r du réducteur : /1 pt

$r = \frac{Z_1}{Z_2} \Rightarrow r = \frac{20}{60} = \frac{1}{3} = 0,333$ Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

b. Calculer la fréquence de rotation de la vis N_v (en tr/min) et en déduire la vitesse de déplacement de la tige du vérin V_t (en mm/min) : /3 pts

$r = \frac{N_v}{N_m} \Rightarrow N_v = N_m \times r = \frac{1800}{3} = 600 \text{ tr/min}$ Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt

$V_t = N_v \times p_v \Rightarrow V_t = 600 \times 10 = 6000 \text{ mm/min}$ Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt

c. Déterminer, en exploitant la courbe de variation de l'angle de pendulation α' en fonction de la course de la tige du vérin mécanique du DRES page 15/18, la course C (en mm) de la tige du vérin mécanique pour atteindre l'angle maximal de pendulation ($6,3^\circ$) : /1 pt

$C_t = 137 \text{ mm}$ (Toutes les valeurs de 136 à 138 sont considérées justes !)

d. Déterminer, en prenant $V_t = 0,1 \text{ m/s}$, le temps de pendulation t_p (en s) permettant d'atteindre l'angle maximal de pendulation entre traverse et bogie : /1 pt

$V_t = \frac{C_t}{t_p} \Rightarrow t_p = \frac{C_t}{V_t} \Rightarrow t_p = \frac{137 \times 10^{-3}}{0,1} = 1,37 \text{ s}$ Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

e. Comparer le temps de pendulation t_p calculé avec le temps maximal de pendulation spécifié dans l'extrait partiel du cahier des charges fonctionnel (DRES page 15/18) et conclure : /2 pts

$t_p < 1,6 \text{ s}$ donc le cahier des charges est respecté

Comparaison : 1 pt Conclusion : 1 pt

Tâche 22 :

On donne :	Rayon du virage $R = 1200 \text{ m}$	Vitesse de la tige $V_t = 0,1 \text{ m/s}$
	Vitesse du train $V = 160 \text{ km/h}$	Rendement du vérin $\eta = 0,85$
	Masse du compartiment $M_c = 36000 \text{ kg}$	Puissance nominale Moteur $P = 3 \text{ kW}$

a. Déterminer l'accélération a (en m/s^2) à l'aide du graphe de la variation de l'accélération centrifuge non compensée en fonction de la vitesse du train et du rayon de la courbe (DRES page 16/18) et en déduire l'effort centrifuge F_c (en N) développé par le compartiment sachant que ($F_c = M_c \cdot a$) : /1,5 pt

$a = 0,78 \text{ m/s}^2$ (Toutes les valeurs de 0,77 à 0,79 sont considérées justes !) 0,5 pt

$F_c = M_c \cdot a \Rightarrow F_c = 36000 \times 0,78 = 28080 \text{ N}$ Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

b. Calculer la puissance P_v (en kW) développée par le vérin sachant que l'effort au niveau de la tige de l'actionneur électromécanique est évalué par la relation $F_t = k \cdot F_c$ avec $k = 0,84$: /1,5 pt

$F_t = k \cdot F_c \Rightarrow F_t = 0,84 \times 28080 = 23587,2 \text{ N}$ A.N. : 0,5 pt

$P_v = F_t \cdot V_t \Rightarrow P_v = 23587,2 \times 0,1 = 2358,72 \text{ W} = 2,36 \text{ kW}$ Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

c. Déterminer la puissance mécanique P_m (en kW) à la sortie du moteur électrique, et la comparer avec la puissance nominale du moteur et conclure : /2 pts

