

ER2 - 1 heure - le 6 novembre 2014

Sans document ni calculatrice

N° étudiant : .....  
Prénom : .....  
Nom : .....

Le principe de notation associé au QCM consiste à attribuer deux points à une réponse juste et à soustraire un point pour une réponse fausse. L'absence de réponse se traduit par zéro. Une seule réponse par question. Pour les questions 4b, 8 et 9c qui ne sont pas du type QCM, appelées « EX », aucun point bien sûr n'est retiré en cas de réponse fausse.

**1 : QCM (/2)**

Dans le cadre de l'étude des capteurs, un capteur faisant preuve de finesse est

- ☐ intelligent      ☒ discret      ☐ miniature      ☐ fragile

**2 : QCM (/2)**

Une chaîne de mesure d'un champ magnétique supposée linéaire sur l'étendue de mesure a une sensibilité de 10 mV/T. L'incertitude sur la mesure de la tension est de  $\pm 1$  mV. En conséquence, quelle est l'incertitude sur la valeur du champ magnétique ?

- ☐  $\pm 0,01$  T      ☒  $\pm 0,1$  T      ☐  $\pm 1$  T      ☐  $\pm 10$  T

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta B}$$

**3 : QCM (/2)**

Le coefficient d'un thermocouple, supposé constant sur l'étendue de mesure, est égal à 35 mV/K. Quel est l'écart de température (en valeur absolue) entre la température de référence et la température à mesurer si on mesure une tension aux bornes du thermocouple de 70 mV ?

- ☒ 2 K      ☐ 0,5 °C      ☐ 275 °C      ☐ 275 K

$$\Delta V = S_{\Delta B} \Delta T$$

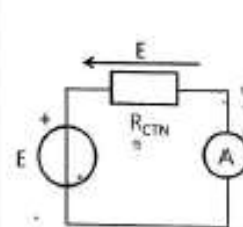
**4 : QCM (/2) et EX (/4)**

4a. Dans le domaine des capteurs, CTN signifie

- ☐ Capteur Thermostaté au Nitrogène      ☒ Coefficient de Température Négatif  
☐ Coefficient Thermocouple Nul      ☐ Capteur Tungstène Nitrogène

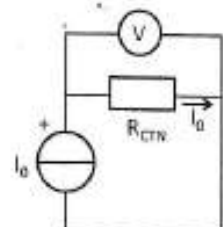
4b. Pour mesurer une température T grâce à une CTN, on propose le circuit de la fig.1 (E imposé et I mesuré: on en déduit  $R_{CTN}$  puis T) et de la fig.2 ( $I_0$  imposé et V mesuré: on en déduit  $R_{CTN}$  puis T) où les appareils de mesure sont parfaits (résistance nulle pour l'ampèremètre et infinie pour le voltmètre). Du point de vue de l'emballement thermique, expliquez simplement s'il vaut mieux utiliser le circuit de la fig.1 ou celui de la fig.2.

Fig.1:  $P_J = E^2 / R_{CTN} \Rightarrow T \uparrow$   
 $\Rightarrow R_{CTN} \downarrow \Rightarrow P_J \uparrow \Rightarrow T \uparrow$   
 $\Rightarrow$  etc. : emballement.  
Fig.2:  $P_J = R_{CTN} I_0^2 \Rightarrow T \uparrow$   
 $\Rightarrow R_{CTN} \downarrow \Rightarrow P_J \downarrow \Rightarrow T \downarrow$   
 $\Rightarrow$  etc. : stable.  
Fig.2 est le meilleur.



A est un ampèremètre

Fig.1



V est un voltmètre

Fig.2

$$E = -R_{LOAD} I_D - V_D$$

$$\Rightarrow I_D = -(E + V_D) / R_{LOAD}$$

(cf. COURS TRANSPARENT 7)

### 5 : QCM (/6)

La caractéristique d'une photodiode est donnée sur la fig.3 pour différents éclaircements. Cette photodiode est placée dans le circuit de la fig.4 où  $E = 1,2 \text{ V}$  et  $R_{LOAD} = 12 \text{ k}\Omega$ .

5a. Que vaut  $I_D$  et  $V_D$  pour  $\phi_r = 1,6 \text{ mW/cm}^2$  ? (Il est fortement conseillé, pour vous aider, de dessiner la droite de charge sur la fig.3.)

