

## 2E102 - Source d'énergie électrique et capteurs

ER1 - 1 HEURE - le 20/10/2016

Sans document ni calculatrice

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

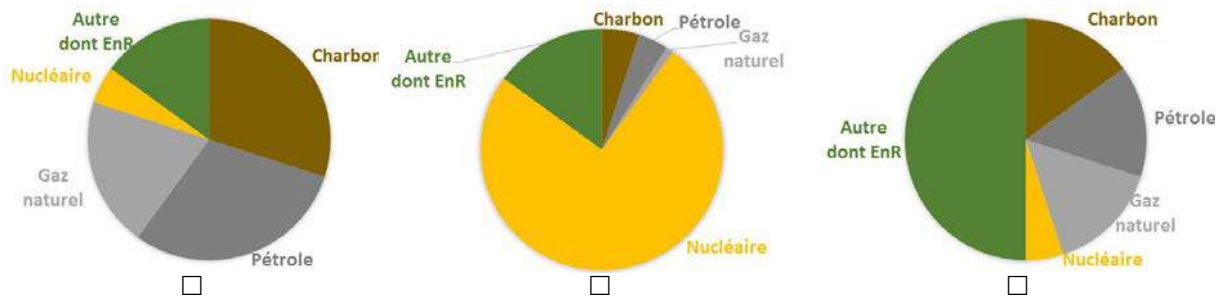
*Le principe de notation associé à la partie QCM consiste à attribuer deux points à une réponse juste et à soustraire un point pour une réponse fausse. L'absence de réponse se traduit par zéro. Une seule réponse par question.*

*Les valeurs numériques des applications ont été arrondies pour faciliter les calculs.*

### Exercice 1 : Généralités

L'énergie mondiale.

a. Sélectionner le diagramme représentant la répartition des sources d'énergie mondiales en 2016 :



b. De quelle énergie s'agit-il ? :

- ☐ énergie finale
- ☐ énergie active
- ☐ énergie primaire

c. Quelle a été la production mondiale d'énergie en 2015 ?

- ☐ 13,7 ktep
- ☐ 13,7 Mtep
- ☐ 13,7 Gtep

d. Citer trois sources d'énergie fossile :

.....  
.....

e. Citer trois sources d'énergie renouvelable :

.....  
.....

f. Quel est l'ordre de grandeur de la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie dans le monde en 2015 ?

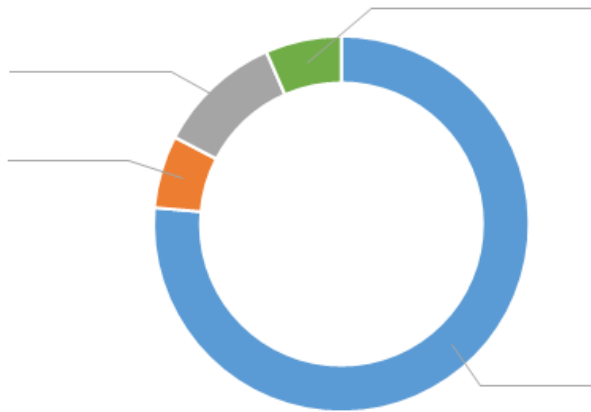
- ☐ 20%
- ☐ 50%
- ☐ 75%

L'énergie électrique en France.

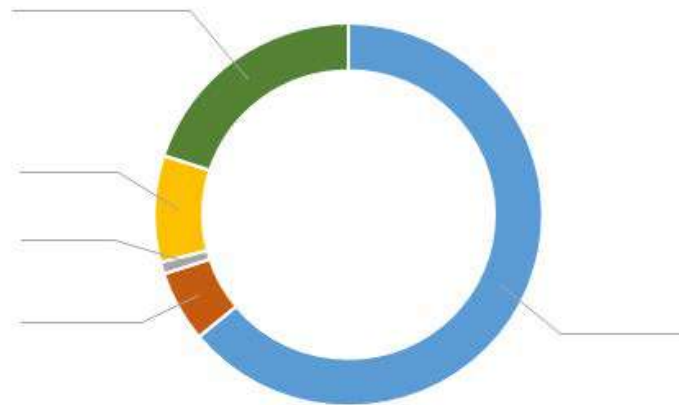
h. La consommation d'électricité a été de 545 TWh en France en 2015. Que vaut-elle en joule ?

