

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2025 -الموضوع-		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم الأولي والرياضة المركز الوطني لامتحانات المدرسية وتقييم التعلّيمات	
1			ⵏⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ	
20			ⵏⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ	
Y***			ⵏⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⴰⵔⵉⵜ	
	LLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLLL	NS - 45		

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

CONSTITUTION DE L'ÉPREUVE

- Volet 1 : Présentation de l'épreuve et grille de notation: Page 1/20
- Volet 2 : Présentation du support: Page 2/20
- Volet 3 : Substrat du sujet: Pages de 3/20 à 13/20
 - Situations d'évaluation: Page 3/20
 - Documents réponses (DREP) « A rendre par le candidat »: Pages de 4/20 à 13/20
 - Situation d'évaluation n° 1: Pages de 4/20 à 7/20
 - Situation d'évaluation n° 2: Pages de 8/20 et 9/20
 - Situation d'évaluation n° 3: Pages de 10/20 à 13/20
- Volet 4 : Documents ressources (DRES): Pages de 14/20 à 20/20

VOLET 1 : PRESENTATION DE L'ÉPREUVE

- Système à étudier : **Système de Propulsion Hybride Rechargeable (SPHR)**
- Coefficient : 8
- Moyen de calcul autorisé : Calculatrice non programmable
- Documents autorisés : Aucun

Les candidats rédigeront leurs réponses sur les documents réponses (DREP) prévus à cet effet.

GRILLE DE NOTATION :

TOTAL : /80 POINTS

Situation d'évaluation 1			
Tâche	Question	Note	
1.1	a	2,5 pts	
	b	3 pts	
	c	1,5 pt	
1.2	a	2,75 pts	
	b	b1	2 pts
		b2	2 pts
1.3	a	1,25 pt	
	b	1,5 pt	
	c	1 pt	
	d	1,5 pt	
Total : 19 pts			

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
2.1	a	1 pt
	b	1,5 pt
	c	1 pt
	d	2 pts
	e	2,5 pts
2.2	a	0,5 pt
	b	2,5 pts
	c	1 pt
	d	1 pt
	e	2 pts
2.3	a	1,5 pt
	b	1pt
	c	1,5 pt
	d	1 pt
	e	1 pt
Total : 21 pts		

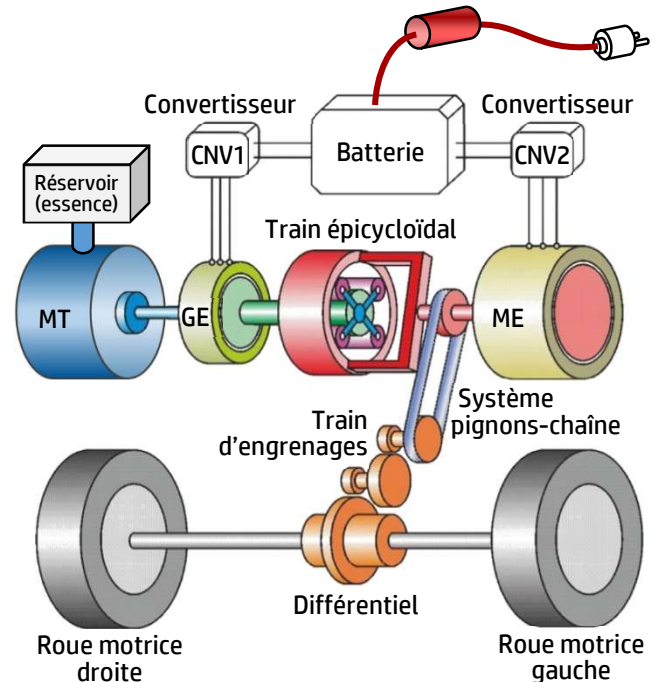
Situation d'évaluation 3			
Tâche	Question	Note	
3.1	a	1,75 pt	
	b	0,75 pt	
	c	3 pts	
	d	4 pts	
3.2	a	a1	1 pt
		a2	4 pts
	b	b1	3 pts
		b2	1 pt
		b3	2 pts
		b4	1 pt
	c		1 pt
3.3	a		4,5 pts
	b	b1	1,5 pt
		b2	3 pts
		b3	0,5 pt
3.4	a		2 pts
	b		4 pts
	c		2 pts
Total : 40 pts			

VOLET 2 : PRESENTATION DU SUPPORT

Mise en situation :

Dans le souci d'optimiser la consommation d'essence et de minimiser la diffusion des gaz néfastes pour l'environnement, des voitures de nouvelle génération sont équipées d'un « **Système de Propulsion Hybride Rechargeable (SPHR)** » (ci-contre) associant un moteur thermique à essence (**MT**) relié, par le biais d'un train épicycloïdal, à un générateur d'électricité (**GE**) et à un moteur électrique (**ME**). L'ensemble est relié aux roues motrices à travers une transmission par un système pignons-chaîne, un train d'engrenages et un différentiel.

Le système de propulsion hybride **permet à la voiture de se déplacer sur le réseau routier avec une pollution de l'environnement réduite au maximum**, il fonctionne selon **quatre modes** principaux :



Mode	Désignation	Fonctionnement
1	Tout électrique	Au démarrage, le moteur électrique (ME) entraîne la voiture en utilisant l'énergie électrique de la batterie. Le moteur thermique (MT) est arrêté.
2	Hybride	En marche normale, le moteur thermique (MT) entraîne la voiture, sa puissance se répartit entre : – celle transmise aux roues motrices ; – celle transmise au générateur d'électricité (GE) qui alimente directement le moteur électrique (ME).
3	Récupération d'énergie	En décélération ou freinage, le moteur électrique réversible (ME), entraîné par la voiture, joue le rôle d'un générateur d'électricité : il récupère une partie de l'énergie cinétique et la convertit en énergie électrique qui recharge la batterie.
4	Mixte	Lors de fortes accélérations, le moteur électrique (ME) et le moteur thermique (MT) entraînent la voiture ensemble. La batterie est rechargée par le générateur d'électricité, et le moteur électrique (ME) est alimenté non seulement par l'énergie délivrée par le générateur d'électricité (GE) mais aussi par la batterie.

La batterie peut être rechargée à partir du réseau électrique via un chargeur adéquat. La gestion des modes de fonctionnement du **système de propulsion hybride rechargeable** repose sur un **circuit de commande** associé à un asservissement qui synchronise les vitesses des moteurs à des valeurs optimales.

Problématique et objectifs de l'étude : Le bureau d'études d'une entreprise est chargé de vérifier et s'assurer des performances d'une voiture équipée du **système de propulsion hybride rechargeable** afin de décider d'accepter ou de refuser d'en acquérir d'autres. Pour cela, il serait impératif de :

- Appréhender et analyser le **fonctionnement** du système de propulsion hybride rechargeable ;
- Valider et analyser le **comportement** de quelques éléments du système ;
- Etudier partiellement la production et les modalités de contrôle d'un élément du système.

VOLET 3 : SUBSTRAT DU SUJET

SITUATION D'EVALUATION 1 :

Pour examiner le système de propulsion hybride rechargeable, il serait pertinent de saisir son fonctionnement, réaliser une analyse fonctionnelle et technique de certains composants mécaniques, ainsi que de concevoir des solutions constructives. Se référer à la présentation du support page (2/20), au dessin d'ensemble et sa nomenclature DRES pages (14/20 et 15/20) et traiter les tâches suivantes :

Tâche 1.1 : Dans cette tâche, on cherche à comprendre le fonctionnement du système de propulsion hybride rechargeable. Pour cela, répondre aux questions des DREP pages (4/20 et 5/20).

Tâche 1.2 : L'analyse morphologique et l'appréhension des solutions constructives retenues est essentielle. A cette fin, répondre aux questions du DREP page (6/20).

Tâche 1.3 : Pour gérer l'énergie électrique selon les modes de fonctionnement, il est primordial d'établir le circuit de commande l'assurant de manière optimale. C'est pourquoi, vous êtes amenés à répondre aux questions du DREP page (7/20) en se référant au DRES page (16/20).

SITUATION D'EVALUATION 2 :

Pour s'assurer du fonctionnement de la voiture selon les modes imposés par le système de gestion, il est primordial de vérifier ses conditions de déplacement, d'étudier la répartition de la puissance mécanique et d'optimiser le choix de la forme d'une poutre sollicitée à la contrainte de torsion simple. Pour cela, on vous demande d'effectuer les tâches suivantes :

Tâche 2.1 : L'objectif de la tâche est de vérifier si les conditions de roulage de la voiture, en mode **tout électrique**, respectent les paramètres imposés par le système de gestion. Se référer au DRES pages (16/20 et 17/20) et répondre aux questions du DREP page (8/20).

Tâche 2.2 : Cette tâche consiste à déterminer quelques grandeurs physiques de sortie en mode mixte, notamment, la puissance mécanique réparti vers le générateur d'électricité **GE**, le couple de traction généré au niveau de chaque roue motrice et la vitesse de déplacement de la voiture. En tenant compte des données du DRES pages (14/20 à 18/20), répondre aux questions des DREP pages (8/20 et 9/20).

