

PARTIE A

Le projet SEAREV : Système Électrique Autonome de Récupération de l'Énergie des Vagues (10 points)

Comment fonctionne le système SEAREV ? SEAREV est un système offshore de deuxième génération composé d'un flotteur clos et étanche dans lequel est suspendue une roue chargée qui joue le rôle d'un pendule embarqué. Cette roue à axe horizontal, de grand diamètre (9 m), dont la moitié supérieure est évidée, a sa masse concentrée dans la moitié inférieure, lestée de béton, d'où l'effet de pendule. Sous l'action de la houle et des vagues, le flotteur se met à osciller, entraînant à son tour un mouvement de va-et-vient de la roue pendulaire. Chacun a son propre mouvement, et c'est le mouvement relatif entre le flotteur et la roue qui actionne un système hydro-électrique de conversion de l'énergie mécanique en électricité : des pompes hydrauliques liées à la roue pendulaire chargent des accumulateurs à haute pression ; en se déchargeant, ces derniers livrent à leur tour leur énergie à des moteurs hydrauliques qui entraînent des générateurs d'électricité. Plusieurs flotteurs SEAREV mouillés au large forment un parc (ou ferme). L'électricité est ramenée à terre par un câble sous-marin.

<http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/08searev.pdf>

Pour comprendre le fonctionnement complexe de la roue pendulaire du SEAREV, il a fallu s'intéresser aux oscillations libres des systèmes. Dans cet exercice, la roue pendulaire est modélisée par un pendule simple composé d'une bille de masse m et d'un fil de longueur L . On considère que la roue pendulaire, au passage d'une vague, effectue une oscillation complète (soit un aller-retour).

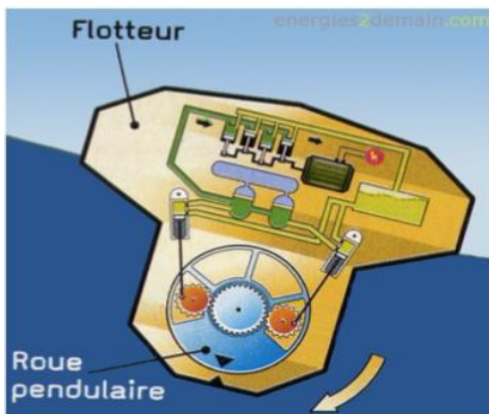


Schéma d'un module SEAREV
www.energies2demain.com

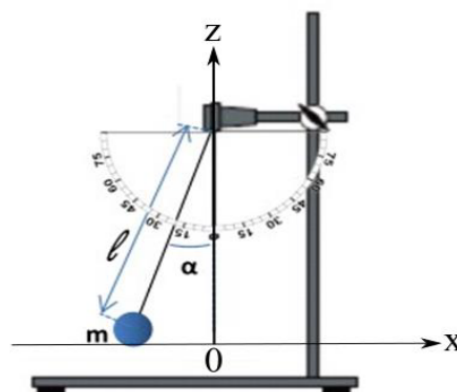
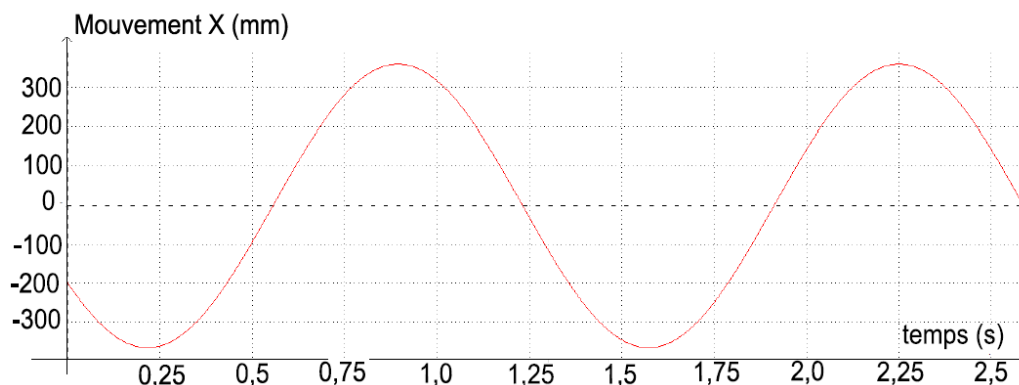


Schéma d'un pendule simple

Afin d'étudier le pendule simple, une vidéo enregistrant les oscillations du pendule a été réalisée ainsi que le pointage des positions occupées par le pendule au cours du temps. On obtient la courbe présentée ci-après.

