

Il se produit dans les différentes étapes les transformations chimiques modélisées par les réactions chimiques d'équation :

- étape 1 : $\text{H}_2\text{O} (\ell) \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g})$;
- étape 2 : $\text{CO}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$;
- étape 3 : combustion complète du méthane.

Problématique 1 : en quoi le procédé de transformation du dioxyde de carbone en méthane peut-il permettre de répondre aux difficultés liées au caractère intermittent des énergies renouvelables ?

1. Justifier pour chacune des étapes 2 et 3 du procédé si elle est endothermique ou exothermique.
2. Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du méthane de formule brute CH₄.

On cherche à estimer le pouvoir calorifique massique du méthane. Pour cela on mesure la masse de méthane nécessaire pour porter à l'ébullition une masse d'eau $m_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg}$ dont la température initiale est $T_i = 20,2 \text{ }^\circ\text{C}$. La manipulation est réalisée 6 fois avec le même dispositif.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

On rappelle que le pouvoir calorifique massique du méthane est défini par la relation :

$$P_C = \frac{E_{\text{libérée}}}{m_{\text{méthane consommée}}} \text{ avec } E_{\text{libérée}} \text{ l'énergie libérée lors de la combustion d'une masse de méthane } m_{\text{méthane consommée}}.$$

Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Essais	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Masse de méthane consommée (en g)	12,1	10,9	11,6	11,0	11,8	10,9

L'énergie libérée par la combustion peut être déterminée par la relation :

$$E_{\text{libérée}} = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_i)$$

avec :

- c_{eau} la capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- T_f la température finale de l'eau, c'est-à-dire la température d'ébullition de l'eau dans les conditions de l'expérience $T_f = 100,0 \text{ °C}$.

Pour effectuer le calcul du pouvoir calorifique massique à partir des résultats expérimentaux, il est nécessaire de déterminer une masse expérimentale de méthane consommée. Pour cela, on fait la moyenne sur toutes les valeurs de masse (valeurs n°1 à n°6).

3. Montrer, en détaillant les calculs, que la valeur expérimentale obtenue pour le pouvoir calorifique massique P_C du méthane est de l'ordre de $29 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

La valeur de référence du pouvoir calorifique massique du méthane est $50 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4. Proposer une explication pour interpréter l'écart entre la valeur expérimentale du pouvoir calorifique massique du méthane et sa valeur de référence.

On considère que :

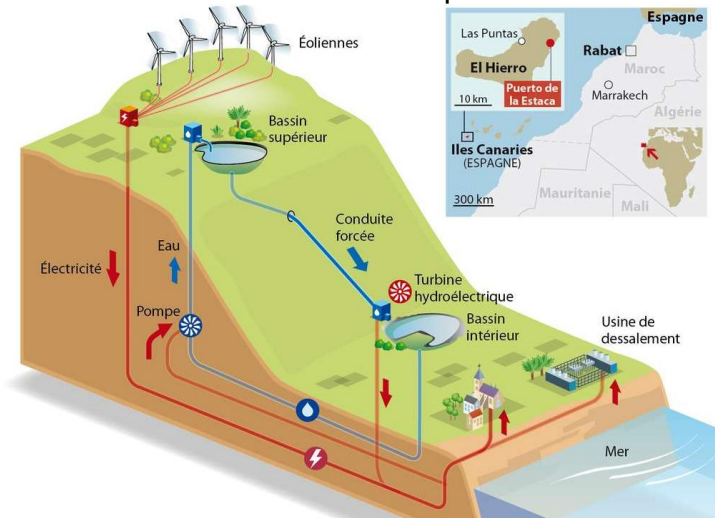
- la production d'un kilogramme de méthane par les étapes 1 et 2 du procédé nécessite 117 MJ d'énergie intermittente ;
 - seuls 25% de l'énergie thermique libérée par la combustion du méthane est transformée en électricité.
5. Répondre à la problématique 1 en déterminant la proportion d'énergie intermittente pouvant être considérée comme ayant été stockée par ce procédé. *On utilisera la valeur de référence du pouvoir calorifique massique du méthane.*

II. El Hierro : île pionnière de l'énergie renouvelable

Le pompage-turbinage est une technique de stockage de l'énergie électrique permettant de palier l'intermittence des ressources d'énergie renouvelables. Lorsque les conditions météorologiques sont favorables, l'excédent d'énergie produit par les éoliennes est utilisé pour faire fonctionner des pompes permettant de remplir des retenues d'eau situées en altitude. Lorsque la production d'électricité devient insuffisante, les retenues d'eau sont ouvertes. Après



