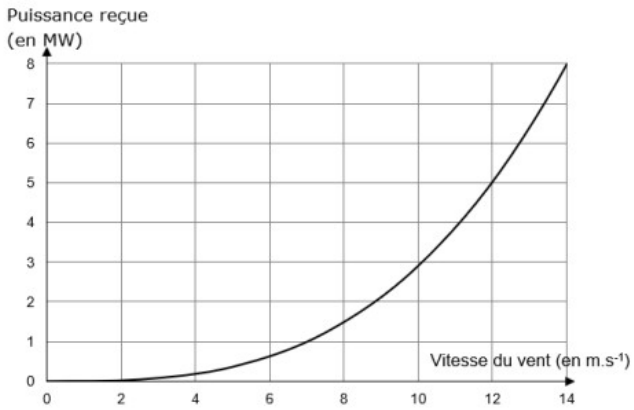
Produire et stocker l'électricité – Exercices - Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

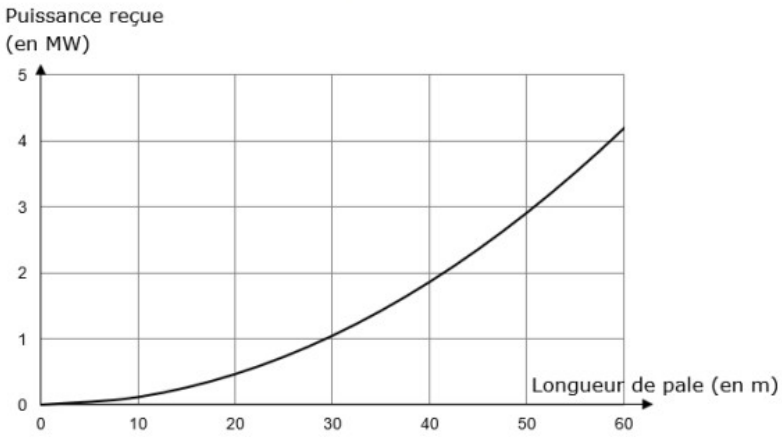
Partie 1 : Le fonctionnement d'une éolienne

Document 1 : évolution de la puissance reçue par une éolienne

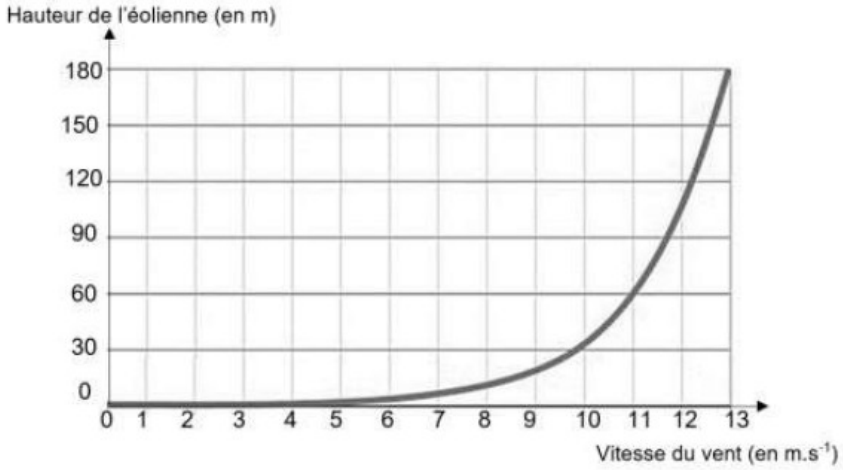
1a- Courbe théorique donnant l'évolution de la puissance reçue par une éolienne en fonction de la vitesse du vent (pour une longueur de pale donnée)



1b- Courbe théorique donnant l'évolution de la puissance reçue par une éolienne en fonction de la longueur des pales (pour une vitesse de vent donnée)

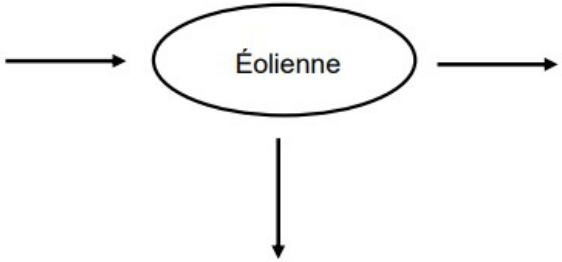


Document 2 : Profil vertical de la vitesse du vent relevé



Hauteur : distance de l'axe de rotation des pales par rapport au sol

1. Recopier et compléter le schéma représentant la chaine de transformation énergétique d'une éolienne.



2. Un constructeur cherche la technologie la plus performante possible pour construire ses éoliennes.

Parmi les propositions suivantes, indiquer en justifiant celle qui lui permettra de recevoir le plus de puissance.

