

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL
MAINTENANCE DES VEHICULES AUTOMOBILES
Session 2006

Options : A, B, C, D

Nature de l'épreuve : **E 1 : Epreuve scientifique et technique**
Sous-épreuve E11 : Analyse d'un système technique
Unité U11
Epreuve écrite - coefficient : 2 - durée : 3 heures

SYSTEME DE DEMARRAGE DES MOTEURS THERMIQUES
--

DOSSIER CORRIGE

Question	NOTE	
Analyse fonctionnelle	/11	
Analyse de fonctionnement	/8	
Analyse structurelle	/53	
Cinématique	/25	
Statique	/33	
Energétique	/20	
NOTE	/150	/20

Les notes (/20) sont à saisir par les correcteurs sur minitel, et arrondies au demi point supérieur.

Examen : BACCALAUREAT PROFESSIONNEL	Options : A, B, C, D	Session : 2006	
Spécialité : Maintenance des Véhicules Automobiles	Code 0606-MV ST 11C	Durée : 3 h	Coef. : 2
Épreuve : E1 - Épreuve scientifique et technique	Unité : U11		

BAREME DE NOTATION

1- ANALYSE FONCTIONNELLE

Question 1.1	/3
Question 1.2	/8
	/11

2- ANALYSE DE FONCTIONNEMENT

Question 2.1	/4
Question 2.2	/4
	/8

3- ANALYSE STRUCTURELLE

Question 3.1	/32
Question 3.2	/14
Question 3.3	/7
	/53

4- CINEMATIQUE

Question 4.1	/4
Question 4.2	/4
Question 4.3	/5
Question 4.4	/5
Question 4.5	/5
Question 4.6	/2
	/25

5- STATIQUE

Question 5.1	/9
Question 5.2	/5
Question 5.3	/15
Question 5.4	/4

6- ENERGETIQUE

Question 6.1	/9
Question 6.2	/5
Question 6.3	/4
Question 6.4	/2

/20

TOTAL

/150

NOTE

/20

1) ANALYSE FONCTIONNELLE

Problème à résoudre : Trouver les sous systèmes qui participent à la transmission de l'énergie mécanique de rotation au volant moteur.

On donne le diagramme A-0 de l'analyse descendante (voir DR 2/9).

QUESTION N° 1.1 : (Document à consulter : DR 2/9)

Indiquez ci-dessous la matière d'œuvre entrante (MOE) et la matière d'œuvre sortante (MOS) du système.

Réponse :

MOE : Energie électrique (U,I)

MOS : Energie mécanique (C, ω)

QUESTION N° 1.2 : (Documents à consulter : DR 3/9, DR 4/9 et DR 5/9)

- Complétez le tableau ci-dessous, en indiquant le nom des sous-systèmes assurant les différentes fonctions.

Réponse :

Fonctions	Sous système
Réaliser l'accouplement mécanique de l'arbre du démarreur avec l'arbre moteur et fermer le circuit de puissance.	Contacteur électromagnétique
Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	Moteur électrique
Augmenter le couple en diminuant la vitesse	Réducteur à train épicycloïdal
Transmettre et adapter le couple au volant moteur et protéger le démarreur après démarrage du moteur.	Lanceur

2) ANALYSE DE FONCTIONNEMENT DU MECANISME

Problème à résoudre : Analyser le système afin de proposer des causes de dysfonctionnement avant une opération de maintenance.

QUESTION N° 2.1 : (Documents à consulter : DR 3/9, DR 8/9 et DR 9/9)

Quelle est la pièce qui assure le retour en position du lanceur après arrêt de l'ordre de fonctionnement ?

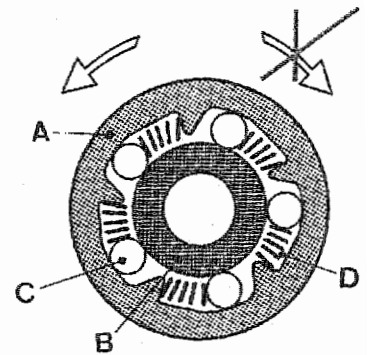
Réponse : Ressort 33

QUESTION N° 2.2 : (Document à consulter : DR 5/9)

(Phase : Démarrage)

Le lanceur assure la transmission du mouvement de rotation ainsi que la fonction roue libre.

