

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2025

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

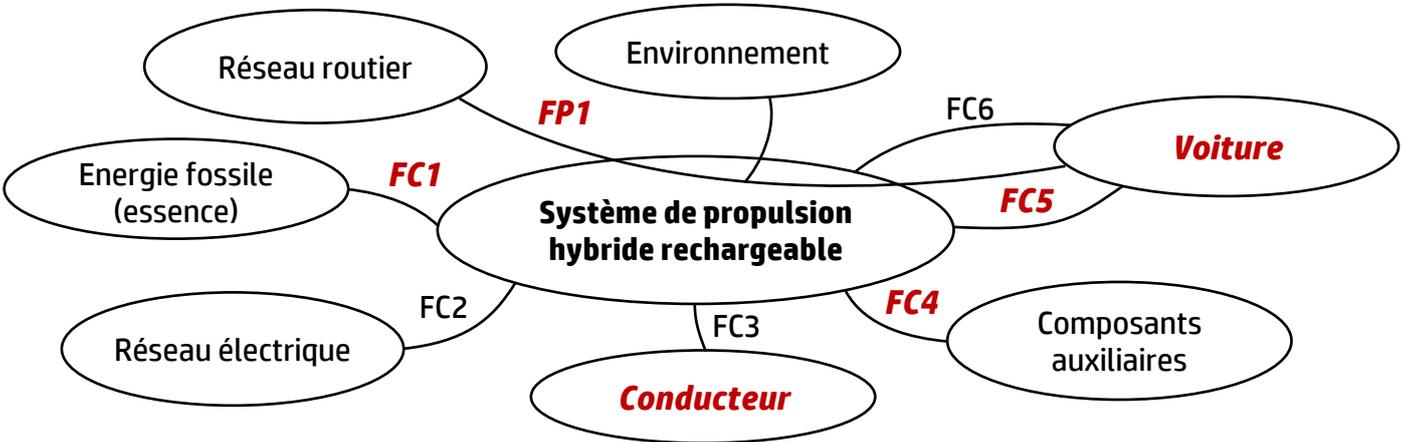
Situation d'évaluation 1			Situation d'évaluation 2			Situation d'évaluation 3				
Tâche	Question	Note	Tâche	Question	Note	Tâche	Question	Note		
1.1	a	2,5 pts	2.1	a	1 pt	3.1	a	1,75 pt		
	b	3 pts		b	1,5 pt		b	0,75 pt		
	c	1,5 pt		c	1 pt		c	3 pts		
1.2	a	2,75 pts		d	2 pts		d	4 pts		
	b	b1		2 pts	e	2,5 pts	3.2	a	a1	1 pt
b2		2 pts	2.2	a	0,5 pt	a		a2	4 pts	
1.3	a	1,25 pt		b	2,5 pts	b		b1	3 pts	
	b	1,5 pt		c	1 pt	b		b2	1 pt	
	c	1 pt		d	1 pt	b		b3	2 pts	
	d	1,5 pt	e	2 pts	c	b4	1 pt			
Total : 19 pts			2.3	a	1,5 pt	3.3	a	4,5 pts		
2.2	b	1 pt		b	1 pt		b	b1	1,5 pt	
	c	1,5 pt		c	1,5 pt			b	b2	3 pts
	d	1 pt		d	1 pt			b	b3	0,5 pt
	e	1 pt		e	1 pt	3.4	a	2 pts		
	Total : 21 pts			Total : 40 pts			b	4 pts		
							c	2 pts		

DOCUMENTS REPONSES (DREP)

Situation d'évaluation n° 1

Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle et technique (Voir Présentation du support, page 2/20)

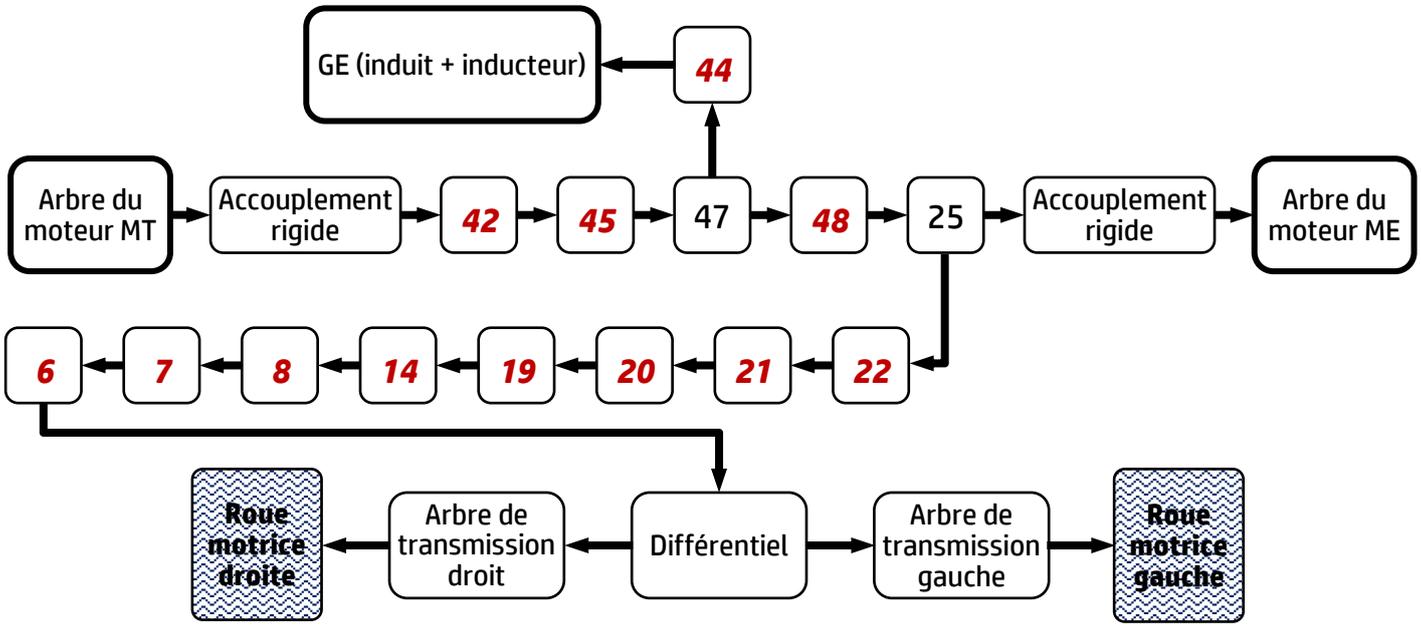
a. Compléter le diagramme (pieuvre) relatif et le tableau relatif aux fonctions de service : /2,5 pts