Tâche 2.3 : L'arbre de transmission gauche doit assurer la communication à la roue motrice gauche d'un moment de torsion maximal $C_r = M_t = 270 \text{ N} \cdot \text{m}$. On envisage de comparer l'utilisation d'une poutre cylindrique pleine et d'une autre creuse. A cette fin et en utilisant les données du DRES page (18/20), répondre aux questions du DREP page (9/20).

SITUATION D'EVALUATION 3 :

Lors de son fonctionnement, le **planétaire (44)** en **G 25 Cr Mo 4** est sollicité à la torsion, on lui applique une trempe (TRC) pour atteindre la valeur requise de ($30 < \text{HRC} < 40$). La fabrication de cette pièce en série réclame l'analyse de sa cotation et l'établissement partielle de son dossier de fabrication.

Tâche 3.1 : L'étude de la production du planétaire (44) DRES pages (18/20 et 19/20) doit débiter par une analyse de son dessin de définition et une détermination de la forme du brut capable. Pour ce faire, répondre aux questions du DREP page (10/20).

Tâche 3.2 : l'étude de la géométrie de l'outil et sa disponibilité font parties du dossier de fabrication. Pour cela, utiliser le DRES pages (18/20 et 19/20) et répondre aux questions du DREP page (11/20).

Tâche 3.3 : Les modalités de la production du planétaire (44) réclament la mise en application des processus de conversion des formes géométriques et des caractéristiques mécaniques. En exploitant les données des DRES pages (18/20 à 20/20), répondre aux questions du DREP page (12/20).

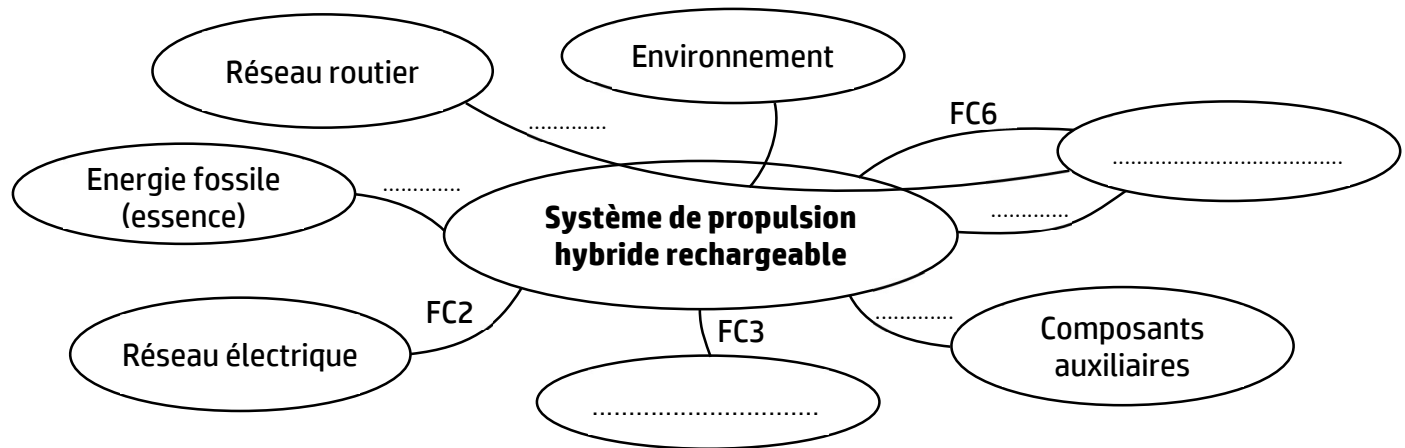
Tâche 3.4 : Le contrôle statistique adopté pour examiner la cote $\varnothing 62 \text{ H7}$ permet d'établir des cartes de contrôle pour s'assurer de l'aptitude du procédé de production. Pour cela, répondre aux questions du DREP page (13/20) en s'inspirant des exemples d'analyse des courbes du DRES page (19/20).

DOCUMENTS REPONSES (DREP)

SITUATION D'ÉVALUATION 1

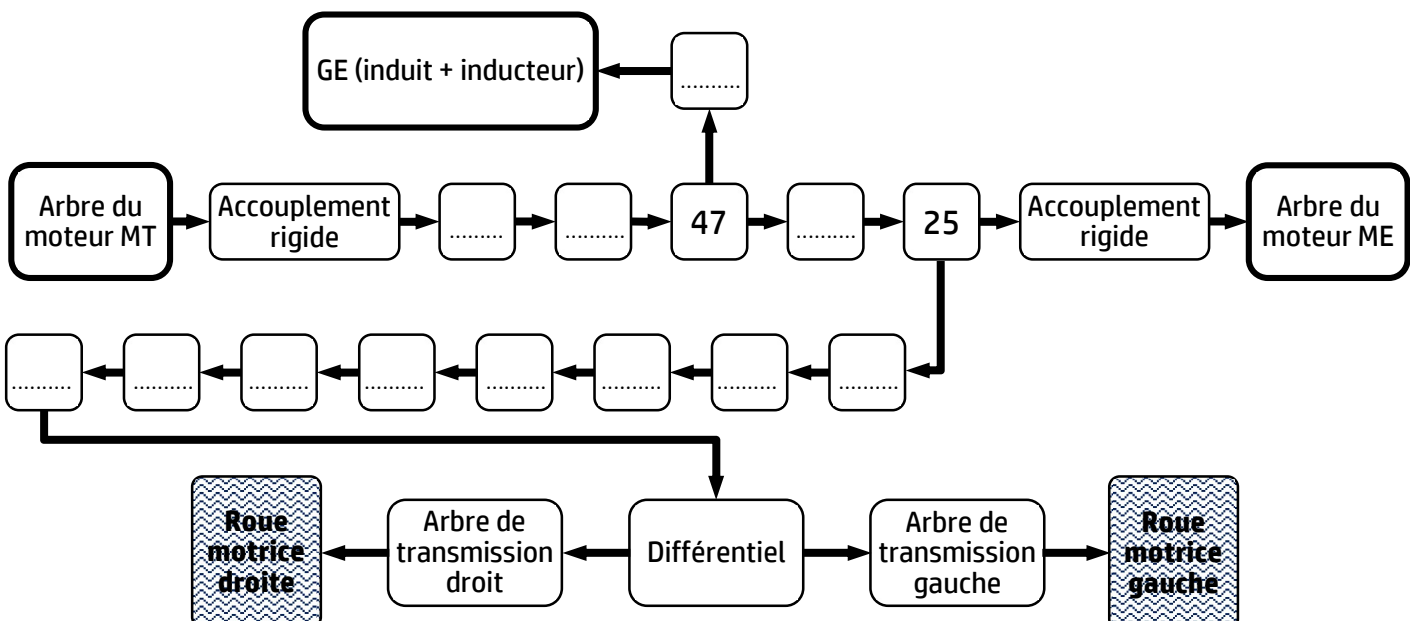
Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle et technique (Voir Présentation du support, page 2/20)

