

Olympiades académiques 2020

Épreuve de présélection

QCM de PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : 1h

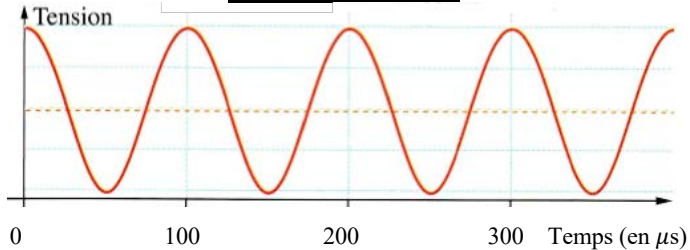
NOTES IMPORTANTES

- Les candidats sont totalement responsables de la gestion du temps, de l'organisation de leur travail.
- Une fois une réponse validée, ils ne pourront plus revenir sur la question précédente.
- Pour les questions à choix multiples, plusieurs réponses peuvent être possibles et seule la totalité des réponses justes cochées sera comptabilisée.
- Aucun document n'est autorisé.
- Seule la calculatrice de l'ordinateur est autorisée.

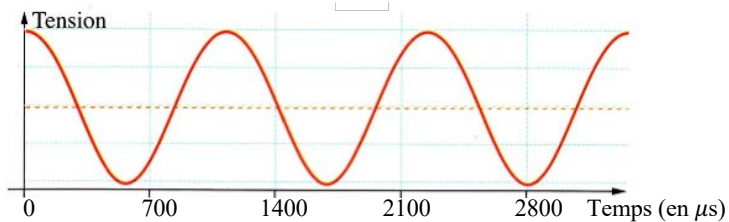
1. Une histoire d'opéra :

Le capitaine Haddock est tombé malade et depuis il subit une perte d'audition.

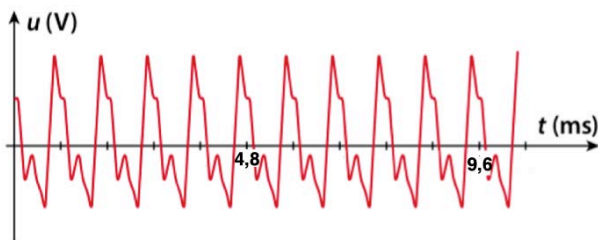
Fréquence la plus haute habituellement entendue par le capitaine :



Fréquence la plus haute entendue par le capitaine depuis qu'il est malade :



Enregistrement de la voix de la Castaphiore :

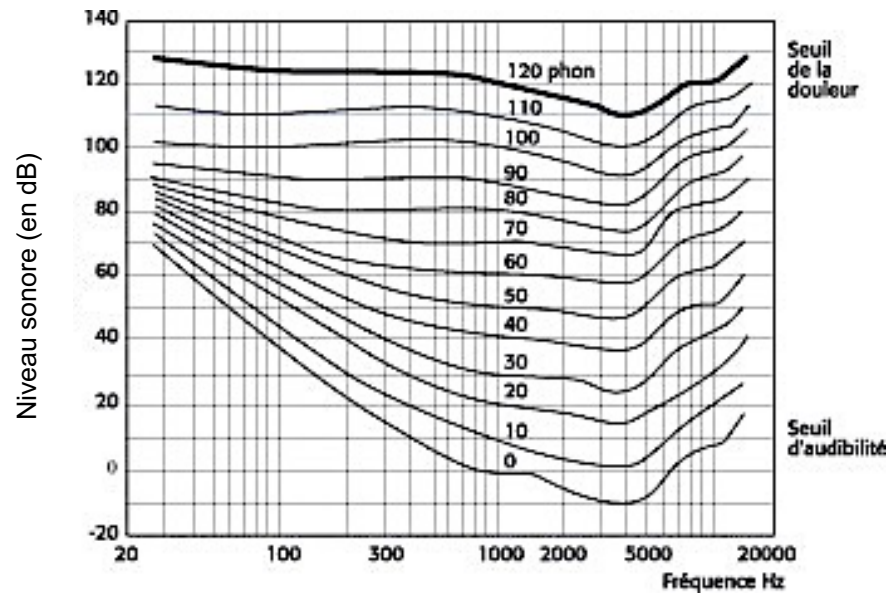


Différents registres de voix :

