

***BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR***  
***MAINTENANCE INDUSTRIELLE***

***ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES***

***Durée : 2 heures***

***Coefficient : 2***

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

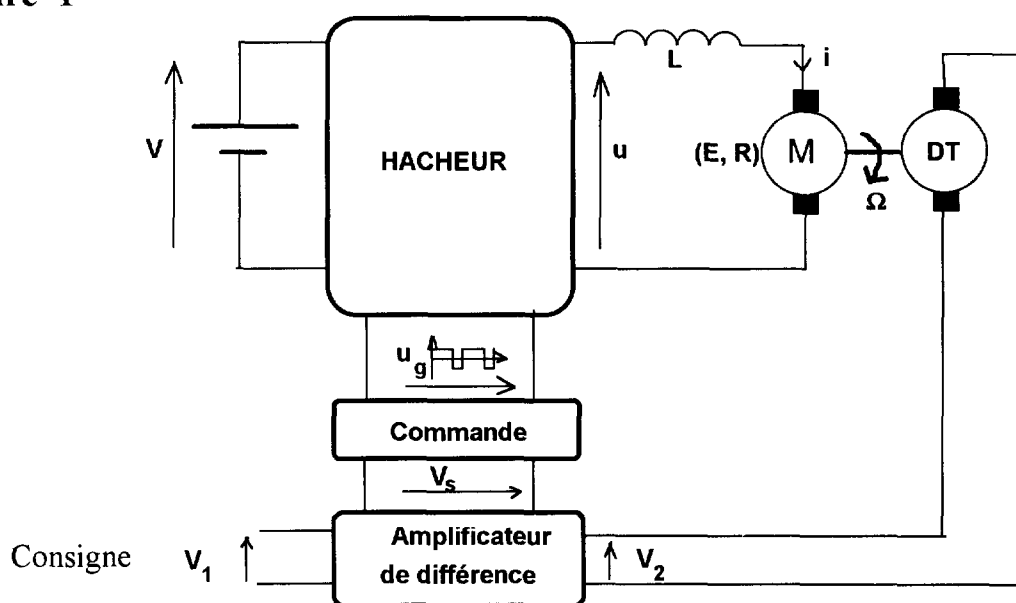
***IMPORTANT*** : Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1 à 6 + la page de présentation,  
(dont 1 document-réponse).

*Assurez-vous qu'il est complet. S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui  
vous en remettra un autre exemplaire.*

## Partie 1 Electricité

Le dispositif représenté (figure 1), destiné à réaliser la régulation de vitesse d'un moteur à courant continu, comporte un circuit de commande, un hacheur, un moteur à courant continu (M) et une dynamo tachymétrique (DT).

Figure 1



Les quatre parties A, B, C et D peuvent être traitées de manière indépendante.

### A - Etude du moteur.

Celui-ci est à excitation indépendante. Le flux est maintenu constant. La f.é.m.  $E$  est proportionnelle à la vitesse angulaire  $\Omega$  :  $E = k \cdot \Omega$  avec  $k = 1,53 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$ .

Résistance de l'induit :  $R = 2,0 \Omega$ .

Tension nominale d'induit :  $U = 180 \text{ V}$ . Intensité nominale d'induit :  $I = 10 \text{ A}$ .

1) Calculer pour le fonctionnement nominal :

1-1) La force électromotrice  $E$ .

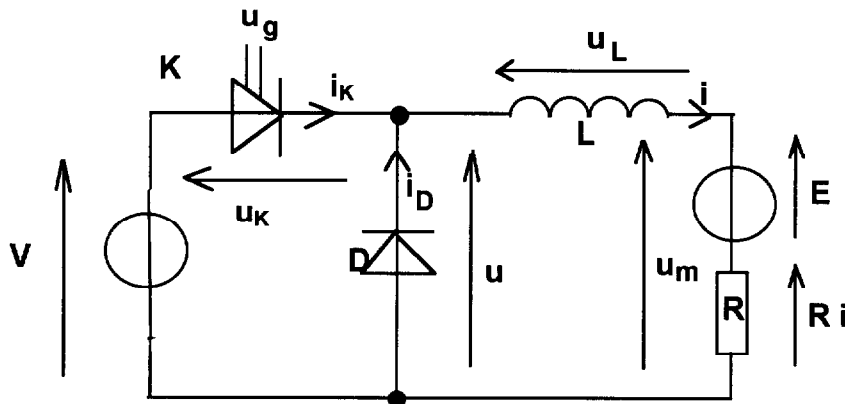
1-2) La vitesse angulaire  $\Omega$  et la fréquence de rotation  $n$ .