☒  $V_D = -0,2 \text{ V}$  et  $I_D = -0,083 \text{ mA}$

☐  $V_D = +0,25 \text{ V}$  et  $I_D = -0,05 \text{ mA}$

☐  $V_D = +0,25 \text{ V}$  et  $I_D = 0,05 \text{ mA}$

☐  $V_D = -1 \text{ V}$  et  $I_D = -0,083 \text{ mA}$

5b. Lequel de ces schémas équivalents modélise le mieux cette photodiode placée dans le circuit de la fig.4 ?

☐ un générateur de tension orienté convenablement délivrant une tension  $V = K\phi_r$ , avec  $K = 5 \text{ cm}^2/\text{A}$  et  $\phi_r$  en  $\text{mW/cm}^2$

☒ un générateur de courant orienté convenablement délivrant un courant  $I = K\phi_r$ , avec  $K = 0,05 \text{ cm}^2/\text{V}$  et  $\phi_r$  en  $\text{mW/cm}^2$

☐ un générateur de tension délivrant une tension de  $0 \text{ V}$

☐ une résistance de  $12 \text{ k}\Omega$

5c. On mesure  $V_{mes} = 0,6 \text{ V}$ . Que vaut  $\phi_r$  ?

☐  $\approx 0,4 \text{ mW/cm}^2$

☐  $\approx 0,7 \text{ mW/cm}^2$

☒  $\approx 1 \text{ mW/cm}^2$

☐  $\approx 1,3 \text{ mW/cm}^2$

$$E = V_{mes} - V_D \Rightarrow V_D = -0,6 \text{ V}$$

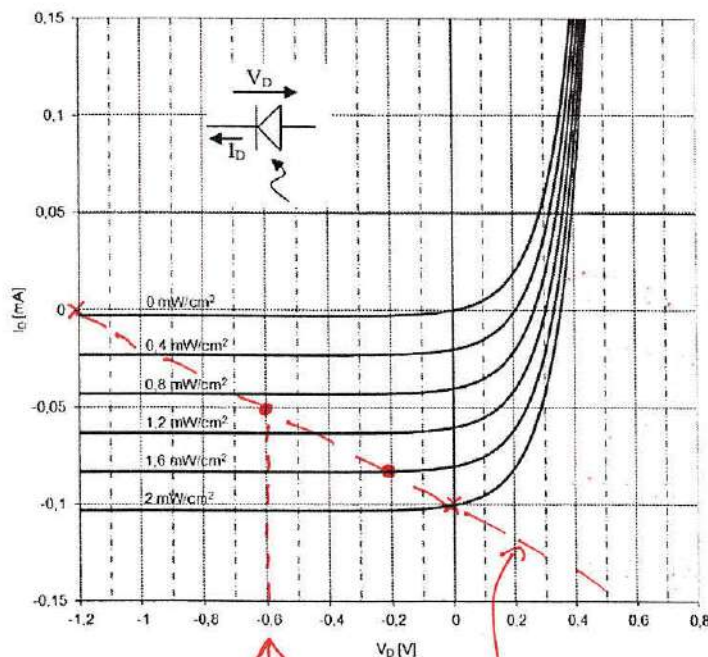


Fig.3

Droite de charge

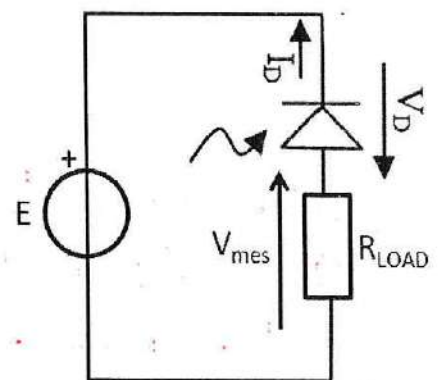


Fig.4

ER2 - 1 heure - le 6 novembre 2014

Sans document ni calculatrice

6 : QCM (/4)

Rappelons que pour un capteur à effet Hall de coefficient de Hall  $R_H$ , d'épaisseur  $e$ , dans lequel circule un courant  $I$ , la tension mesurée est reliée au champ magnétique par :  $V_{mes} = R_H IB/e$ .