a. Une éolienne de 50 m de hauteur avec des pales de 25 m de longueur

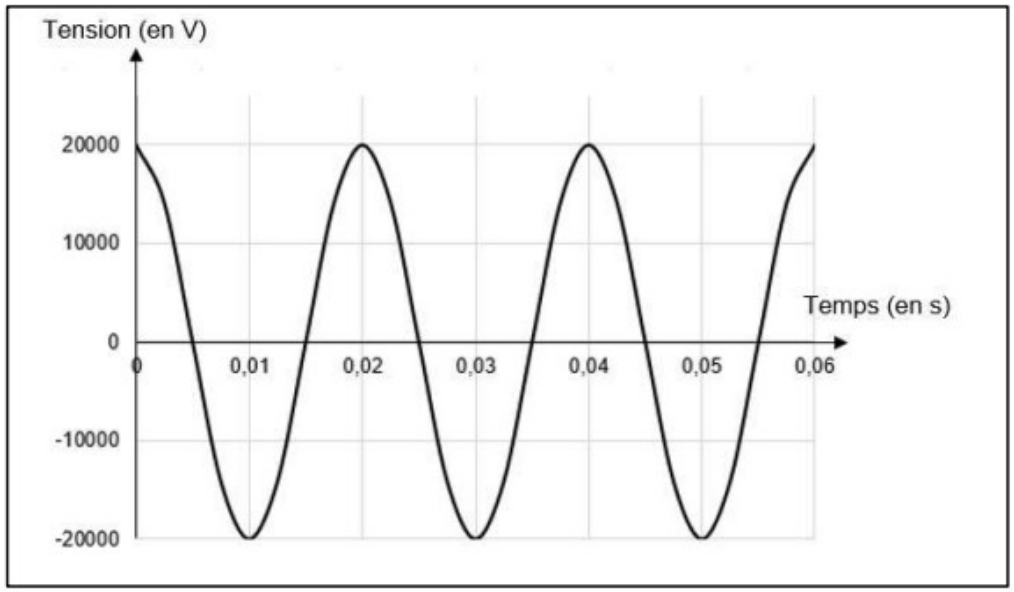
b. Une éolienne de 50 m de hauteur avec des pales de 60 m de longueur

c. Une éolienne de 120 m de hauteur avec des pales de 25 m de longueur

d. Une éolienne de 120 m de hauteur avec des pales de 60 m de longueur

3. À une vitesse de vent donnée, l'éolienne correspondant à la technologie la plus performante reçoit une puissance égale à 2,8 MW et a un rendement de 27 %. Calculer la puissance électrique que cette éolienne peut délivrer.

4. Le graphique suivant représente l'évolution de la valeur de la tension électrique à la sortie de l'éolienne en fonction du temps. Déterminer la valeur de la fréquence de cette tension en détaillant les étapes de la démarche.



Exercice 2 corrigé disponible

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 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.

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.

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_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.

7- Préciser si le document 3 fournit suffisamment de données pour comparer les émissions de CO_2 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).

Exercice 3 corrigé disponible

Le choix de la France pour produire son énergie électrique s'est tourné vers le nucléaire mais les impacts négatifs liés notamment au traitement des déchets radioactifs nous amènent à nous interroger sur nos futurs choix énergétiques, en particulier sur l'utilisation des énergies renouvelables comme l'éolien.

Partie A - La production d'énergie électrique française

En 2019, l'éolien a compté pour 6,3 % de la production d'énergie électrique en France métropolitaine selon RTE (Réseau de Transport de l'Electricité), consolidant ainsi sa place de principale filière renouvelable après l'hydroélectricité. En 2019, la puissance du parc éolien raccordé en France métropolitaine a augmenté de 9 % par rapport à fin 2018.

Tableau 1 : répartition des sources d'énergie dans le cadre de la production nette d'énergie électrique en France en 2019

	Nucléaire	Hydraulique	Éolien	Solaire	Bioénergie	Gaz	Fioul	Charbon
Part en %	70,6	11,2	6,3	2,2	1,8	7,2	0,4	0,3

Source RTE

1- Définir les énergies fossiles et citer celles qui sont présentes dans le tableau 1. Calculer le pourcentage total qu'elles représentent dans la production électrique française.