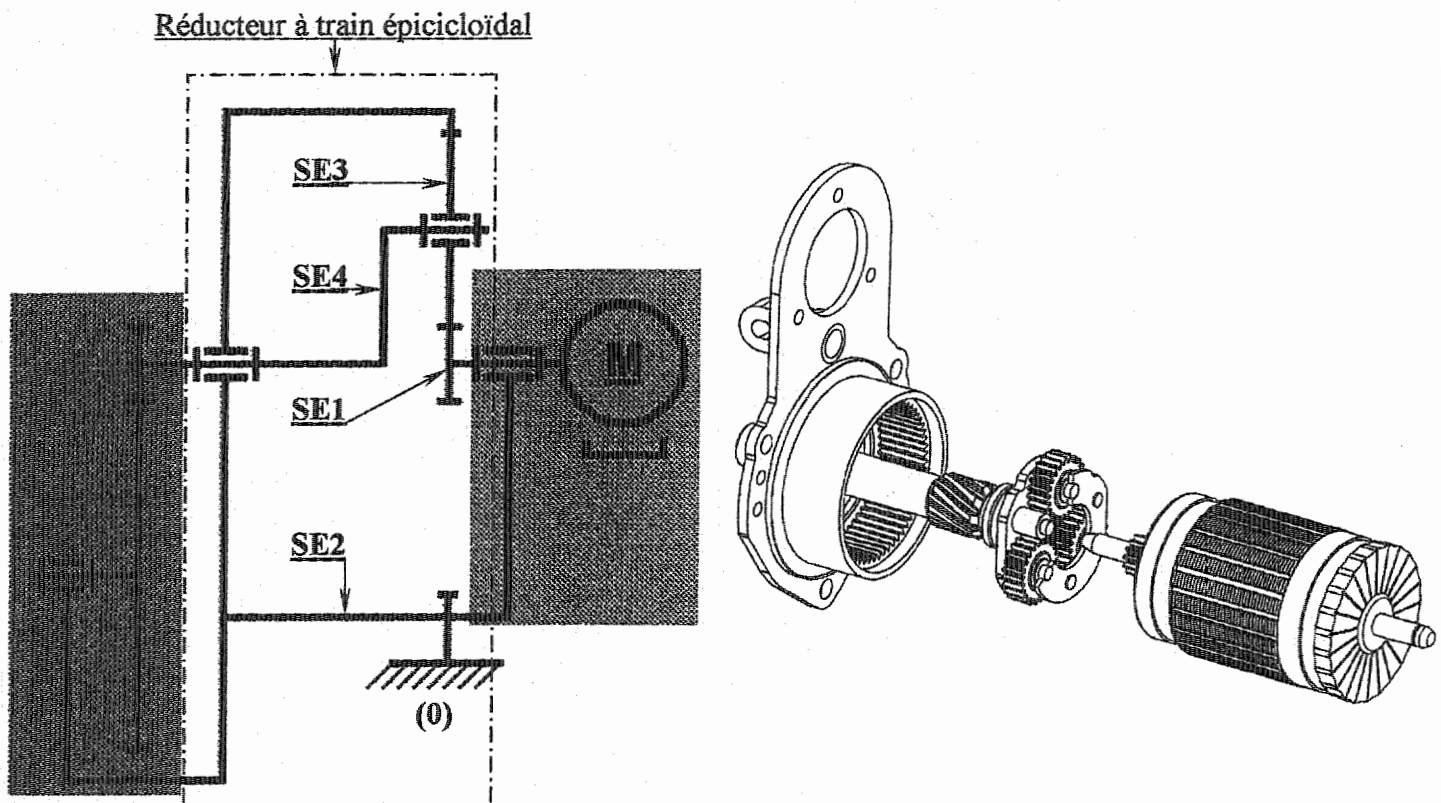
Indiquez sur le croquis ci-contre, le sens de rotation correspondant à l'entraînement de la bague B par la bague A, en barrant la flèche qui ne convient pas.



3) ANALYSE STRUCTURELLE Modélisation du réducteur

Problème à résoudre : A partir de la modélisation cinématique du réducteur à train épicycloïdal du démarreur, on se propose de trouver les pièces composant chaque sous-ensemble isocinétique afin d'analyser la structure du mécanisme.