Oscillations du pendule simple



1. Déterminer la valeur de la période des oscillations du pendule simple étudié.
2. En déduire celle de la fréquence des oscillations de ce pendule.
3. On considère que des vagues atteignent un module SEAREV à un rythme constant. On modélise la roue pendulaire par le pendule simple étudié ci-dessus. Calculer le nombre de vagues qui atteindraient le module en 50 secondes. Commenter le résultat obtenu.

L'énergie des vagues

On considère la puissance moyenne annuelle transportée par mètre perpendiculaire à la direction de propagation des vagues. Les valeurs maximales à la surface du globe, $100 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-1}$, se trouvent au Cap Horn, alors que dans le Golfe de Gascogne en face de nos côtes, on trouve des niveaux de $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-1}$. La ressource moyenne globale en puissance des vagues se situerait entre 1,3 et 2 TW (soit entre $1,3\cdot 10^{12}$ et $2\cdot 10^{12}$ W) d'après le World Energy Council, soit l'ordre de grandeur de la puissance électrique mondiale installée (~ 2 TW). L'énergie récupérable avec les moyens envisagés aujourd'hui serait de l'ordre de 140 à 750 TWh par an. Les développeurs estiment que l'on pourrait installer en mer des parcs de machines avec une densité de puissance de l'ordre de 25 MW par km^2 de mer occupée, ce qui pourrait alimenter de 7 000 à 8 000 foyers français en électricité (moyenne annuelle hors chauffage).

<http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/08searev.pdf>

4. Indiquer si le module SEAREV est un convertisseur d'énergie. Justifier.

Afin de mieux comprendre l'aspect énergétique du module SEAREV, on étudie les énergies associées aux oscillations d'un pendule simple. On obtient les courbes simulées ci-après représentant les variations des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un pendule simple.

5. Un joule équivaut à un $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$. Parmi les expressions suivantes, choisir, en justifiant à l'aide d'une analyse des unités, celle de l'énergie cinétique E_C puis celle de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} :

a) $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

d) $E_{PP} = m \times g$

b) $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v$

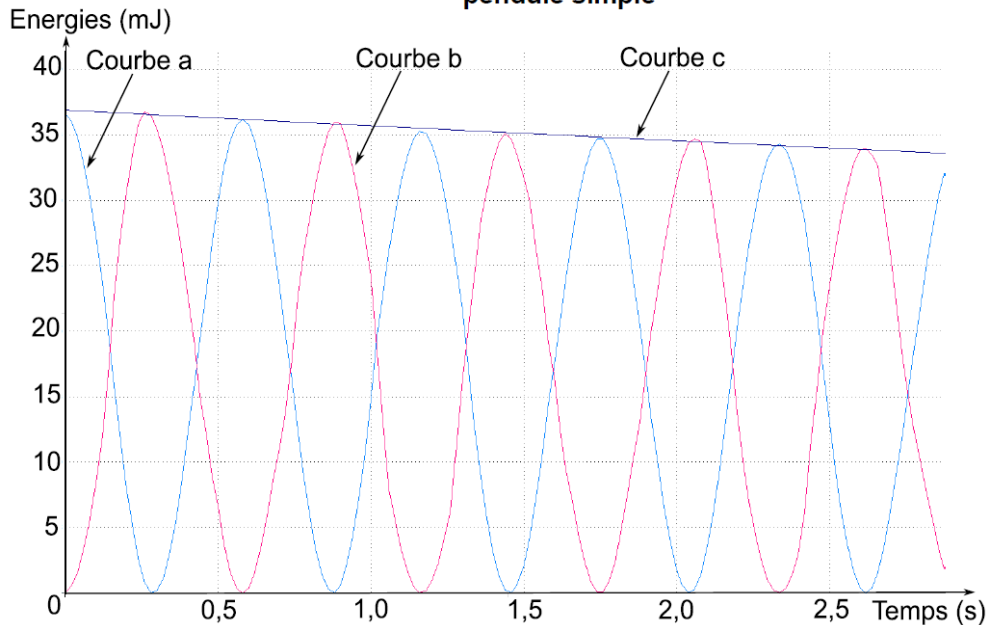
e) $E_{PP} = m \times g \times z$

c) $E_C = \frac{1}{2} \times v^2$

f) $E_{PP} = g \times z$

où m est la masse du système étudié, v est la vitesse, g est l'intensité de la pesanteur et z l'altitude.