1-3) La puissance électromagnétique  $P_e$  et le moment du couple électromagnétique  $T_e$ .

2) Démontrer que le moment du couple électromagnétique est proportionnel à l'intensité  $I$ . Donner la valeur du coefficient de proportionnalité.

## B - Etude du hacheur.

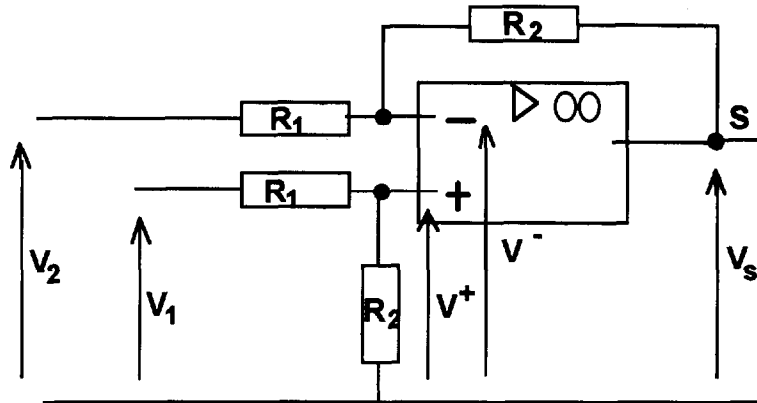
Figure 2



- 1) La tension  $u_g$  commande l'interrupteur électronique K. C'est une tension en créneaux représentée sur le document-réponse ( page 6 ).  
Calculer sa fréquence  $f$  et la valeur de son rapport cyclique  $\alpha$  .
- 2) Analyse du fonctionnement du hacheur.  
L'interrupteur K et la diode D sont supposés parfaits.  
La tension d'alimentation est :  $V = 300 \text{ V}$ .  
Quand  $u_g > 0$  l'interrupteur K est fermé.  
Quand  $u_g < 0$  l'interrupteur K est ouvert.
  - 2-1) Donner les valeurs de  $u_K$  et de  $u$  pour chacune des deux phases de fonctionnement du hacheur, sachant que le courant dans le moteur ne s'annule jamais.
  - 2-2) Représenter sur le document réponse (**page 6**) les graphes  $u(t)$ ,  $i_K(t)$  et  $i_D(t)$  .
  - 2-3) Exprimer la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de  $u(t)$  en fonction de  $V$  et de  $\alpha$ .
  - 2-4) Rappeler la valeur moyenne  $\langle u_L \rangle$  de  $u_L(t)$  .  
Exprimer alors  $\langle u \rangle$  en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $\langle i \rangle$  , valeur moyenne de  $i(t)$  .  
Dans les conditions du document réponse, donner la valeur de  $\langle i \rangle$  .  
En déduire la valeur numérique de  $E$ .
  - 2-5) L'ondulation du courant peut se caractériser par  $I_{\max} - I_{\min}$  où  $I_{\max}$  et  $I_{\min}$  sont les valeurs extrémales de l'intensité du courant  
On donne : 
$$I_{\max} - I_{\min} = \frac{\alpha V(1-\alpha)}{L f}$$
    - a) Indiquer deux façons de diminuer l'ondulation pour une valeur de  $\alpha$  donnée.
    - b) Calculer la valeur de l'inductance pour avoir un fonctionnement conforme au document réponse.

**C - Amplificateur de différence .**

**Figure 3**



L'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.

- 1) Quelle est la relation entre  $V^+$  et  $V^-$  dans ce type de fonctionnement ?
- 2) Exprimer  $V^+$  en fonction de  $V_1$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .
- 3) Sachant qu'on peut établir que  $V^- = \frac{V_2 \cdot R_2 + V_s \cdot R_1}{R_1 + R_2}$ , démontrer que :  $V_s = \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$ .

Justifier le nom d'amplificateur de différence et indiquer le coefficient d'amplification.

**D - Régulation de vitesse. Etude qualitative du système bouclé.**

La tension  $V_s$  commande la valeur du rapport cyclique  $\alpha$  de  $u_g(t)$ , telle que  $\alpha$  est proportionnel à  $V_s$  :

$$\alpha = A \cdot V_s$$

$V_1$  est une tension de consigne fixe.