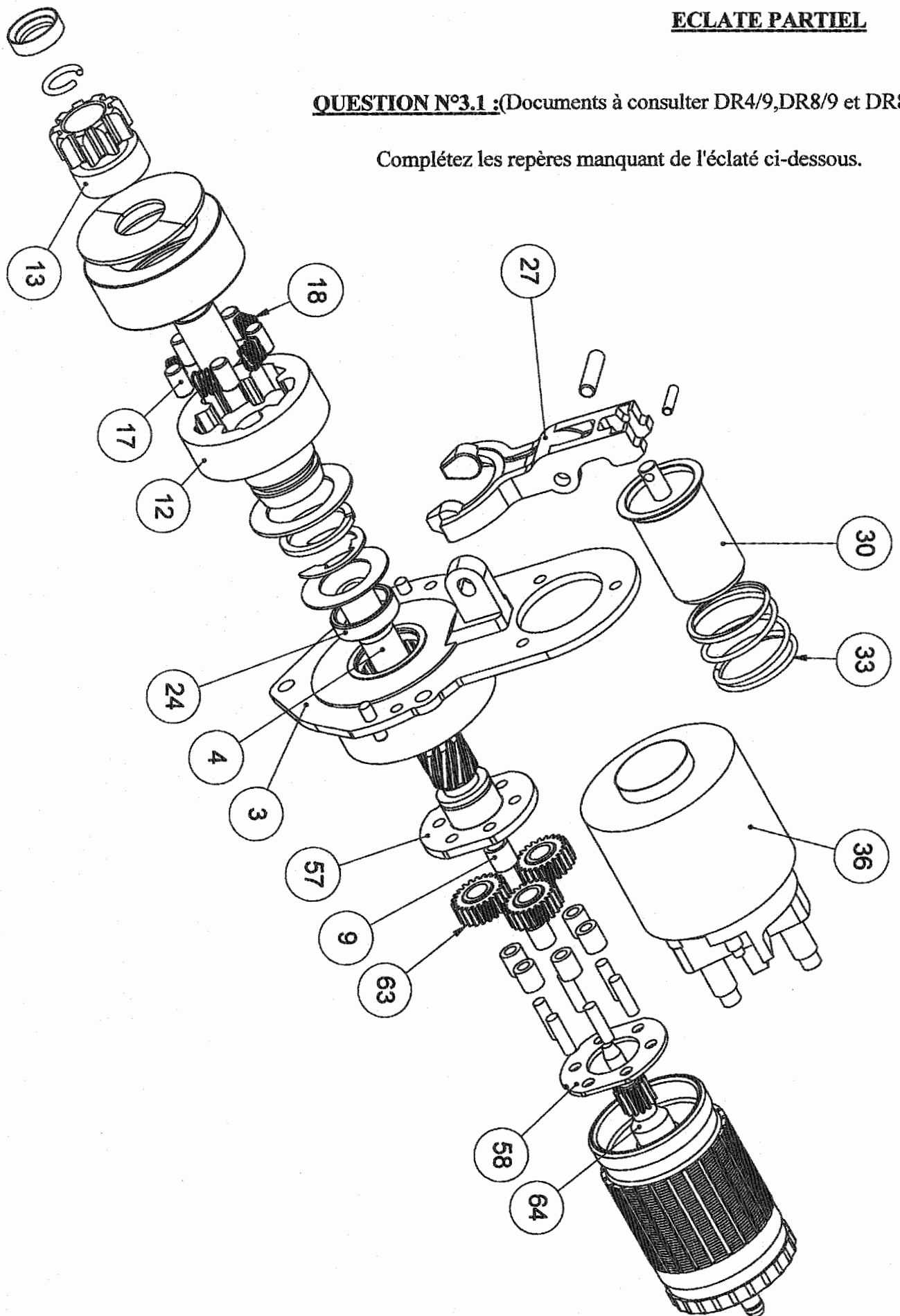
On donne ci-dessous le schéma cinématique minimal du réducteur à train épicycloïdal du démarreur situé en bout du moteur électrique pendant la phase d'entraînement du moteur thermique et défini sur le document DR 9/9 (un seul satellite est représenté).



ECLATE PARTIEL

QUESTION N°3.1 :(Documents à consulter DR4/9,DR8/9 et DR8/9)

Complétez les repères manquant de l'éclaté ci-dessous.

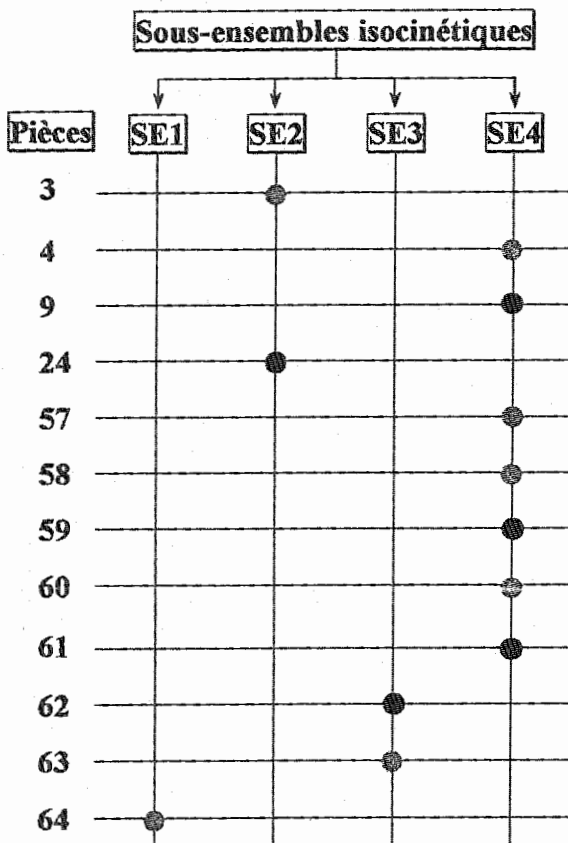


QUESTION N° 3.2 : (Documents à consulter DT 2/11, DT 3/11, DR 8/9, DR 9/9)

Complétez le graphe en rateau ci-dessous en retrouvant les pièces composant chaque sous-ensemble isocinétique du réducteur à train épicycloïdal.