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



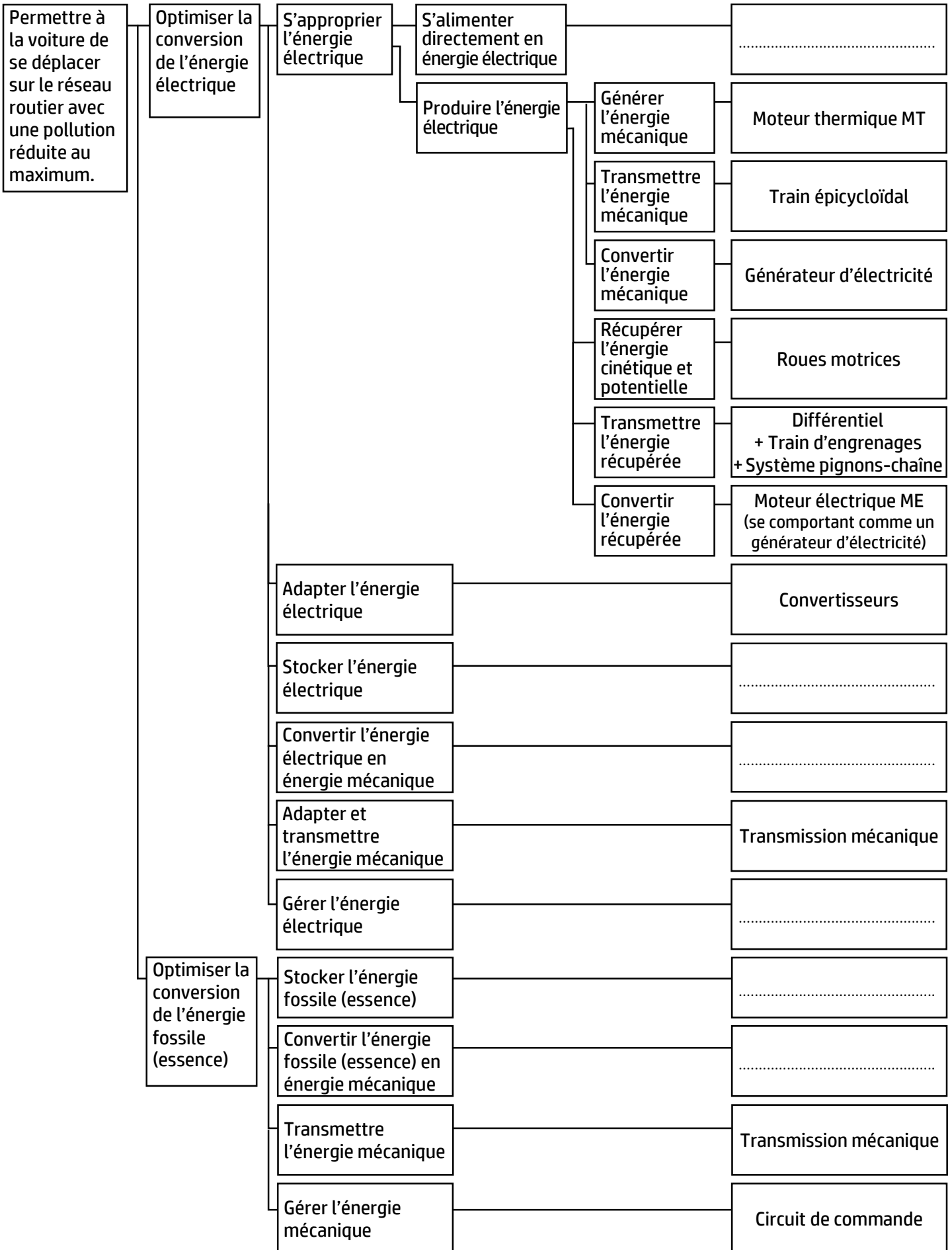
Fonctions de service	
FP1	.....
FC1	Consommer l'énergie fossile (essence) disponible.
FC2	.....
FC3	Etre commandé par le conducteur.
FC4	Alimenter en énergie les composants auxiliaires.
FC5	S'adapter à la vitesse de la voiture.
FC6	Récupérer l'énergie cinétique de la voiture en freinage.

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



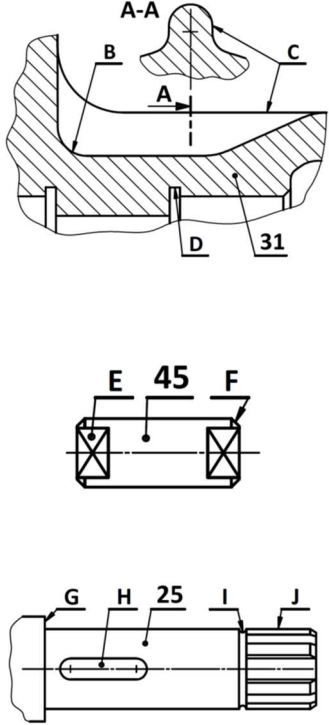
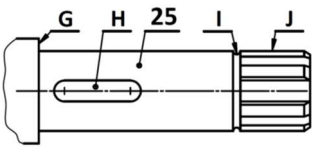
c. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction suivante :

/1,5 pt



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

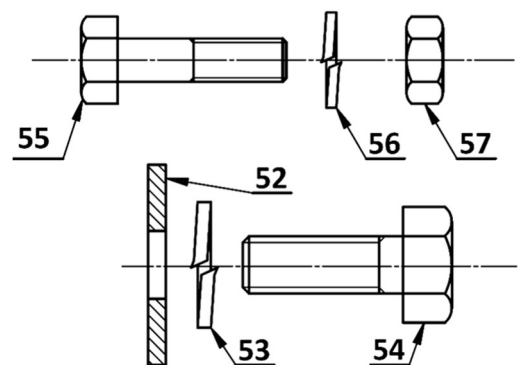
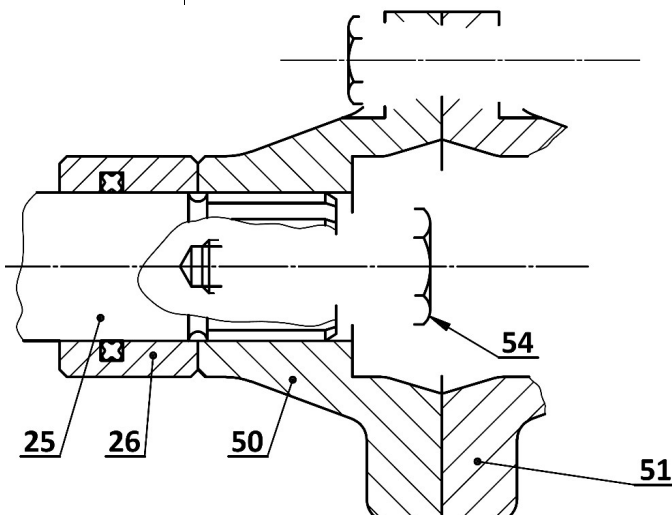
- a. Compléter le tableau suivant relatif aux formes géométriques réalisées sur les pièces **25**, **31** et **45** en indiquant, pour chaque forme, son repère ou sa désignation ainsi que son rôle : **/2,75 pts**

Formes repérées sur les pièces	Repère	Désignation	Rôle ou fonction
	G	.....	Assurer l'arrêt en translation de l'élément monté sur l'arbre
	.....	Nervure	Augmenter la rigidité de la pièce
	I	.....	Limiter des formes différentes sur la même pièce
	.....	Dégagement	Assurer le contact de l'élément monté sur l'alésage avec la surface plane
	J	Cannelure	.....
	.....	Méplat	Empêche la rotation de 45 par rapport à 42
	H	Rainure de clavette	.....
	.....	Congé	Facilite la répartition de la matière pendant le moulage
	F	.....	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 :

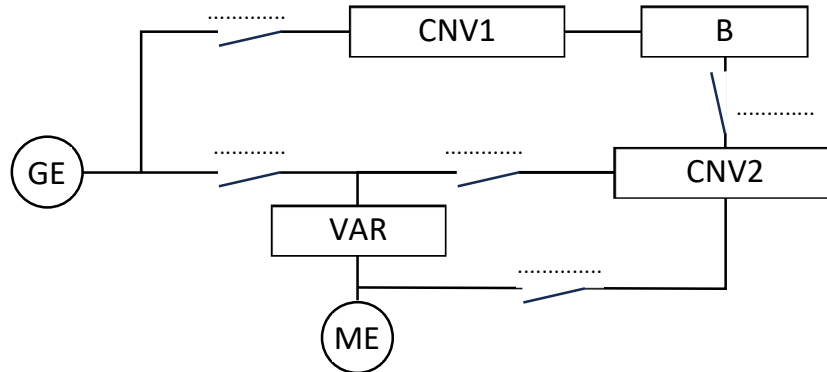
- b1.** La liaison complète entre l'arbre **25** et le plateau (**50**) réalisée par une vis H (**54**), une rondelle plate (**52**) et une rondelle Grower (**53**) ; **/2 pts**

- 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**

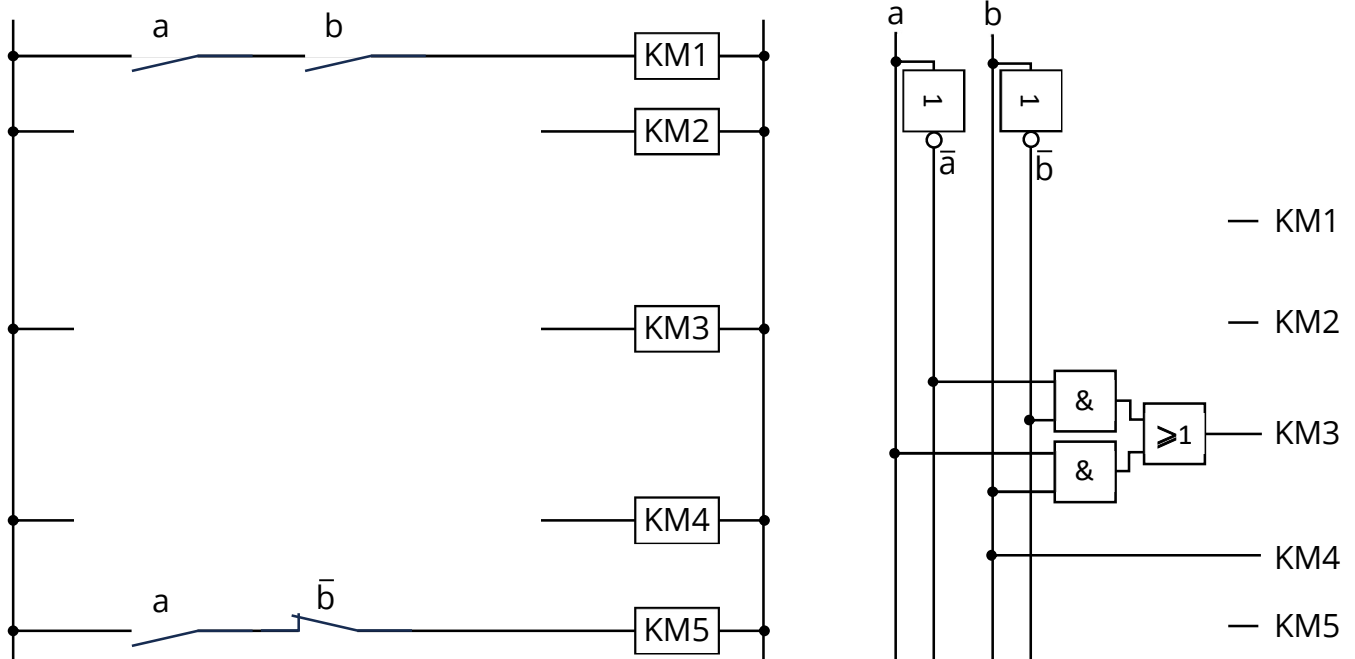
Mode	Variables d'entrée		Variables de sortie				
	a	b	KM1	KM2	KM3	KM4	KM5
1	0	0	.....	.....	.....	.....	.....
2	0	1	.....	.....	.....	.....	.....
3	1	0	0	1	0	0	1
4	1	1	.....	.....	.....	.....	.....