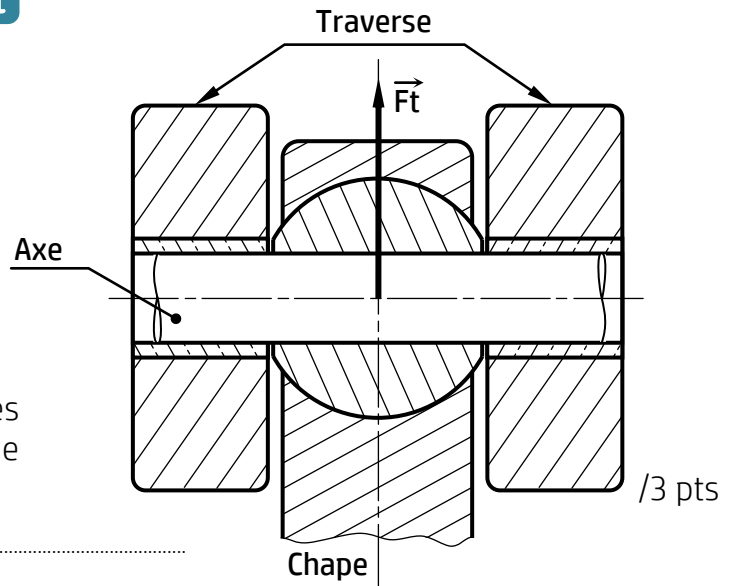
$$\eta = \frac{P_v}{P_m} \Rightarrow P_m = \frac{P_v}{\eta} \Rightarrow P_m = \frac{2,36}{0,85} = 2,776 \text{ kW} < 3 \text{ kW donc le moteur est valide.}$$

Comparaison : 0,5 pt Conclusion : 0,5 pt

Tâche 23 : Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

On donne :

Effort tige du vérin	$F_t = 24000 \text{ N}$
Diamètre de l'axe	$d = 14 \text{ mm}$
Coefficient de sécurité	$s = 5$
Résistance élastique au glissement	$R_{eg} = \frac{R_e}{2}$



a. Identifier le nombre de sections sollicitées au cisaillement et calculer la contrainte de cisaillement τ appliquée à l'axe : /3 pts

Nombre de sections sollicitées : 2 1 pt

Contrainte de cisaillement :

$$\tau = \frac{F_t}{2 S_0} = \frac{F_t}{2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{2 F_t}{\pi D^2} \Rightarrow \tau = \frac{2 \times 24000}{\pi \times 14^2} = 77,95 \text{ N/mm}^2$$

Formule : 1 pt A.N. : 1 pt

b. Ecrire la condition de résistance et montrer que la valeur minimale de la résistance à la limite apparente d'élasticité longitudinale $R_{e_{mini}}$ est égale à $779,5 \text{ N/mm}^2$: /2 pts

$$\tau \leq R_{pg} \Rightarrow \tau \leq \frac{R_{eg}}{s} \Rightarrow \tau \leq \frac{R_e}{2s} \Rightarrow R_e \geq 2 \cdot s \cdot \tau$$

$$\Rightarrow R_e \geq 2 \times 5 \times 77,95 \Rightarrow R_e \geq 779,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow R_{e_{mini}} = 779,5 \text{ N/mm}^2$$

1 pt

0,5 pt

0,5 pt

c. Choisir le matériau adéquat pour fabriquer l'axe à partir du tableau des matériaux disponibles (DRES page 16/18) : /1 pt

$$R_e = 980 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 20 \text{ Mn Cr 5} \quad 1 \text{ pt} \quad (\text{si la réponse est } 36 \text{ Ni Cr Mo } 16 \quad 0,5 \text{ pt})$$

Situation d'évaluation n°3 :

Tâche 31 :

a. Identifier et expliquer la désignation du matériau du socle (DRES page 17/18) : /2 pts

EN GJL 350 : Fonte 0,5 pt à graphite lamellaire 0,5 pt ayant une résistance minimale à la rupture par extension 0,5 pt de 350 MPa. 0,5 pt

b. Calculer l'effort et la puissance de coupe relatifs à la réalisation de ($D_2-F_3-T_1-D_3-F_4$) : / 3,5 pts

On donne : $a = 1 \text{ mm}$; $f = 0,2 \text{ mm/tr}$; $K_c = 3500 \text{ N/mm}^2$; $V_c = 120 \text{ m/min}$

Calcul de l'effort de coupe F_c :

$$F_c = a \cdot f \cdot K_c \Rightarrow F_c = 1 \times 0,2 \times 3500 = 700 \text{ N}$$

Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt

Calcul de la puissance nécessaire à la coupe P_c =

$$P_c = F_c \cdot V_c \Rightarrow P_c = \frac{700 \times 120}{60 \times 10^3} = 1,4 \text{ kW}$$

