

SESSION 2008

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
« MAINTENANCE ET APRÈS-VENTE AUTOMOBILE »**

**Durée de l'épreuve : 2 heures
Coefficient : 2**

ET

« DIPLÔME D'EXPERT EN AUTOMOBILE »

**Durée de l'épreuve : 2 heures
Coefficient : 1**

Sciences Physiques

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées 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'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

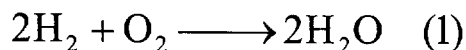
Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

***Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 6 pages numérotées de 1 à 6***

CHIMIE (6 points) :

1. PILE À COMBUSTIBLE

Certains constructeurs d'automobiles proposent aujourd'hui un système de motorisation *pile à combustible-moteur électrique*. Le rôle de la *pile* consiste à convertir l'énergie chimique d'un carburant en énergie électrique : sa *combinaison* avec l'oxygène de l'air produit de l'électricité, et non de la chaleur. Le carburant est ici du dihydrogène, consommé suivant la réaction globale d'équation :



Chaque *mole* de H_2 consommée, fait circuler dans le circuit électrique *deux moles* d'électrons, sous une tension $E = 0,7 \text{ V}$.

- 1.1) Calculer, en moles, la quantité de matière contenue dans un kilogramme de dihydrogène H_2 ; la masse de dioxygène nécessaire à sa combustion ; la masse d'eau produite.
- 1.2) Chaque électron transporte une charge électrique $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb. Montrer que la pile permet de faire circuler une charge $Q = 2,7 \cdot 10^4$ ampères.heure par kilogramme de dihydrogène consommé par la réaction (1).
(On rappelle qu'une mole contient par définition $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ entités identiques, et que $1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$).
- 1.3) On détermine expérimentalement le pouvoir calorifique de l'hydrogène : $W_Q = 142 \text{ MJ.kg}^{-1}$.
D'autre part, l'énergie électrique, fournie par la pile W_E , peut s'exprimer de manière générale par la relation :

$$W_E = E \cdot Q$$

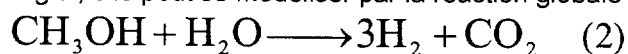
où E est exprimée en volts, et Q en coulombs. Utilisez cette relation pour calculer l'énergie électrique produite par kilogramme de H_2 .

Toute l'énergie disponible est-elle convertie en énergie électrique ?

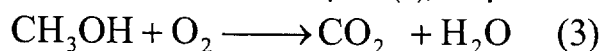
- 1.4) Si on admet pour la pile un rendement η_p de 50 %, et pour celui du moteur électrique η_m de 90 %, quel sera le rendement global de ce système de motorisation ? Quel autre intérêt ce système présente-t-il, en terme de *rejet* ?

2. PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE

L'hydrogène présentant un problème de stockage, il est fabriqué à bord du véhicule à partir de *méthanol*, chauffé à 300°C en présence de vapeur d'eau dans un dispositif appelé *réformeur*. Cette opération consomme de l'énergie ; elle peut se modéliser par la réaction globale d'équation (2) :



- 2.1) Calculer la masse de méthanol nécessaire à la production de 1 kg de H_2 , ainsi que la masse de CO_2 produite.
- 2.2) Montrer que l'ensemble des deux réactions, dans la pile et dans le réformeur, revient à brûler du méthanol suivant la réaction de combustion complète (3), à **équilibrer** :



- 2.3) Au vu des résultats précédents, ce système présente-t-il un avantage, en terme de rejet de gaz à effet de serre, sur une motorisation classique ?

Données : masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : H : 1,0 ; C : 12 ; O : 16

MÉCANIQUE (5 points) :

VITESSE MAXIMALE EN CÔTE

Le constructeur du véhicule précédent fournit les données suivantes :

- Masse du véhicule $M = 1$ tonne
- Puissance utile maximale du moteur : $P_m = 75$ kW
- Vitesse maximale sur route horizontale $V_m = 150$ km.h⁻¹

On se propose de déduire de ces données la vitesse maximale que le véhicule peut atteindre en gravissant une côte de pente 10 %.

- 1) Calculer la force motrice F_m , développée par le moteur lorsque le véhicule roule à sa vitesse maximale sur route horizontale.
- 2) On admet que l'ensemble des forces de frottements se résume à une force unique F_f , opposée au mouvement, et proportionnelle au carré de la vitesse :

$$F_f = B.v^2$$

où v est exprimée en m.s⁻¹. Montrer que la mesure de la vitesse maximale sur route horizontale permet de calculer la valeur de la constante B .