2- Sachant que la production nette d'énergie électrique en France métropolitaine en 2019 était de 537 700 GWh, calculer la production d'énergie électrique issue du nucléaire puis celle issue de l'éolien en GWh.

Partie B - Comparaison des énergies éolienne et nucléaire

Document 2 : énergies éolienne et nucléaire en France

La Normandie se situe à la 7ème position des régions métropolitaines en terme d'éolien terrestre. La puissance moyenne d'une éolienne terrestre en France est de :

$P_{Eolienne} = 3{,}0$ MW. L'électricité produite à partir d'une éolienne est intermittente. La disponibilité annuelle est de 2000 h. Les éoliennes sont souvent décriées pour leur impact sur le paysage et sur la faune.

Éolienne

Il suffit d'un peu moins de deux ans pour construire et raccorder une éolienne. Le coût d'une éolienne ayant une puissance de 3,0 MW est de 3 millions d'euros.

Réacteur EPR

Premier réacteur EPR (*European Pressurized water Reaction*) français de génération 3, Flamanville 3, situé en Normandie, s'inscrit dans le programme de renouvellement du parc nucléaire français en prévention du démantèlement progressif des premières installations.

Il délivrera une puissance électrique :

$P_{EPR} = 1{,}6\ \text{GW}$ avec une disponibilité annuelle de 6 500 h.

La réalisation de l'EPR a commencé en 2007 et devrait s'achever en 2021. Le coût est de l'ordre de 19,1 milliards d'euros contre les 3,3 milliards annoncés en 2 006.

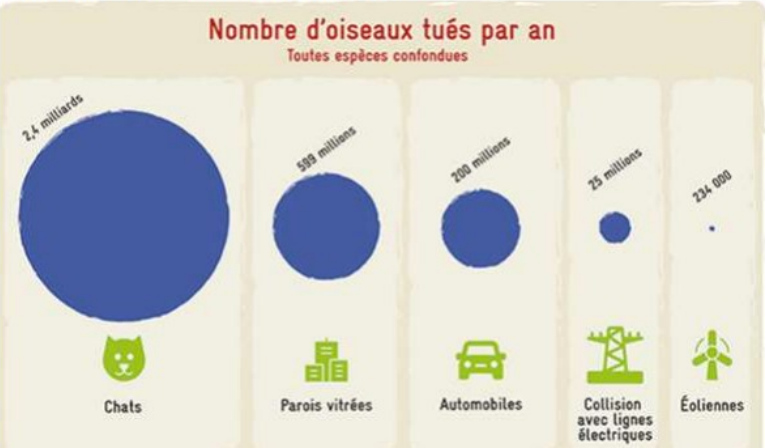
L'énergie électrique obtenue en watt heure (Wh) pendant une certaine durée se calcule par la formule : $\boxed{E = P \times \Delta t}$

où P est la puissance en watt (W) et Δt la durée en heure (h).

3- En vous aidant des documents ci-dessus, calculer le nombre d'éoliennes nécessaires pour obtenir une quantité d'énergie électrique équivalente à celle du réacteur EPR.

Le document 3 met en évidence les principales causes de mortalité des oiseaux aux États-Unis. Elle est transposable à la France.

Document 3 : causes de mortalité des oiseaux



4- À l'aide de l'ensemble des documents et de vos connaissances, comparer les modes de production d'énergie électrique de source éolienne et nucléaire.

Exercice 4 corrigé disponible

Le principe des piles à combustible a été découvert par l'électrochimiste William Grove en 1839, mais leur utilisation réelle ne date que des années 1960, à l'occasion des programmes spatiaux de la NASA.

Ces piles alimentaient en électricité les ordinateurs de bord des vaisseaux Gemini et Appolo et fournissaient l'eau de consommation.

En effet, par comparaison aux piles salines et alcalines, les piles à combustible, type hydrogène-oxygène, présentent deux avantages: faire appel à des réactifs (dioxygène de l'air et dihydrogène) disponibles en grande quantité et être non polluantes car libérant de l'eau.

Le principe de fonctionnement est simple: la cellule de réaction est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte (exemple: l'acide phosphorique H_3PO_4). Elle est alimentée en dihydrogène et en dioxygène en continu.

Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau des électrodes.