| Registre de voix | Note la plus basse et fréquence correspondante | Note la plus haute et fréquence correspondante |
|------------------|--|--|
| Soprano | Do ₃ : 262 Hz | Do ₅ : 1047 Hz |
| Mezzo-soprano | La ₂ : 220 Hz | La ₄ : 880 Hz |
| Contralto | Fa ₂ : 175 Hz | Fa ₄ : 699 Hz |
| Ténor | Si ₁ : 123 Hz | Si ₃ : 494 Hz |
| Baryton | Sol ₁ : 98 Hz | Sol ₃ : 392 Hz |
| Basse | Mi ₁ : 83 Hz | Mi ₃ : 330 Hz |

- Le domaine des fréquences audibles par l'oreille humaine est :
 - de 2 Hz à 2000 Hz
 - de 20 Hz à 20 000 Hz
 - de 200 Hz à 20 000 Hz
 - de 200 Hz à 200 000 Hz
- Un son de fréquence $f = 33\,000$ Hz est
 - audible
 - un ultrason
 - un infrason
- Cocher les réponses vraies :
 - Le capitaine entendra la note la plus aigüe chantée par la Castaphiore
 - Le capitaine n'entendra pas la note la plus aigüe chantée par la Castaphiore
 - Le capitaine a perdu 23 % de son domaine habituellement audible
 - Le capitaine a perdu 57 % de son domaine habituellement audible
 - Le capitaine a perdu 92 % de son domaine habituellement audible
- La castaphiore a un registre de voix de :
 - Soprano
 - Mezzo – Soprano
 - Contralto
 - Ténor

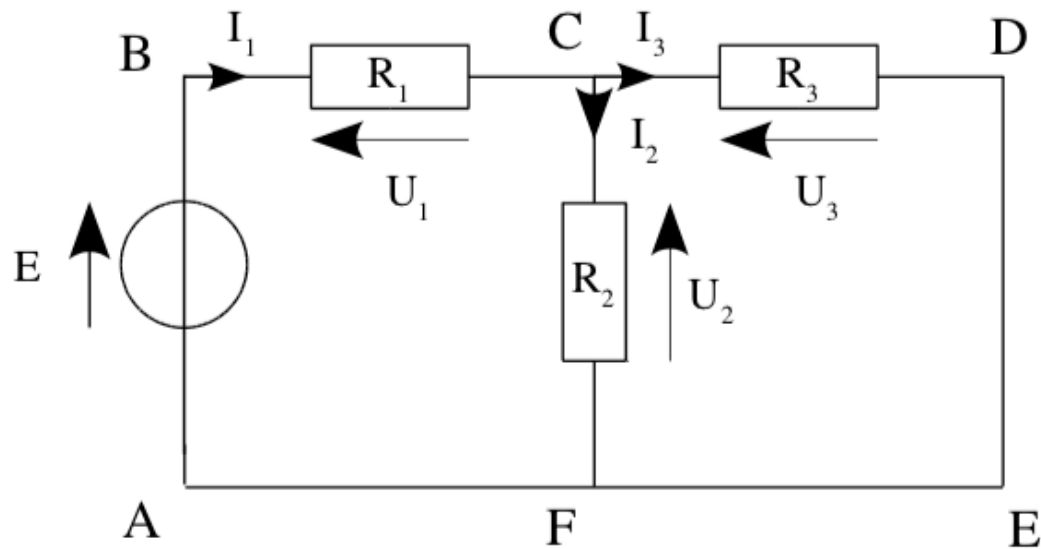
Diagramme de Fletcher et Munson présentant la perception d'un son en fonction de sa fréquence :



5. A partir de quel niveau sonore la voix de la castaphiore est-elle douloureuse pour l'homme ?
120 dB

2. Un peu d'électricité

On considère le montage électrique suivant :



$$E = 10 \text{ V}$$

$$U_1 = 6 \text{ V}$$

$$I_1 = 0,1 \text{ A}$$

$$I_2 = 30 \text{ mA}$$

1. L'intensité I_3 a pour valeur :

- $I_3 = 0,13 \text{ A}$
- $I_3 = 70 \text{ mA}$
- $I_3 = 0,2 \text{ A}$
- $I_3 = 150 \text{ mA}$