Rappel : Un ensemble isocinétique est un ensemble de pièces n'ayant pas de mouvement relatif pendant la phase de fonctionnement considérée du mécanisme. Un sous-ensemble isocinétique est aussi appelé, sous ensemble rigide.

GRAPHE EN RATEAU



QUESTION N° 3.3:

Etablissez ci-dessous le bilan de la composition des sous-ensembles.

- SE1 = { 64 }
- SE2 = { 24, 3, }
- SE3 = { 62, 63 }
- SE4 = { 59, 61, 9, 57, 58, 60 }

NOTA :

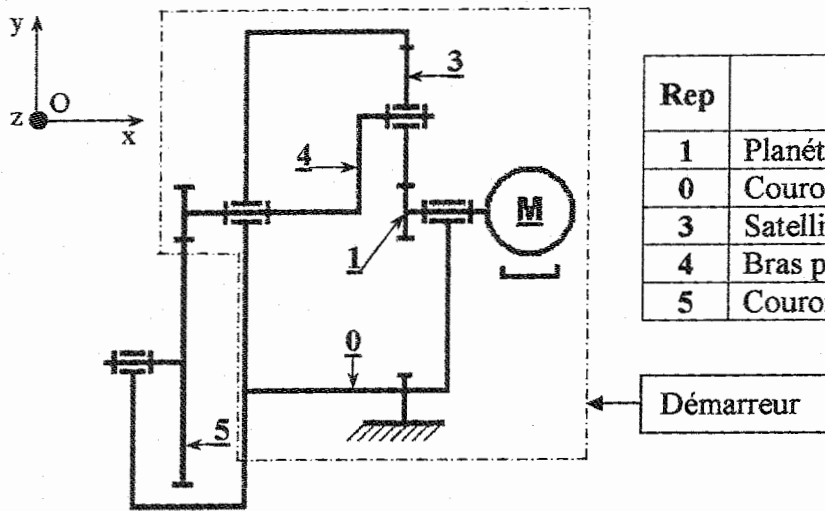
Pièces	Ajustement	
	Serré	avec Jeu
3/24	X	
4/24		X
57/59	X	
58/59	X	
59/60	X	
62/63	X	

4) CINEMATIQUE

Etude des relations cinématiques dans le réducteur à train épicycloïdal

Problème à résoudre : On se propose de vérifier les performances annoncées par le constructeur. Le moteur électrique doit avoir une fréquence de rotation de **8431 tr/mn** pour entraîner le moteur thermique à son régime d'auto-fonctionnement, soit **100 tr/mn**.

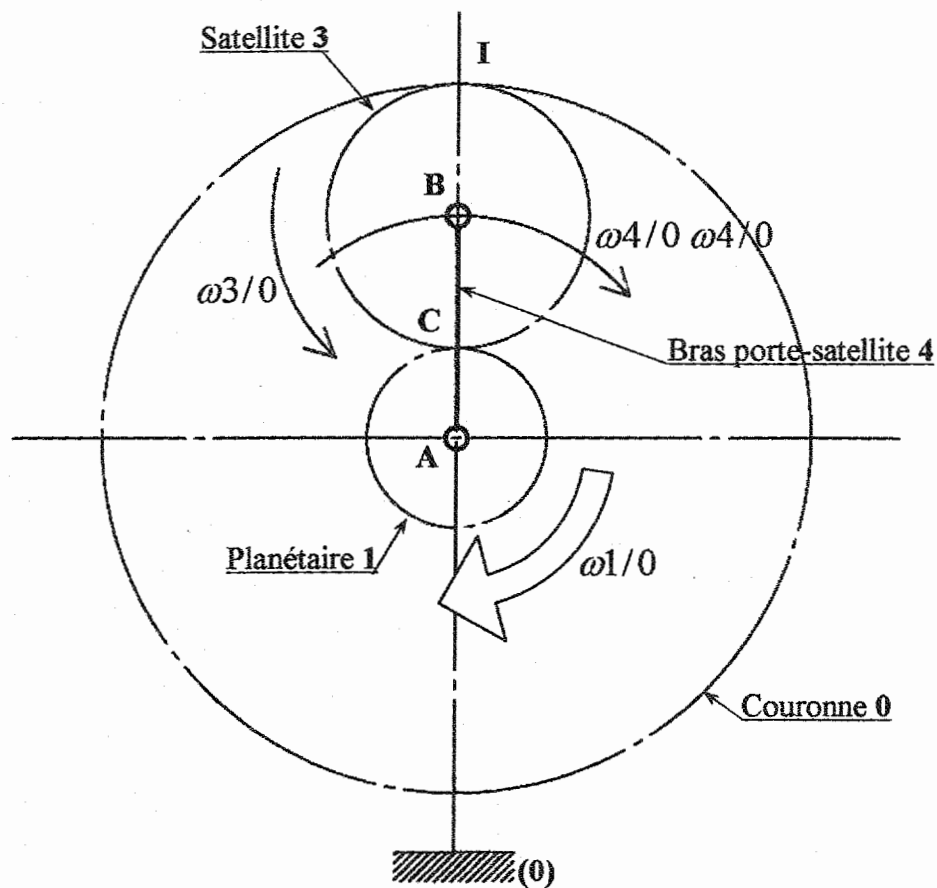
On donne ci-après (DT 5/11) le schéma plan de la chaîne cinématique du démarreur durant la phase d'entraînement du moteur thermique et les caractéristiques des roues dentées.