Formule : 1 pt A.N. : 1 pt

c. Montrer que la machine utilisée est convenable pour réaliser (D₂-F₃-T₁-D₃-F₄), sachant que son rendement η est de 0,8 et que sa puissance P_m est de 2 kW : /2 pts

$$\eta = \frac{P_c}{P_m} \Rightarrow P_m = \frac{P_c}{\eta} \Rightarrow P_m = \frac{1,4}{0,8} = 1,75 \text{ kW} < 2 \text{ kW}$$

Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt
Conclusion : 0,5 pt **donc la machine est convenable.**

d. l'outil choisi pour réaliser le groupe de surfaces (D₂-F₃-T₁-D₃-F₄) est représenté ci-dessous :

d1. Nommer l'outil : /1 pt

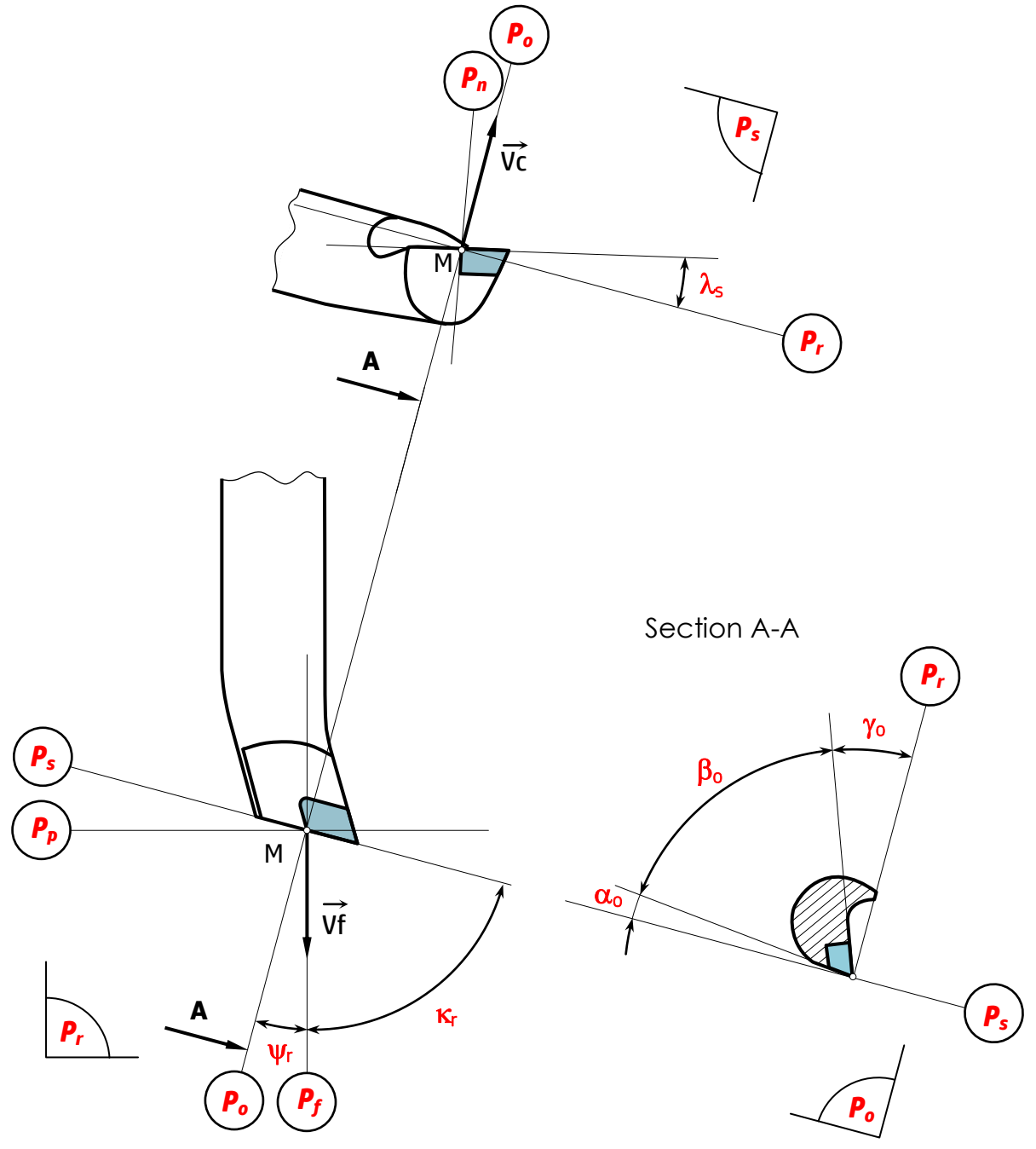
Outil à aléser 0,5 pt et dresser 0,5 pt

Indiquer sur le dessin de l'outil :

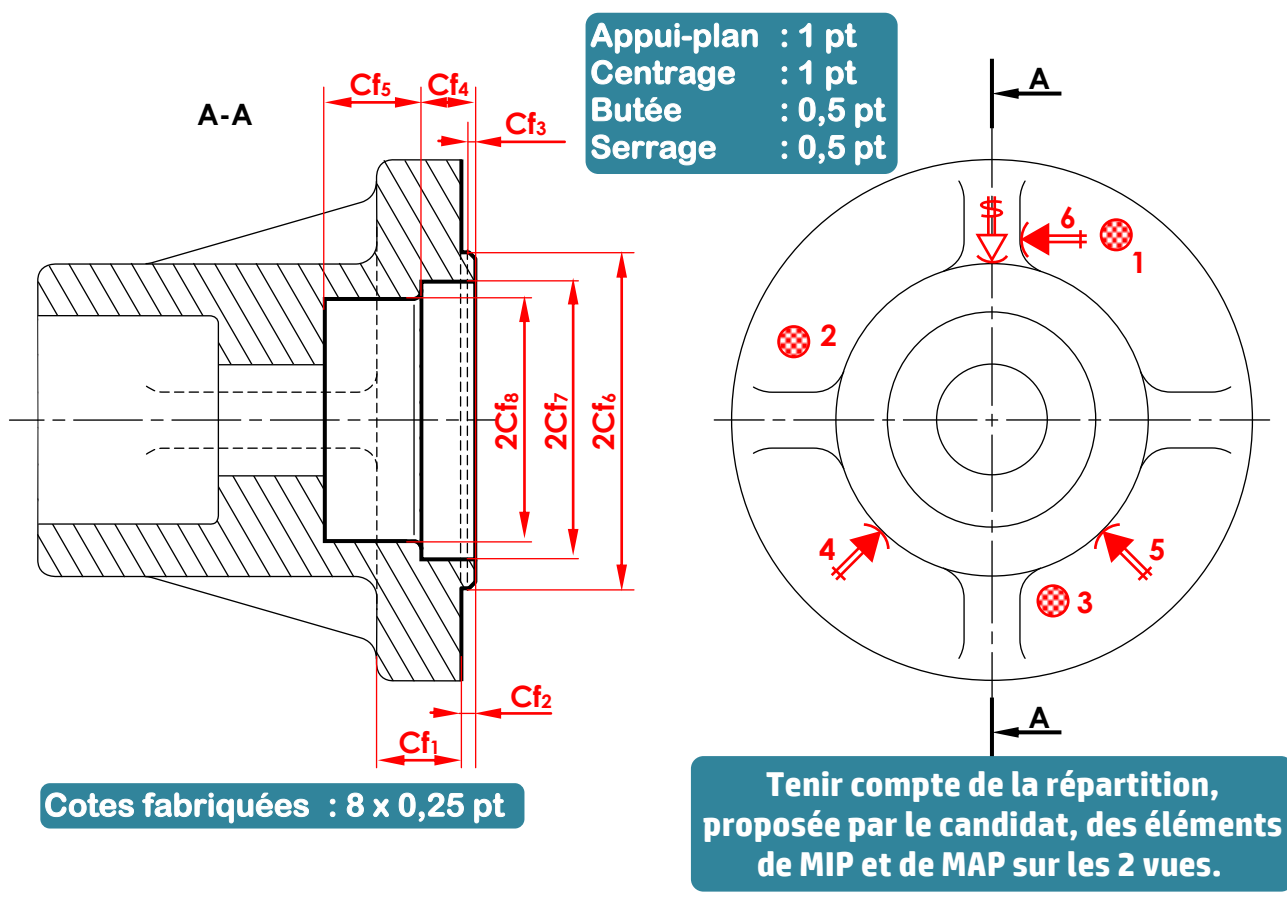
d2. Les plans : P_r, P_s, P_f, P_o, P_n et P_p /3 pts

