

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice

160

N° étudiant : .....

Prénom : Olivier

Nom : Dubrunfaut

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 ou deux réponses justes par question QCM. Pour les questions 6, 11c et 15c qui ne sont pas du type QCM, appelées « EX », aucun point bien sûr n'est retiré en cas de réponse fausse. Les questions « EX » sont sur 4 points.

### 1 : QCM

Un module à effet Peltier peut

- 4
- ☒ transformer une énergie électrique en énergie thermique
  - ☒ transformer une énergie thermique en énergie électrique
  - ☐ mesurer un champ magnétique
  - ☐ mesurer un éclaircissement

### 2 : QCM

Le courant électrique  $I$  délivré par un piézoélectrique peut, sous certaines conditions, être modélisé ainsi :

$$I = \frac{Ae}{L} \frac{dL}{dt}$$

4 où  $A$  est la surface de la face principale du piézoélectrique,  $e$  le coefficient piézoélectrique,  $dL/L$  l'allongement relatif du piézoélectrique et  $t$  le temps. Quelle est l'unité de  $e$  ?

- 2
- ☒  $\text{As/m}^2$
  - ☐  $\Omega/\text{m}$
  - ☐ sans unité
  - ☒  $\text{C/m}^2$

### 3 : QCM

Quelle est l'utilité des diodes dans le montage du TD et du TP permettant de convertir une énergie mécanique en énergie électrique à l'aide d'un matériau piézoélectrique ?

- 2
- ☐ obtenir une tension alternative à partir d'une tension continue
  - ☒ obtenir une tension continue à partir d'une tension alternative
  - ☐ atténuer
  - ☐ amplifier

### 4 : QCM

2 Dans le cadre de la COP21, quel est l'objectif de limitation de l'augmentation de la température moyenne de la Terre d'ici 2100 ?

- ☐  $0^\circ\text{C}$
- ☐  $6^\circ\text{C}$
- ☐  $3^\circ\text{C}$
- ☒  $2^\circ\text{C}$
- ☐  $4^\circ\text{C}$

### 5 : QCM

2 Soit une ligne représentée par une résistance  $R_l$  (modélisant ses pertes) permettant d'acheminer une puissance électrique de la source à l'utilisateur (figure 1). Pour limiter les pertes dans cette ligne, il faut :

- ☐ La tension de la source la plus basse possible et le déphasage entre la tension et le courant proche de zéro
- ☐ La tension de la source la plus basse possible et le déphasage entre la tension et le courant proche de  $\pi/2$
- ☒ La tension de la source la plus élevée possible et le déphasage entre la tension et le courant proche de zéro
- ☐ La tension de la source la plus élevée possible et le déphasage entre la tension et le courant proche de  $\pi/2$

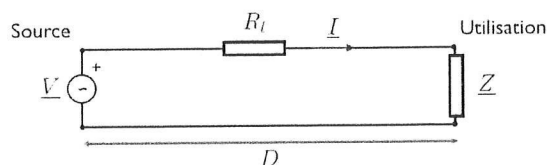


Fig.1

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice

**6 : EX**

Citez deux objectifs des « smart grids » :

cf. transparents cours n° 5 D. Hélier

**7 : QCM**

Quelles sont la ou les « applis » Smartphone actuelle(s) ou en développement dans le domaine de la santé :

- ☒ étudier la qualité du sommeil ☐ soigner les rhumes  
☐ soigner le syndrome Gilles de la Tourette ☒ détecter la maladie de Parkinson

**8 : QCM**

Soit un capteur dont la grandeur électrique de sortie est la tension  $U$ . Une série de mesures faite avec le même capteur et un mesurande constant au cours du temps (et dont on ne connaît pas la valeur « vraie ») est présentée sur la figure 2.