Fonctions de service :

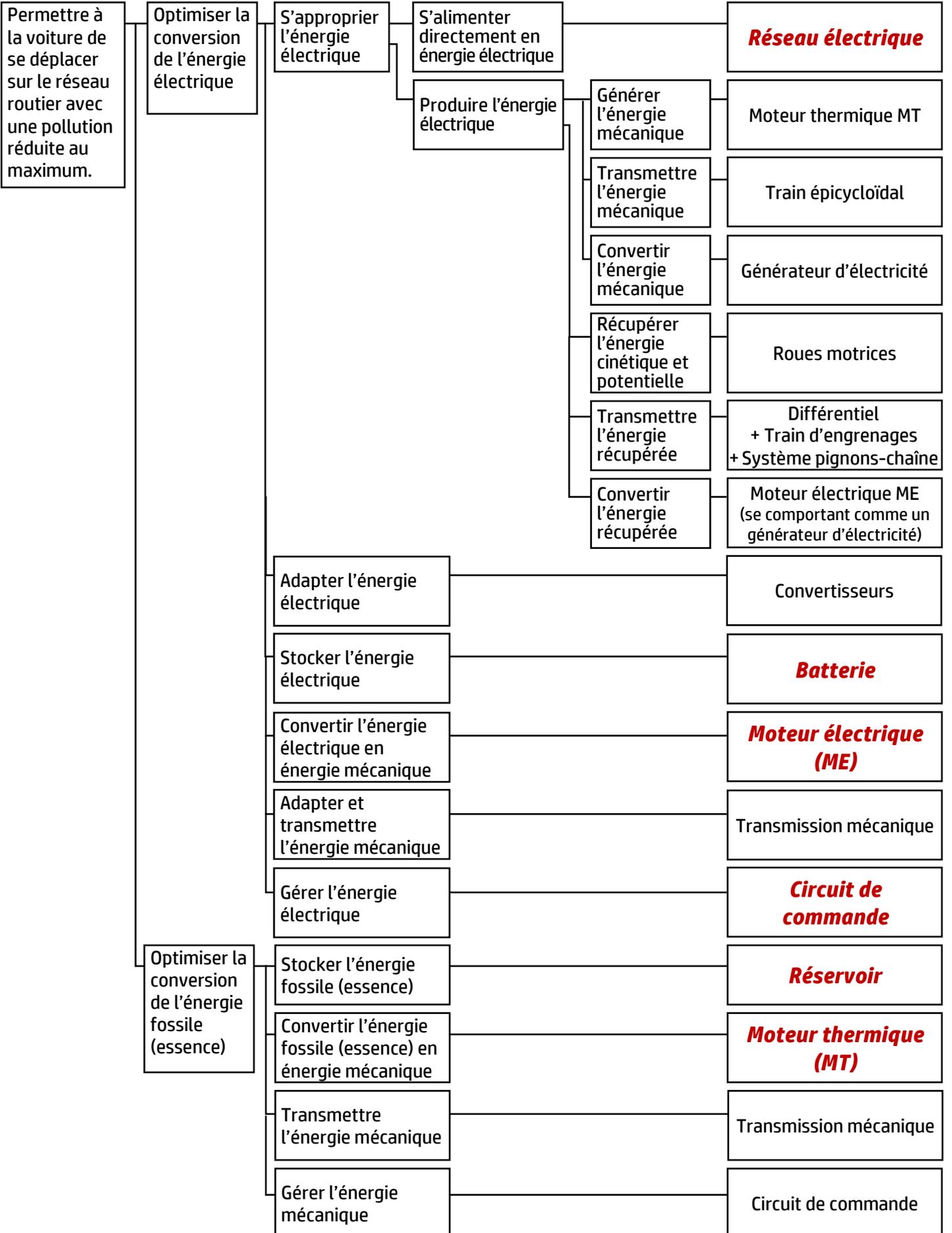
Fonctions de service	
FP1	Permettre à la voiture de se déplacer sur le réseau routier avec une pollution de l'environnement réduite au maximum.
FC1	Consommer l'énergie fossile (essence) disponible.
FC2	Etre rechargeable par le réseau électrique.
FC3	Etre commandé par le conducteur.
FC4	Alimenter en énergie les composants auxiliaires.
FC5	S'adapter à la vitesse de la voiture.
FC6	Récupérer l'énergie cinétique de la voiture en freinage.