6a. Pour une même épaisseur  $e$  et un même courant  $I$ , le capteur à effet Hall le plus sensible est celui dont le coefficient de Hall  $R_H$  vaut

- ☐  $-7.10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$       ☐  $+3.10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$       ☐  $-2.10^{-3} \text{ m}^3/\text{C}$

$S = \frac{V_{mes}}{B} = \frac{R_H I}{e}$   
☒  $-7.10^{-3} \text{ m}^3/\text{C}$

6b. Un capteur à effet Hall du commerce contient généralement également un amplificateur de tension. Le constructeur donne la courbe de la tension de sortie (en volts) en fonction du champ magnétique (en gauss ; rappel : 10000 gauss = 1 tesla) (fig. 5). Quelle est la sensibilité de ce capteur ?

- ☐ 2,5 V/G      ☐ 25 mV/G  
☒ 2,5 mV/G      ☐ 25  $\mu\text{V}/\text{G}$

$\rightarrow \frac{(4,5 - 2,5) \text{ V}}{800 \text{ G}} = \frac{2000 \text{ mV}}{800 \text{ G}} = 2,5 \text{ mV/G}$

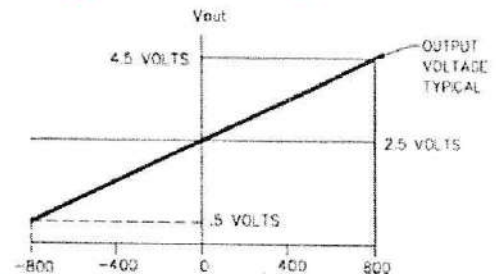


Fig.5

7 : QCM (/8)

Pour un éclairement de  $1000 \text{ W/m}^2$  et à  $25^\circ\text{C}$ , un panneau solaire a une tension  $V_{mpp} = 20 \text{ V}$  et un courant  $I_{mpp} = 1 \text{ A}$ . La charge est choisie, quelle que soit la configuration, de façon que la tension et le courant délivrés par un seul panneau soient égaux à  $20 \text{ V}$  et  $1 \text{ A}$ . On dispose de trois panneaux solaires de ce type qu'on peut placer soit les trois en série, soit les trois en parallèle.

7a. Quel est le courant maximum que peut délivrer l'ensemble des trois panneaux sous  $1000 \text{ W/m}^2$  et à  $25^\circ\text{C}$  ?

- ☐ 0,33 A      ☐ 1 A      ☒ 3 A      ☐ 20 A

(3 en //)

7b. Quelle est la tension maximale que peut délivrer l'ensemble des trois panneaux sous  $1000 \text{ W/m}^2$  à  $25^\circ\text{C}$  ?

- ☐ 1 V      ☐ 6,66 V      ☐ 20 V      ☒ 60 V

(3 en série)

7c. Quelle est la puissance maximale que peut délivrer l'ensemble des trois panneaux sous  $1000 \text{ W/m}^2$  et à  $25^\circ\text{C}$  ?

- ☐ 0,33 W      ☐ 6,66 W      ☒ 60 W      ☐ 120 W

$3 \text{ A} \times 20 \text{ V}$  (//)  
ou  $1 \text{ A} \times 60 \text{ V}$  (série)

7d. On donne les coefficients de température suivants pour ces panneaux :  $\alpha = +0,5 \text{ mA}/^\circ\text{C}$  et  $\beta = -100 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ . Toujours sous  $1000 \text{ W/m}^2$ , que valent le courant  $I_{mpp}$  et la tension  $V_{mpp}$  quand la température est de  $15^\circ\text{C}$  ?

- ☐  $V_{mpp} = 21 \text{ V}$  et  $I_{mpp} = 1,005 \text{ A}$       ☒  $V_{mpp} = 21 \text{ V}$  et  $I_{mpp} = 0,995 \text{ A}$   
☐  $V_{mpp} = 19 \text{ V}$  et  $I_{mpp} = 1,005 \text{ A}$       ☐  $V_{mpp} = 19 \text{ V}$  et  $I_{mpp} = 0,995 \text{ A}$

$\alpha = \frac{\Delta I_{mpp}}{\Delta T} = \frac{I_{mpp}(25^\circ\text{C}) - I_{mpp}(15^\circ\text{C})}{25 - 15} \Rightarrow I_{mpp}(15^\circ\text{C}) = I_{mpp}(25^\circ\text{C}) - 5 \text{ mA}$