8a. Vous pouvez conclure de ce graphe que le capteur est

- ☐ plutôt fidèle  
☒ plutôt pas fidèle  
☐ plutôt pas juste  
☐ plutôt juste
- on ne sait pas car on ne connaît pas la valeur "vraie"

8b. La ou les source(s) des erreurs vous semble(nt)

- ☐ systématique et certainement pas aléatoire  
☐ aléatoire et certainement pas systématique  
☐ systématique et peut-être aussi aléatoire  
☒ aléatoire et peut-être aussi systématique
- idem

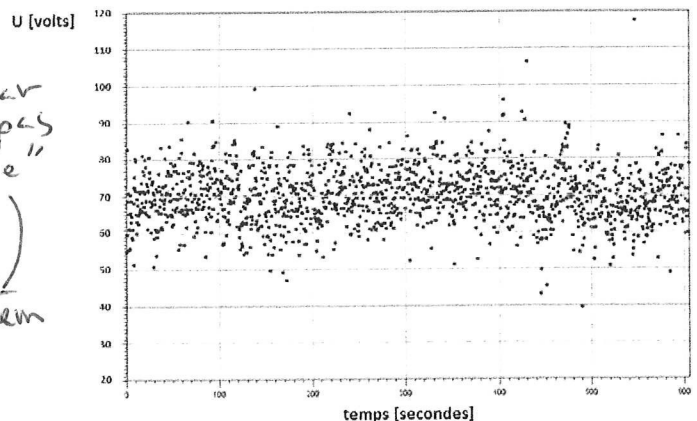


Fig.2

**9 : QCM**

Lequel de ces capteurs de température fait preuve intrinsèquement de la meilleure finesse ? (Le circuit de conditionnement étant supposé optimal pour ces 4 capteurs.)

- ☐ CTN ☐ CTP  
☒ thermocouple ☐ Pt100

pas d'effet Joule

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice

Enfin 180 et 220°C, on a bien  $S \approx 53 \mu V/^\circ C$

### 10 : QCM

Soit un thermocouple de type J dont le coefficient de Seebeck est donné sur la figure 3 (en  $\mu V/^\circ C$ ). La température de référence est égale à  $200^\circ C$  et la tension mesurée entre les deux bornes du thermocouple est égale à  $1,06$  mV. Quelle est *approximativement* la *différence* de température (en valeur absolue) entre la température de référence et la température mesurée ?

☐  $110^\circ C$

☒  $20^\circ C$

☐  $50^\circ C$

☐  $80^\circ C$

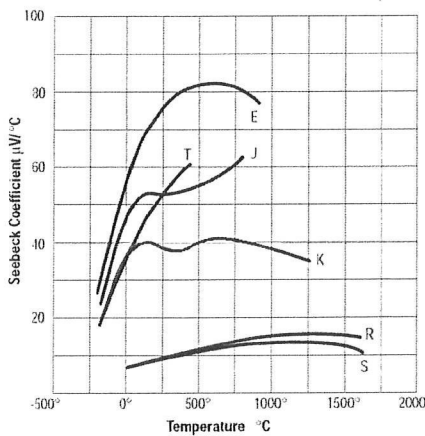


Fig.3

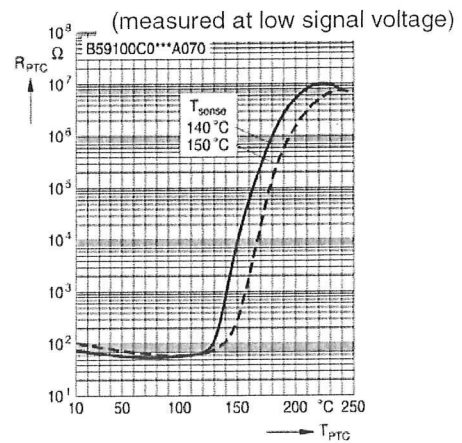


Fig.4

### 11 : QCM et EX

Soit la CTP (PTC en anglais) dont la caractéristique est donnée sur la figure 4. On utilisera par la suite la courbe «  $T_{sense} 140^\circ C$  » (en trait plein).

11a. Pourquoi le fabricant précise-t-il « measured at low signal voltage » ?

☐ pour économiser l'énergie

☒ pour que le capteur ne perturbe pas le mesurande

☐ pour ne pas endommager le capteur

☐ pour améliorer la fidélité

11b. Sur quel intervalle de températures la CTP est-elle utilisable préférentiellement ? De

☒  $130^\circ C$  à  $210^\circ C$

☐  $210^\circ C$  à  $250^\circ C$

☐  $10^\circ C$  à  $130^\circ C$

☐  $10^\circ C$  à  $250^\circ C$

11c. Pour déterminer la résistance de la CTP et en déduire la température, la CTP est insérée dans le circuit élémentaire de la figure 5 où l'ampèremètre et le générateur sont supposés parfaits. Discutez brièvement la qualité du montage du point de vue de l'emballage thermique en supposant que la CTP fonctionne dans son intervalle de températures préférentiel.