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

$$\text{KM1} = \dots\dots\dots \text{KM2} = a + \bar{b} \quad \text{KM3} = \dots\dots\dots$$

$$\text{KM4} = \dots\dots\dots \text{KM5} = \dots\dots\dots$$

- 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'EVALUATION 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

.....

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

.....

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 km/h = 13,89 m/s** suivant la direction de l'axe $\vec{x}$: /1 pt

.....

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

.....

.....

.....

e. Calculer la puissance mécanique **P_m** (en kW) du moteur électrique (ME), sa fréquence de rotation **N₂₅** (en tr/min) et conclure sur sa validité : /2,5 pts

.....

.....

.....

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 **C₄₄** (en N·m) réparti vers le générateur d'électricité (GE) : /0,5 pt

.....

b. Calculer la fréquence de rotation **N₄₄** (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

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

a. Calculer la contrainte maximale $\tau_{c_{max}}$ (en N/mm²) dans une section droite de l'arbre supposé de section creuse : /1,5 pt

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

SITUATION D'EVALUATION 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**

☐ Acier	☐ faiblement allié(e)	☐ sa limite apparente d'élasticité $R_{e\text{mini}} = 25 \text{ MPa}$	
☐ Aluminium	☐ malléable	☐ son pourcentage de carbone = 0,25%	
☐ Fonte	☐ non allié(e)	☐ sa résistance maximale à la rupture $R_m = 25 \text{ MPa}$	

☐ 0,4% contenant ☐ 1% ☐ 4%	☐ de carbone ☐ de chrome ☐ de cobalt	☐ 0,04% et ☐ 0,1% ☐ quelques traces	☐ de molybdène ☐ de manganèse ☐ de magnésium
---	---	--	---

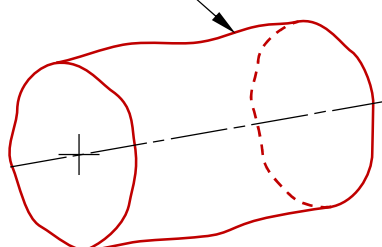
b. Préciser le procédé d'obtention du brut du planétaire (44) et justifier votre réponse : **/0,75 pt**

Procédé	Justification
.....	
.....	

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

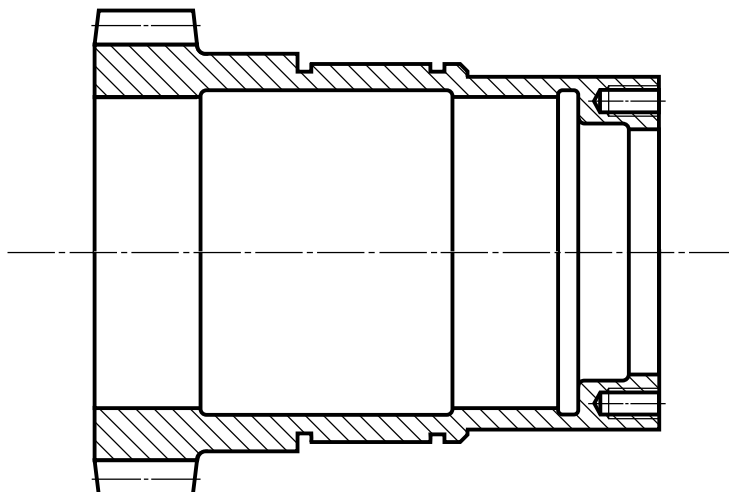
Nom de la tolérance :

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

Interprétation de la spécification	Schéma démonstratif
.....	Surface tolérancée 

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 3.2 : Validation de l'outillage. Se référer au DRES pages (18/20 et 19/20)

a. L'outil choisi (à pastille carbure **SEKW**) pour réaliser la surface **D3** est représenté ci-dessous :

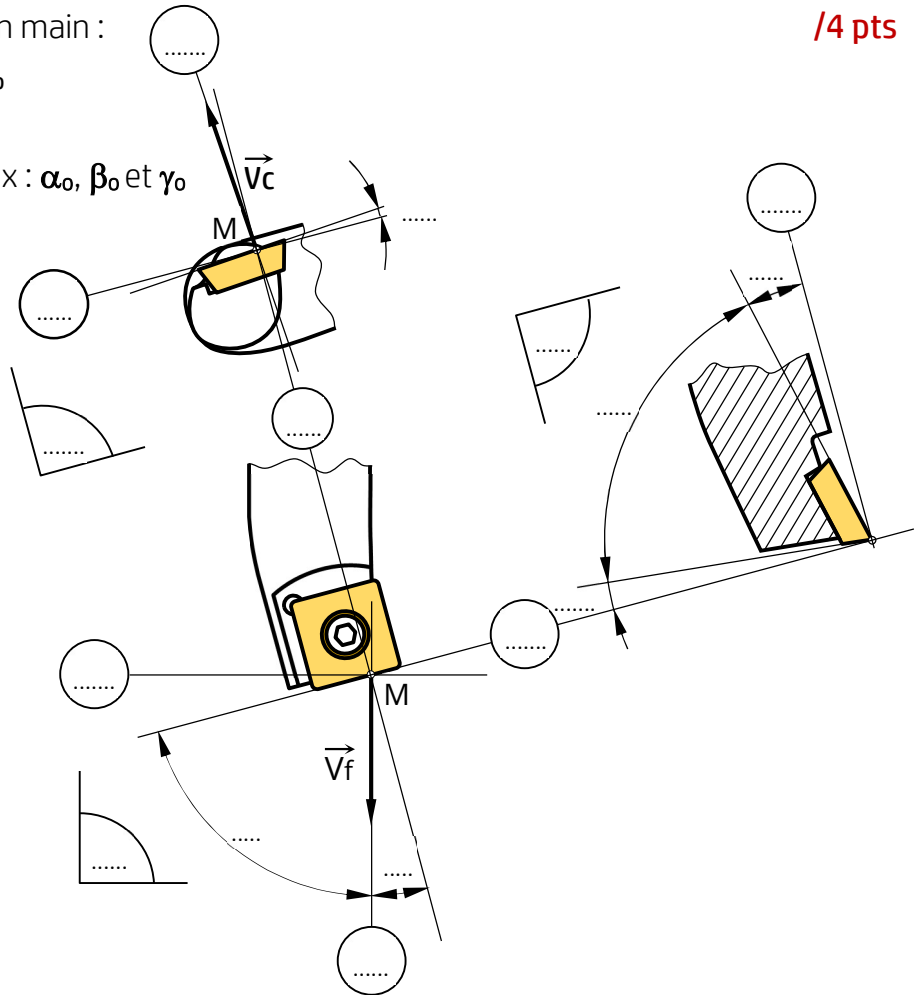
a1. Donner le nom de l'outil et son orientation (à gauche ou à droite) :

/1 pt

a2. Indiquer sur le dessin de l'outil en main :

/4 pts

- Les plans : P_r , P_s , P_f , P_o , P_n et P_p
- Les angles d'arête : κ_r , ψ_r et λ_s
- Les angles de face orthogonaux : α_o , β_o et γ_o



b. Calcul du nombre de pièces fabriquées par une plaquette pour l'ébauche de **D3** :

b1. Calculer la fréquence de rotation **N** (en tr/min) et en déduire la vitesse d'avance **Vf** (en mm/min) : /3 pts

b2. Calculer le temps de coupe **tc** (en min) sachant que la longueur de coupe **lc** = 42 mm : /1 pt

b3. Calculer la durée de vie de l'outil **T** (en min) :