2. La tension U_2 a pour valeur :

- $U_2 = 4 \text{ V}$
- $U_2 = 6 \text{ V}$
- $U_2 = 10 \text{ V}$
- $U_2 = 16 \text{ V}$

3. La résistance R_1 a pour valeur :

- $R_1 = 0,6 \Omega$
- $R_1 = 50 \Omega$
- $R_1 = 60 \Omega$
- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

4. Calculer la puissance reçue par le récepteur R_3 .

$$P = 0,28 \text{ W}$$

3. S'envoler avec des ballons :

L'américain Larry Walters a toujours rêvé de voler, mais il n'a pas pu devenir pilote à cause de sa vue. En 1982 décida d'essayer de s'envoler grâce à des ballons remplis d'hélium. Il acheta des ballons de baudruche dont se servent les météorologues pour effectuer des mesures en altitude. Une fois gonflé, un tel ballon fait 7,2 mètres cubes.

La poussée d'Archimède

Tout objet immergé dans un fluide est soumis à une force verticale vers le haut égale au poids du fluide qu'il déplace.

La masse volumique

La masse volumique d'un corps notée ρ a pour expression :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Avec :

- m : la masse en kg.
- V : le volume en m^3 .
- ρ : la masse volumique en $kg \cdot m^{-3}$.

Données :

- Masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1,2 \text{ kg} \cdot m^{-3}$.
- Masse volumique de l'hélium : $\rho_{hélium} = 178 \text{ mg} \cdot L^{-1}$
- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,8 \text{ N} \cdot kg^{-1}$.
- Masse de Larry Walters : $m = 80 \text{ kg}$.
- Masse d'un ballon non gonflé : 47,6 g



1. Cocher toutes les réponses justes :
 - a. L'hélium est plus léger que l'air
 - b. L'air est plus léger que l'hélium
 - c. La densité de l'hélium vaut $d = 0,000178$
 - d. La densité de l'hélium vaut $d = 0,00178$
2. Pour que Larry Walter décolle :
 - a. La poussée d'Archimède doit être inférieure au poids
 - b. La poussée d'Archimède doit être supérieure au poids
 - c. La poussée d'Archimède doit être égale au poids
3. Comparaison des forces exercées sur le ballon :
 - a. La poussée d'Archimède est 6,75 fois plus petite que le poids du ballon
 - b. La poussée d'Archimède est 6,5 fois plus petite que le poids du ballon
 - c. La poussée d'Archimède est 4,3 fois plus petite que le poids du ballon
 - d. La poussée d'Archimède est 1,22 fois plus grande que le poids du ballon
 - e. La poussée d'Archimède est égale au poids du ballon
 - f. La poussée d'Archimède est 1,22 fois plus grande que le poids du ballon
 - g. La poussée d'Archimède est 4,3 fois plus grande que le poids du ballon
 - h. La poussée d'Archimède est 6,5 fois plus grande que le poids du ballon
 - i. La poussée d'Archimède est 6,75 fois plus grande que le poids du ballon
4. Combien de ballons sont nécessaires pour permettre à Larry Walters de s'envoler ?

10 ballons

4. Echolocation chez les dauphins :

Document 1 : Moyens de communication utilisés par les dauphins

Les dauphins émettent deux types de sons : des sifflements d'une durée de 0,5 s et d'une fréquence variant de 7 à 15 kHz et des « clics », beaucoup plus brefs, lancés au rythme de 5 à plusieurs centaines par seconde dans une bande de fréquence allant de 20 à 120 kHz (voire même 170 kHz). Les sifflements semblent constituer un moyen de communication entre dauphins. Les « clics » servent essentiellement au repérage des proies et des obstacles par écholocation, selon un système comparable à un sonar. Ces divers sons et ultrasons sont produits par des dispositifs complexes des fosses nasales, les cétacés étant dépourvus de cordes vocales.

D'après R. Manaranche, article CETACES, Encyclopédia Universalis

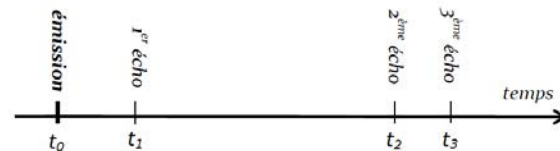
Document 2 : Traduction de quelques sifflements

Mais pourquoi est-ce-que je reçois 3 échos ?
Pourtant si je savais à quelle profondeur je suis, où se trouve le ballon que mon dresseur a suspendu à la perche et quelle est sa taille, je pourrais tenter un essai...