b. Compléter, selon le mode 2 (hybride) et en se référant au schéma cinématique du « SPHR » DRES page (16/20), le synoptique suivant par les repères des éléments convenables : /3 pts



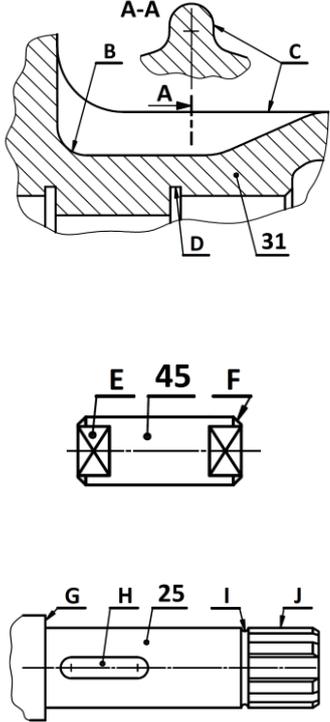
c. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction suivante :

/1,5 pt



Tâche 1.2 : Morphologie des formes technologiques et représentation graphique, se référer au dessin d'ensemble DRES page (14/20)

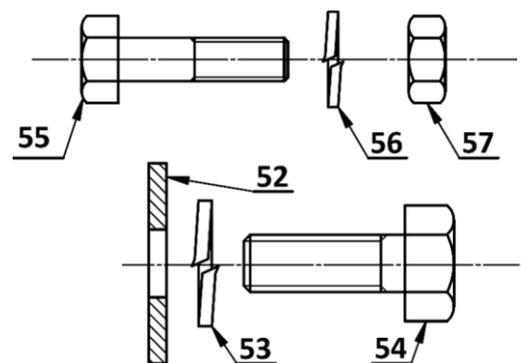
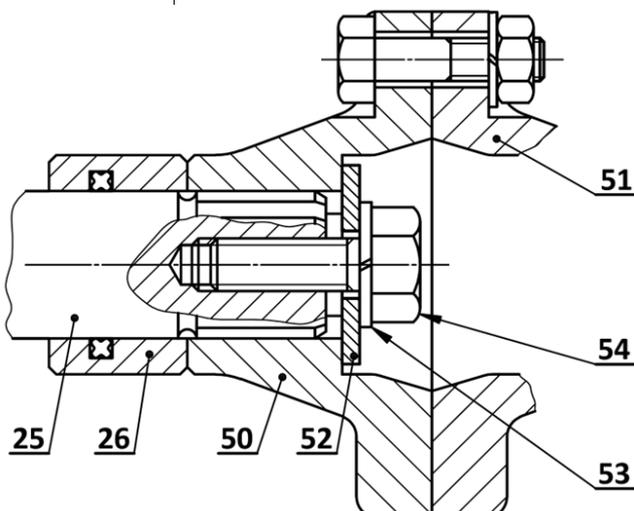
- a. Compléter le tableau suivant relatif aux formes géométriques réalisées sur les pièces 25, 31 et 45 en indiquant, pour chaque forme, son repère ou sa désignation ainsi que son rôle : **/2,75 pts**

Formes repérées sur les pièces	Repère	Désignation	Rôle ou fonction
	G	Epaulement	Assurer l'arrêt en translation de l'élément monté sur l'arbre
	C	Nervure	Augmenter la rigidité de la pièce
	I	Gorge	Limiter des formes différentes sur la même pièce
	D	Dégagement	Assurer le contact de l'élément monté sur l'alésage avec la surface plane
	J	Cannelure	Transmettre un couple très important
	E	Méplat	Empêche la rotation de 45 par rapport à 42
	H	Rainure de clavette	Recevoir une clavette
B	Congé	Facilite la répartition de la matière pendant le moulage	
F	Chanfrein	Supprimer l'arrête vive au bout du cylindre	

- b. Compléter, en respectant les dimensions des éléments donnés ainsi que les règles de montage, la vue en coupe du dessin de l'accouplement rigide ci-dessous par :

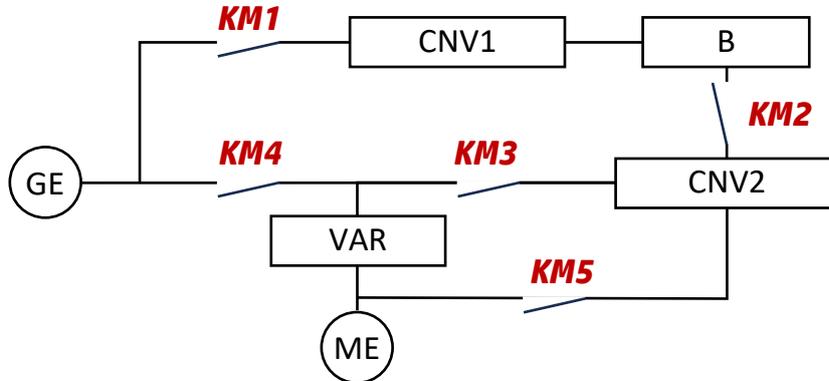
b1. La liaison complète entre l'arbre 25 et le plateau (50) réalisée par une vis H (54), une rondelle plate (52) et une rondelle Grower (53) ; **/2 pts**

b2. La liaison complète entre les deux plateaux (50) et (51) par des boulons (55+57) et des rondelles Grower (56). **/2 pts**