/2 pts

b4. Déduire le nombre de pièces **Np1** à usiner par une seule arête tranchante, puis le nombre de pièces **Np4** à usiner par une plaquette sachant qu'elle possède 4 arêtes tranchantes : /1 pt

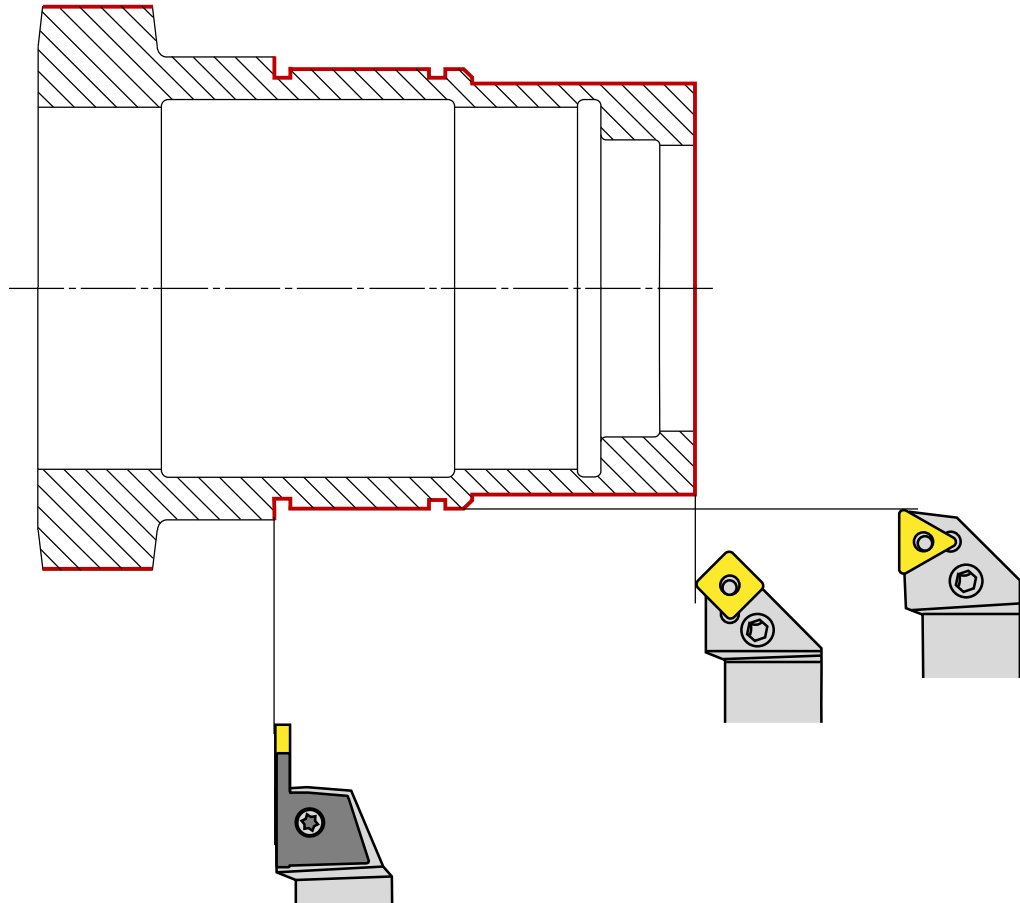
c. En général, quel est le plus avantageux, utiliser un outil en acier rapide ou en carbure ? justifier : /1 pt

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			
HV			

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	.....	.....
C2	4 min	.....	.....
C3	20 min	.....	.....
C4	2 h	.....	.....

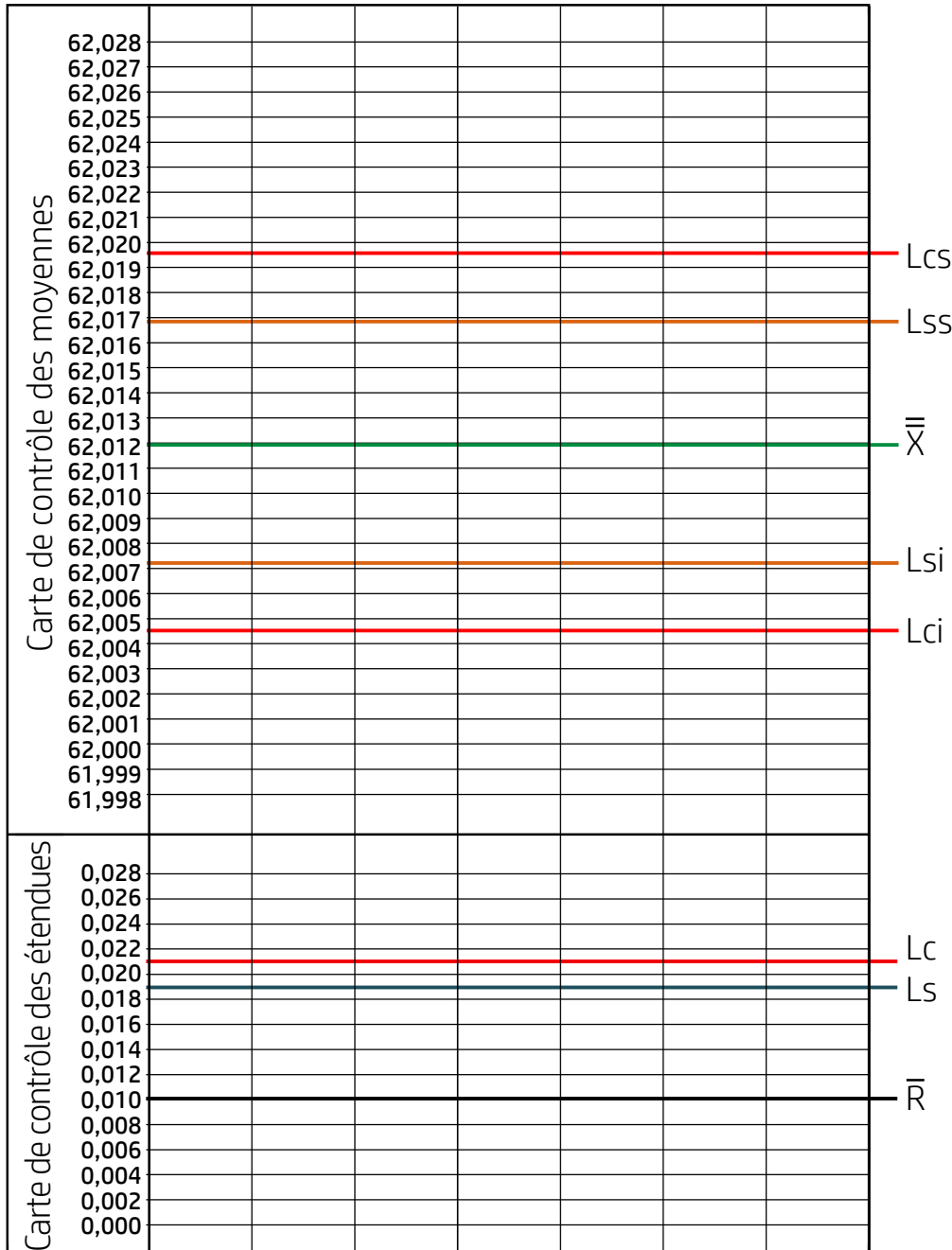
b3. En déduire la courbe de refroidissement permettant d'obtenir les caractéristiques mécaniques exigées ($30 < \text{HRc} < 40$) :