Simulation des variations des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un pendule simple



6. Le pendule est lâché, sans vitesse initiale, avec un angle $\alpha = 30^\circ$. Associer à chaque courbe (a, b et c) de la simulation, une énergie (cinétique, potentielle ou mécanique). Justifier.
7. Indiquer si l'énergie mécanique du pendule est conservée au cours de son mouvement. Justifier.
8. Déterminer la valeur du travail des forces non conservatives s'exerçant sur le pendule pendant une durée $\Delta t = 2,5$ s. Justifier.
9. Citer une force non conservative s'exerçant sur un module SEAREV.

Des parcs de machines composés de dizaines de module SEAREV sont envisagés pour produire de l'électricité. On estime la surface d'un parc de machine à 1 km^2 . D'après le site futura-science.com, la consommation d'électricité annuelle moyenne par foyer en France est d'environ 5 MWh.

10. Déterminer si un parc de machines permettrait de répondre aux besoins énergétiques annuels de 8 000 foyers français, comme indiqué précédemment.

Donnée : $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$.

PARTIE B

UTILISATION DU PEROXYDE D'HYDROGENE DANS UN BAIN DE BOUCHE (10 points)

Le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée), de formule brute H_2O_2 , fut découvert par le chimiste français Louis Jacques Thenard au début du 19^{ème} siècle. Il est utilisé dans de nombreux produits cosmétiques, dans la composition de bain de bouche pour blanchir les dents, ainsi que dans des produits pour éclaircir les cheveux ou pour blanchir les ongles.

En 2018, trois marques de produit pour blanchir les dents ont été retirées des magasins en Europe à cause d'une concentration trop élevée en peroxyde d'hydrogène. Une exposition à une trop grande concentration en peroxyde d'hydrogène peut provoquer d'une part une irritation de la bouche et d'autre part une sensibilité accrue des dents aux variations de température.

Des normes ont donc été établies pour limiter la concentration de peroxyde d'hydrogène dans les produits bucco dentaires vendus dans le commerce. Ces normes dépendent du pays de vente.

Nous allons étudier la composition d'un bain de bouche vendu sur internet qui contient du peroxyde d'hydrogène et ainsi déterminer si ce produit a toute légitimité ou non à être vendu dans le commerce.

Indications sur l'étiquette du bain de bouche étudié :

L'action moussante du peroxyde d'hydrogène vous procurera une bouche très propre.

Ce produit nettoie et rend les dents étincelantes.

Sans parabène, sulfate, phtalate, parfum et conservateur.

Ingrédients : Eau purifiée, peroxyde d'hydrogène, arôme naturel végétal, fluorure de sodium.

Données :

- Formule développée de la molécule de peroxyde d'hydrogène : H – O – O – H
- Électronégativité : hydrogène $\chi(\text{H}) = 2,2$; oxygène $\chi(\text{O}) = 3,2$.
- Numéros atomiques : élément hydrogène H : Z = 1 ; élément oxygène O : Z = 8.
- Configuration électronique à l'état fondamental de l'atome d'hydrogène H : $1s^1$ et de l'atome d'oxygène O : $1s^2 2s^2 2p^4$.

Structure et solubilité du peroxyde d'hydrogène

Sur l'étiquette du bain de bouche, nous pouvons remarquer que le peroxyde d'hydrogène se trouve en solution aqueuse.

1. Déterminer les électrons de valence de l'atome d'hydrogène et de l'atome d'oxygène à partir de leur configuration électronique à l'état fondamental.
2. Établir les schémas de Lewis de la molécule d'eau et de la molécule de peroxyde d'hydrogène.
3. Déterminer le caractère polaire de la liaison O-H.
4. Représenter sur un schéma les interactions entre une molécule d'eau et une molécule de peroxyde d'hydrogène. Nommer ces interactions et justifier la miscibilité du peroxyde d'hydrogène dans l'eau.

Détermination de la concentration en peroxyde d'hydrogène

On souhaite déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale de bain de bouche vendue sur internet. La solution est incolore. Pour cela nous allons effectuer un titrage avec suivi colorimétrique.

Pour déterminer à la concentration en quantité de matière C_1 en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale de bain de bouche on va étudier la transformation chimique modélisée par la réaction d'oxydoréduction qui prend place entre le peroxyde d'hydrogène $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ et les ions permanganate $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$.

Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction mettant en jeu les couples $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ dont l'équation est la suivante :



Une solution aqueuse contenant des ions permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ est de couleur rose. En revanche, la présence des espèces $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ ou $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq})$ dans l'eau laissent la solution aqueuse incolore.