Document 3 : Célérité des ultrasons

| Milieu | Célérité des ultrasons |
|---------------|------------------------|
| eau | 1500 m/s |
| air et ballon | 340 m/s |

Document 4 : Enregistrement des échos reçus par le dauphin après réflexions d'un « clic » émis à l'instant $t_0 = 0$



Données numériques : $t_1 = 4,0 \text{ ms}$; $t_2 = 18,0 \text{ ms}$ et $t_3 = 19,4 \text{ ms}$

- Déterminer la vitesse des ultrasons dans l'eau sachant que le dauphin se trouve 3 m sous l'eau.

$$v = 1500 \text{ m/s}$$

- Déterminer la taille du ballon d_3 :

$$d_3 = 23,8 \text{ cm}$$

5. Plusieurs voies de production d'énergie

La puissance électrique d'une éolienne peut se calculer à l'aide de la vitesse v du vent par la formule suivante :

$$P = c_{Betz} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^3 \cdot A$$

Avec :

- P : puissance électrique en Watt
- c_{Betz} : coefficient de puissance, pour les équipements modernes : $c_{Betz} \approx 0,50$
- ρ : masse volumique de l'air ($\rho_{air} = 1,19 \text{ kg / m}^3$) à $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- v : vitesse du vent (m/s)
- A : Aire (disque) de la partie couverte par les hélices en rotation (m^2)

La centrale éolienne est composée de 10 éoliennes avec des hélices dont chaque pale fait 35 m de longueur



1. En supposant que la vitesse du vent est de 40 km/h quelle sera la puissance électrique produite par la centrale éolienne ?

$$P = 2,1 \times 10^7 \text{ W}$$

6. Une lunette astronomique

Lors d'une séance de TP, des élèves déterminent le grossissement d'une lunette astronomique. Voici les valeurs obtenues par les différents groupes :

77,6 ; 75,6 ; 78,0 ; 74,6 ; 76,4 ; 77,1 ; 74,1 ; 76,1 ; 75,6



Grossissement d'une lunette astronomique :

Le grossissement d'une lunette astronomique afocale se calcule comme le rapport de la distance focale de l'objectif sur celle de l'oculaire.

Incertitude :

Lorsqu'un même opérateur répète plusieurs fois, dans les mêmes conditions, le mesurage d'une même grandeur, les valeurs mesurées peuvent être différentes. L'incertitude est alors évaluée de la façon suivante :

$$U = \frac{2 \sigma}{\sqrt{n}}$$

avec :

n : le nombre de mesures

σ : l'écart type de la série de mesures $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}}$

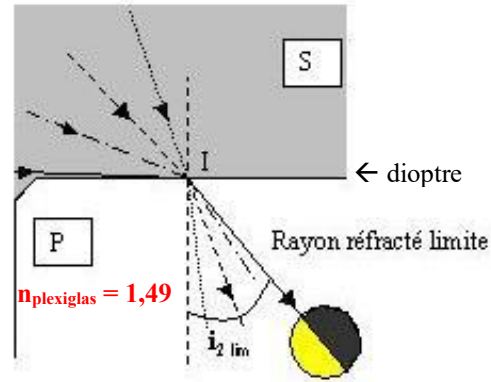
\bar{x} : la moyenne de la série de mesures

1. Donner la meilleure estimation du grossissement
76,1
2. Déterminer l'incertitude-type U sur la série de mesures
U = 1,2
3. La lunette astronomique étudiée est composée d'un objectif de distance focale 900 mm et d'un oculaire de distance focale 12mm. Le grossissement annoncé est-il inclus dans l'intervalle de mesure ?
 - a. Oui
 - b. NonG = 75

7. Lumière et concentration en éthanol :

Expérience réalisée

Une vieille bouteille d'alcool a été trouvée dans un placard et on voudrait déterminer le pourcentage d'éthanol contenu dans le mélange. Pour cela on dépose un peu du liquide sur un prisme en plexiglas afin de déterminer son indice de réfraction. Une lampe éclaire le liquide et les rayons lumineux arrivant à l'interface entre le liquide et le prisme couvrent tous les angles d'incidence possible entre 0° et 90° . Par réfraction il en résulte un faisceau lumineux réduit après traversée du dioptre. Il existe donc à un endroit à la sortie du prisme où l'on repère une séparation entre la zone lumineuse et une zone d'ombre comme illustré sur le schéma ci-dessus.



