

SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 1 h 30

Coefficient : 1

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 5 pages

Dans le cas où un candidat croit détecter une erreur dans l'énoncé, il le signale très lisiblement dans sa copie, propose la correction, et poursuit en conséquence sa composition. Il prend bien entendu l'entière responsabilité de la correction proposée.

NOTE IMPORTANTE :

Dès que le sujet de l'épreuve vous est remis, assurez-vous qu'il est complet en vérifiant le nombre de pages en votre possession.

Si le sujet est incomplet, demandez-en immédiatement un nouvel exemplaire aux surveillants.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes :

PREMIÈRE ET DEUXIÈME PARTIE : PHYSIQUE

TROISIÈME PARTIE : CHIMIE

PHYSIQUE : BANC D'ESSAI DE DEMARREUR

Pour contrôler les performances d'un démarreur électrique équipant un véhicule automobile, on utilise un banc d'essai.

Celui-ci (figure A) est composé pour l'essentiel de l'arbre (5) solidaire de la roue dentée (4), et du frein (6).

Le capteur (7) est un couplemètre à jauges extensométriques. Le corps d'épreuve de ce capteur est inséré sur l'arbre (5).

Le démarreur, composé du moteur (1), de l'arbre (2) et de la roue dentée (3), est installé sur le banc d'essai de sorte que (3) et (4) engrènent.

On fera les hypothèses suivantes :

- la transmission de puissance du moteur au frein s'effectue avec un rendement de 1
- les mesures de moment du couple du moteur sont effectuées lorsque la vitesse de rotation de celui-ci est constante.

PREMIERE PARTIE : ETUDE DU CAPTEUR : 8 POINTS

Le capteur comporte quatre jauges identiques disposées comme l'indique la figure B. L'une de ces jauges est représentée sur la figure C .

Le moteur étant en fonctionnement, l'arbre (5) est soumis au couple de freinage M_f et au couple exercé par le pignon (4). Cet arbre subit donc une torsion qui a pour effet de déformer les quatre jauges : J_1 et J_3 en compression et J_2 et J_4 en extension.

Ces quatre jauges sont placées dans le montage en pont représenté sur la figure D.

La résistance électrique d'une jauge non déformée étant notée R , celle d'une jauge en compression pourra s'écrire $R - \Delta R$, et en extension $R + \Delta R$.

① En utilisant les notations de la figure D, démontrer que $U_p = 0$, quand il n'y a pas freinage.

② En présence du couple de freinage de moment M_f , démontrer que $U_p = E \times \frac{\Delta R}{R}$

③ On sait que pour les jauges utilisées, la variation relative de longueur d'une jauge peut s'exprimer de la façon suivante :

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{M_f}{\pi \cdot a^3 \cdot G} \quad \text{avec :}$$

- x : longueur du fil constituant la jauge
- M_f : moment du couple de freinage
- a : rayon du corps d'épreuve cylindrique
- G : module d'élasticité transversale du matériau constituant le corps d'épreuve

a) On note M_m le moment du couple moteur, Z_3 et Z_4 les nombres de dents définis figure A ; écrire la relation entre M_f , M_m , Z_3 et Z_4 .

b) En admettant que la variation relative de résistance d'une jauge est égale à la variation relative de sa longueur, trouver la relation liant la tension de pont U_p et le moment du couple moteur M_m .

④ Calculer :

a) la sensibilité s du capteur, $s = \frac{U_p}{M_m}$, sachant que :

$$E = 15 \text{ V} ; a = 10 \text{ mm} ; G = 80.000 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad \frac{Z_4}{Z_3} = 10,$$

b) le moment M_m du démarreur correspondant à une tension de pont de 30 mV.

DEUXIEME PARTIE : AMPLIFICATION DU SIGNAL DU CAPTEUR : 7 POINTS

Le montage est donné sur la figure E. Les amplificateurs opérationnels (AO1) et (AO2) sont supposés parfaits et sont alimentés en $-15\text{V}/+15\text{V}$.

La tension de pont U_p est appliquée entre les points A et B du montage : $U_p = V_1 - V_2$

① Exprimer la tension U_{DM} en fonction de V_1 , R_1 et R_2 .

② Démontrer que $U_{CM} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{S1}$.

③ Sachant que l'amplificateur opérationnel (AO1) fonctionne en régime linéaire, exprimer V_{S1} en fonction de V_1 et V_2 .

④ Sachant que le montage de l'AO2 est un amplificateur non inverseur de coefficient d'amplification $A_v = 25$, exprimer V_{S2} en fonction de $U_p = V_1 - V_2$.

⑤ Quelle est la relation entre V_{S2} et M_m ? Conclure.