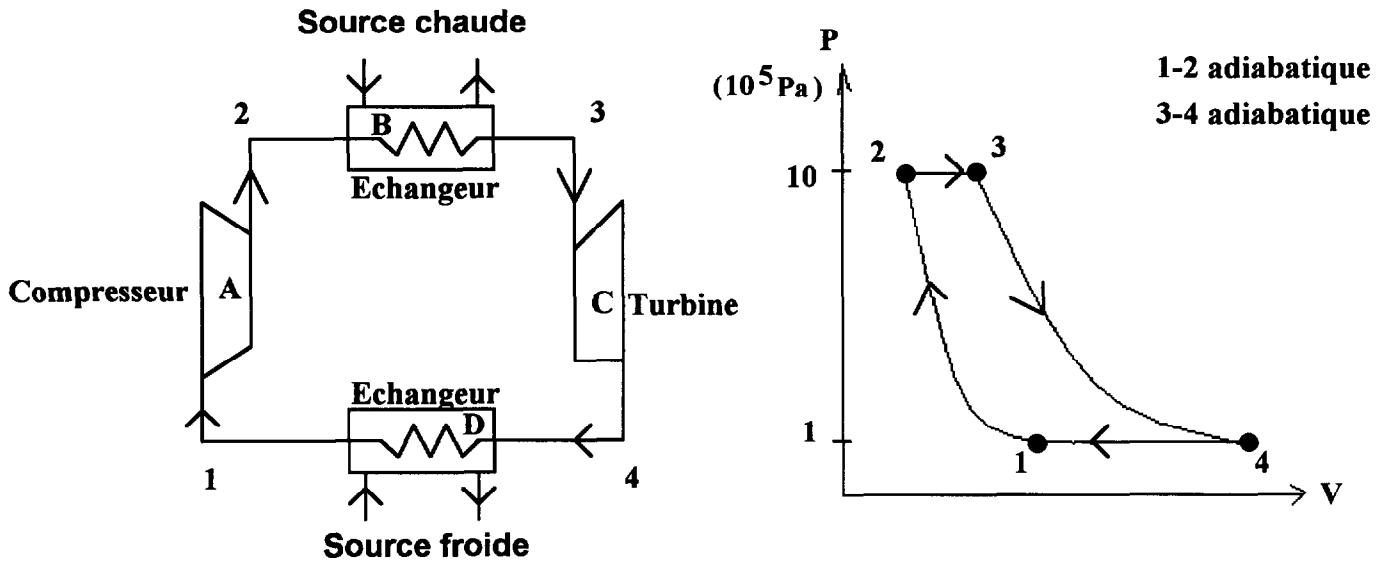
On considère que le moteur subit une variation de charge qui provoque une variation de sa vitesse.

En suivant le schéma du système bouclé (**figure 1**), remplir le tableau du document-réponse (page 6) en portant une flèche ↗ pour « croissante » et une flèche ↘ pour « décroissante » afin d'indiquer le sens de l'évolution de chacun des paramètres concernés dans l'ordre de la boucle.

Montrer que le système bouclé a tendance à réguler la vitesse .

## Partie 2 : Thermodynamique

Une turbine à gaz fonctionne avec de l'air suivant le schéma de principe ci-dessous .



On étudie le cycle thermodynamique de l'air subissant les transformations réversibles suivantes :

- compression adiabatique dans le compresseur A ;
- échauffement à pression constante dans l'échangeur de chaleur B ;
- détente adiabatique dans la turbine C ;
- refroidissement à pression constante dans l'échangeur de chaleur D.

**Données :**

Constante des gaz parfaits	$R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .
Capacité thermique molaire à pression constante de l'air	$C_p = 29,12 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Capacité thermique molaire à volume constant de l'air	$C_v = 20,80 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Rapport des capacités thermiques molaires	$\gamma = C_p / C_v = 1,4$
Masse molaire de l'air	$M_a = 0,029 \text{ kg.mol}^{-1}$

**Pour une transformation adiabatique :**

$$P \cdot V^\gamma = \text{constante} \quad ; \quad T \cdot V^{\gamma-1} = \text{constante} \quad ; \quad T^\gamma \cdot P^{1-\gamma} = \text{constante}$$

On raisonne sur une masse d'air de 1 kg .

1) Calculer  $n$  le nombre de moles d'air.

2) L'air entre dans le compresseur **A** à la température **300 K** et à la pression de  $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Calculer le volume  $V_1$  de l'air à l'entrée du compresseur.

3)

3-1) Montrer que la température en fin de compression est :  $T_2 = 579 \text{ K}$ .

3-2) Le gaz reçoit dans l'échangeur **B** une quantité de chaleur de **450 kJ**.  
Calculer la température  $T_3$  à la sortie de l'échangeur **B**.

3-3) Montrer que la température  $T_4$  à la sortie de la turbine a pour valeur :  $T_4 = 532 \text{ K}$ .

3-4) Calculer la quantité de chaleur reçue par le gaz dans l'échangeur **D**.