Tâche 1.3 : Etude de la commande du moteur électrique (ME) selon les modes de fonctionnement :

a. Compléter la configuration électrique suivante du véhicule hybride par les noms des contacts électriques (de **KM1** à **KM5**) selon les 4 modes de fonctionnement **DRES** page (16/20) : /1,25 pt



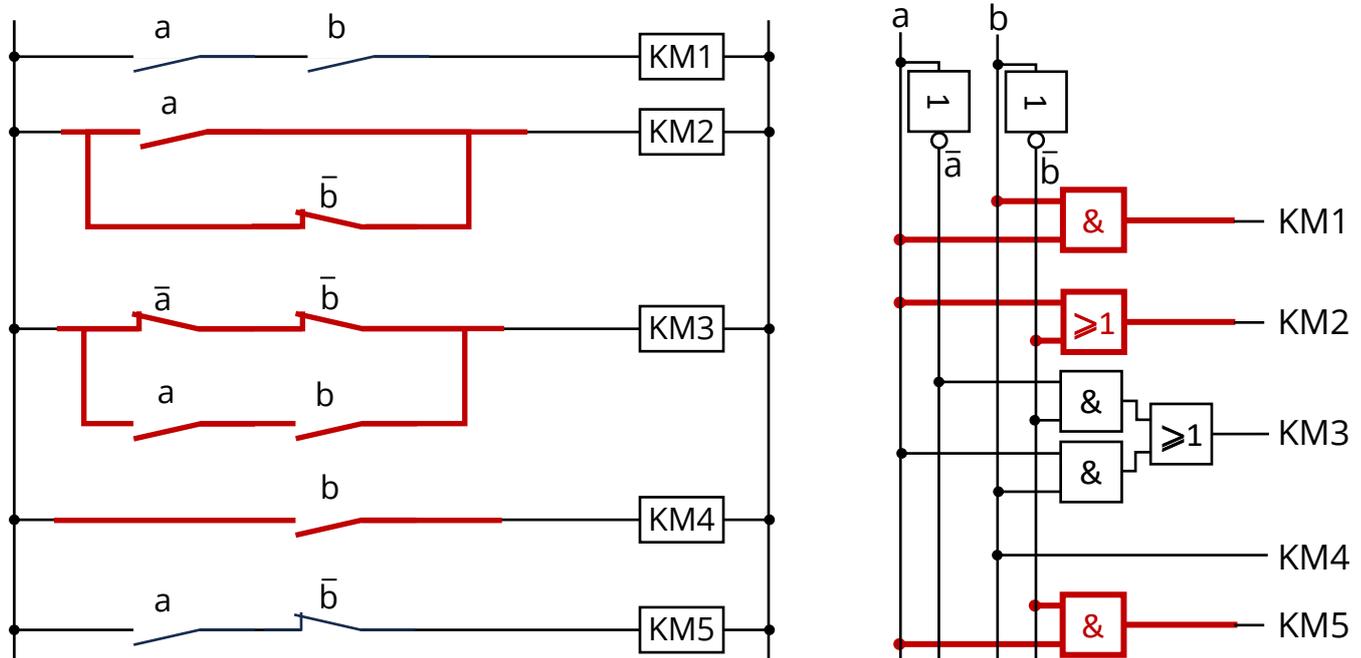
b. Compléter la table de vérité des variables de sorties **KM1** à **KM5** en fonction des variables d'entrée **a** et **b** pour les modes 1, 2 et 4 : /1,5 pt

Mode	Variables d'entrée		Variables de sortie				
	a	b	KM1	KM2	KM3	KM4	KM5
1	0	0	0	1	1	0	0
2	0	1	0	0	0	1	0
3	1	0	0	1	0	0	1
4	1	1	1	1	1	1	0

c. Donner les équations logiques simplifiées des contacts **KM1** à **KM5** : /1 pt

$$\begin{aligned}
 \text{KM1} &= a \cdot b & \text{KM2} &= a + \bar{b} & \text{KM3} &= \bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot b \\
 \text{KM4} &= \bar{a} \cdot b + a \cdot b = b & \text{KM5} &= a \cdot \bar{b}
 \end{aligned}$$

d. Compléter les circuits électriques de commande des contacts électriques **KM2**, **KM3** et **KM4** et tracer les circuits logiques équivalents des variables de sortie de **KM1**, **KM2** et **KM5** : /1,5 pt



Situation d'évaluation n° 2

Tâche 2.1 : Etude dynamique et énergétique en mode 1 (tout électrique), voir DRES page (17/20)

- a. Ecrire, selon la modélisation des actions mécaniques, l'équation vectorielle de l'équilibre dynamique appliqué à la voiture de masse M pendant son mouvement : /1 pt

$$\vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{P} + \vec{R}_{Rr} + \vec{R}_{Rv} + \vec{R}_A + \vec{F}_T = M \cdot \vec{a}$$