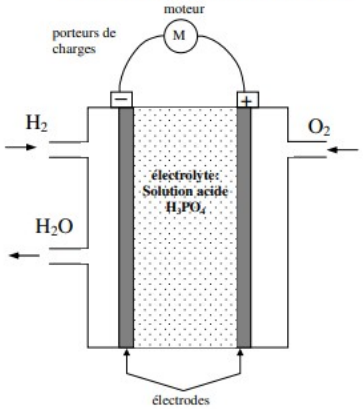
1. Schéma de la pile à combustible

1.1. Quelle est la nature des porteurs de charges à l'extérieur de la pile?

1.2. Légender le schéma de la pile (voir annexe N°1) en indiquant le sens conventionnel de circulation du courant électrique I et le sens de circulation des porteurs de charges, à l'extérieur de la pile (en ajoutant des flèches bien orientées). **(L'annexe complétée sera rendue avec la copie)**

Annexe 1 : À rendre avec la copie

Schéma de la pile à combustible



Exercice 5 **corrigé disponible**

Les besoins quotidiens en énergie électrique d'une personne (hors chauffage, mais en comptant la cuisson et l'eau chaude) sont d'environ 3,5 kW·h.

Le prix d'une batterie au lithium est d'environ 400 €/kW·h.

Le prix d'un kilowatt-heure en France, pour le consommateur particulier, est d'environ 0,15 €.

1. Calculer le prix d'un ensemble de batteries capable de stocker 3 jours de besoins pour une famille de 4 personnes.

2. Sachant que ces batteries ont une durée de vie de 10 ans, calculer le prix de revient quotidien de ce système.

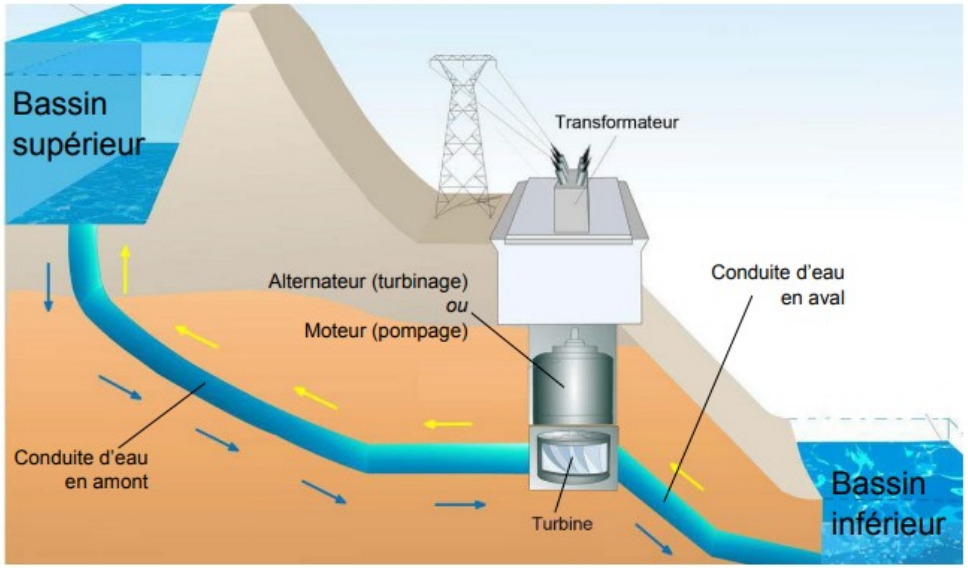
3. Comparer le prix de l'énergie consommée, au tarif du particulier, à son coût de stockage.

4. Un particulier décide d'installer des panneaux solaires et un ensemble de batteries afin d'être autonome en électricité. Ce choix est-il vraiment sans conséquences écologiques ? Rédiger une réponse nuancée et argumentée de quelques lignes.

5. Citer d'autres moyens de stocker de l'énergie, ne faisant pas appel à des batteries.

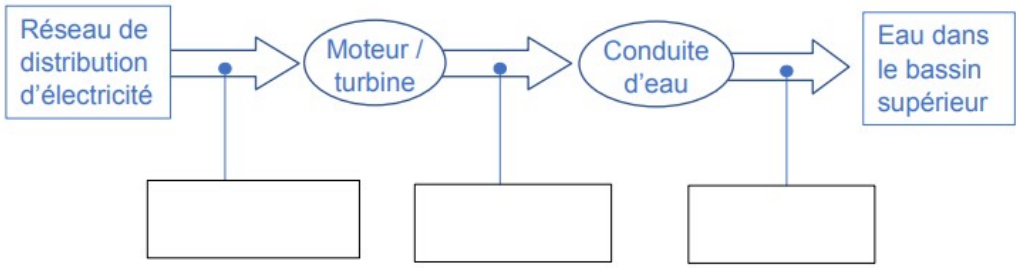
Exercice 6 **corrigé disponible**

Voici le schéma de principe d'une STEP (station de transfert d'énergie par pompage)

