

**Devoir n°4****La solution hydrogène****1 h**

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 1<sup>er</sup> 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 usé 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.

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.
2. Préciser le nom du phénomène physique sur lequel s'appuie le fonctionnement d'un alternateur.
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.
4. Décrire par un court texte ou un schéma 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.

**Document 3 : l'hydrogène, un vecteur d'avenir**

Le dihydrogène (H<sub>2</sub>) 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<sub>4</sub>), voire en matières carbonées avec l'ajout de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> pour chaque tonne de H<sub>2</sub> produite... La combustion de H<sub>2</sub>, 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.

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.

7. Préciser si le document 3 fournit suffisamment de données pour comparer les émissions de CO<sub>2</sub> 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).

**Correction**

1. Énergie mécanique → énergie électrique [0,5]

2. Induction électromagnétique [0,25]

Question bonus, car n'apparaît pas dans les compétences exigibles

3. Effet Joule [0,5]

4. Énergie mécanique (fournie par le vent) → Alternateur → Énergie électrique et énergie thermique (effet Joule et frottements) [1]

C si la chaleur n'est pas mentionnée

5.  $10 \div 0,35 = 28,6$  MWh [1]

6. L'excès d'énergie produit par les éoliennes peut être utilisé pour produire du H<sub>2</sub>, de manière à ne pas être injecté sur le réseau et donc à ne pas le rendre instable. Cet hydrogène peut ensuite être utilisé pour produire de l'électricité lorsque l'énergie produite par les éoliennes est insuffisante.

[1,5]

7. Cette question est d'une stupidité rare. Elle illustre parfaitement le manque de sérieux qui caractérise l'Éducation Nationale depuis quelques années, ainsi que son état de déliquescence avancée, signe avant coureur d'un effondrement proche.

On ne peut pas répondre à cette question car elle est très mal formulée. Comment a été produit le H<sub>2</sub> ? De quel hydrocarbure parle-t-on ?

Si on ne considère que la combustion du H<sub>2</sub>, sans s'intéresser à la manière dont il a été produit, il est évident que le bilan carbone lui est favorable face à n'importe quel hydrocarbure, puisqu'il ne produit pas de CO<sub>2</sub>. Mais cette analyse est un peu courte, puisqu'il faut de l'énergie pour produire de l'hydrogène.

Il manque tellement de données pour faire une estimation plus rigoureuse qu'il est impossible d'en faire une liste exhaustive. [0,5]

Toute réponse moins stupide que la question est acceptée