- b. Projeter l'équation de l'équilibre dynamique sur l'axe \vec{x} et calculer l'effort de traction F_T (en N) : /1,5 pt

$$F_T - R_{Rr} - R_{Rv} - R_A = M \cdot a \Leftrightarrow F_T = M \cdot a + R_{Rr} + R_{Rv} + R_A$$

$$A.N : F_T = 1300 \times 0,9 + 64 + 64 + 52 = 1350 N$$

- c. Déterminer, en prenant $F_T = 1350 N$, la puissance utile P_u (en W) capable de déplacer la voiture à la vitesse de $V = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$ suivant la direction de l'axe \vec{x} : /1 pt

$$P_u = F_T \times V = 1350 \times 13,89 = 18751,5 W$$

- d. Calculer la vitesse de rotation ω_{roue} (en rad/s) d'une roue motrice de la voiture, et en déduire sa fréquence de rotation N_{roue} (en tr/min) : /2 pts

$$\text{On a : } V = \omega_{roue} \cdot \frac{d_{roue}}{2} \Leftrightarrow \omega_{roue} = \frac{2 \cdot V}{d_{roue}} = \frac{2 \times 13,89}{0,62} = 44,8 \text{ rad/s}$$

$$\text{On a : } \omega_{roue} = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_{roue}}{60} \Leftrightarrow N_{roue} = \frac{60 \cdot \omega_{roue}}{2 \cdot \pi} = \frac{60 \times 44,8}{2 \cdot \pi} = 427,8 \text{ tr/min}$$

- e. Calculer la puissance mécanique P_m (en kW) du moteur électrique (ME), sa fréquence de rotation N_{25} (en tr/min) et conclure sur sa validité : /2,5 pts

$$\text{On a : } \eta_r = \frac{P_u}{P_m} \Leftrightarrow P_m = \frac{P_u}{\eta_r} = \frac{18751,5}{0,95} = 19738,42 W = 19,74 \text{ kW}$$

$$k = \frac{N_{roue}}{N_{25}} \Leftrightarrow N_{25} = \frac{N_{roue}}{k} = \frac{427,8}{0,24} = 1782,5 \text{ tr/min}$$

Conclusion :

Le moteur électrique (ME) est valide.

Tâche 2.2 : Etude de la répartition de la puissance mécanique en mode 4 (mixte), se référer aux DRES pages (14/20 à 18/20)

- a. Calculer le couple C_{44} (en N·m) réparti vers le générateur d'électricité (GE) : /0,5 pt

$$C_{44} = 0,2777 \cdot C_{42} = 0,2777 \times 105,11 = 29,18 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- b. Calculer la fréquence de rotation N_{44} (en tr/min) du planétaire 44 et en déduire la puissance mécanique P_{GE} (en kW) réparti vers le générateur d'électricité (GE) : /2,5 pts

$$\text{On a : } 3,6 \cdot N_{42} = 2,6 \cdot N_{48} + N_{44} \Leftrightarrow N_{44} = 3,6 \cdot N_{42} - 2,6 \cdot N_{48}$$

$$N_{44} = 3,6 \times 4859 - 2,6 \times 4413 = 6018,6 \text{ tr/min}$$

$$\text{or : } \omega_{44} = \frac{2\pi \cdot N_{44}}{60} = \frac{2\pi \times 6018,6}{60} = 630,26 \text{ rad/s}$$

$$P_{GE} = C_{44} \times \omega_{44} = 29,18 \times 630,26 = 18,39 \text{ kW}$$

- c. Vérifier que le rapport de transmission $k = \frac{N_{roue}}{N_{25}} = 0,24$: /1 pt

$$\text{On a : } k = \frac{N_{roue}}{N_{25}} = \frac{Z_{22} \cdot Z_{14} \cdot Z_7}{Z_{20} \cdot Z_8 \cdot Z_6} \cdot k_d = \frac{24 \times 18 \times 22}{25 \times 36 \times 44} \times 1 = 0,24$$

- d. En déduire la fréquence de rotation N_{roue} (en tr/min) d'une roue motrice : /1 pt

$$\text{On a : } k = \frac{N_{roue}}{N_{25}} \Leftrightarrow N_{roue} = k \cdot N_{25} = 0,24 \times 4413 = 1059,12 \text{ tr/min}$$

- e. Calculer la vitesse de déplacement de la voiture V_v (en km/h), la comparer avec V_{op} et conclure sur la capacité des moteurs : /2 pts

$$\text{On a : } V_v = \omega_{roue} \cdot \frac{d_{roue}}{2} = \frac{\pi \cdot N_{roue}}{30} \cdot \frac{d_{roue}}{2} = \frac{\pi \times 1059,12}{30} \times \frac{0,62}{2} = 123,77 \text{ km/h}$$

Conclusion : la vitesse de déplacement de la voiture $V_v = 123,77 \text{ km/h} > 120 \text{ km/h}$ est conforme à celle imposée par le système de gestion.