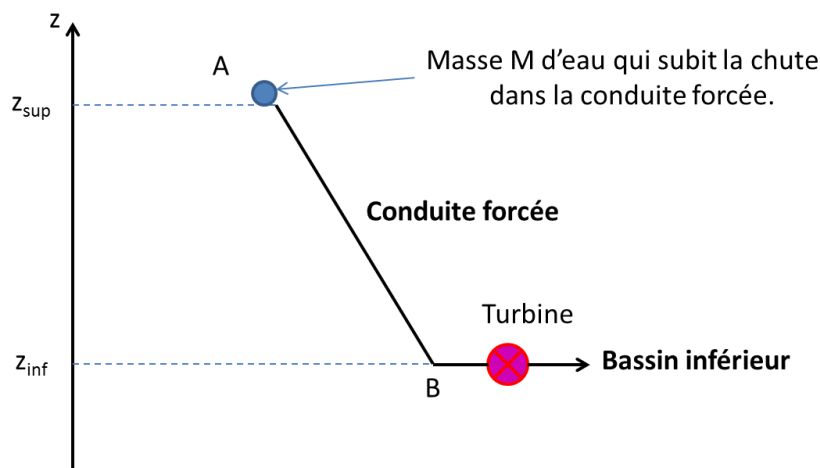
une chute de 650 m à travers une conduite forcée, l'eau actionne des turbines hydroélectriques qui entraînent un alternateur afin de produire de l'électricité.



Source : Futura-Sciences <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-ile-el-hierro-bientot-totalement-autonome-energie-44372/>


Problématique 2 : en quoi les infrastructures de l'île de El Hierro lui permettent-elle de s'affranchir des énergies fossiles ?

On s'intéresse à l'eau contenue dans le réservoir supérieur qui chute à travers la conduite forcée pour remplir le bassin inférieur. Le volume d'eau utile considéré est donc égal au volume du réservoir inférieur V_{inf} et la masse de ce volume d'eau utile, notée M , chute via la conduite du point A au point B (voir schéma ci-dessous).



Données :

- altitude du bassin supérieur : $z_{sup} = 700 \text{ m}$
- volume du bassin inférieur : $V_{inf} = 150\,000 \text{ m}^3$
- altitude du bassin inférieur : $z_{inf} = 50,0 \text{ m}$
- accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE	(Les numéros figurent sur la convocation.)																			
Né(e) le :			/			/														

1.1

- consommation annuelle sur l'île d'El Hierro en 2018 : $E = 42,0 \text{ GWh}$
- $1,000 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

On se place dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, muni d'un axe Oz orienté vers le haut. L'énergie potentielle de pesanteur est prise nulle à l'altitude $z = 0$.

- Exprimer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ΔE_{pp} de cette masse M d'eau lors de sa chute à travers la conduite forcée, en fonction de ρ_{eau} , V_{inf} , g , z_{sup} et z_{inf} . Montrer que la valeur de ΔE_{pp} est de l'ordre de -950 GJ .
- En considérant que l'eau est immobile dans le réservoir supérieur et que la chute à travers la conduite s'effectue sans frottement, déterminer la valeur de l'énergie cinétique de cette masse M d'eau lorsqu'elle actionne les turbines.
- Sachant que le rendement de la phase de turbinage est de 90 %, calculer la valeur de l'énergie électrique que peut fournir la centrale hydro-électrique.
- Répondre à la problématique 2 en déterminant le nombre de jours d'autonomie sans vent que représente la réserve d'eau des bassins.

PARTIE B

Exposition au soleil et protection (10 points)

Le Soleil est la principale source du rayonnement électromagnétique reçu par la Terre. Une partie de ce rayonnement est constituée de radiations ultraviolettes (UV). Une exposition prolongée aux rayons ultraviolets peut provoquer des dommages au niveau des yeux ou de la peau, tels que brûlures, vieillissement prématuré ou cancers. Il est donc nécessaire de prendre certaines précautions pour s'en protéger.

