

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CONCEPTION ET RÉALISATION DE CARROSSERIES

SCIENCES PHYSIQUES

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

- Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

SCIENCES PHYSIQUES

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- Conformément aux dispositions de la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999, l'usage de la calculatrice est autorisé.

PROBLÈME 1 : THERMODYNAMIQUE (6 points)

Données : $R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Capacité thermique molaire à volume constant : $C_V = 20,7 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Capacité thermique molaire à pression constante : $C_p = 29,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

On rappelle : Pour un gaz parfait : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$.

Le tableau ci-après donne les chaleurs correspondant aux transformations indiquées.

| Transformation : a → b | Q_{ab} |
|------------------------|---|
| Isotherme | $n \cdot R \cdot T_a \cdot \ln \frac{P_a}{P_b}$ |
| Isobare | $n \cdot C_p \cdot (T_b - T_a)$ |
| Isochore | $n \cdot C_V \cdot (T_b - T_a)$ |

On considère une machine thermique fonctionnant selon le cycle réversible constitué par les transformations suivantes :

- **Compression isotherme** : passage de l'état 1 à l'état 2, noté 1 → 2 ;
- **Transformation isobare** pour revenir à V_1 : passage de l'état 2 à l'état 3, noté 2 → 3 ;
- **Transformation isochore** : passage de l'état 3 à l'état 1, noté 3 → 1.

Le tableau ci-dessous résume ces transformations.

| Compression isotherme | Transformation isobare | Transformation isochore |
|---|---|---|
| état 1 → état 2 (1 → 2) | état 2 → état 3 (2 → 3) | état 3 → état 1 (3 → 1) |
| $P_1 \rightarrow P_2$ $V_1 \rightarrow V_2$ $T_1 \rightarrow T_2 = T_1$ | $P_2 \rightarrow P_3 = P_2$ $V_2 \rightarrow V_3 = V_1$ $T_2 \rightarrow T_3$ | $P_3 \rightarrow P_1$ $V_3 \rightarrow V_1 = V_3$ $T_3 \rightarrow T_1$ |

Le mélange des gaz décrivant le cycle est considéré comme un **gaz parfait**.

Les conditions à l'admission sont : $P_1 = 1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$; $V_1 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; $T_1 = 300 \text{ K}$.

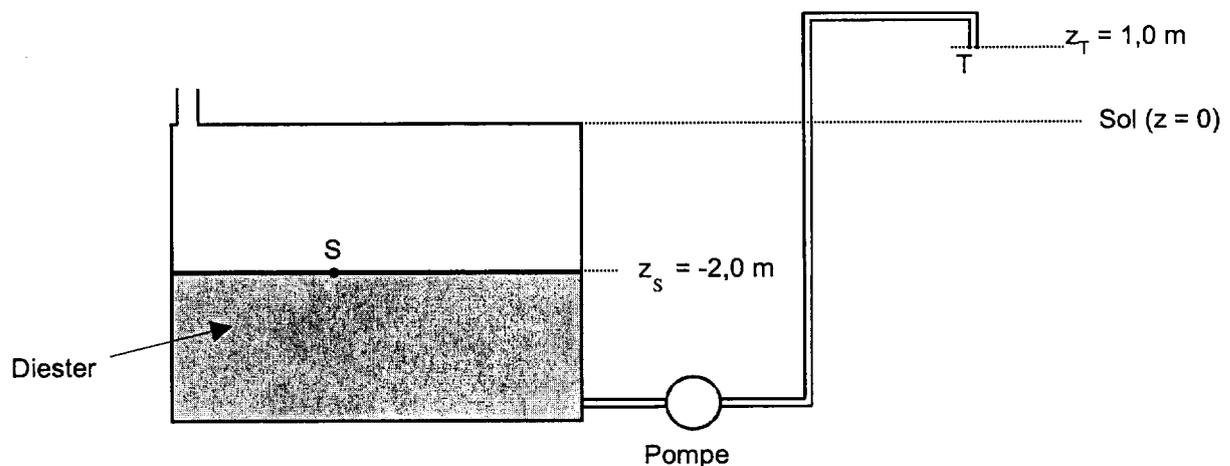
- 1 - Sur la figure 1 du document-réponse, compléter la représentation du cycle et indiquer l'état 3.
- 2 - Vérifier que le nombre n de moles de gaz décrivant le cycle est $n = 0,30 \text{ mol}$.