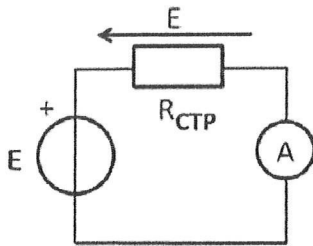
$$P_J = \frac{E^2}{R_{CTP}} \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow R_{CTP} \uparrow \text{ (cf. fig. 4)}$$

$$\Rightarrow P_J \downarrow \Rightarrow T \downarrow$$

Il n'y a donc pas d'emballement thermique

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice



A est un ampèremètre

Fig.5

$$\frac{\Delta B}{\Delta V} = \frac{800 \text{ G}}{2 \text{ V}} = 400 \text{ G/V}$$

$$S: \Delta V = \pm 10 \text{ mV} \Rightarrow \Delta B = \pm 10^{-2} \times 400 \text{ G}$$

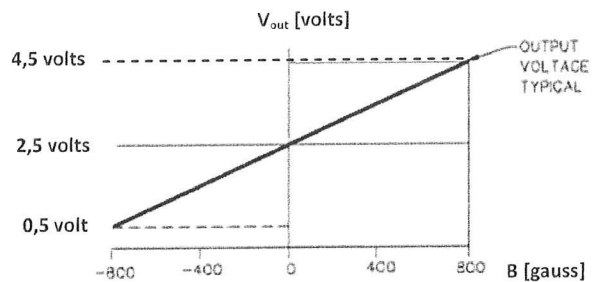


Fig.6

12 : QCM

Soit un capteur magnétique dont la courbe  $V_{out}(B)$  (B en gauss,  $V_{out}$  en volts) est donnée sur la figure 6. L'erreur de mesure sur la tension  $V_{out}$  est supposée de  $\pm 10 \text{ mV}$  dans le pire cas. Quelle est l'incertitude sur le champ magnétique B qui en résulte ?

☒  $\pm 4 \text{ G}$

☐  $\pm 1 \text{ G}$

☐  $\pm 10 \text{ G}$

☐  $\pm 40 \text{ G}$

13 : QCM

Pourquoi une boussole utilisant des capteurs à effet Hall est-elle généralement constituée de deux de ces capteurs et non d'un seul ?

☐ pour en avoir un de secours

☒ pour mesurer les deux composantes du champs

☐ pour améliorer la finesse

☐ pour améliorer la fidélité

14 : QCM

Soit un aimant fixé sur une pale d'une éolienne et un capteur à effet Hall fixé sur le pied de cette éolienne. Rappelons que le coefficient de Hall,  $R_H$ , relie le champ magnétique B à la tension mesurée  $V_{mes}$  ainsi :

$$V_{mes} = R_H I B / z$$

avec  $R_H = 1/qN$  (la charge élémentaire  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , N la densité volumique de porteurs de charges libres), I le courant injecté dans le capteur, z l'épaisseur du matériau composant le capteur.

14a. Quel est le mesurande primaire et quel est le mesurande secondaire de ce dispositif ?

☐ 1<sup>aire</sup> : champ magnétique, 2<sup>aire</sup> : vitesse de rotation de l'éolienne

☐ 1<sup>aire</sup> : champ magnétique, 2<sup>aire</sup> : il n'y en a pas

☒ 1<sup>aire</sup> : vitesse de rotation de l'éolienne, 2<sup>aire</sup> : champ magnétique

☐ 1<sup>aire</sup> : tension électrique, 2<sup>aire</sup> : vitesse de rotation de l'éolienne

14b. Quel est le principe de l'effet Hall ?