Tâche 2.3 : Etude comparative d'un arbre sollicité à la torsion, se référer au DRES page (18/20)

- a. Calculer la contrainte maximale τ_{cmax} en (N/mm²) dans une section droite de l'arbre supposé de section creuse : /1,5 pt

$$\tau_{cmax} = \frac{k_t \cdot M_t}{I_0} \cdot \frac{d_e}{2} = \frac{32 \cdot k_t \cdot M_t}{\pi \cdot (d_e^4 - d_i^4)} \cdot \frac{d_e}{2} = \frac{32 \times 1,86 \times 270 \times 10^3}{\pi \cdot (38^4 - 24^4)} \cdot \frac{38}{2} = 55,43 \text{ N/mm}^2$$

- b. Déterminer l'angle unitaire de torsion θ_c (en rad/mm) dans l'arbre creux : /1 pt

$$\theta_c = \frac{M_t}{G \cdot I_0} = \frac{32 \cdot M_t}{G \cdot \pi \cdot (d_e^4 - d_i^4)} = \frac{32 \times 270 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^4 \times \pi \times (38^4 - 24^4)} = 1,96 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

- c. En déduire la déformation angulaire α_c (en degrés) dans l'arbre creux entre deux sections droites distantes de L : /1,5 pt

$$\theta_c = \frac{\alpha_c}{L} \Leftrightarrow \alpha_c = \theta_c \times L$$

$$\alpha_c = 1,96 \cdot 10^{-5} \times 400 = 7,84 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 0,44^\circ$$

- d. Montrer que le rapport du gain en matière $\lambda = \frac{M_c}{M_p} = \frac{(d_e^2 - d_i^2)}{d^2}$ et calculer sa valeur numérique : /1 pt

$$\lambda = \frac{M_c}{M_p} = \frac{\rho \cdot V_c}{\rho \cdot V_p} = \frac{\rho \cdot L \cdot S_c}{\rho \cdot L \cdot S_p} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot (d_e^2 - d_i^2)}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{(d_e^2 - d_i^2)}{d^2} = \frac{(38^2 - 24^2)}{35^2} = 0,70$$

- e. Comparer les masses et les déformations angulaires des deux arbres de transmission (plein et creux) et conclure à propos du choix adéquat : /1 pt

- $\alpha_c = 0,44^\circ < \alpha_p = 0,52^\circ$, la déformation dans un arbre creux est inférieure à celle dans un arbre plein ;
- $M_c = \lambda \cdot M_p = 0,7 \times M_p$, l'utilisation d'un arbre creux présente un gain en matière de 30% ($100 - 0,7 = 0,3$) par rapport à un arbre plein ;
- L'utilisation d'un arbre creux est recommandée.

Situation d'évaluation n° 3

Tâche 3.1 : Analyse du dessin de définition et du mode d'obtention du brut, DRES pages (18/20 et 19/20)

a. Cocher les cases correctes relatives à la désignation du matériau **G 25 Cr Mo 4** du planétaire (44) : **/1,75 pt**

<input checked="" type="checkbox"/> Acier	<input checked="" type="checkbox"/> faiblement allié(e)	<input type="checkbox"/> sa limite apparente d'élasticité $Re_{mini} = 25$ MPa
<input type="checkbox"/> Aluminium	<input type="checkbox"/> malléable	<input checked="" type="checkbox"/> son pourcentage de carbone = 0,25%
<input type="checkbox"/> Fonte	<input type="checkbox"/> non allié(e)	<input type="checkbox"/> sa résistance maximale à la rupture $Rm = 25$ MPa
<input type="checkbox"/> 0,4%	<input type="checkbox"/> de carbone	<input type="checkbox"/> 0,04%
contenant <input checked="" type="checkbox"/> 1%	<input checked="" type="checkbox"/> de chrome	et <input type="checkbox"/> 0,1%
<input type="checkbox"/> 4%	<input type="checkbox"/> de cobalt	<input checked="" type="checkbox"/> quelques traces
		<input checked="" type="checkbox"/> de molybdène
		<input type="checkbox"/> de manganèse
		<input type="checkbox"/> de magnésium

b. Préciser le procédé d'obtention du brut du planétaire (44) et justifier votre réponse : **/0,75 pt**

Procédé	Justification
Le moulage	La lettre G qui précède la désignation du matériau du planétaire (44)

c. Expliciter la spécification géométrique suivante $D6 \sqrt{0,01}$: **/3 pts**

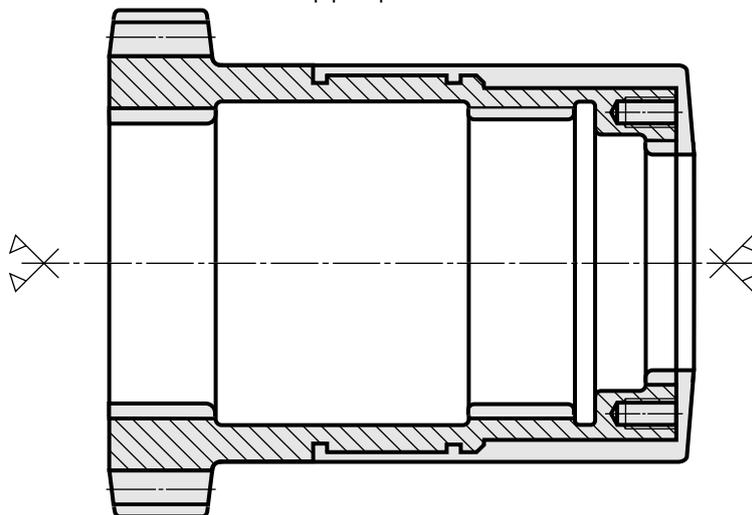
Nom de la tolérance : **Cylindricité**

Cocher le type de la tolérance : **de forme** d'orientation de position

Interprétation de la spécification	Schéma démonstratif
La surface tolérancée doit être comprise entre deux cylindre coaxiaux dont les rayons diffèrent de 0,01 mm.	

d. Compléter le dessin du brut capable du planétaire (44) en : **/4 pts**

- Ajoutant les surépaisseurs d'usinage ;
- Indiquant le plan de joint et les dépouilles ;
- Dessinant les arrondis aux endroits appropriés.