- 3 - Sachant que $P_2 = 4,5 \times 10^5$ Pa, calculer le volume V_2 en fin de compression isotherme (1 → 2).
- 4 - Calculer la température T_3 en fin de transformation isobare (2 → 3).
- 5 - On pose : Q_{12} chaleur échangée lors de la transformation 1 → 2.
 Q_{23} chaleur échangée lors de la transformation 2 → 3.
 Q_{31} chaleur échangée lors de la transformation 3 → 1.
Quelle sont les chaleurs Q_{12} , Q_{23} et Q_{31} échangées par le gaz avec le milieu extérieur au cours de chacune des 3 transformations du cycle ?
- 6 - Calculer la chaleur Q_{cycle} échangée par le gaz avec le milieu extérieur au cours du cycle complet.
- 7 - En déduire le travail W_{cycle} échangé par le gaz avec le milieu extérieur au cours du cycle complet. Justifier la réponse.

PROBLÈME 2 : MÉCANIQUE DES FLUIDES (5 points)

Une pompe à diester aspire le liquide dans une citerne enterrée pour le refouler dans le réservoir d'une voiture (voir schéma ci-après).

- Le tuyau par lequel le diester s'écoule a un diamètre constant $d = 20 \times 10^{-3}$ m.
- La longueur du tuyau est $L = 8,0$ m.
- Le temps de remplissage du réservoir est $t = 120$ s pour un volume du diester $V = 60$ L.



On donne :

- Pression atmosphérique : $P_0 = 1,0 \times 10^5$ Pa
- Masse volumique du diester : $\rho = 8,0 \times 10^2$ kg.m⁻³
- Viscosité cinématique du diester : $\nu = 1,2 \times 10^{-6}$ m².s⁻¹
- Accélération de la pesanteur : $g = 9,8$ m.s⁻²

On rappelle :

- Nombre de Reynolds $R = \frac{v \cdot d}{\nu}$
avec v : vitesse moyenne d'écoulement du fluide dans le tuyau
- Expression de λ (coefficient de perte de charge) suivant le type d'écoulement :
 - $R \leq 2000$ (écoulement laminaire).
 - $2000 < R < 40000$ (écoulement turbulent lisse).
 - $R \geq 40000$ (écoulement turbulent rugueux).
- Equation de Bernoulli pour 1 kg de fluide :
$$\frac{1}{2}(v_B^2 - v_A^2) + \frac{P_B - P_A}{\rho} + g(z_B - z_A) = W_{AB} + J_{AB}.$$

1 - Calculer :

1.1 - le débit volumique Q_V ,

1.2 - le débit massique Q_m ,

1.3 - Montrer que la vitesse moyenne v du fluide dans le tuyau est $v = 1,6 \text{ m.s}^{-1}$.

2 - Pertes de charges

2.1 - Pertes linéaires

2.1.1 - Calculer le nombre de Reynolds.

2.1.2 - Déterminer le type d'écoulement.

2.2 - Pertes singulières.

Sur l'application étudiée, donner un élément responsable de pertes singulières.

Dans la suite du problème, on négligera les pertes de charge.

3 - Donner les valeurs :

3.1 - de la pression P_S au point S en bar ;

3.2 - de la pression P_T au point T en bar.

4 - En utilisant l'équation de Bernoulli, calculer l'énergie W_{ST} que doit fournir la pompe par kilogramme de fluide pour amener le diester du niveau S au niveau T.

On négligera la variation du volume de diester contenu dans le réservoir.

5 - En déduire la puissance \mathcal{P} de la pompe.

PROBLÈME 3 : MACHINE À COURANT CONTINU (6 points)

La plaque signalétique d'un moteur à courant continu à excitation indépendante (séparée) porte les indications suivantes :

$$\begin{array}{l} P = 45 \text{ kW} \quad ; \quad n_N = 1500 \text{ tr.min}^{-1} \\ \text{Induit (rotor)} \quad : \quad U_N = 750 \text{ V} \quad ; \quad I_N = 72 \text{ A} \\ \text{Inducteur (stator)} : \quad u_{\text{ex}} = 300 \text{ V} \quad ; \quad i_{\text{ex}} = 6,0 \text{ A} \end{array}$$