☐ Les électrons, globalement statiques, sont mis en mouvement par le champ magnétique, créant une tension électrique

☒ Les électrons en mouvement grâce à un générateur de courant sont déviés par le champ magnétique vers l'une des faces, créant une différence de potentiel

☐ La résistivité du matériau dépend du champ magnétique : en mesurant une tension on peut en déduire le courant

☐ La résistivité du matériau dépend du champ magnétique : en mesurant une résistance, on peut en déduire le champ magnétique

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice

14c. Afin d'avoir une bonne sensibilité, vous proposez

- 4
- ☐ de diminuer le plus possible la charge électrique élémentaire
  - ☐ de diminuer le plus possible le courant injecté I
  - ☒ de diminuer le plus possible l'épaisseur z
  - ☒ d'utiliser un semi-conducteur (par exemple GaAs) plutôt qu'un conducteur (par exemple Cu)

14d. Après conditionnement du capteur à effet Hall (entre autres avec un trigger), la tension délivrée en sortie est de 5 V quand il n'y a pas de champ magnétique détecté et de 0 V quand il y en a un. La tension délivrée en sortie est donnée sur la figure 7. Quelle est la vitesse de rotation de l'éolienne ?

- ☐ 0,05 tour/s      ☐ 2 tours/s      ☐ 10 tours/s      ☒ 20 tours/s

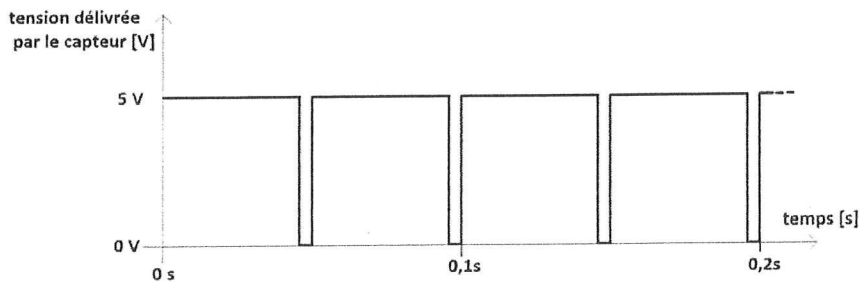


Fig.7

$$\frac{1 \text{ tour}}{0,05 \text{ s}} = \frac{x}{1 \text{ s}}$$

$$x = \frac{1 \times 1}{0,05} = 20 \text{ tours par seconde}$$

15 : QCM et EX

La caractéristique d'une photodiode est donnée sur la fig.8 pour différents éclairements. Cette photodiode est placée dans le circuit de la fig.9 où  $E = 1,2 \text{ V}$  et  $R_{\text{LOAD}} = 8 \text{ k}\Omega$ .

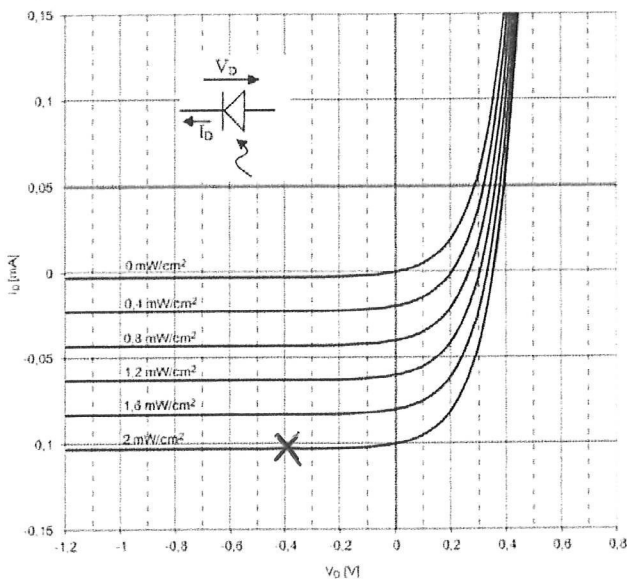


Fig.8

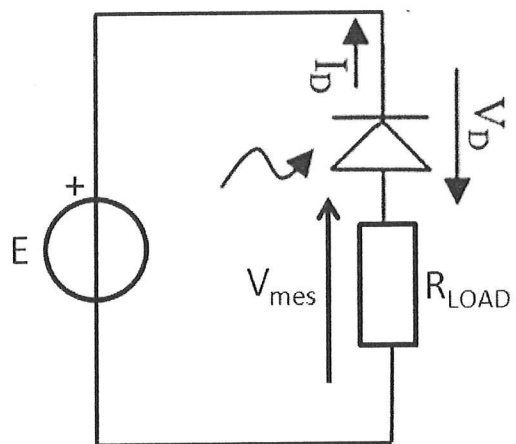


Fig.9

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{mes}} &= E + V_D \\ I_D &= -\frac{V_{\text{mes}}}{R_{\text{LOAD}}} \end{aligned} \right\}$$

15a. Que vaut approximativement  $\phi_r$  pour  $V_{\text{mes}} = 0,8 \text{ V}$  ?