Rep	Désignation	Nombre de dents
1	Planétaire (pignon moteur électrique)	$Z_1 = 13$
0	Couronne	$Z_0 = 59$
3	Satellite	$Z_3 = 22$
4	Bras porte satellite (pignon lanceur)	$Z_4 = 9$
5	Couronne volant moteur	$Z_5 = 137$

On donne ci-dessous à l'échelle 2:1, le schéma de principe d'engrènement des roues dentées constituant le réducteur à train épicycloïdal avec le sens de rotation du planétaire 1.

Nota : -seuls les diamètres primitifs ont été représentés.
-seul un satellite a été dessiné.



On donne le sens de rotation du planétaire 1 par rapport à 0 ($\omega_{1/0}$).

QUESTION N° 4.1 :

Indiquez par une flèche sur le schéma ci-dessus :

- le sens de rotation du satellite 3 par rapport à 0 ($\omega_{3/0}$).
- le sens de rotation du point B appartenant au bras porte satellite 4 par rapport à 0 ($\omega_{4/0}$).

QUESTION N° 4.2: (Document à consulter DT 5/11)

Arrondir les résultats à 3 chiffres après la virgule

Calculez la vitesse angulaire $\omega_{1/0}$ du moteur électrique à partir de $N_{1/0} = 8431$ tr/mn.

Réponse: $\omega_{1/0} = 2\pi \cdot N_{1/0} / 60 = 2\pi \cdot 8431 / 60$

$\omega_{1/0} = 882,892$ rad/s

QUESTION N° 4.3: (Document à consulter DT 5/11)

Le rapport de réduction de ce réducteur à train épicycloïdal s'exprime sous la forme suivante :

$$\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_0}$$

Calculez la vitesse angulaire $\omega_{4/0}$ du bras porte satellite en utilisant l'expression précédente.

Réponse: $\omega_{4/0} = \omega_{1/0} \times \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} = 882,892 \times \frac{13}{13 + 59}$

$\omega_{4/0} = 159,411$ rad/s

QUESTION N° 4.4: (Document à consulter DT 5/11)

Calculez la vitesse angulaire du moteur thermique $\omega_{5/0}$.

Réponse: $\omega_{5/0} = \omega_{4/0} \times \frac{Z_4}{Z_5} = 159,411 \times \frac{9}{137}$

$\omega_{5/0} = 10,472$ rad/s

QUESTION N° 4.5: (Document à consulter DT 5/11)

Déduisez à partir du résultat précédent la fréquence de rotation du moteur thermique notée $N_{5/0}$.

Réponse: $N_{5/0} = \frac{60 \times \omega_{5/0}}{2\pi}$

$N_{5/0} = 100,002$ tr/mn

QUESTION N° 4.6:

Pour la fréquence de rotation de **8431 tr/mn** du moteur électrique, le moteur thermique atteindra-t-il son régime d'auto-fonctionnement de **100 tr/mn** ?

Réponse : (cochez la bonne réponse)