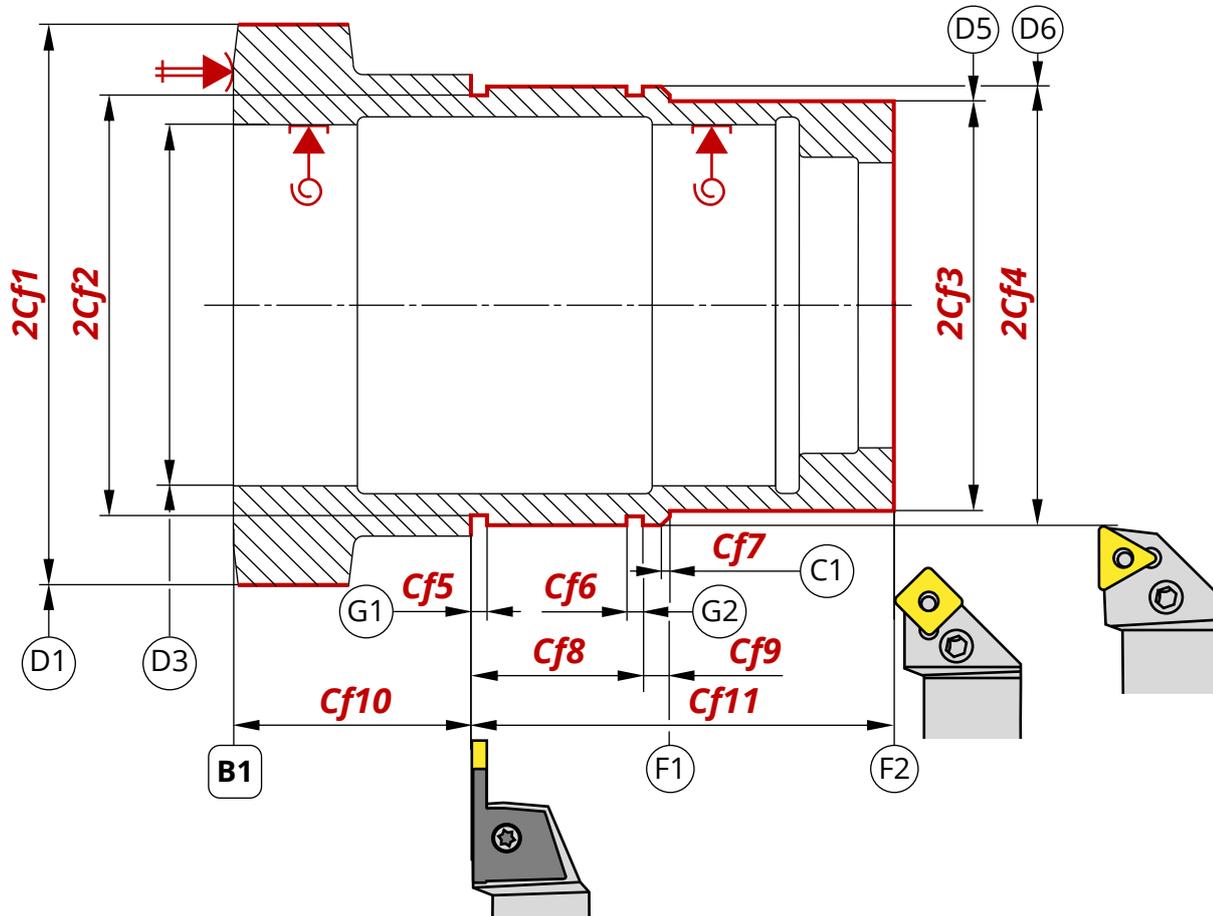


Tâche 3.3 : Conversion de la matière d'œuvre (formes et caractéristiques)

a. Placer sur le croquis de la phase 20 ci-dessous :

/4,5 pts

- les éléments de mise et de maintien en position (symboles technologiques de la 2^{ème} norme) ;
- les cotes fabriquées non chiffrées.



b. En se référant au diagramme TRC du 25 Cr Mo 4 DRES page (20/20) :

b1. Compléter le tableau suivant par les éléments convenables :

/1,5 pt

Symbole	Nom de l'essai	Forme du pénétrateur	Matière du pénétrateur
HRc	Rockwell	Cône	Diamant
HV	Vickers	Pyramide	Diamant

b2. Compléter, le tableau suivant par les résultats obtenus à la fin du traitement thermique : /3 pts