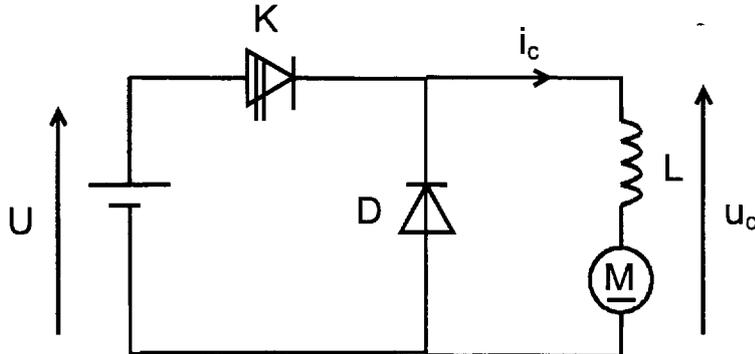
La résistance de l'induit est $R_N = 0,82 \Omega$. (mesurée à sa température de fonctionnement).

L'intensité du courant d'excitation est maintenue constante : $i_{\text{ex}} = 6 \text{ A}$.

- 1 - Représenter le modèle équivalent de l'induit et de l'inducteur. Flécher et nommer les différentes grandeurs électriques.
- 2 - En déduire l'expression reliant les grandeurs électriques de l'induit.
- 3 - Justifier l'expression $E = k \cdot n_N$, k étant une constante, n_N la fréquence de rotation du moteur et E sa force électromotrice (fem).
- 4 - Calculer le coefficient de proportionnalité k (E en V et n_N en tr.min^{-1}).
- 5 - Calculer :
 - 5.1 - La puissance absorbée par le rotor P_{ar} .
 - 5.2 - La puissance absorbée par le stator P_{as} .
 - 5.3 - Les pertes joule dans le rotor p_{jr} .
 - 5.4 - Les pertes joule dans le stator p_{js} .
 - 5.5 - Les pertes collectives p_c .
- 6 - Sur le document réponse, placer les différentes puissances et pertes dans leur emplacement respectif (P_{ar} , P_{as} , P , p_{jr} , p_{js} , et p_c).
- 7 - Calculer le rendement η_{mot} du moteur.

PROBLÈME 4 : HACHEUR SÉRIE (3 points)

L'induit d'un moteur à courant continu est alimenté par un hacheur série selon le schéma suivant :



K est un interrupteur électronique parfait unidirectionnel commandé périodiquement.

$0 < t < \alpha T$: K est fermé.

$\alpha T < t < T$: K est ouvert.

D est une diode parfaite.

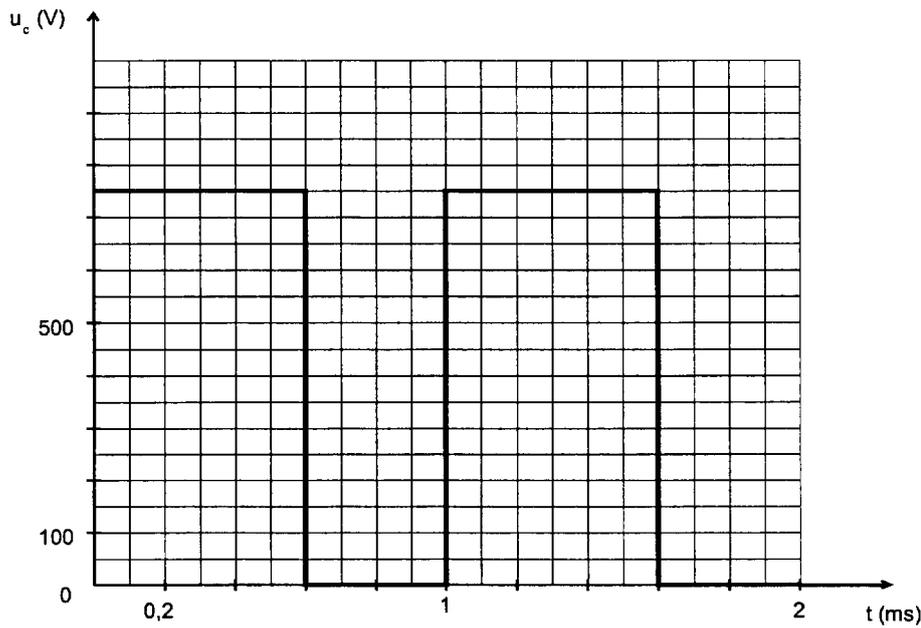
$U = 750 \text{ V}$.

