

Thème 02 - Le futur des énergies

Chapitre 02 - Les atouts de l'électricité

1 Formes et conversion d'énergie

► Formes d'énergie et conversion

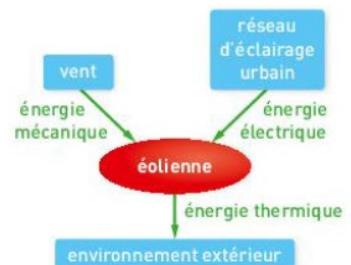
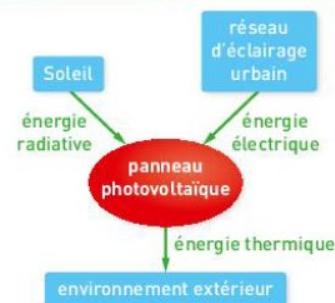
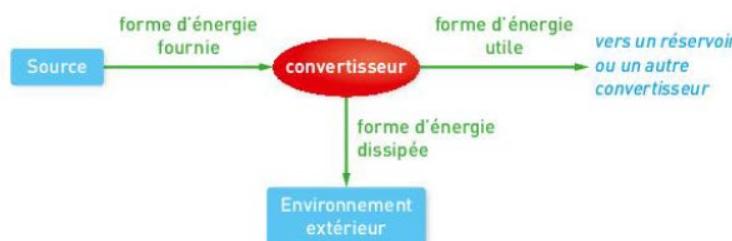
L'énergie est disponible sous différentes formes : thermique, chimique, radiative, nucléaire, cinétique, potentielle, etc. Un convertisseur permet de convertir une forme d'énergie en une autre forme d'énergie.

Exemple : Un panneau photovoltaïque produit de l'électricité lorsqu'il reçoit la lumière du Soleil. On dit qu'il convertit l'énergie rayonnante en énergie électrique. L'éolienne convertit l'énergie cinétique du vent en énergie électrique (Fig. 1).

► Chaînes de conversion énergétique

Les conversions d'énergie peuvent être représentées par des **chaînes énergétiques**. Ces schémas comprennent :

- les réservoirs d'énergie (dynamos, éoliennes, centrales thermiques, géothermie...);
- les convertisseurs d'énergie qui assurent le passage d'une forme en une autre;
- les formes d'énergie à l'entrée et à la sortie des convertisseurs.



► Rendement d'une conversion d'énergie

Pour évaluer l'efficacité d'une conversion d'énergie, on définit une grandeur sans dimension appelée **rendement** du convertisseur (Fig. 2).

Le rendement est égal au rapport de l'énergie utile délivrée par le convertisseur sur l'énergie qu'il a reçue à l'entrée :

$$\text{rendement du convertisseur (sans unité)} \rightarrow \eta = \frac{E_u}{E_r} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{énergie utile à la sortie du convertisseur (en J)} \\ \leftarrow \text{énergie reçue à l'entrée du convertisseur (en J)} \end{matrix}$$

Le rendement peut également s'écrire $\eta = \frac{P_u}{P_r}$ où P_u est la puissance utile à la sortie du convertisseur et P_r la puissance reçue à l'entrée.

Exemple : Les accumulateurs (souvent appelés batteries) lithium-ion des téléphones portables ont un rendement d'environ 90 %, c'est-à-dire que $\eta = 0,90$. Entre une charge et une décharge, il y a donc 10 % d'énergie dissipée sous forme d'énergie thermique.

2 Énergie électrique

L'énergie électrique présente de nombreux avantages : la distribution en est aisée, sûre et à faible impact écologique. De nombreux dispositifs à bon rendement permettent de produire de l'énergie électrique ou de convertir l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie.



Fig. 2 : Les accumulateurs usuels des téléphones portables offrent un excellent rendement.

Obtenir de l'énergie électrique

Les dispositifs permettant d'obtenir de l'énergie électrique les plus répandus sur Terre sont basés sur la combustion de ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz). Ces procédés ont de forts impacts environnementaux : épuisement de ressources fossiles, émissions de gaz à effet de serre, pollutions environnementales.

Le développement de **dispositifs d'obtention d'énergie électrique sans combustion** connaît un essor très significatif à travers le monde (**Fig. 3**). Ils exploitent trois conversions d'énergie différentes, à partir :

- d'énergie mécanique ;
- d'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ;
- d'énergie chimique (piles, accumulateurs, piles à hydrogène...).

Impacts des méthodes sans combustion

Les méthodes de production d'énergie électrique sans combustion ont, par les techniques employées, une empreinte carbone nettement plus réduite que les dispositifs basés sur la combustion de matières carbonées*.

Ils ont néanmoins des impacts sur l'environnement et la biodiversité. En effet, la conception et la construction de ces dispositifs consomment :

- de l'énergie issue de sources non renouvelables carbonées ;
- des matières premières présentes en faibles quantités sur Terre et dont l'extraction est souvent polluante.