Courbe de refroidissement	Temps de refroidissement	Constituants micrographiques	Dureté
C1	50 s	Bainite + Martensite	51 HRc
C2	4 min	Ferrite + Bainite + Martensite	33 HRc
C3	20 min	Ferrite + Perlite + Bainite + Martensite	23 HRc
C4	2 h	Ferrite + Perlite	174 HV

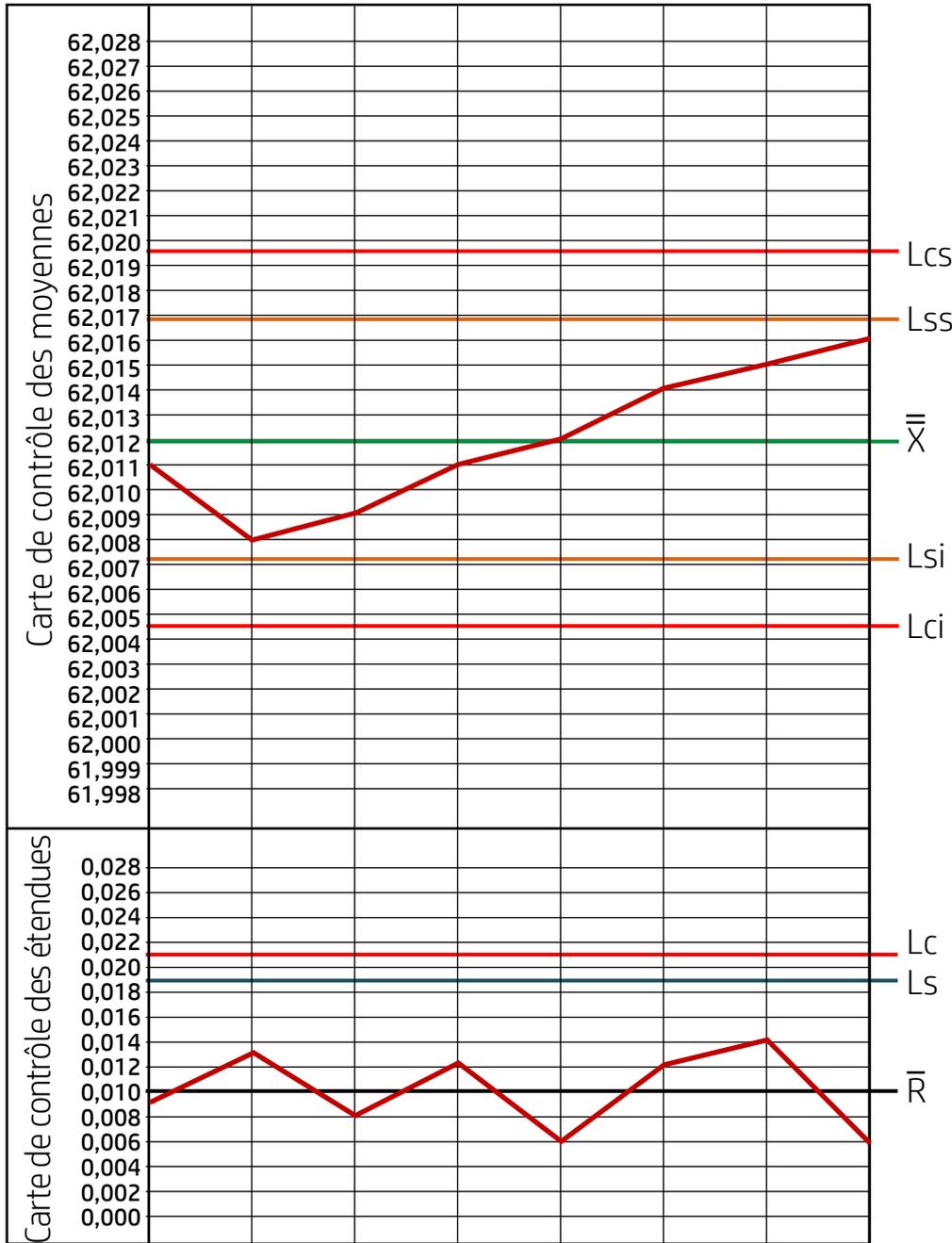
b3. En déduire la courbe de refroidissement permettant d'obtenir les caractéristiques mécaniques exigées ($30 < HRc < 40$) :

/0,5 pt

Tâche 34 : Maîtrise statistique des procédés – cartes de contrôle.

a. Calculer, selon les données du tableau ci-dessous, la moyenne des moyennes $\bar{\bar{X}}$ (en mm), la moyenne des étendues \bar{R} (en mm) : /2 pts

b. Tracer sur les cartes de contrôle suivantes les courbes d'évolution de la moyenne et de l'étendue : /4 pts



\bar{X}	62,011	62,008	62,009	62,011	62,012	62,014	62,015	62,016	$\bar{\bar{X}} = 62,012 \text{ mm}$
R	0,009	0,013	0,008	0,012	0,006	0,012	0,014	0,006	$\bar{R} = 0,01 \text{ mm}$

c. Se référer aux exemples d'analyse des cartes de contrôle du DRES page (19/20) et conclure en cochant les 5 cases adéquates : /2 pts

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		<input checked="" type="checkbox"/> I4	<input type="checkbox"/> I5		<input type="checkbox"/> M4	<input type="checkbox"/> M5	