- ☐ 545 J
- ☐  $1,96 \cdot 10^{18}$  J
- ☐  $151,4 \cdot 10^{12}$  J

g. Compléter le diagramme ci-dessous, représentant le mix énergétique français en 2015 :



h. Compléter le diagramme ci-dessous, représentant la production d'électricité par source d'énergie renouvelable, en France en 2015 :



i. A votre avis, comment pourrait-on réduire de façon conséquente les émissions de gaz à effet de serre, à l'échelle de la France et à l'échelle de la planète ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

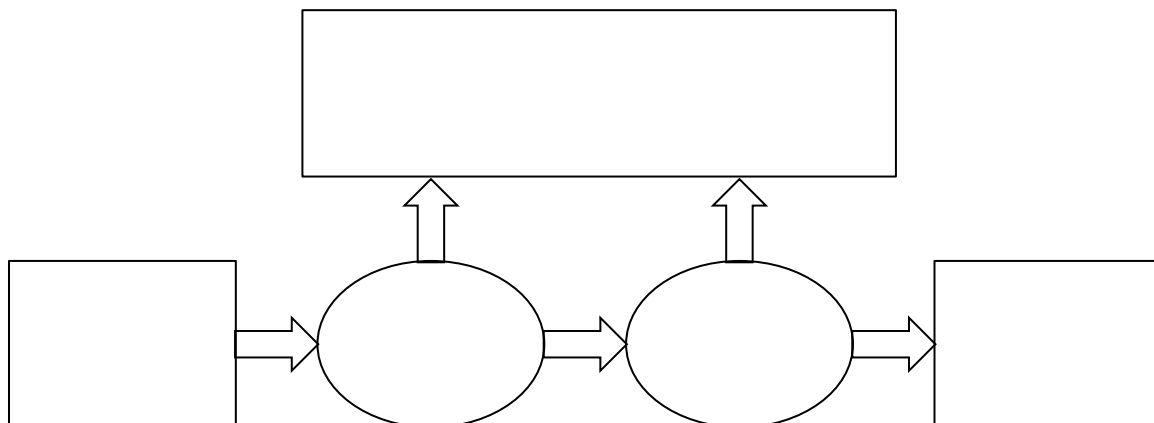
.....

.....

**Exercice 2 : Centrale hydraulique**

Une centrale hydraulique utilise l'énergie cinétique d'une chute d'eau pour produire de l'électricité.

a. Compléter le schéma ci-dessous représentant la chaîne énergétique de la centrale hydraulique :



b. Le rendement de la turbine est de 90%, celui de l'alternateur de 95%. Quel est le rendement global de conversion de la centrale hydraulique :

- ☐ 95%
- ☐ 90%
- ☐ 85%

c. A votre avis, quels sont les avantages et les inconvénients des centrales hydrauliques ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2E102 - Source d'énergie électrique et capteurs

**Exercice 3 : Consommation électrique d'une maison**

Une maison individuelle de surface habitable égale à  $100 \text{ m}^2$  consomme  $3,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$  par an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

a. Convertir l'énergie consommée en kWh.

.....

.....

.....