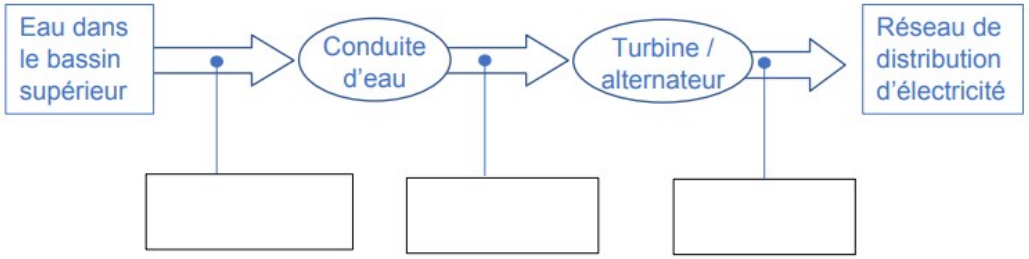


1. Compléter les diagrammes énergétiques suivants :

- <u>mode pompage</u>



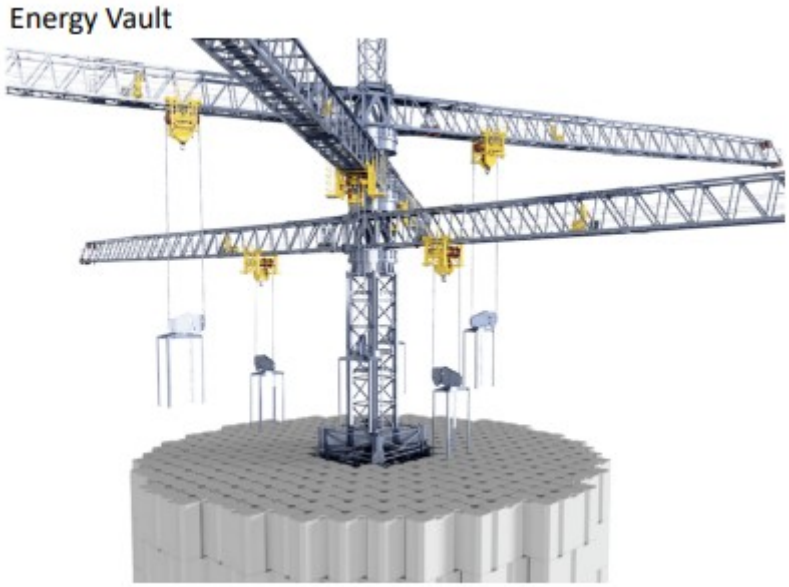
- <u>mode turbinage</u>



2. Quelles sont les 2 fonctions d'une STEP ?
3. Est-il intéressant énergétiquement d'utiliser une STEP ?
4. Quels sont les inconvénients d'implantation d'une STEP ?

Exercice 7 **corrigé disponible**

La start-up suisse Energy Vault a créé un système innovant pour le stockage des énergies renouvelables. Lorsque la production d'électricité est supérieure à la demande, une grue empile des blocs de béton de 35 tonnes. Ainsi, l'énergie électrique est convertie en énergie cinétique puis en énergie potentielle de pesanteur. À l'inverse, lorsque la production d'électricité est inférieure à la demande, les blocs sont descendus à une vitesse de 2,9 $m \cdot s^{-1}$, entraînant alors un alternateur.



1. Nommer le réservoir d'énergie ainsi que la forme d'énergie stockée évoqués dans le texte.
2. Calculer l'énergie stockée par un bloc de béton s'il est placé à 5 m du sol, puis à 100 m.
3. Calculer l'énergie cinétique d'un bloc lors de sa descente. Identifier un système de production d'électricité plus courant qui utilise le même principe de stockage d'énergie.
4. Une tour de ce type va être installée en Inde pour Tara Power. Elle disposera d'une capacité de 35 MWh, pour une puissance comprise entre 2 et 5 MW. Combien de temps la tour pourra-t-elle fournir du courant en fonctionnant à 2 MW ou à 5 MW ?