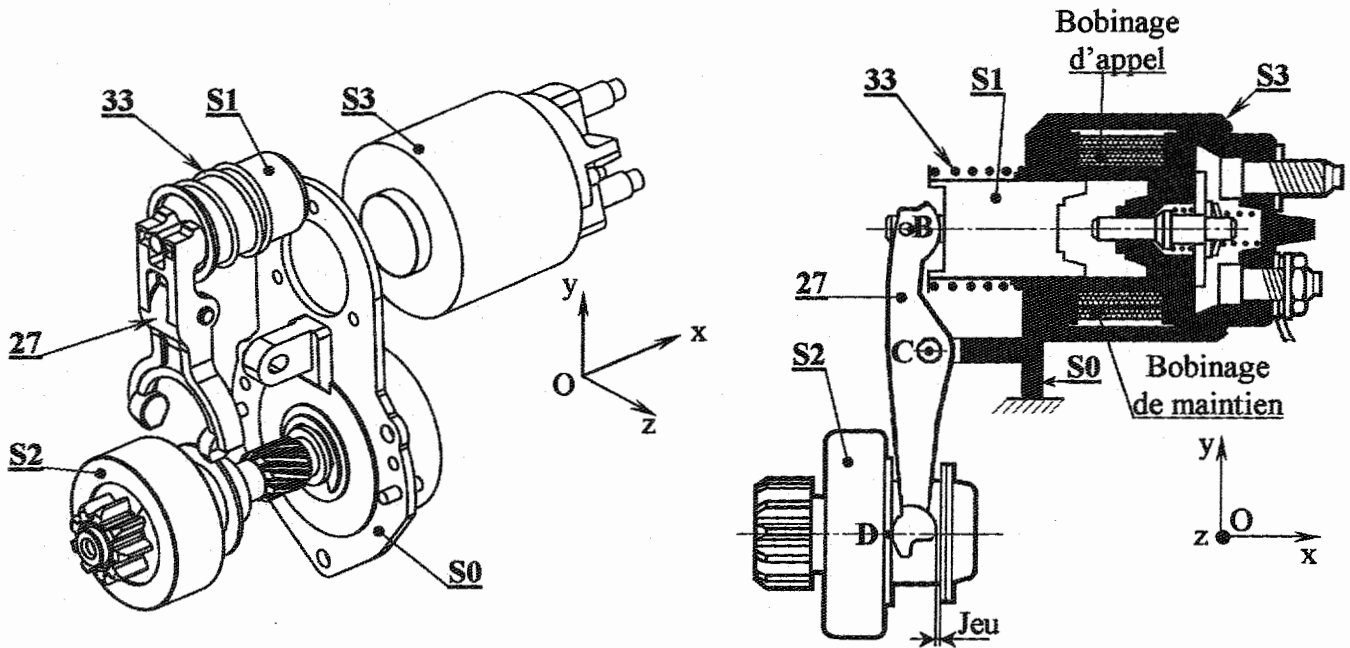
OUI

NON

5) STATIQUE Etude de l'équilibre statique de la fourchette 27

Problème à résoudre :

Afin de déterminer l'action de la fourchette sur le lanceur lors de la mise sous tension du contacteur, on se propose d'étudier l'équilibre statique de la fourchette 27.



Lors de la mise en action du contacteur, les deux bobinages créent une force électromagnétique nécessaire au déplacement de la fourchette 27 et à la fermeture du contact. Cette force électromagnétique a une intensité de 100N. (voir DR 6/9 et DR 7/9)

A cet instant, on admettra que l'action du ressort 33 qui s'oppose au déplacement de S1 vers la droite est évaluée à 50 N.

L'étude est effectuée dans le plan de symétrie de la fourchette.

Hypothèses :

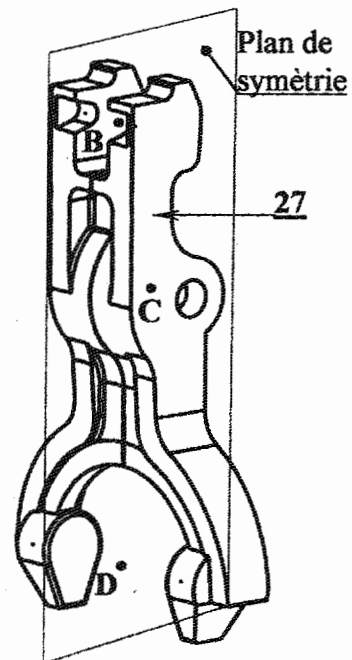
- Le poids de la fourchette est négligé.
- Les liaisons sont supposées parfaites donc sans frottements.
- Le système S1 quitte la position « repos » et se trouve en début de translation vers la droite.

Nature des liaisons :

Liaisons	Points de contact	Nature
27/S1	B	Ponctuelle de normale (B, \vec{x})
27/S0	C	Pivot d'axe (C, \vec{z})
27/S2	D	Ponctuelle de normale (D, \vec{x})

Remarques :

- B est le point d'application de la résultante des actions de contact de S1/27.
- C est le point d'application de la résultante des actions de contact de S0/27.
- D est le point d'application de la résultante des actions de contact de S2/27.



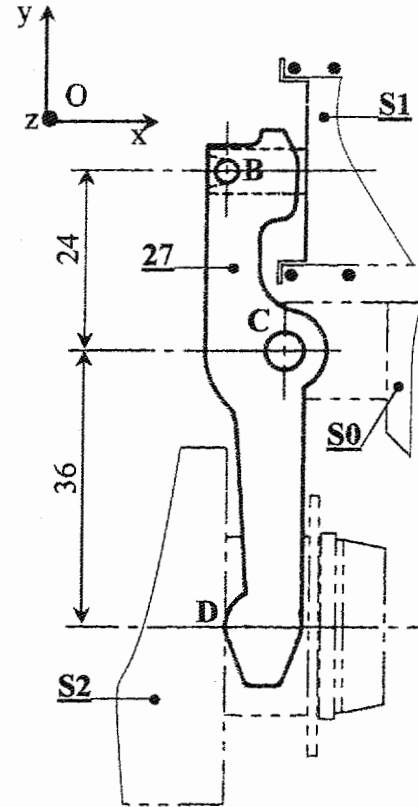
QUESTION N° 22:

On vous demande de déterminer complètement les caractéristiques des actions mécaniques extérieures agissant sur la fourchette 27.

Isolement de 27

QUESTION N° 5.1 : Etablissez le bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur 27.