L'angle qui caractérise la séparation entre l'ombre et la lumière par rapport au dioptre vaut $24,9^\circ$ et il a été mesuré un jour où il faisait 40°C

Deuxième loi de Descartes :

On rappelle que la deuxième loi de Descartes, qui relie les angles d'incidence et de réfraction, est la suivante : $n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$ pour le passage d'un rayon lumineux d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2 .

Indice de réfraction :

L'indice de réfraction se définit comme le rapport de la célérité de la lumière dans le vide sur la vitesse de la lumière dans le milieu considéré :

$$n = \frac{c}{v}$$

c : célérité de la vitesse dans le vide

v : vitesse de la lumière dans le milieu d'indice n

1. Pour quel angle d'incidence le rayon réfracté limite est-il obtenu ?

$$i = 90^\circ$$

2. Quelle est la valeur de l'angle limite de réfraction ?

$$i_{2 \text{ lim}} = 90 - 24,9 = 65,1^\circ$$

3. Cocher toutes les réponses justes : La lumière se déplace :

- a. Plus vite dans l'eau que dans l'éthanol
- b. Plus vite dans l'éthanol que dans l'eau
- c. Plus vite dans l'air que dans l'eau
- d. Plus vite dans l'air que dans l'eau
- e. Plus vite dans l'éthanol que dans l'air
- f. Plus vite dans l'air que dans l'éthanol
- g. Plus vite dans le plexiglas que dans l'éthanol

4. Quelle est la valeur de l'indice de réfraction à 40°C du liquide retrouvé ?

$$n = 1,3515$$

5. Déterminer le pourcentage d'éthanol du mélange retrouvé :

$$n_{20} = 1,3605$$

24% d'alcool

Température et indice de réfraction :

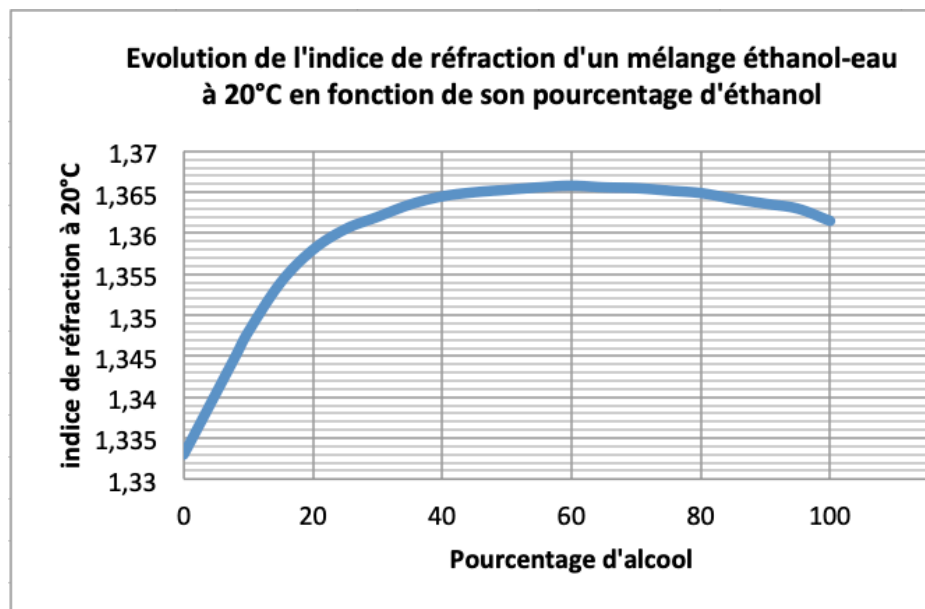
L'indice de réfraction d'un liquide dépend de la température. Les indices de réfraction sont habituellement tabulés à 20°C et la relation suivante permet de calculer l'indice de réfraction à une autre température

$$n_{20^\circ} = n_T + 0,00045 \times (T-20)$$

où T est la température exprimée en degré Celsius.