- 2
- ☐  $\phi_r = 0,8 \text{ mW/cm}^2$
  - ☐  $\phi_r = 1,2 \text{ mW/cm}^2$
  - ☐  $\phi_r = 1,6 \text{ mW/cm}^2$
  - ☒  $\phi_r = 2 \text{ mW/cm}^2$

$$\begin{aligned} V_D &= -0,4 \text{ V} \\ I_D &= -0,1 \text{ mA} \end{aligned}$$

ER2 - 1 heure - le 12 novembre 2015

Sans document ni calculatrice

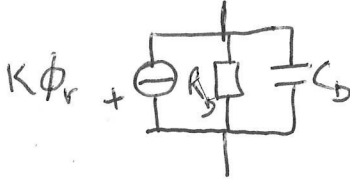
15b. Lequel de ces schémas équivalents modélise le mieux cette photodiode placée dans le circuit de la fig.9 ?

- 2
- ☐ [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  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ] en série avec [une résistance] en série avec [un condensateur].
  - ☐ [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  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ] en série avec [une résistance] en série avec [un condensateur].
  - ☐ [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  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ] // [une résistance] // [un condensateur].
  - ☒ [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  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ] // [une résistance] // [un condensateur].

15c. Discutez de manière argumentée, qualitative et brève le comportement de cette photodiode en mode photorécepteur (utilisée en capteur) quand l'éclairement varie avec le temps, par exemple de manière sinusoïdale. (Vous pourrez en particulier discuter le rôle, bénéfique ou néfaste, du condensateur présent dans le schéma équivalent de la photodiode.)

4

Schéma équivalent de la photodiode:



Quand la fréquence est trop grande,  $C_b$  devient un fil ( $\frac{1}{j\omega C_b} \rightarrow 0$ ) et court-circuite donc le générateur  $= K\phi_r$  passe exclusivement dans  $C_b$  et ne va donc plus vers le reste du circuit.

⇒ La diode n'est plus utilisable aux HF.

#### 16 : QCM

2

Un capteur a comme mesurande  $x$  et comme grandeur électrique de sortie  $y$ . La réponse asymptotique du capteur  $|H| = \left| \frac{\tilde{y}}{\tilde{x}} \right|$  (module du rapport des amplitudes complexes de  $y$  et de  $x$ ) en fonction de la fréquence est donnée sur la figure 10. A quelle(s) fréquence(s) ce capteur aura-t-il un fonctionnement optimal ? (Vous supposerez qu'en-dessous 1 Hz, le comportement du capteur est le même qu'entre 1 Hz et 1 kHz.)

- ☐ à 1 kHz
- ☐ de 1 kHz à 10 kHz
- ☒ de 0 à 1 kHz
- ☐ de 0 à 10 kHz

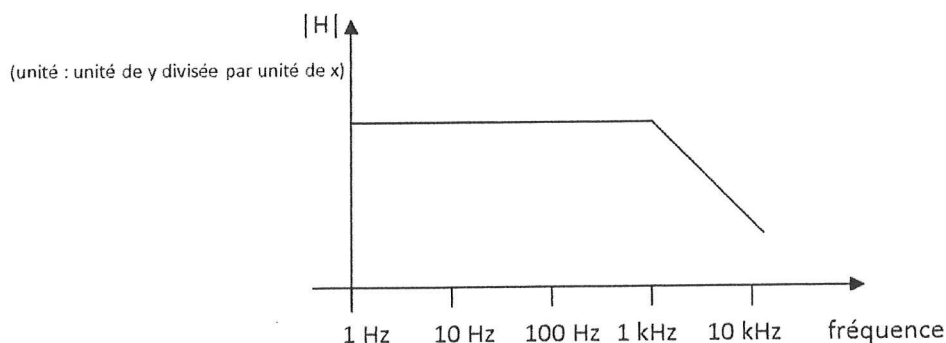


Fig.10