/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

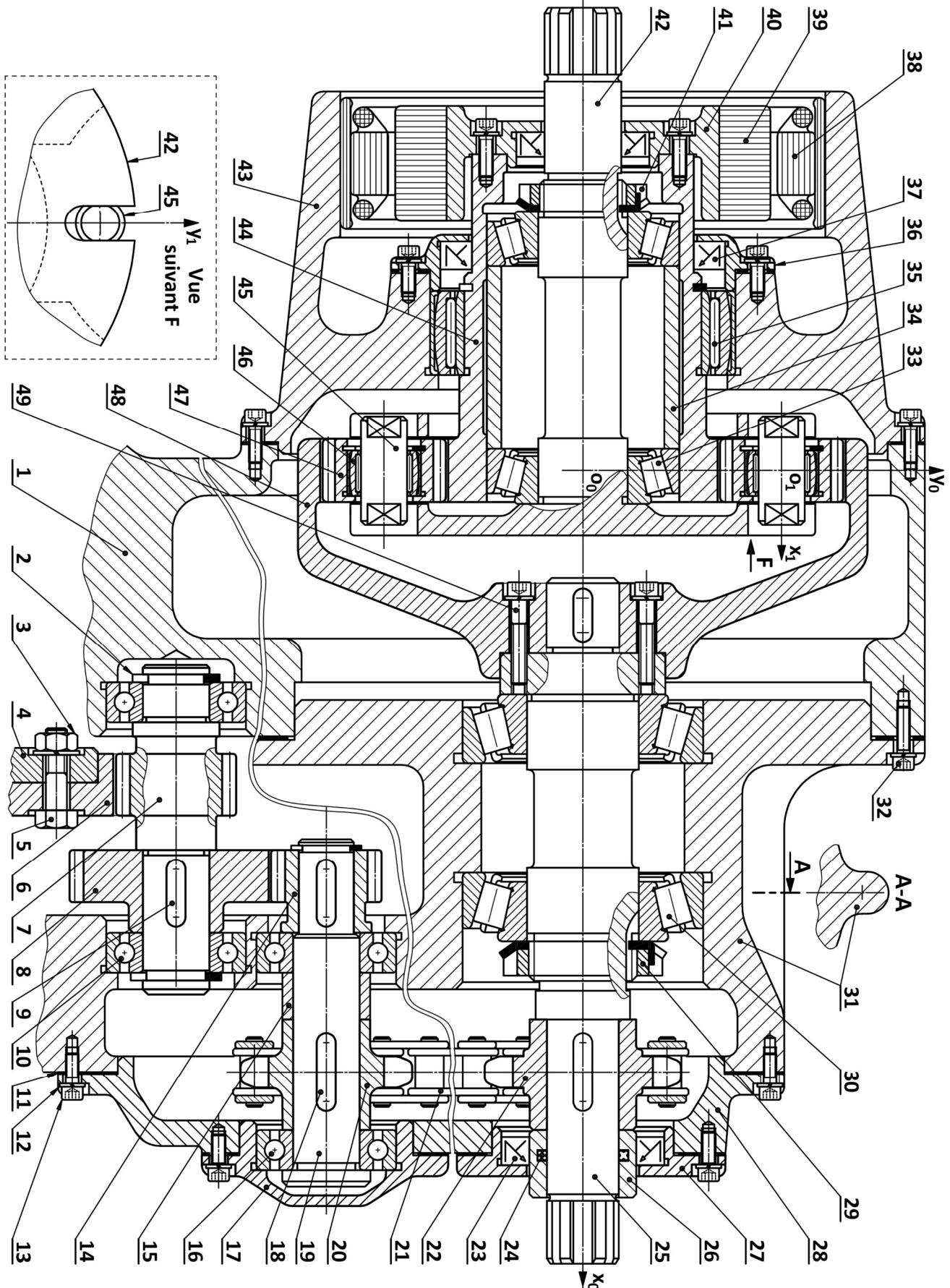
b. Tracer sur les cartes de contrôle suivantes les courbes d'évolution de la moyenne et de l'étendue : /4 pts



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

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

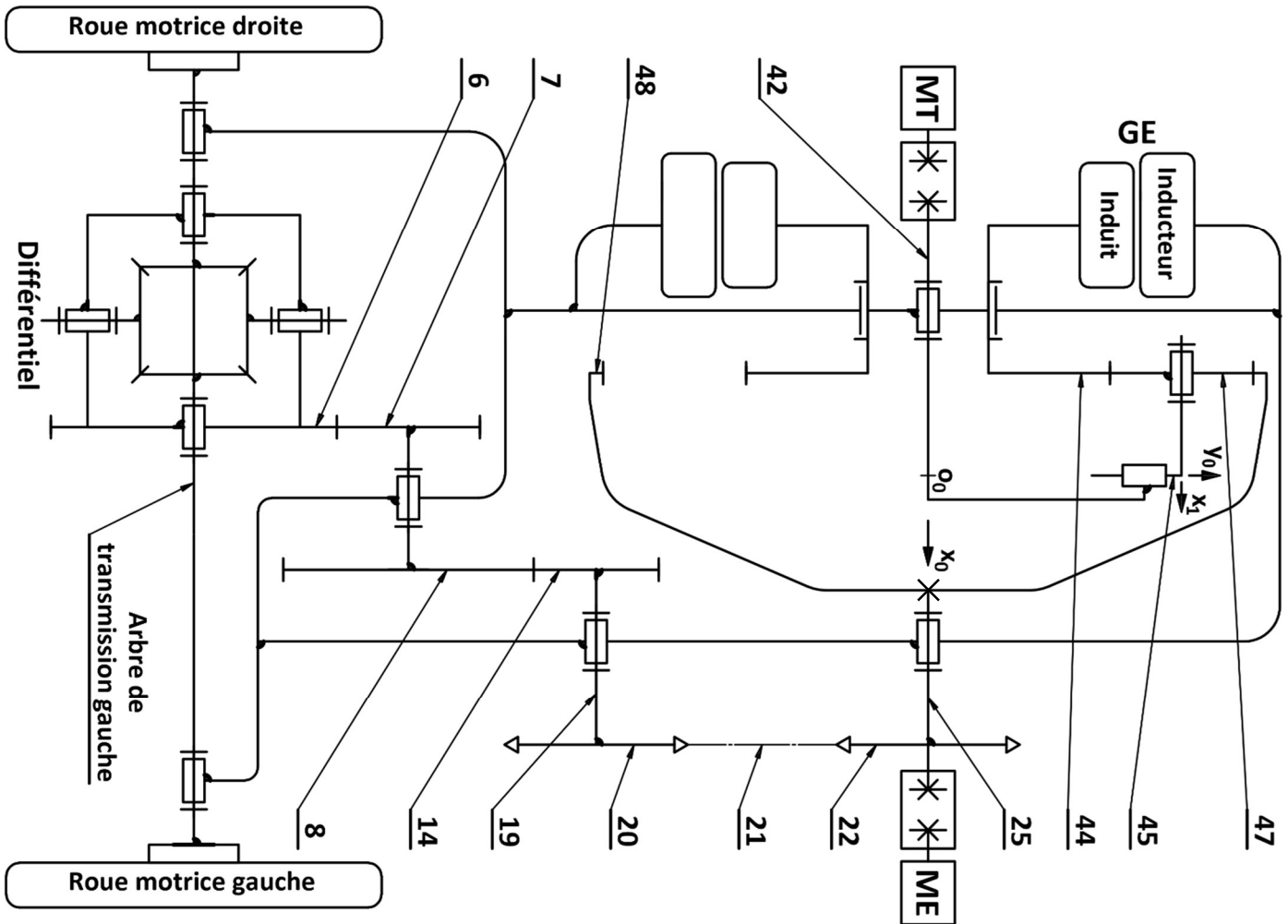
Deux observations (2)			Deux Interprétations (2)			Une mesure à prendre (1)		
☐ 01	☐ 02	☐ 03	☐ I1	☐ I2	☐ I3	☐ M1	☐ M2	☐ M3
☐ 04	☐ 05		☐ I4	☐ I5		☐ M4	☐ M5	

VOLET 4 : DOCUMENTS RESSOURCES (DRES)**• Mécanisme de transmission du système de propulsion hybride rechargeable**