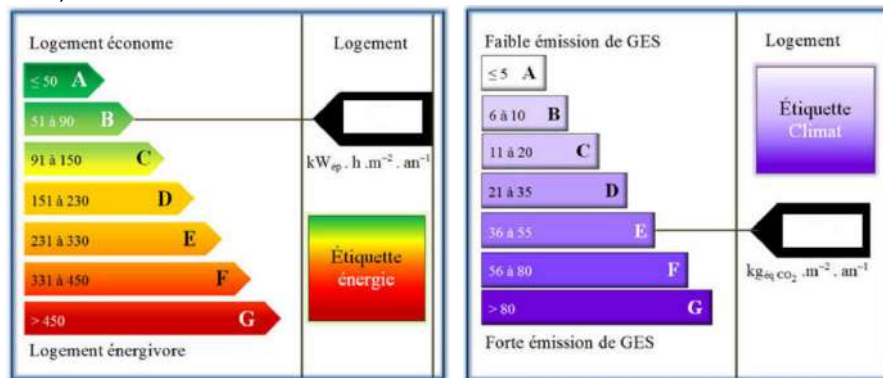
b. Pourquoi préfère-t-on utiliser cette unité plutôt que le joule ?

.....

.....

.....

On souhaite calculer le classement énergétique de cette maison individuelle ainsi que celui relatif à l'émission de gaz à effet de serre, selon différents cas.



1<sup>er</sup> cas : Tout électrique

c. Quel est l'ordre de grandeur du rendement d'une centrale thermique classique ?

- ☐ 20 %
- ☐ 40 %
- ☐ 80 %

d. En déduire l'énergie consommée par la centrale thermique classique pour produire 1 kWh d'électricité :

- ☐ 1 kWh
- ☐ 2,5 kWh
- ☐ 4 kWh

e. En déduire l'énergie consommée par la centrale thermique classique pour fournir l'électricité nécessaire au chauffage et à l'eau chaude sanitaire de la maison individuelle, pendant un an :

- ☐ 10 MWh/an
- ☐ 25 MWh/an
- ☐ 40 MWh/an

f. Expliquer les unités définissant la consommation d'une habitation,  $\text{kW}_{\text{ep}} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$  (figure ci-dessus à gauche).

.....

.....

.....

**2E102 - Source d'énergie électrique et capteurs**

g. En déduire l'étiquette Énergie de cette maison.

.....

.....

.....

Le tableau ci-dessous donne l'équivalence (valeurs arrondies) entre l'émission de gaz à effet de serre des combustibles courants et la consommation d'énergie primaire :

	Electricité	Charbon	Fioul	Gaz
Emission de CO <sub>2</sub> (g/kWh)	100	400	300	250

h. Quelle est la masse de CO<sub>2</sub> émise pendant une année ?

- ☐ 25 kg/m<sup>2</sup>/an  
☐ 10 kg/m<sup>2</sup>/an  
☐ 1 kg/m<sup>2</sup>/an

i. En déduire l'étiquette Climat de cette maison.

.....

.....

.....

2<sup>ème</sup> cas : Chaudière au fioul

j. Donner l'étiquette Énergie de cette maison (justifiez).

.....

.....

.....

.....

.....

k. Donner l'étiquette Climat de cette maison (justifiez).

.....

.....

.....

.....

l. Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

m. L'électricité classique permettant d'alimenter cette maison arrive jusqu'aux prises électriques sous forme de :

- ☐ courant continu  
☐ courant alternatif  
☐ courant redressé

**2E102 - Source d'énergie électrique et capteurs**

n. Pour réduire les pertes en ligne lors du transport de l'électricité en courant alternatif, il faut avoir :

- ☐ une tension aussi basse que possible
- ☐ une tension aussi élevée que possible
- ☐ un  $\cos(\varphi)$  aussi petit que possible

o. Le transport du courant en régime triphasé par rapport au régime monophasé :

- ☐ nécessite le même volume total de conducteurs
- ☐ nécessite un volume total de conducteurs trois fois plus important
- ☐ peut se passer d'un conducteur de neutre si les charges sont parfaitement équilibrées

p. Les conditions de stabilité d'un réseau électrique à courant alternatif sont :

- ☐ l'égalité entre les puissances produite et consommée par les utilisateurs finaux
- ☐ l'égalité de la puissance active et de la puissance réactive
- ☐ l'égalité entre la puissance produite et la somme des puissances consommée par les utilisateurs finaux et perdue en ligne et dans les transformateurs par effet Joule

p. Citer le principal inconvénient de l'éolien et du photovoltaïque par rapport au réseau électrique.