Action Mécanique	Point d'application	Direction	Sens	Intensité en N
$\vec{B}_{S1/27}$	B	_____	?	50
$\vec{C}_{S0/27}$	C	?	?	?
$\vec{D}_{S2/27}$	D	_____	→	?



QUESTION N° 5.2 : Donnez les conditions d'équilibre au point C.

$$1- \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \vec{B}_{S1/27} + \vec{C}_{S0/27} + \vec{D}_{S2/27} = \vec{0}$$

$$2- \sum \vec{M}_c(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \Rightarrow \vec{M}_c[\vec{B}_{S1/27}] + \vec{M}_c[\vec{C}_{S0/27}] + \vec{M}_c[\vec{D}_{S2/27}] = 0$$

La fourchette 27 est en équilibre sous l'action de **3 forces parallèles**, ~~3 forces concourantes~~.
Barrez ci-dessus l'encadré qui ne convient pas. **Justifiez** ci-dessous votre réponse.

Justification : La fourchette 27 est en équilibre sous l'action de 3 forces dont 2 sont parallèles, la 3^{ème} est également parallèle.

QUESTION N° 5.3 : Résolvez analytiquement en calculant le moment résultant par rapport à C.

$$2 \Rightarrow - [\|\vec{B}_{S1/27}\| \times 0,024] + [\|\vec{D}_{S2/27}\| \times 0,036] = 0 \Rightarrow \|\vec{D}_{S2/27}\| = \frac{0,024 \times 50}{0,036} = 33,3 \text{ N}$$

$$1 \Rightarrow \text{projection sur l'axe } x: \|\vec{B}_{S1/27}\| \cos 0^\circ + \|\vec{C}_{S0/27}\| \cos \theta + \|\vec{D}_{S2/27}\| \cos 0^\circ = 0$$

$$\Rightarrow -\|\vec{C}_{S0/27}\| \cos \theta = \|\vec{B}_{S1/27}\| + \|\vec{D}_{S2/27}\| = 50 + 33,3 = 83,3 \text{ N}$$

$$\|\vec{C}_{S0/27}\| = 83,3 \text{ N}; \cos \theta = -1 \text{ donc } \theta = 180^\circ$$

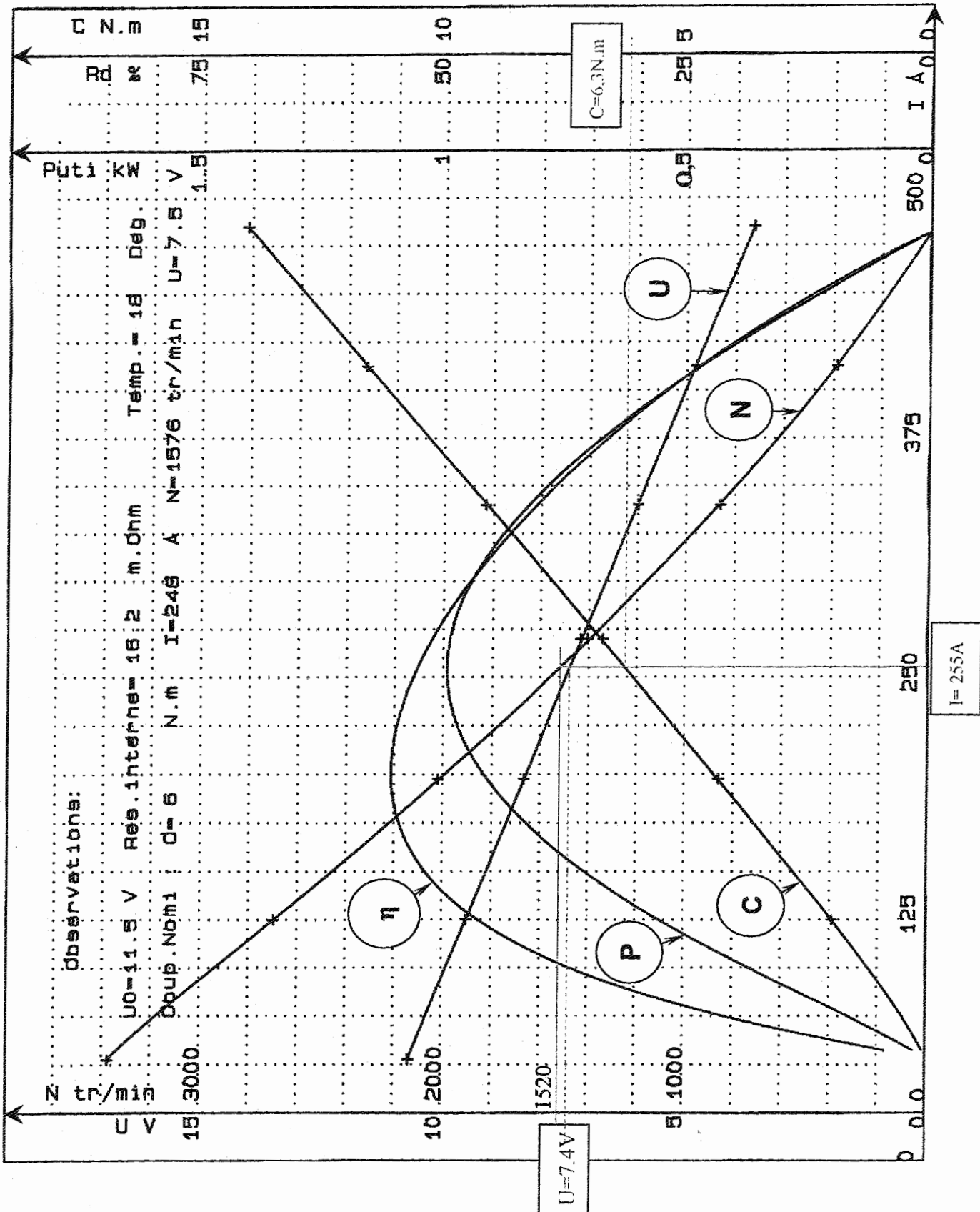
QUESTION N° 5.4 : Etablissez le bilan final des actions mécaniques extérieures agissant sur 27.