1. Les différents types de rayons ultraviolets

Il existe trois catégories de rayonnements ultraviolets, classés par domaines de longueur d'onde selon leurs effets biologiques et leur pouvoir de pénétration dans la peau :

- les UV-A : $320 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$;
- les UV-B : $280 \text{ nm} < \lambda < 320 \text{ nm}$;
- les UV-C : $100 \text{ nm} < \lambda < 280 \text{ nm}$;

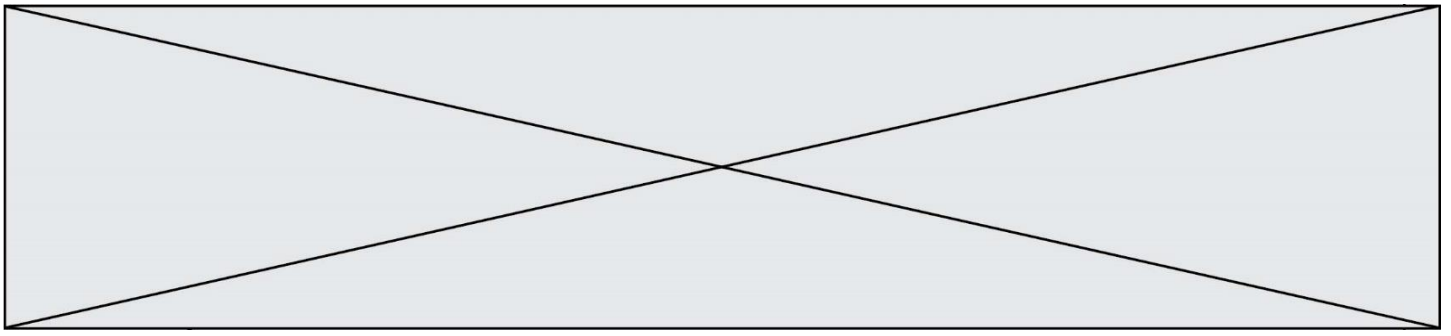
Plus l'énergie d'un rayonnement UV est élevée, plus celui-ci sera dangereux pour la peau.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- la valeur de la célérité de la lumière c dans le vide est supposée connue du candidat ;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

1.1. Calculer, en eV, la valeur de l'énergie E d'un photon de longueur d'onde $\lambda = 280 \text{ nm}$ dans le vide.

1.2. Classer, en justifiant, les différents types d'UV par nocivité croissante.



2. L'ozone, l'écran solaire de la Terre

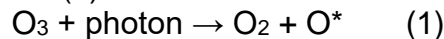
Avant d'atteindre la surface de la Terre, le rayonnement solaire subit des phénomènes d'absorption et de diffusion dans les couches de l'atmosphère, notamment en raison de la présence de dioxygène et d'ozone (O_3).

L'ozone est particulièrement présent dans la stratosphère, couche située entre dix et cinquante kilomètres d'altitude.

La couche d'ozone atmosphérique absorbe totalement les rayonnements ultraviolets de fréquence comprise entre 11×10^{14} Hz et 30×10^{14} Hz.

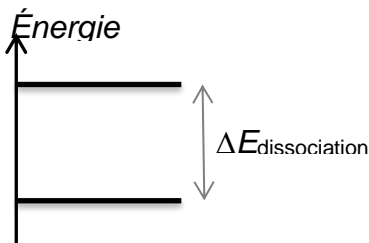
2.1. Déterminer quelle catégorie d'ultraviolets ne parvient pas jusqu'à la surface terrestre.

Lorsque le rayonnement UV traverse la stratosphère, certains photons incidents possèdent une énergie suffisante pour être absorbés par l'ozone. La transformation (dissociation) qui en résulte est modélisée par la réaction (1) :



La notation O^* signifie que l'atome d'oxygène formé est dans un état excité.

2.2. Le diagramme énergétique simplifié ci-dessous présente les niveaux d'énergie mis en jeu avant et après dissociation de l'ozone modélisée par la réaction (1).



2.2.1. Recopier ce diagramme sur la copie et représenter par une flèche la transition correspondant au phénomène d'absorption des photons incidents par l'ozone.

2.2.2. L'énergie de dissociation de l'ozone $\Delta E_{\text{dissociation}}$ est égale à 4,97 eV. Montrer que cette valeur est en accord avec la réponse donnée à la question 2.1.