Indice de réfraction et concentration

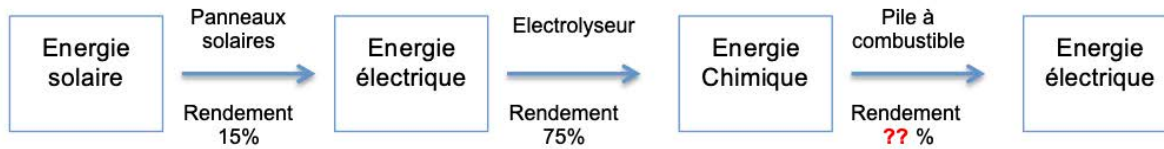
L'indice de réfraction d'une solution contenant de l'éthanol dépend de sa concentration en éthanol. La courbe suivante permet de relier les deux à une température de 20°C



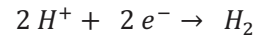
8. Des panneaux solaires pour produire du dihydrogène

Dans un système solaire à dihydrogène, l'énergie de rayonnement du soleil est convertie en énergie électrique à l'aide de cellules solaires (rendement : 15 %). Celui-ci est ensuite utilisé pour produire du dihydrogène dans un électrolyseur. Le dihydrogène gazeux peut alors être stocké dans des réservoirs et utilisé dans des piles à combustible pour produire de l'énergie électrique.

Chaîne énergétique du système :



Réaction d'électrolyse dans l'électrolyseur :



Relation des gaz parfaits :

$$P \times V = \frac{N}{6,02 \times 10^{23}} \times R \times T$$

avec :

- P : la pression en Pa
- T : la température en K
- N : le nombre de molécules de gaz
- V : le volume de gaz en m^3
- R : constante : $R = 8,314 \text{ USI}$

Caractéristiques de l'installation étudiée :

- La surface totale des cellules solaires est de $3,6 \cdot 10^3 \text{ m}^2$
- l'énergie annuelle de rayonnement reçue du soleil est de $1200 \text{ kWh} / \text{m}^2$.
- Pression de fonctionnement de l'électrolyseur $P = 10^5 \text{ Pa}$.
- Température de fonctionnement de l'électrolyseur $T = 293 \text{ K}$.

1. Calculer l'énergie électrique produite par les cellules solaires en un an.

$$\text{Energie solaire reçue} = \text{Surface} \times \text{energie surfacique} = 4,32 \cdot 10^6 \text{ kWh} = 1,56 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$\text{Rendement 15\% : Energie produite} = 6,48 \cdot 10^5 \text{ kWh} = 2,33 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

2. Sachant qu'il circule chaque année $1,46 \times 10^{31}$ électrons dans l'électrolyseur et que ce dernier a un rendement de fonctionnement de 75 %, déterminer le volume de dihydrogène produit chaque année.

$$N_{H_2} = \frac{N_{e^-}}{2} = 7,3 \times 10^{30}$$

$$\text{loi des GP : } V = 2,95 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

$$\text{rendement de 75 \% : } V_{\text{réel}} = 2,22 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

3. Sachant que l'efficacité globale (en %) de la conversion énergétique depuis l'énergie solaire reçue jusqu'à l'énergie électrique utilisée est de 6,75 %, en déduire le rendement de la pile à combustible.

$$\text{Rendement globale} = 0,15 \times 0,75 \times x = 0,0675$$

$$x = 0,6 \rightarrow 60 \%$$

4. Pourquoi l'utilisation de la technologie de du dihydrogène a-t-elle un sens malgré sa faible efficacité ?
 - a. Elle est facile à mettre en œuvre
 - b. Elle permet de s'affranchir des inconvénients liés à une production intermittente de l'énergie.
 - c. Elle permet de stocker l'énergie avant son utilisation.
 - d. Elle ne pollue pas
 - e. Elle produit des gaz a effet de serre

Le kilowattheure :

Nous utilisons et produisons des quantités d'énergie toujours plus grandes. L'unité internationale de l'énergie qui est le Joule (J) est devenue trop petite et mal adaptée aux quantités d'énergie utilisées actuellement. C'est pour cela qu'on utilise le kWh.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws (à lire Watt-seconde)}$$