$\beta = \frac{\Delta V_{mpp}}{\Delta T} = \frac{V_{mpp}(25^\circ\text{C}) - V_{mpp}(15^\circ\text{C})}{25 - 15} \Rightarrow V_{mpp}(15^\circ\text{C}) = 21 \text{ V}$



ER2 - 1 heure - le 6 novembre 2014

Sans document ni calculatrice

8 : EX (/12)

Soit le capteur de position de la fig.6. Il est constitué :

- D'un substrat (isolant) sur lequel est déposé un matériau magnétorésistif constituant une résistance filiforme de longueur  $L$  dont la surface de la section du fil est appelée  $S$  : l'extrémité gauche est appelée le point A, l'extrémité droite le point D et le point du milieu est appelé C. En l'absence du champ magnétique considéré, la résistivité du matériau magnétorésistif vaut  $\rho_0$ , en présence du champ magnétique considéré, elle vaut  $2\rho_0$ . Le substrat et la résistance sont immobiles par rapport au repère.
- D'un aimant (fixé à un système) engendrant une zone supposée rectangulaire (de largeur  $d$ ) où il y a un champ magnétique  $B$  uniforme (il y a le même champ dans toute la zone, il est nul en dehors). L'aimant et donc la zone de champ sont mobiles suivant l'axe des  $x$  (translation suivant  $x$ ). On impose  $d < L/2$ .

Le mesurande, bien sûr variable, est  $\alpha$  : c'est la distance entre le centre de la zone de champ et l'origine  $x = 0$ . Les grandeurs électriques mesurées sont les résistances entre les points A, C et D ( $R_{AC}$  ou/et  $R_{AD}$  ou/et  $R_{CD}$ ). Remarque : quand la zone de champ magnétique est centrée (autant sur la partie AC que sur la partie CD),  $\alpha = 0$ .

Rappel: pour un fil, la résistance est égale à la résistivité du matériau le constituant multipliée par la longueur du fil divisées par la surface de la section du fil.

Avant tout, un expérimentateur mesure  $R_{AD}$  en l'absence de champ : cette valeur est donc supposée connue.

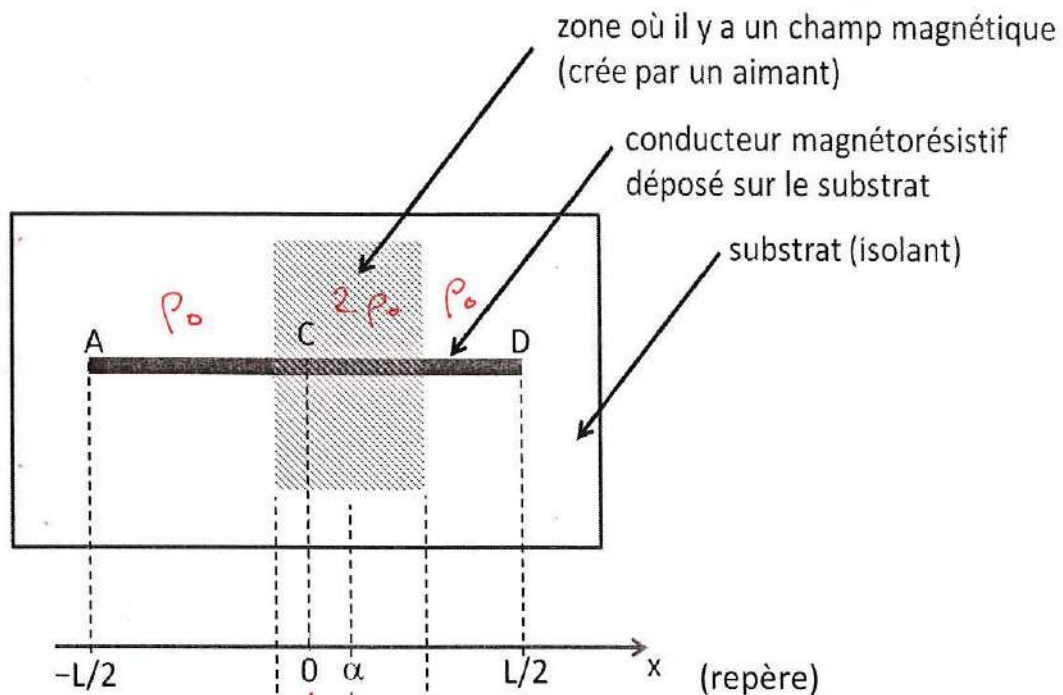


Fig.6

ER2 - 1 heure - le 6 novembre 2014

Sans document ni calculatrice

8a. Quelle est la particularité essentielle d'un matériau magnétorésistif?