.....

.....

.....

**Exercice 4 : La chaleur du corps humain, source d'énergie**

Une équipe de chercheurs du Korean Advanced Institute of Science and Technology a développé un générateur d'électricité qui fonctionne avec la chaleur corporelle. Très fin (environ 500  $\mu\text{m}$ ), léger (environ 0,13  $\text{g}/\text{cm}^2$ ) et particulièrement flexible, il peut simplement se coller sur la peau pour alimenter un petit appareil, comme une smartwatch. Ce générateur est composé de matériaux thermoélectriques de type N ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) et P ( $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ) qui sont appliqués sur un verre spécifique. Le coefficient Seebeck de la jonction utilisée est de 140  $\mu\text{V}.\text{K}^{-1}$ .



Source : Sun Jin Kim et al., *Energy Environ. Sci.*, 2014, 7, p. 1959

La production énergétique de ce nouveau générateur, pour une taille de 10 cm par 10 cm, est estimée à environ 35 mW avec une différence de température de 20°C entre la peau humaine et l'air ambiant.

La batterie lithium-ion d'une smartwatch, comme l'Apple Watch, a une capacité de 200 mAh sous 3,5 V.

a. Sur quel mécanisme de conversion s'appuie ce générateur ?

- ☐ Thermoélectricité
- ☐ Piézoélectricité
- ☐ Géothermie

b. Décrire succinctement le principe de fonctionnement de ce type de générateur.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c. Justifier l'écart de température choisi.

.....

.....

d. Quelle est la différence de potentiel engendrée par une jonction ?

- ☐ 3,5 V
- ☐ 41,2 mV
- ☐ 2,8 mV

e. Comme le montre la figure ci-avant, le dispositif complet est fabriqué à partir de 10 cellules élémentaires associant plusieurs jonctions. A votre avis, comment sont associées ces cellules élémentaires, si on veut charger une smartwatch ?

- ☐ en série
- ☐ en parallèle
- ☐ 2 chaînes en parallèles de 5 cellules élémentaires en série

f. Quelle doit être alors la différence de potentiels aux bornes de chaque cellule élémentaire si on veut charger une smartwatch ?

- ☐ 350 mV
- ☐ 410,2 mV
- ☐ 28 mV

g. Quel est le nombre de jonctions P-N pour chacune de ces 10 cellules élémentaires ?

- ☐ 10
- ☐ 125
- ☐ 40

h. On associe 10 bracelets tels que décrits ci-dessus afin d'obtenir une surface active de 10 cm par 10 cm. Comment doit-on les associer ?

- ☐ en série
- ☐ en parallèle
- ☐ 2 chaînes en parallèles de 5 bracelets en série

i. Quel courant pourra être généré dans ces conditions ?

- ☐ 35 mA
- ☐ 10 mA
- ☐ 200 mA

j. Combien de temps faudra-t-il pour charger la batterie de la smartwatch si son état de charge est à 60% ?

- ☐ 4 heures
- ☐ 8 heures
- ☐ 12 heures

k. Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Exercice 5 : Autres sources d'énergie**

Centrale éolienne :

a. Notons  $p$  la densité de l'air ( $1,22 \text{ kg/m}^3$ ) et  $D$  le diamètre du rotor d'une éolienne (en m). Lorsque le diamètre du rotor est doublé, la puissance du vent arrivant en amont de l'éolienne est :

- ☐ divisée par 2
- ☐ multipliée par 2
- ☐ multipliée par 4

b. Lorsque la vitesse du vent arrivant en amont de l'éolienne est doublée, la puissance du vent arrivant sur le rotor est :

