

La solution hydrogène

Enseignement scientifique Terminale

Durée 1h – 10 points – Thème « Le futur des énergies »

On s'intéresse à deux modes de production d'électricité (la production éolienne et la production nucléaire) puis au stockage du dihydrogène.

Document 1 : produire de l'électricité avec le vent

Une éolienne utilise la force du vent pour produire de l'électricité. Celui-ci actionne les pales de l'éolienne, ce qui entraîne un alternateur. La production électrique est instantanée, mais intermittente, et dépend de la vitesse du vent. Le problème principal de ce type de production d'électricité est son intégration au réseau. Un surplus de production peut perturber gravement le réseau de transport d'électricité : si trop d'énergie électrique est injectée sur le réseau par rapport à la demande d'énergie, cela peut entraîner une instabilité du réseau, pouvant aller jusqu'à la déconnexion des centrales. D'après le ministère de la transition écologique, la production d'électricité éolienne a représenté 6,9 % de la production totale en France pour le 1er trimestre 2019. La production électrique éolienne est entièrement automatisée et nécessite peu de maintenance. Le rendement d'une éolienne est d'environ 35 %.

Document 2 : les centrales nucléaires

En 2019, en France, la part du nucléaire s'élevait à 70,6 % de la production électrique totale en France. La production d'électricité par une centrale nucléaire est basée sur la fission d'un combustible nucléaire. Cette fission dégage de l'énergie qui sert à produire de la vapeur, qui entraîne une turbine reliée à un alternateur. La fission de sept grammes d'uranium produit autant d'énergie que la combustion d'une tonne de charbon. Ce type de centrale peut fonctionner quasiment en continu, mais une fois à l'arrêt, il faut plusieurs jours pour relancer la production d'électricité. Une centrale nucléaire a un rendement d'environ 30 %.

Comme toute activité industrielle, les centrales nucléaires génèrent des déchets, dont certains sont radioactifs. Aujourd'hui, des solutions techniques existent pour la gestion de tous les déchets radioactifs, mais cela exige une sûreté très importante des installations. Les déchets « à vie courte » sont triés selon leur niveau de radioactivité et leur nature, conditionnés et stockés dans les centres de l'ANDRA. Les déchets « à vie longue » issus du traitement du combustible utilisé sont vitrifiés en blocs inaltérables et entreposés dans l'usine Areva NC de La Hague dans l'attente du stockage géologique en profondeur qui constituera une solution définitive de gestion pour ces déchets. Cependant pour le moment, aucun site de stockage profond n'est encore opérationnel.

D'après : edf.fr

1- L'alternateur est un convertisseur d'énergie cité dans les documents 1 et 2 : indiquer la nature de l'énergie convertie et la nature de l'énergie produite.

L'alternateur converti de l'énergie mécanique en énergie électrique.

2- Préciser le nom du phénomène physique sur lequel s'appuie le fonctionnement d'un alternateur.

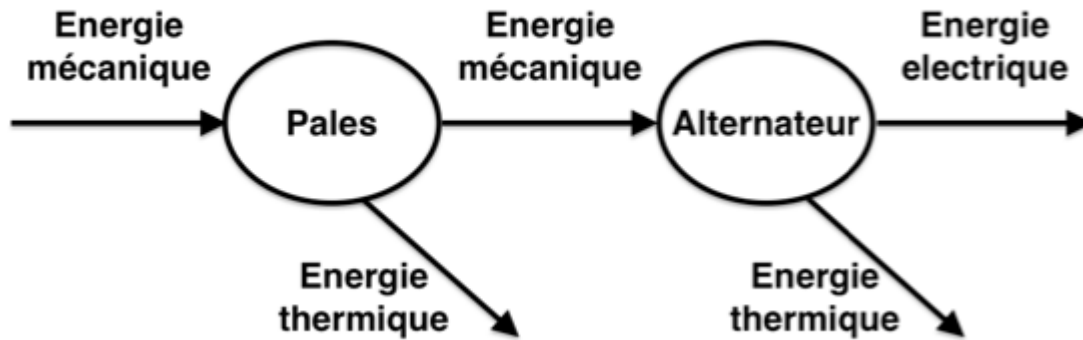
Le phénomène physique sur lequel s'appuie le fonctionnement d'un alternateur est l'induction

3- Lors de la circulation du courant électrique, l'alternateur perd de l'énergie via l'échauffement des fils conducteurs le constituant : indiquer le nom de l'effet responsable de cette perte.

L'effet responsable de cette perte d'énergie via l'échauffement des fils conducteurs est l'effet joule.

4- Décrire par un court texte ou un schéma la chaîne de transformations énergétiques de l'éolienne.

