

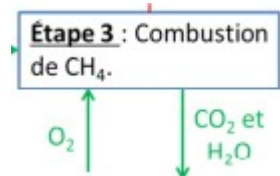
## Ressources d'énergie renouvelables (10 points) - Correction

### I. Étude du stockage chimique de l'énergie

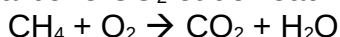
#### 1. Justifier pour chacune des étapes 2 et 3 du procédé si elle est endothermique ou exothermique.

Lors des étapes 2 et 3, il y a libération d'énergie thermique. Ces étapes 2 et 3 sont donc exothermiques.

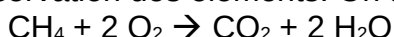
#### 2. Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du méthane de formule brute CH<sub>4</sub>.



La combustion complète nécessite du dioxygène O<sub>2</sub> et produit du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et de l'eau H<sub>2</sub>O, on peut donc écrire :



Telle quelle, cette équation n'est pas équilibrée : elle ne respecte pas la conservation des éléments. On ajuste donc la stœchiométrie :



#### 3. Montrer, en détaillant les calculs, que la valeur expérimentale obtenue pour le pouvoir calorifique massique PC du méthane est de l'ordre de 29 MJ.kg<sup>-1</sup>.

On calcule l'énergie libérée en appliquant la formule :  $E_{\text{libérée}} = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_i)$

$$E_{\text{libérée}} = 1,00 \times 4,18 \times (100,0 - 20,2) = 333 \text{ kJ} = 0,333 \text{ MJ}$$

La masse moyenne de méthane consommée vaut

$$m_{\text{méthane consommée}} = \frac{12,1 + 10,9 + 11,6 + 11,0 + 11,8 + 10,9}{6} = 11,4 \text{ g} = 1,14 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

Le pouvoir calorifique massique du méthane vaut  $P_c = \frac{E_{\text{libérée}}}{m_{\text{méthane consommée}}}$

$$\text{Donc } P_c = \frac{0,333}{1,14 \times 10^{-2}} = 29,2 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

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

La valeur de référence du pouvoir calorifique massique du méthane est 50 MJ.kg<sup>-1</sup>.

On a trouvé une valeur bien plus faible. On ne connaît rien du dispositif utilisé, mais il est probable que cet écart provienne du fait que la chaleur dégagée par la combustion ne soit pas intégralement transférée à l'eau. Le milieu extérieur reçoit une partie de cette chaleur. De même l'eau peut céder de la chaleur reçue vers le milieu extérieur au cours de son échauffement.

#### 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.

- Le pouvoir calorifique massique du méthane vaut 50 MJ.kg<sup>-1</sup>, ainsi 1 kg de méthane libère une énergie thermique de 50 MJ. Mais seulement 25 % de cette énergie sera transformée en électricité, soit  $50 \times 25 / 100 = 12,5 \text{ MJ}$ .

- Pour récupérer ces 12,5 MJ, on a dépensé 117 MJ d'énergie intermittente.

La proportion d'énergie intermittente pouvant être stockée par ce procédé vaut :  $p = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{consommée}}}$

$$p = \frac{12,5}{117} = 10,7 \%$$

**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 ?**

On répond maintenant à la problématique 1. Le stockage du méthane permet de récupérer 10,7% de l'énergie intermittente. Ce pourcentage est faible mais cela est tout de même loin d'être négligeable.

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

**6. Exprimer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur  $\Delta E_{pp}$  de cette masse  $M$  d'eau lors de sa chute à travers la conduite forcée, en fonction de  $\rho_{eau}$ ,  $V_{inf}$ ,  $g$ ,  $z_{sup}$  et  $z_{inf}$ . Montrer que la valeur de  $\Delta E_{pp}$  est de l'ordre de  $-950$  GJ.**

La variation d'énergie potentielle de pesanteur d'un objet de masse  $M$  entre 2 points A et B d'altitude  $z_A$  et  $z_B$  s'écrit :  $\Delta E_{pp} = M \cdot g \cdot (z_B - z_A)$

La masse  $M$  d'un objet de masse volumique  $\rho$  et de volume  $V$  vaut  $M = \rho \cdot V$

En combinant ces 2 relations, on obtient la variation d'énergie potentielle de pesanteur lors du remplissage du réservoir inférieur :

$$\Delta E_{pp} = \rho_{eau} \cdot V_{inf} \cdot g \cdot (z_{inf} - z_{sup})$$

$$\Delta E_{pp} = 1000 \times 150\,000 \times 9,81 \times (50 - 700) = -9,56 \times 10^{11} J = -956 GJ$$

La valeur obtenue est bien de l'ordre de  $-950$  GJ.

**7. 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.**

Si l'on considère que la chute de l'eau s'effectue sans frottement, alors on peut utiliser la conservation de l'énergie mécanique  $E_m(\text{sup}) = E_m(\text{inf})$  avec  $E_m = E_{pp} + E_c$  avec  $E_{pp}$  énergie potentielle de pesanteur et  $E_c$  énergie cinétique.

Au niveau du réservoir supérieur, on a  $E_{pp}(\text{sup}) = 956 GJ$  et  $E_c(\text{sup}) = 0 J$  et au niveau du réservoir inférieur on a  $E_{pp}(\text{inf}) = 0 J$ . La conservation de l'énergie mécanique nous permet de déterminer que  $E_c(\text{inf}) = E_{pp}(\text{sup}) = 956 GJ$

**8. 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.**

Le rendement est défini par  $\eta = \frac{E_{produite}}{E_{disponible}}$ , donc  $E_{produite} = \eta \cdot E_{disponible}$

$$E_{produite} = 0,90 \times 956 GJ = 860 GJ$$

**9. Répondre à la problématique 2 en déterminant le nombre de jours d'autonomie sans vent que représente la réserve d'eau des bassins.**

La consommation annuelle sur l'île est de 42,0 GWh, soit  $(42,0 \times 3600) GJ = 1,51 \times 10^5 GJ$ .

Cela correspond à une consommation quotidienne de  $\frac{1,51 \times 10^5}{365} = 414 GJ$ .

Le turbinage de la réserve d'eau fournit 860 GJ.

L'autonomie sans vent que représente la réserve d'eau est donc de  $t = \frac{860}{414} = 2$  jours

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

Le dispositif étudié ne permet pas de s'affranchir des énergies fossiles au-delà de 2 jours sans vent. Nous ne disposons pas d'information sur l'exposition au vent de cette île, mais il semble que cette autonomie soit trop courte pour s'affranchir réellement des énergies fossiles.