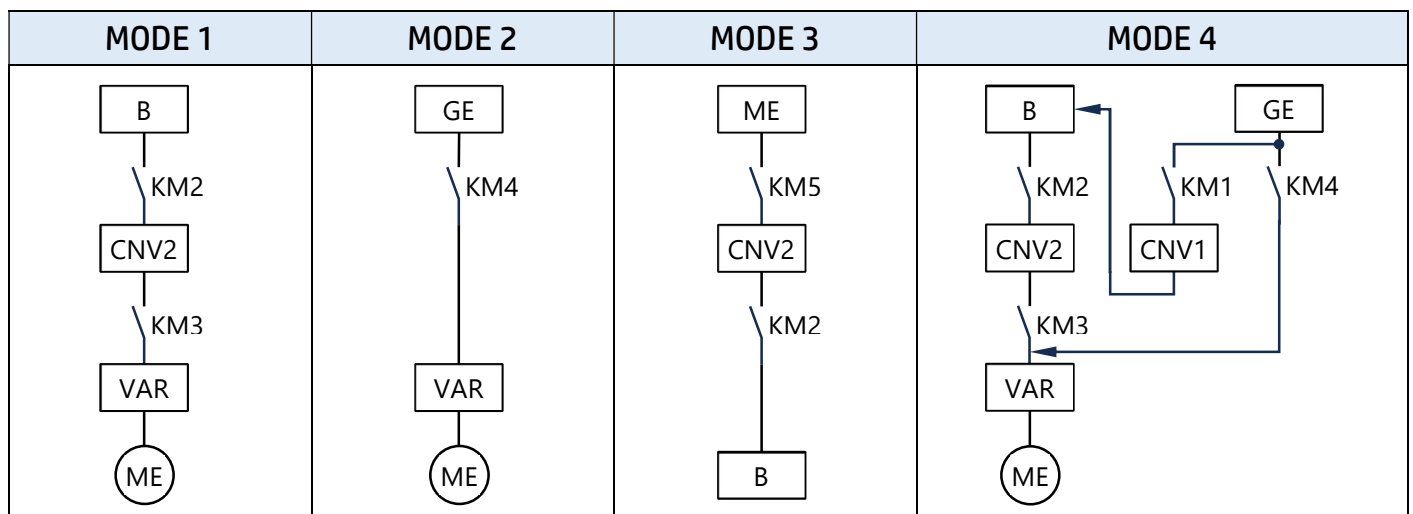
• **Nomenclature :**

49	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux	25 Cr Mo 4	Traité
48	1	Planétaire couronne		Z48 = 78 dents
47	4	Satellite		Z47 = 24 dents
46	4	Roulement à aiguilles		
45	4	Axe porte satellite		
44	1	Planétaire	35 Cr Mo 4	Z44 = 30 dents
43	1	Corps support de gauche		
42	1	Porte-satellite		Arbre primaire
41	1	Ecrou à encoches type KM		
40	1	Support de l'induit		
39	1	Induit		Rotor
38	1	Inducteur		Stator
37	1	Joint à lèvres, type AS		
36	1	Couvercle	EN-GJL-150	
35	1	Roulement à aiguille		
34	1	Entretoise		
33	2	Roulement à rouleaux coniques		
32	9	Vis à tête cylindrique à six pans creux	25 Cr Mo 4	Traité
31	1	Corps support de droite		
30	2	Roulement à rouleaux coniques		
29	1	Ecrou à encoches type KM		
28	1	Support latéral	EN-GJL-150	
27	1	Couvercle	EN-GJL-150	
26	2	Entretoise		
25	1	Arbre secondaire		
24	1	Joint quadrilobe		
23	1	Joint à lèvres, type AS		
22	1	Pignon pour chaîne supérieur		Z22 = 24 dents
21	1	Chaîne		
20	1	Pignon pour chaîne inférieur		Z20 = 25 dents
19	2	Arbre intermédiaire		
18	2	Clavette parallèle forme A	C 35	NF E 22-177
17	1	Couvercle	EN-GJL-150	
16	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	E 295	
15	1	Entretoise		
14	4	Pignon		Z14 = 18 dents
13	8	Vis à tête cylindrique à six pans creux	25 Cr Mo 4	Traité
12	8	Rondelle Grower		
11	1	Joint plat		
10	2	Roulement à une rangée de billes à contact radial	E 295	
9	1	Clavette parallèle forme A	C 35	NF E 22-177
8	1	Roue dentée		Z8 = 36 dents
7	1	Pignon arbré		Z7 = 22 dents
6	1	Roue dentée (couronne)		Z6 = 44 dents (trempée)
5	16	Vis à tête hexagonal ISO 4014 - M10 - 08		NF EN ISO-4014
4	1	Coquille de différentiel		
3	16	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M10 - 08	C 35	NF EN ISO-4032
2	1	Anneau élastique pour arbre		NF E 25-515
1	1	Bâti	EN-GJL-150	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation

• Chaîne cinématique du SHPR :



• Schémas équivalents des différents modes de fonctionnement :



Légende :

GE : Générateur d'électricité

CNV1 : Convertisseur 1 Alternatif / Continu

B : Batterie

KM1, KM2, KM3, KM4 et KM5 : Contacts électriques ($KMi = 1$: fermé ; $KMi = 0$: ouvert)

ME : Moteur électrique réversible

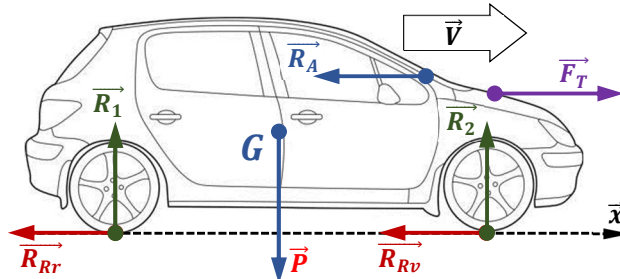
CNV2 : Convertisseur 2 Continu / Alternatif

VAR : Variateur de vitesse

• Conditions de roulage en mode 1 (Tout électrique) :

La voiture roule sur une route horizontale à une vitesse ne dépassant pas

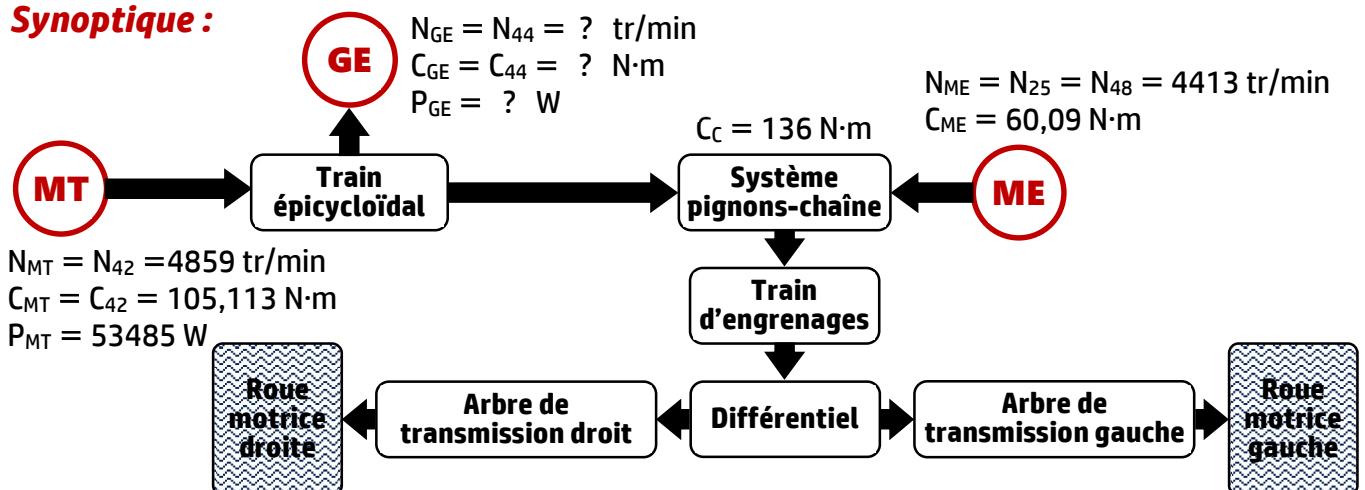
$V = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$. Le système de gestion limite la puissance mécanique développée par le moteur électrique à $P_{ME\max} = 20 \text{ kW}$ et sa fréquence de rotation $N_{ME\max} = 1800 \text{ tr/min}$.



- $\vec{R}_1$ et $\vec{R}_2$: composantes normales de la réaction du sol sur les roues de la voiture ;
- $\vec{P}$: poids de la voiture en pleine charge ;
- $\vec{V}$: vitesse de déplacement de la voiture ;
- $M = 1300 \text{ kg}$: masse de la voiture en pleine charge ;
- $\|\vec{R}_A\| = 52 \text{ N}$: résistance aérodynamique ;
- $\|\vec{R}_{Rv}\| = \|\vec{R}_{Rr}\| = 64 \text{ N}$: composantes tangentielles de la résistance au roulement appliqué par le sol sur les roues ;
- $a = 0,9 \text{ m/s}^2$: accélération de la voiture ;
- $d_{roue} = 0,62 \text{ m}$: diamètre de chaque roue de la voiture ;
- $k = \frac{N_{roue}}{N_{25}} = 0,24$: rapport de transmission entre l'arbre 25 et les roues motrices ;
- $\eta_r = 0,95$: rendement de la chaîne de transmission de puissance mécanique entre l'arbre 25 et les roues motrices de la voiture.