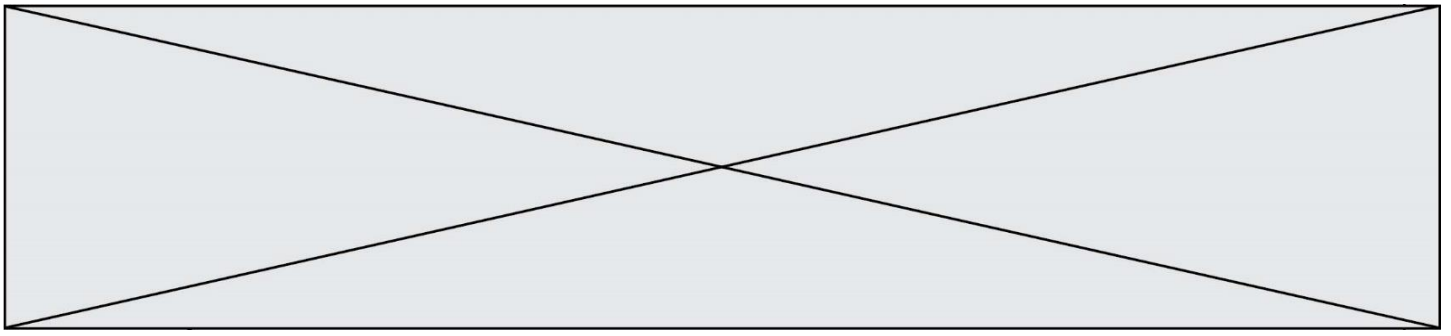
3. Le Soleil... sans coup de soleil

Pour limiter les effets des rayonnements UV sur la peau, il est recommandé par les dermatologues de porter des vêtements et accessoires protecteurs, et d'utiliser une crème solaire. Il existe deux grandes catégories de protection solaire offerte par les cosmétiques selon la nature des filtres et leur mode d'action ; tous doivent être expressément autorisés par la réglementation :

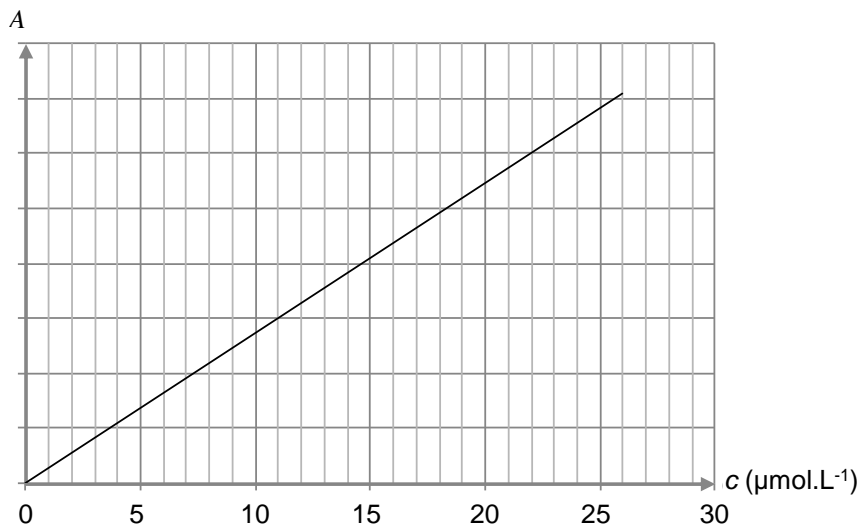
- les filtres organiques qui agissent par absorption des rayonnements UV ;
- les filtres minéraux, à savoir le dioxyde de titane (TiO_2) et l'oxyde de zinc (ZnO), qui agissent par réflexion des rayons UV : ceux-ci ne pénètrent pas dans l'épiderme.

Ces différents filtres, chimiques ou minéraux [...] peuvent être combinés entre eux par les fabricants [...].

D'après <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Protection-solaire>



Pour vérifier l'efficacité dans le temps de la crème solaire, on réalise la mesure de l'absorbance A , pour un rayonnement de longueur d'onde égale à 360 nm, de différentes solutions de concentration en quantité de matière c connue d'avobenzone dans du méthanol. Les résultats obtenus permettent le tracé de la courbe ci-après.



Tous les trois mois, on prépare une solution en introduisant 200 mg de crème solaire issue du même tube dans du méthanol pour obtenir un litre de solution dont on mesure l'absorbance.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Nombre de mois écoulés depuis l'ouverture du tube	0	3	6	9	12	15
Absorbance	0,52	0,52	0,51	0,43	0,35	0,25

On considère que l'absorption des UV par des espèces chimiques autres que l'avobenzone est négligeable.

3.2. Justifier le choix de la longueur d'onde de travail.

3.3. Formulation de la crème solaire.

3.3.1. Déterminer la concentration en quantité de matière c_0 de la solution réalisée à l'ouverture du tube de crème solaire.

3.3.2. La formulation de la crème solaire est-elle bien celle attendue ?

3.4. Évolution de la formulation de la crème solaire au cours du temps.

3.4.1. Indiquer, en justifiant, comment évolue la concentration en avobenzone au cours du temps.

3.4.2. La mention «12 M » peut-elle être inscrite sur le logo figurant sur le tube de crème solaire ?

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution, ainsi que sur la qualité de sa rédaction.