5. Écrire les demi-équations électroniques associées aux couples $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$.
6. Retrouver l'équation de la réaction entre $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$, réaction support du titrage.

Dans un erlenmeyer, on verse un volume $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ de la solution de bain de bouche de concentration C_1 en quantité de matière de peroxyde d'hydrogène. On y ajoute 50 mL d'eau distillée et 10 mL d'une solution d'acide sulfurique de concentration $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On verse ensuite, progressivement, une solution de permanganate de potassium de concentration en quantité de matière $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. L'équivalence est atteinte pour un volume versé de la solution de permanganate de potassium $V_{2,\text{eq}} = 14,7 \text{ mL}$.

7. Légender le montage du titrage sur le **document réponse en annexe** en indiquant le nom du matériel de laboratoire.
8. Indiquer le nom du réactif limitant avant l'équivalence et celui du réactif limitant après l'équivalence.
9. Indiquer et justifier le changement de couleur de la solution lors de l'équivalence.

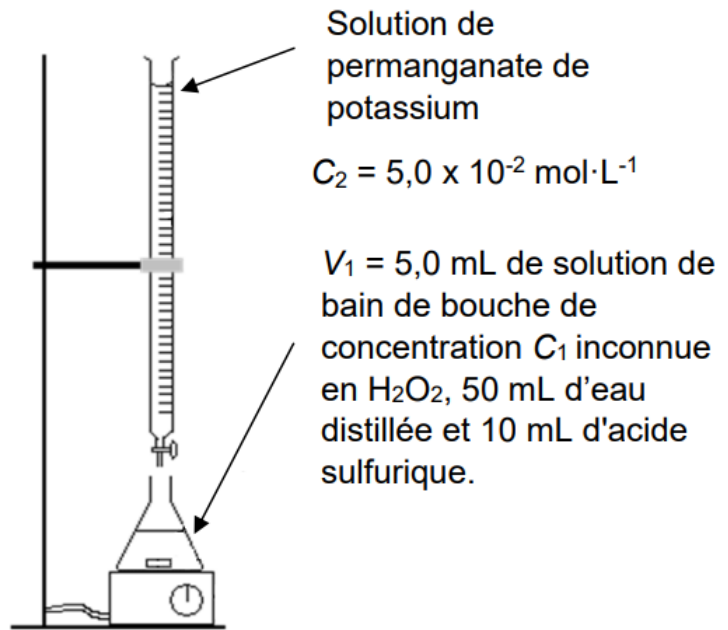
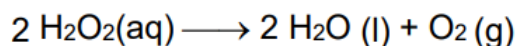


Schéma du montage du titrage

10. Démontrer que la relation à l'équivalence entre les volumes et les concentrations des solutions est : $2 C_1 \times V_1 = 5 C_2 \times V_{2,\text{eq}}$.
11. Calculer la valeur de la concentration C_1 en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale de bain de bouche.

Titre en volume de la solution commerciale

Le peroxyde d'hydrogène peut se dismuter (se décomposer) ; cette transformation peut être modélisée par l'équation de la réaction suivante :



C'est pourquoi les concentrations commerciales de peroxyde d'hydrogène sont généralement reliées à une grandeur appelée titre en volume.

En effet, par convention, le titre en volume correspond au volume en litre de dioxygène gazeux que peut dégager un litre de solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène lors de sa dismutation. On rappelle que dans les conditions normales de température et de pression le volume molaire du dioxygène $O_2(g)$ est de $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Des normes ont été établies pour limiter la concentration de peroxyde d'hydrogène dans les produits vendus dans le commerce. Ces normes dépendent du pays de vente.

Titre maximal autorisé dans les produits cosmétiques (exprimé en volume) :

Type de produit	Titre maximal dans les préparations vendues dans le commerce en Europe	Titre maximal dans les préparations vendues dans le commerce aux États-Unis
Produits pour les cheveux	40 volumes	42 volumes
Produits pour la peau	13,3 volumes	10 volumes
Produits pour durcir les ongles	6,6 volumes	Non renseigné
Produits bucco-dentaires	0,3 volume	15,4 volumes

www.cir-safety.org

12. Montrer qu'un litre de solution commerciale de bain de bouche de concentration en peroxyde d'hydrogène $C_1 = 3,7 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ produit, lors de sa dismutation, une quantité de dioxygène O_2 environ égale à $1,9 \times 10^{-1} \text{ mol}$.
13. Déterminer le titre en volume de la solution de bain de bouche. Conclure sur la possibilité de vendre ce bain de bouche en Europe et aux États-Unis.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse : Partie B - Question 7