• Conditions de la répartition de la puissance mécanique en mode 4 (Mixte) :

Synoptique :



Analyse du train épicycloïdal (éléments 42 + 44 + 47 + 48) :

- Couple réparti vers le générateur d'électricité (GE) : $C_{44} = 0,2777 \cdot C_{42}$
- Couple réparti vers le moteur électrique (ME) : $C_{25} = C_{48} = 0,7222 \cdot C_{42}$
- Relation entre les fréquences de rotation : $3,6 \cdot N_{42} = 2,6 \cdot N_{48} + N_{44}$

Autres données :

- Condition de roulement de la voiture en pleine charge exigent, au niveau du système pignons-chaîne, un couple combiné $C_C = C_{48} + C_{MT} - C_{44} = 136 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Vitesse optimale de déplacement de la voiture : $V_{op} = 120 \text{ km/h}$

- Nombres de dents des roues dentées : voir nomenclature **DRES** page (15/20)
- Rapport de transmission du différentiel est : $k_d = \frac{N_{roue}}{N_6} = 1$
- Rendement global de la chaîne de transmission de puissance entre l'arbre 25 et les roues motrices est $\eta_g = 0,95$
- Diamètre de chaque roue de la voiture : $d_{roue} = 0,62 \text{ m}$

• Hypothèses et données relatives à la sollicitation de la torsion :

Communes aux deux arbres (creux et plein) :

- Moment de torsion maximal $C_r = M_t = 270 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Module de coulomb $G = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$
- Masse volumique $\rho = 7800 \text{ Kg/m}^3$
- Coefficient concentration de contrainte $k_t = 1,86$
- Longueur $L = 400 \text{ mm}$

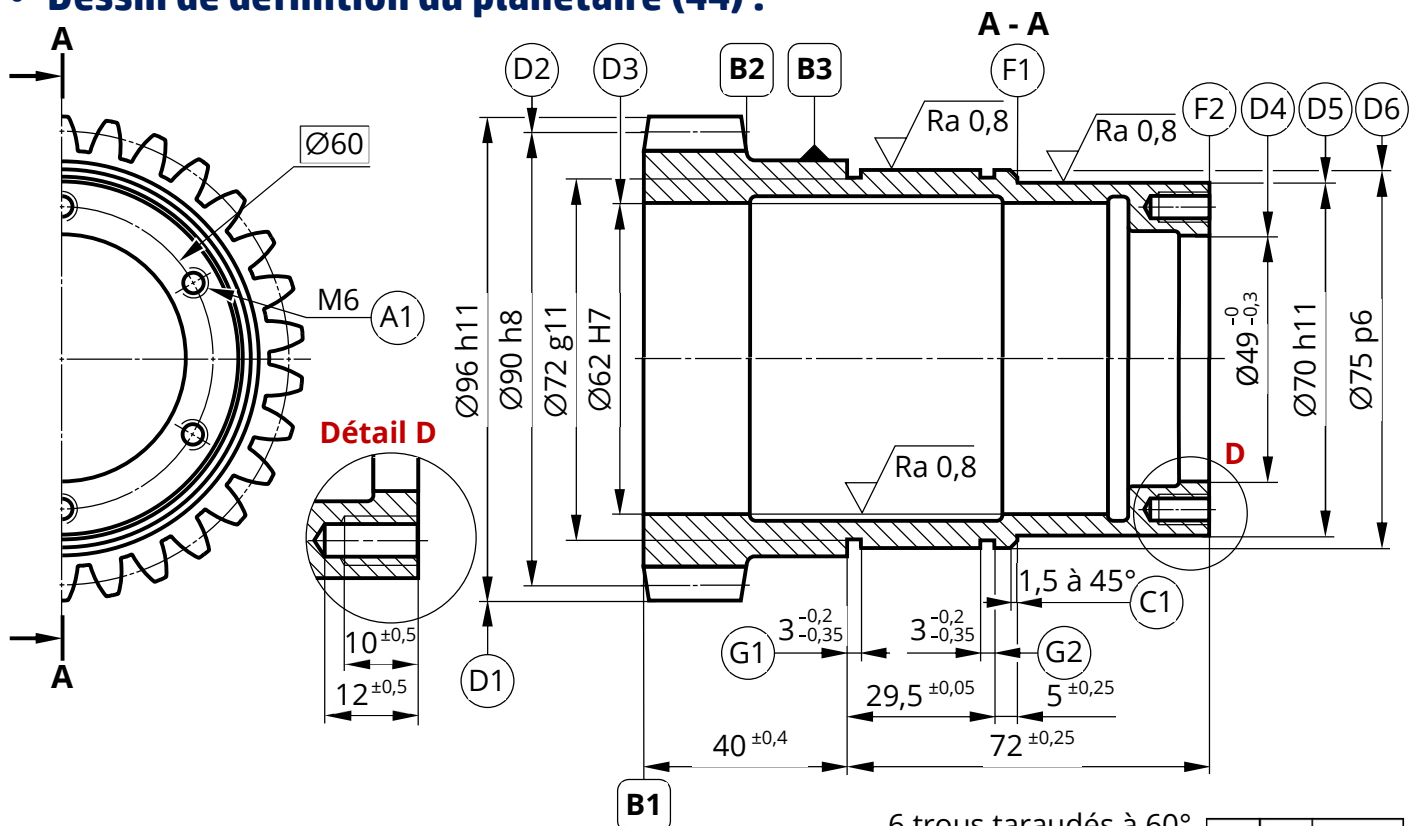
Arbre creux :

- Diamètre extérieur $d_e = 38 \text{ mm}$
- Diamètre intérieur $d_i = 24 \text{ mm}$

Arbre plein :

- Diamètre $d = 35 \text{ mm}$
- Contrainte maximale $\tau_{p_{max}} = 59,65 \text{ N/mm}^2$ dans une section droite
- Déformation angulaire $\alpha_p = 0,52^\circ$ entre deux sections droites distantes de L

• Dessin de définition du planétaire (44) :



$$G1 = G2 = \varnothing 72 \text{ g}11 = \varnothing 72_{-0,2}^{+0,01}$$

$$D1 = \varnothing 96 \text{ h}11 = \varnothing 96_{-0,21}^0$$

$$D3 = \varnothing 62 \text{ H}7 = \varnothing 62_{+0}^{+0,03}$$

$$D5 = \varnothing 70 \text{ h}11 = \varnothing 70_{-0,19}^0$$

$$D6 = \varnothing 75 \text{ p}6 = \varnothing 75_{+0,032}^{+0,051}$$

Echelle 2 : 3

Ra 3,2 sauf indication

Matière : G25 Cr Mo 4

6 trous taraudés à 60°

D3	⊗	0,01
A1	⊕	⊕
F2	D4	

D6	⊗	0,01
----	---	------

D3	⊙	⊕	0,05	B3	D2	⊙	⊕	0,01	D3
----	---	---	------	----	----	---	---	------	----

F2	⊥	0,04	D3	D6	⊙	⊕	0,02	D3
----	---	------	----	----	---	---	------	----

• Avant-projet d'étude de fabrication :

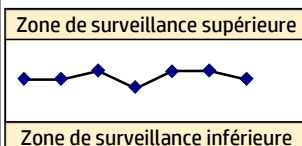
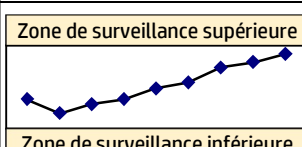
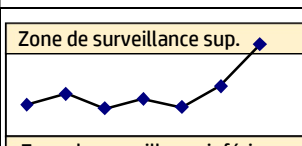
Phase	Désignation	Surfaces usinées	Mise en position isostatique	Machine-outil
00	Contrôle de brut	Moulage en sable		
10	Alésage	D3, D4	4N/ B3 ; 1N/B2	Aléseuse horizontale
20	Tournage	F2, D1, F1, D6, D5, G1, G2, C1	4N/D3 ; 1N/B1	Tour parallèle
30	Taillage d'engrenage	D2 (Z=30 dents ; m=3)	4N/D3 ; 1N/B1	Tailleuse d'engrenage
40	Perçage taraudage	A1×6 à 60°	3N/F2 ; 2N/D4 ; 1N/D6	Perceuse taraudeuse
50	Contrôle final			Poste de métrologie

• Données relatives à la fabrication :

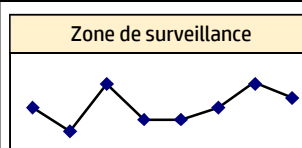
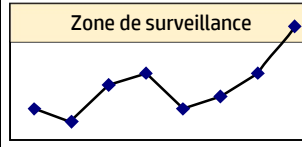
Vitesse de coupe V_c	Avance par tour f	Profondeur de passe a	Diamètre brut de $D3$	Longueur de coupe l_c	Paramètre de la loi de Taylor	
					C_v	n
100 m/min	0,2 mm/tr	2 mm	58 mm	42 mm	$74,19 \times 10^5$	-2,85

• Exemples d'analyse des courbes des moyennes et des étendues :

Exemples de variation des moyennes

Résultat du contrôle	Observations	Interprétations	Mesures à prendre
	01 Pas de grande variation de la moyenne	I1 Le processus est bien réglé	M1 Pas de corrections à envisager
	02 Une série de points consécutifs en augmentation	I2 Risque de production mauvaise	M2 1. Rechercher la cause (sans doute spéciale) 2. Régler le processus
	03 La dernière moyenne sort de la limite d'acceptation	I3 Le processus dérive	M3 3. Voir le journal de bord pour trouver la cause commune afin de la corriger durablement 4. Régler le processus

Exemples de variation des étendues

Résultat du contrôle	Observations	Interprétations	Mesures à prendre
	04 Pas de grande variation de l'étendue	I4 Processus stable	M4 Pas de corrections à envisager
	05 L'étendue d'un échantillon sort de la limite d'acceptation	I5 Le processus n'est pas capable (il produit des pièces mauvaises)	M5 5. Arrêt immédiat du processus 6. Consulter journal de bord et rechercher la cause

• Diagramme TRC 25 Cr Mo 4

C%	Mn%	Si%	S%	P%	Ni%	Cr%	Mo%	Cu%	V%