4)

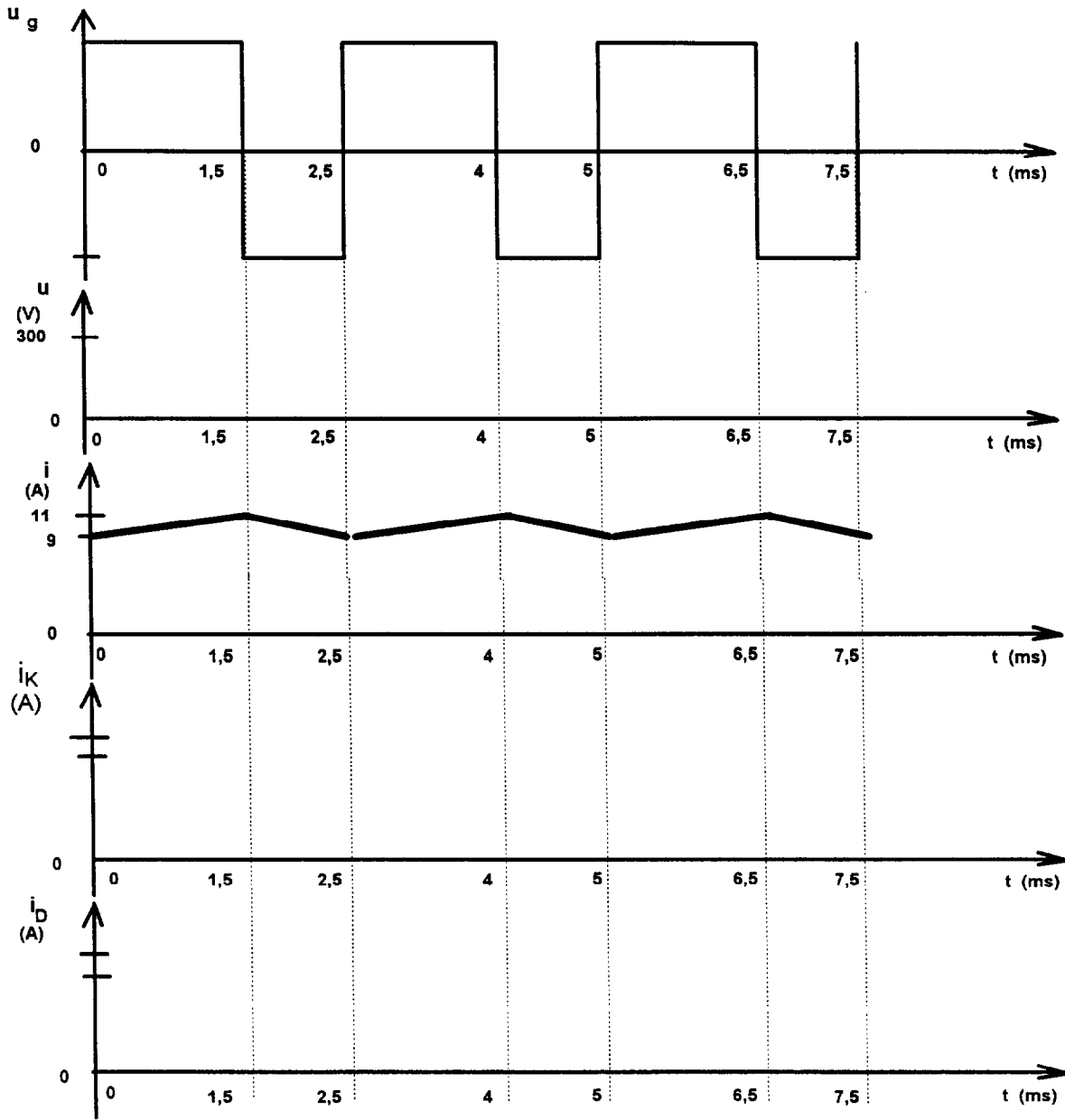
4-1) Indiquer la valeur des quantités de chaleur reçues par le gaz au cours de chacune des transformations.

En déduire la quantité de chaleur  $Q_{\text{cycle}}$  reçue au cours d'un cycle.

4-2) En déduire le travail reçu au cours d'un cycle  $W_{\text{cycle}}$ .

Préciser son signe et la signification de celui-ci.

**DOCUMENT REPONSE A REMETTRE AVEC LA COPIE**



**Etude qualitative de la régulation de vitesse**

Tension de consigne  $V_1 = \text{constante}$

Charge du moteur	Intensité moyenne $\langle i \rangle$	F.é.m. E	Vitesse $\Omega$	$V_2$	$V_S$	Rapport cyclique $\alpha$	Tension moyenne $\langle u \rangle$	F.é.m. E	Vitesse $\Omega$
↗	↗								