12 Sa résistivité dépend du champ magnétique dans lequel il est plongé. ( $\rho(B)$ )

8b. Exprimez en fonction de  $L$ ,  $S$  et  $\rho_0$  les résistances  $R_{AC}$  (résistance entre A et C) et  $R_{CD}$  (résistance entre C et D) si la zone de champ magnétique ne couvre pas du tout la partie allant des points A à D (autrement dit :  $|\alpha| > L/2 + d/2$ ).

12

$$R_{AC} = \rho_0 \times \frac{L/2}{S} = (\rho_0 L) / (2S)$$

$$R_{CD} = (\rho_0 L) / (2S)$$

8c. Exprimez en fonction de  $L$ ,  $d$  et  $\alpha$  la résistance  $R_{AC}$  divisée par la résistance  $R_{CD}$  ( $R_{AC}/R_{CD}$ ) si la zone de champ magnétique couvre partiellement la partie allant des points A à C et partiellement la partie allant des points C à D (autrement dit :  $|\alpha| < d/2$ ).

16

Résultat :

$$R_{AC}/R_{CD} = \frac{d + L - 2\alpha}{d + L + 2\alpha}$$

$$(R_{AC} = (\alpha - \frac{d}{2} + \frac{L}{2}) \frac{\rho_0}{S} + (\frac{d}{2} - \alpha) \frac{2\rho_0}{S})$$

$$\text{et } R_{CD} = (\frac{L}{2} - \alpha - \frac{d}{2}) \frac{\rho_0}{S} + (\frac{d}{2} + \alpha) \frac{2\rho_0}{S})$$

8d.  $\alpha$  est maintenant quelconque. On mesure  $R_{AC}$  et  $R_{CD}$  et on trouve  $R_{AC} = R_{CD}$ . L'un des expérimentateurs dit alors que  $\alpha = 0$ , l'autre que le matériau magnétorésistif est en dehors de la zone de champ magnétique. Comment les départager sans mesure supplémentaire?

12

Si  $R_{AC} + R_{CD} = R_{AD}$  en l'absence de champ (cf. phrase au-dessus de la fig. 6) alors le champ est en dehors.  
Sinon il est centré.

ER2 - 1 heure - le 6 novembre 2014

Sans document ni calculatrice

**9 : QCM (/6) et EX (/2)**

9a. Pour transporter l'énergie électrique avec un minimum de perte, il faut que l'amplitude de la tension soit

- ☐ la plus basse possible      ☒ la plus haute possible (dans les limites supportées par le câble)  
☐ proportionnelle à la fréquence      ☐ inversement proportionnelle à la fréquence

9b. Quelle est la fréquence du réseau électrique européen ?

- ☐ 10 Hz      ☒ 50 Hz      ☐ 110 Hz      ☐ 220 Hz

9c. Pour le transport de l'énergie électrique, donnez un avantage d'utiliser un réseau alternatif triphasé plutôt qu'un réseau alternatif monophasé.

A Puissance égale, le volume d'un réseau triphasé est la moitié d'un monophasé.  
 (cf. p.72 crs. N.Hélier, n°5)  
 et aussi : moins de perte, pas besoin de neutre, ...

9d. Un « smart grid » est

- ☐ une voiture électrique intelligente et propre  
☐ un système permettant de transformer l'énergie électrique non utilisée en énergie non électrique et de gérer cette énergie intelligemment  
☒ un système électrique capable d'intégrer de manière intelligente les actions des différents utilisateurs, consommateurs ou producteurs afin de maintenir une fourniture d'électricité durable, efficace, sécurisée et économique  
☐ un réseau de centrales nucléaires interconnectées et capable de gérer un incident grave