CHIMIE : LE SYSTEME « AIRBAG »

TROISIEME PARTIE : 5 POINTS

Les occupants d'un véhicule sont projetés vers l'avant en cas de collision frontale contre un obstacle ; il en résulte souvent de graves blessures. Pour y remédier, des coussins d'air (airbags) se gonflent devant le conducteur et son passager en cas de collision, ce qui permet d'amoindrir le choc.

Le produit chimique utilisé pour le fonctionnement d'un « airbag » est essentiellement de l'azoture de sodium solide NaN_3 .

Le choc, par un procédé annexe, permet la décomposition de l'azoture de sodium en sodium solide et en diazote N_2 .

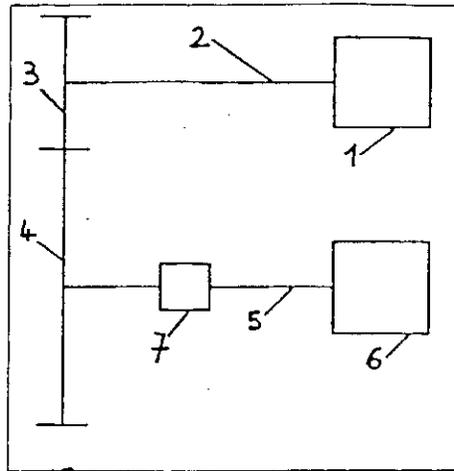
- 1 Etablir l'équation bilan de la décomposition de l'azoture de sodium.
- 2 Quel est le nom du gaz qui gonfle l' « airbag » ?
- 3 La vitesse de décomposition de l'azoture de sodium étant de $25 \text{ moles}\cdot\text{s}^{-1}$ dans les conditions expérimentales, combien de temps faut-il pour décomposer une mole ?
- 4 Quel est le volume de gaz libéré dans l' « airbag » par la décomposition d'une mole d'azoture de sodium (ce volume étant mesuré dans les conditions expérimentales) ?
Quelle est la masse de sodium produite ?

DONNÉES :

Volume molaire dans les conditions expérimentales : $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: Na = 23 ; N = 14

Figure A



NOMENCLATURE :

- 1) Moteur électrique du démarreur
- 2) Arbre du démarreur
- 3) Pignon (nombre de dents Z_3)
- 4) Roue dentée (nombre de dents Z_4)
- 5) Arbre du frein
- 6) Frein
- 7) Capteur de couple équipé de jauges de contraintes

Figure B

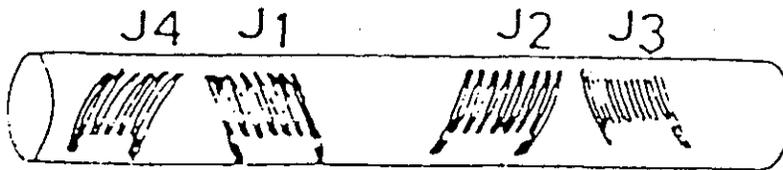


Figure C

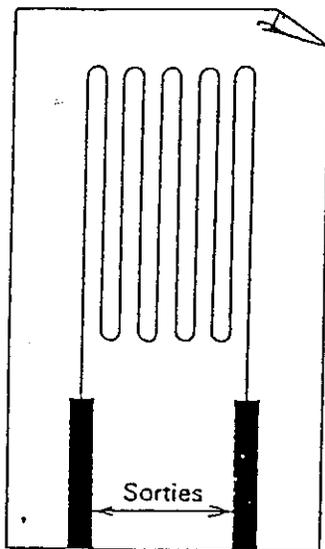


Figure D

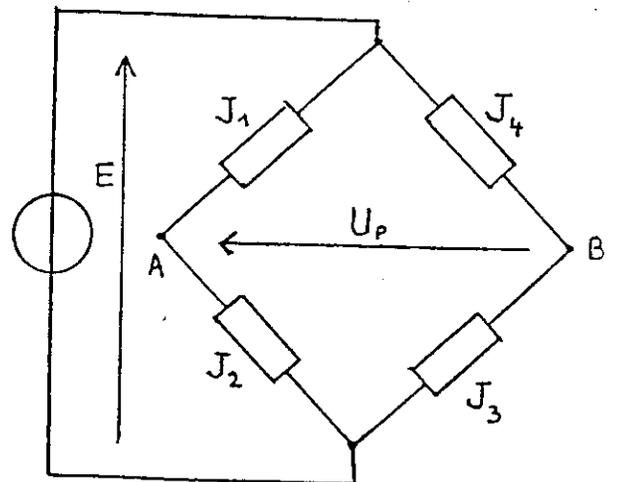


Figure E