d3. Les angles d'arête : κ_r , ψ_r et λ_s /1,5 pt

d4. Les angles de face orthogonaux : α_o , β_o et γ_o /1,5 pt



- e. Placer sur le croquis de la phase 20 ci-dessous : / 5 pts
- les éléments de mise et de maintien en position (symboles technologiques de la 2^{ème} norme) ;
 - les cotes fabriquées non chiffrées (ne pas tenir compte de la cote fabriquée relative à T1).



- f. Nommer le moyen permettant de mesurer la cote de $4^{±0,4}$ entre les surfaces F₁ et F₂. /1 pt
Jauge de profondeur

Tâche 32 :

- a. Compléter, en se référant au diagramme TRC de la nuance 50 Cr Mo 4 (DRES 18/18), le tableau suivant par les résultats obtenus à la fin du traitement thermique : **6 x 0,75 pt** /4,5 pts

Courbe de refroidissement	Temps de refroidissement	Constituants micrographiques	Dureté HRc
Vr ₁	50 s	Martensite	62
Vr ₂	10 min	Martensite + Bainite	54
Vr ₃	10 h	Ferrite + Perlite	20

- b. Déduire la courbe de refroidissement convenable permettant d'obtenir les caractéristiques mécaniques exigées (50 < HRc < 60) : /2 pts
Courbe de refroidissement Vr₂

- c. Donner la signification du terme HRc : **3 x 0,5 pt** /1,5 pt
- H : **Dureté**
- R : **Rockwell**
- C : **Cône (de diamant)**

Tâche 33 :

- a. Compléter le tableau des coordonnées des points programmés en mode absolu par les cotes moyennes relatives à l'opération « Réaliser (D₂-F₃-T₁-D₃-F₄) » en se référant au croquis ci-dessous et au dessin de définition (DRES page 17/18) :

14 x 0,25 pt /3,5 pts

Nota :
Engagement = Dégagement = 2 mm.

Repère	1	2	3	4	5	6	7
X (Ø)	80,095	80,095	76,023	72,023	72,023	28	28
Z	2	-14	-14	-16	-42	-42	2

- b. Compléter le programme ISO partiel relatif à l'opération « Réaliser (D₂-F₃-T₁-D₃-F₄) » en se référant au croquis ci-dessous, au tableau des coordonnées des points programmés du profil fini (ci-dessus) et au tableau des codes ISO de programmation des tours à commande numérique (DRES page 16/18) :

30 x 0,25 pt /7,5 pts

On donne : **N** = 480 tr/min ; **f** = 0,1 mm/tr ; **V_c** = 120 m/min.

2018%

N10 G40 G80 G90 M09 M05	(Bloc d'initialisation)
N20 G00 G52 X0 Z0	(Bloc d'initialisation)
N100 M06 T04 D04	(Appel d'Outil n° 4, Correcteur n° 4)
N110 G92 S960	(Limitation de la fréquence de rotation à 960 tr/min)
N120 G97 S480 M04 M42 M08	(Fréquence de rotation en tr/min, sens trigonométrique)
N130 G41 G96 X80,095 Z2 S120	(Point 1, Correction du rayon d'outil, vitesse de coupe en m/min)
N140 G01 G95 F0,1 Z-14	(Point 2, Vitesse d'avance programmée en mm/tr)
N150 Z76,023	(Point 3)
N160 G02 X72,023 Z-16 R2	(Point 4, interpolation circulaire sens horaire)
N170 G01 Z-42	(Point 5, Interpolation linéaire)
N180 X28	(Point 6)
N190 G00 Z2	(Point 7, Retour en vitesse rapide)
N200 G77 N10 N20	(Appel des blocs d'initialisation)
N210 M02	(Fin programme)