- ☐ multipliée par 2
- ☐ multipliée par 4
- ☐ multipliée par 8

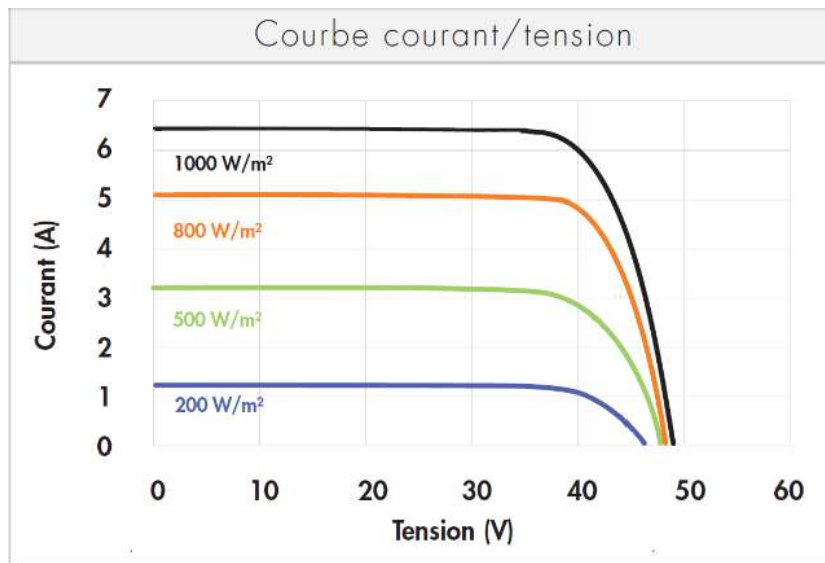
c. D'après la limite de Betz, le rendement maximum d'une éolienne est :

- ☐ 100%
- ☐ 59%
- ☐ 5%

d. Dans ce cas, la vitesse du vent en sortie de l'éolienne est :

- ☐ Nulle
- ☐ Trois fois plus grande que la vitesse du vent en amont de l'éolienne.
- ☐ Trois fois plus petite que la vitesse du vent en amont de l'éolienne.

Centrale photovoltaïque :



e. La caractéristique courant-tension du module photovoltaïque est représenté sur la figure ci-dessus. Quelle est la puissance nominale de ce module photovoltaïque ?

- ☐ 6,4  $\text{W}_c$
- ☐ 40  $\text{W}_c$
- ☐ 240  $\text{W}_c$

f. Indiquer quelles sont les valeurs des tension de circuit-ouvert, courant de court-circuit, tension à puissance maximale, courant à puissance maximale et puissance maximale, pour un éclairement de  $1\,000 \text{ W.m}^{-2}$  :

$V_{oc} = \dots\dots\dots I_{sc} = \dots\dots\dots$

$V_{mpp} = \dots\dots\dots I_{mpp} = \dots\dots\dots$

$P_{mpp} = \dots\dots\dots$



g. On branche une charge aux bornes du panneau photovoltaïque. Indiquez les valeurs des courant et tension générés dans les deux cas ci-dessous :

si  $R = 0$  :  $V = \dots\dots\dots I = \dots\dots\dots$

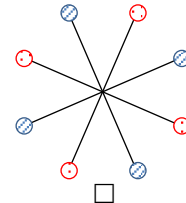
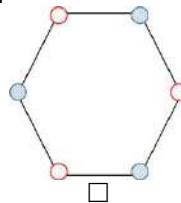
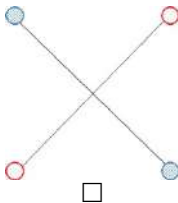
si  $R = \infty$  :  $V = \dots\dots\dots I = \dots\dots\dots$

h. On souhaite extraire le maximum de puissance du module photovoltaïque ci-dessus. Quelle charge doit-on alors connecter, pour un éclairement de  $1\,000\text{ W/m}^2$  :

- ☐  $6,7\ \Omega$
- ☐  $20,5\ \Omega$
- ☐  $42\ \Omega$

Piézoélectricité :

i. Laquelle des structures cristallines suivantes présente un effet piézoélectrique ?



j. Le signal généré aux bornes d'une céramique piézoélectrique est :

- ☐ continu
- ☐ oscillant
- ☐ triphasé