Action Mécanique	Point d'application	Direction	Sens	Intensité en N
$\vec{B}_{S1/27}$	B	_____	→	50
$\vec{C}_{S0/27}$	C	_____	←	83,3
$\vec{D}_{S2/27}$	D	_____	→	33,3

6) **ENERGETIQUE** Détermination du rendement global du démarreur

Problème à résoudre : On se propose de calculer le rendement du démarreur électrique dans les conditions minimales d'autofonctionnement du moteur thermique, c'est-à-dire pour $N_{\text{moteur thermique}} = 100 \text{ tr/mn}$ obtenu avec $N_{\text{lanceur}} = 1520 \text{ tr/mn}$.

COURBES ENERGETIQUE DU DEMARREUR



Le démarreur doit générer un couple suffisant pour vaincre les frottements internes au moteur et permettre la compression du mélange dans les cylindres.

Fréquences de rotation du lanceur et couple fourni au moteur définissent la puissance utile du démarreur. La puissance utile absorbée est égale à la tension aux bornes du démarreur multiplié par l'intensité du courant qui le traverse.

La figure page 9/11 représente les courbes caractéristiques d'un démarreur électrique. Ces courbes, au nombre de cinq, sont identifiées par des lettres dont la codification est la suivante :

Grandeurs	Couple	Puissance utile	Rendement	Fréquence de rotation	Tension	Intensité
Symboles	C	P	η	N	U	I
Unités	N.m	Kw	%	Tr/mn	V	A

Nota : L'axe des abscisses, gradué en Ampère, correspond à l'intensité absorbée I par le démarreur. Chacune des courbes est définie en fonction de I.

QUESTION N° 23 :

QUESTION N° 6.1 : (Document à consulter DT 9/11)

Sur le document page DT 9/11, pour $N_{\text{lanceur}} = 1520 \text{ tr/mn}$, on vous demande :

- de lire les valeurs correspondantes de l'intensité U, de la tension I et du couple C.
- reportez dans le tableau ci-dessous les valeurs lues.

IMPORTANT : Reportez sur le document DT 9/11 les constructions graphiques nécessaires à la lecture de chaque point.

Réponse :

à $N_{\text{lanceur}} = 1520 \text{ tr/mn}$:

La valeur de l'intensité est :	I = 255 A
La valeur de la tension est :	U = 7,4 V
La valeur du couple est :	C = 6,3 N.m

QUESTION N° 6.2 :

A l'aide des résultats de la question précédente (question n°6.1), on vous demande de calculer les valeurs des puissances électrique et mécanique du démarreur pour $N_{\text{lanceur}} = 1520 \text{ tr/mn}$.

Inscrivez vos résultats dans le tableau ci-dessous :

Puissances	Formules	Calculs et résultats
Electrique	$P_{\text{électrique}} = U.I$	$P_{\text{électrique}} = 7,4 \times 255 = 1887 \text{ W}$
Mécanique	$P_{\text{mécanique}} = C.\omega$	$P_{\text{mécanique}} = 6,3 \times 2 \times \pi \times 1520/60 = 1002,76 \text{ W}$

QUESTION N° 6.3 :

En utilisant les résultats de la question précédente (question n°6.2), on vous demande d'évaluer le rendement (en %) du démarreur pour $N_{\text{lanceur}} = 1520 \text{ tr/mn}$.

Réponse : $\eta = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance absorbée}} = \frac{1002,76}{1887} = 0,5314$ soit 53,14 %

$\eta = 53,74 \%$

QUESTION N° 6.4:

Comparez le résultat trouvé à la question précédente (n°6.3) à la courbe de rendement du document page **DT 9/11**.

Utilise-t-on, au démarrage du moteur thermique, le démarreur à son rendement maximal ?

Réponse : (oui ou non) :

NON