Schéma de la chaîne de transformations énergétiques de l'éolienne.



5- Calculer l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une éolienne qui produirait 10 MWh d'énergie électrique.

Le rendement d'une éolienne est d'environ 35 %.

$$\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}}$$

$$E_{\text{mécanique}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{\eta}$$

$$E_{\text{mécanique}} = \frac{10}{0,35} = 29 \text{ MWh}$$

Pour produire 10 MWh d'énergie électrique, l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une éolienne est 29 MWh.

Document 3 : l'hydrogène, un vecteur d'avenir Le dihydrogène (H_2) peut tout faire, ou presque : produire de l'électricité via une pile à combustible ; servir de combustible, avec pour seul déchet la vapeur d'eau ; être transformé en méthane (CH_4), voire en matières carbonées avec l'ajout de dioxyde de carbone (CO_2), ainsi valorisé au lieu d'être rejeté dans l'atmosphère. De plus, il peut être stocké selon différentes options.

La France produit chaque année un million de tonnes d' H_2 pour différents usages (raffinage du pétrole, fabrication d'ammoniac, etc.). Et cela, surtout par vaporeformage du méthane (procédé de transformation à partir d'hydrocarbures et présence de vapeur d'eau), qui libère 10 tonnes de CO_2 pour chaque tonne de H_2 produite...La combustion de H_2 , quant à elle, produit seulement de l'eau.

L'électrolyse de l'eau, qui permet d'obtenir du dihydrogène et du dioxygène, nécessite de l'énergie électrique. Cette énergie est diminuée mais reste conséquente si l'on opère à haute température, comme c'est le cas dans le procédé EHT développé au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). Si cette solution venait à se généraliser, l'impact des électrolyseurs sur le réseau électrique serait non négligeable. D'où l'idée d'utiliser les surplus d'électricité des sources intermittentes, ou pourquoi pas recourir à de petits réacteurs nucléaires modulaires hybrides. Car dès 2025, il faudra pouvoir produire 4 à 5 millions de tonnes de dihydrogène par an.

D'après « Les défis du CEA » n°241

6- Expliquer en quoi le stockage du dihydrogène apporte un élément de réponse au problème de l'instabilité du réseau de transport d'électricité liée à la production intermittente d'énergie électrique par les éoliennes.

La production intermittente d'énergie électrique par les éoliennes pose deux problèmes :

- Energie pas toujours disponible

- Surplus d'électricité produite à certains moments

Les surplus d'électricité des sources intermittentes peuvent être utilisés pour produire du dihydrogène et ainsi ne pas perdre cette énergie.

Le dihydrogène stocké peut être utilisé à tous moments pour produire de l'électricité.

Le stockage du dihydrogène apporte donc un élément de réponse au problème de l'instabilité du réseau de transport d'électricité liée à la production intermittente d'énergie électrique par les éoliennes.

7- Préciser si le document 3 fournit suffisamment de données pour comparer les émissions de CO₂ par combustion d'hydrogène et par combustion d'hydrocarbures, pour une énergie thermique produite donnée. Si ce n'est pas le cas, indiquer les données manquantes nécessaires pour effectuer cette comparaison (on ne demande pas les valeurs de ces paramètres).

| | |
|--|----------------------------|
| comparaison des émissions de CO ₂ : | |
| combustion d'hydrogène | combustion d'hydrocarbures |
| Combustible : seul déchet la vapeur d'eau | Libère du CO ₂ |

Production de dihydrogène :

- par vaporeformage du méthane (procédé de transformation à partir d'hydrocarbures et présence de vapeur d'eau), qui libère 10 tonnes de CO₂ pour chaque tonne de H₂ produite
- par l'électrolyse de l'eau, qui permet d'obtenir du dihydrogène et du dioxygène, nécessite de l'énergie électrique.

La combustion d'hydrogène ne libère pas de CO₂ contrairement à la combustion d'hydrocarbures.

Si le dihydrogène est produit par l'électrolyse de l'eau il ne produit pas de CO₂. Cependant l'électrolyse de l'eau à haute température nécessite de l'énergie qui peut

provenir d'une combustion libérant du CO₂.

Si le dihydrogène est produit par vaporeformage du méthane, il produit du CO₂.

Le document 3 ne fournit pas suffisamment de données. Ainsi, pour effectuer la comparaison sur les émissions de CO₂ par combustion d'hydrogène et par combustion d'hydrocarbures il nous manque :

- le pourcentage de dihydrogène produit par vaporeformage.
- la provenance de l'énergie permettant de chauffer l'eau pour obtenir une haute température.