1 - Citer un composant électronique qui permet de réaliser l'interrupteur K.

2 - Quel est le nom du paramètre α ?

La tension $u_c(t)$ est représentée ci-dessous :

3 - Quelle est la valeur de α ?



4 - Déterminer la fréquence de hachage.

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

NE RIEN ÉCRIRE

Repère : CRE3SC

Session : 2006

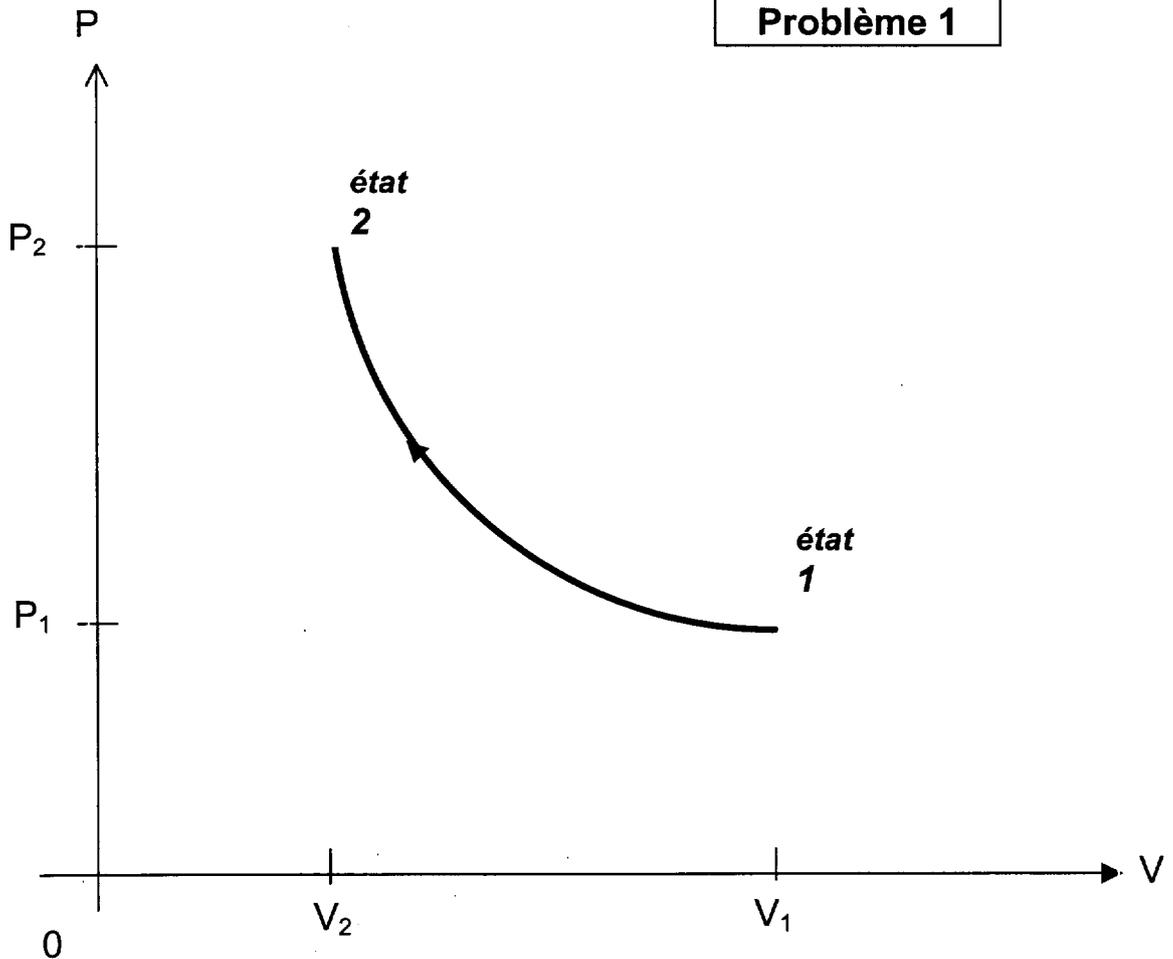
Durée : 2 H 30

Page : 6/6

**DOCUMENT-RÉPONSE
A RENDRE AVEC LA COPIE**

Coefficient : 2

Problème 1



Problème 3