- 3) Faire un schéma du véhicule en côte, sur lequel apparaîtront les forces extérieures qui s'exercent sur lui, ramenées à son centre d'inertie, ainsi que leurs projections sur l'axe de la route.
- 4) Montrer que lorsque le véhicule atteint en côte sa vitesse maximale, v_{\max} (exprimée en m.s⁻¹), celle-ci est donnée par l'équation :

$$P_m = A.v_{\max} + B.v_{\max}^3$$

dans laquelle A est une constante à exprimer en fonction de l'angle α de la route avec l'horizontale, de la masse M et de l'intensité de la pesanteur g .

- 5) En prenant les valeurs numériques ci-dessous, montrer que la vitesse maximale du véhicule dans la côte est comprise entre 120 et 125 km.h⁻¹.

$$\begin{aligned} A &= 1000 \text{ N} \\ B &= 1,04 \text{ kg.m}^{-1} \end{aligned}$$

ÉLECTRONIQUE (9 points) :

ALIMENTATION DU BOBINAGE D'EXCITATION

Le moteur électrique du véhicule est de type synchrone, à aimants permanents. Un bobinage parcouru par un courant réglable permet de créer un champ magnétique qui se superpose à celui des aimants, dans le but de leur assurer une plus grande durée de vie. On s'intéresse ici à l'alimentation du bobinage, dont le schéma est donné page 5.

La masse est prise comme référence de potentiel.

1. Etude du premier étage

Cet étage est alimenté sous une tension réglée $U_r = 5$ V. On donne :

$$R_1 = R_3 = 3,3 \text{ k}\Omega ; R_2 = 520 \Omega.$$

La résistance R_4 est une magnétorésistance dont la valeur augmente en fonction du champ magnétique, de $R_{4\min} = 250 \Omega$ à $R_{4\max} = 12 \text{ k}\Omega$.

Les intensités des courants i_1 et i_2 dans les deux résistances R sont négligables devant celles traversant les quatre autres résistances.

1.1) Exprimer littéralement U_1 en fonction de U_r , R_1 et R_2 .

1.2) Exprimer littéralement U_2 en fonction de U_r , R_3 et R_4 .

1.3) Calculer U_1 et U_2 pour les valeurs extrêmes de R_4 .

2. Etude du deuxième étage

Les quatre résistances ont même valeur R . L'amplificateur opérationnel est idéal.

2.1) Exprimer V_A , potentiel du point A, en fonction de V_{S1} .

2.2) Justifier que l'amplificateur fonctionne en mode linéaire, et en déduire la relation entre V_A et V_B .

2.3) En remarquant que $V_B = \frac{U_1 + U_2}{2}$, expression à ne pas établir, déduire l'expression de V_{S1} en fonction de U_1 et U_2 . Quel est le nom d'un tel montage ?

2.4) Application numérique : $U_1 = 0,7$ V et U_2 varie entre 0,35 V et 4,0 V. Trouver les valeurs extrêmes correspondantes de V_{S1} .

3. Etude du troisième étage

L'amplificateur opérationnel 2 est idéal et ses tensions de saturation haute et basse sont respectivement de + 5,0 V et de 0 V.

3.1) Pour une intensité de champ magnétique donnée, lorsque $V_{S1} = 2,0$ V, le chronogramme représentant U_3 en fonction du temps est donné en annexe page 6. Quel est le signe de ε_2 lorsque t est compris entre 0 et t_1 ?

Quel est le signe de ε_2 lorsque t est compris entre t_1 et t_2 ? Tracer en conséquence le chronogramme de V_{S2} sur l'annexe-document-réponse, à rendre avec la copie.

3.2) Calculer le rapport cyclique α de V_{S2} .

(On rappelle que le rapport cyclique est égal à la durée pendant laquelle la tension est au niveau haut divisée par la période).

3.3) Dire dans quel sens varie α en fonction de la valeur de V_{S1} .

4. Etude du quatrième étage

V_{S2} est une tension en créneaux, entre 0 et 5 V, de rapport cyclique variable. On supposera que le transistor fonctionne en commutation : il est bloqué ou saturé. Le bobinage est assimilé à une résistance pure $R_B = 5 \Omega$.

4.1) Lorsque t est compris entre 0 et t_1 quel est l'état du transistor ? Justifiez votre réponse.

4.2) Même question pour t compris entre t_1 et t_2 .

4.3) Expliquer comment varie l'intensité moyenne du courant dans la bobine en fonction de l'intensité du champ magnétique.