Exemple : Les métaux rares, indispensables à la fabrication de très nombreuses applications technologiques, présentent des ressources limitées et sont la cause de désastres écologiques dans les régions d'exploitation.

De plus, ces méthodes de production peuvent également présenter des risques spécifiques : pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels, etc.

Stockage de l'énergie

Les dispositifs d'obtention d'énergie électrique sans combustion sont basés sur l'exploitation de sources d'énergie intermittentes en fonction des conditions météorologiques, des variations diurnes et saisonnières de la Terre, etc. Les besoins des consommateurs sont également variables tout au long de la journée.

Toutefois, il n'est pas possible d'accumuler directement l'énergie électrique. Elle doit être convertie en une autre forme d'énergie qui peut être stockée sous la forme d'énergie... :

- chimique (accumulateurs au plomb, accumulateur Li-ion, etc) ;
- potentielle (pompage-turbinage sur les barrages hydrauliques - **Fig. 4**) ;
- électromagnétique (super-capacités, etc).

Ces dispositifs présentent des caractéristiques très différentes en termes de capacité de stockage, de durée, de masses mises en jeu et d'impact écologique.

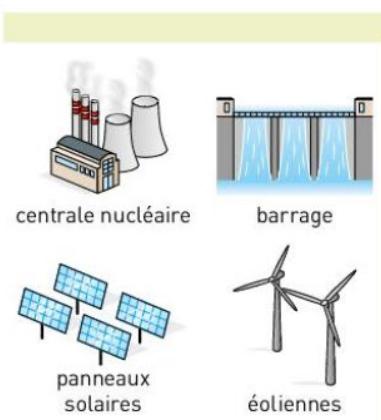


Fig. 3 : Exemples de modes d'obtention d'énergie électrique sans combustion.



Fig. 4 : Réservoirs haut et bas d'une station de stockage d'énergie par pompage hydraulique (Herdecke, Allemagne).

Le vocabulaire à retenir

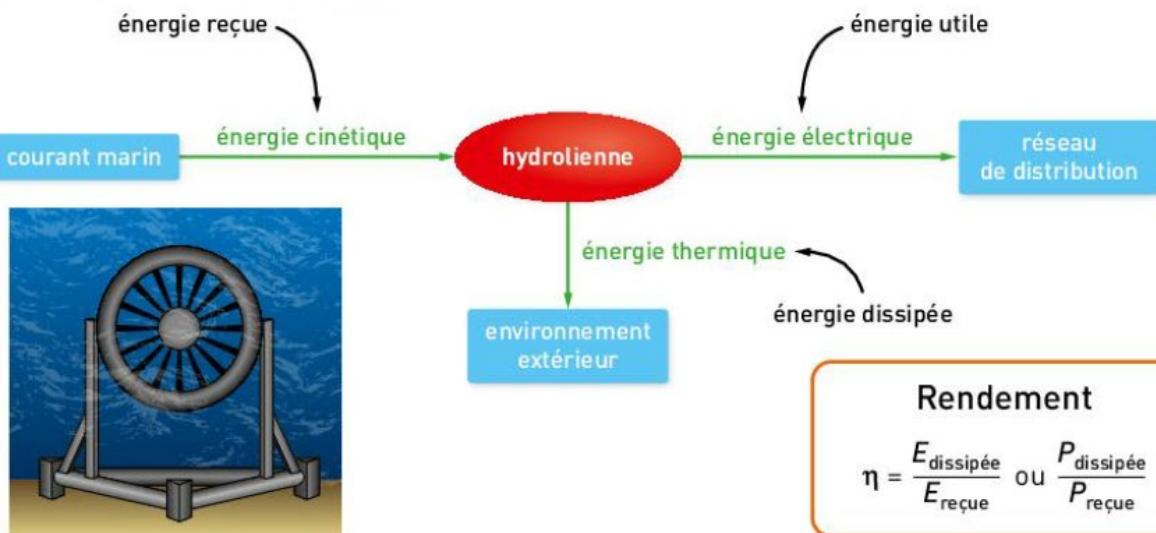
- **Chaîne énergétique** : diagramme représentant les conversions d'énergie qui s'opèrent dans un dispositif technologique.
- **Conversion d'énergie** : passage d'une forme d'énergie en une autre.
- **Dispositif sans combustion** : convertisseur d'énergie qui ne nécessite pas la consommation de ressources primaires fossiles.

- **Impacts environnementaux** : conséquences écologiques d'une activité humaine.
- **Rendement** : grandeur qui évalue l'efficacité d'une conversion d'énergie.
- **Stockage d'énergie** : accumulation d'une forme d'énergie pendant une durée donnée afin de l'exploiter en période de besoin.

Résumé

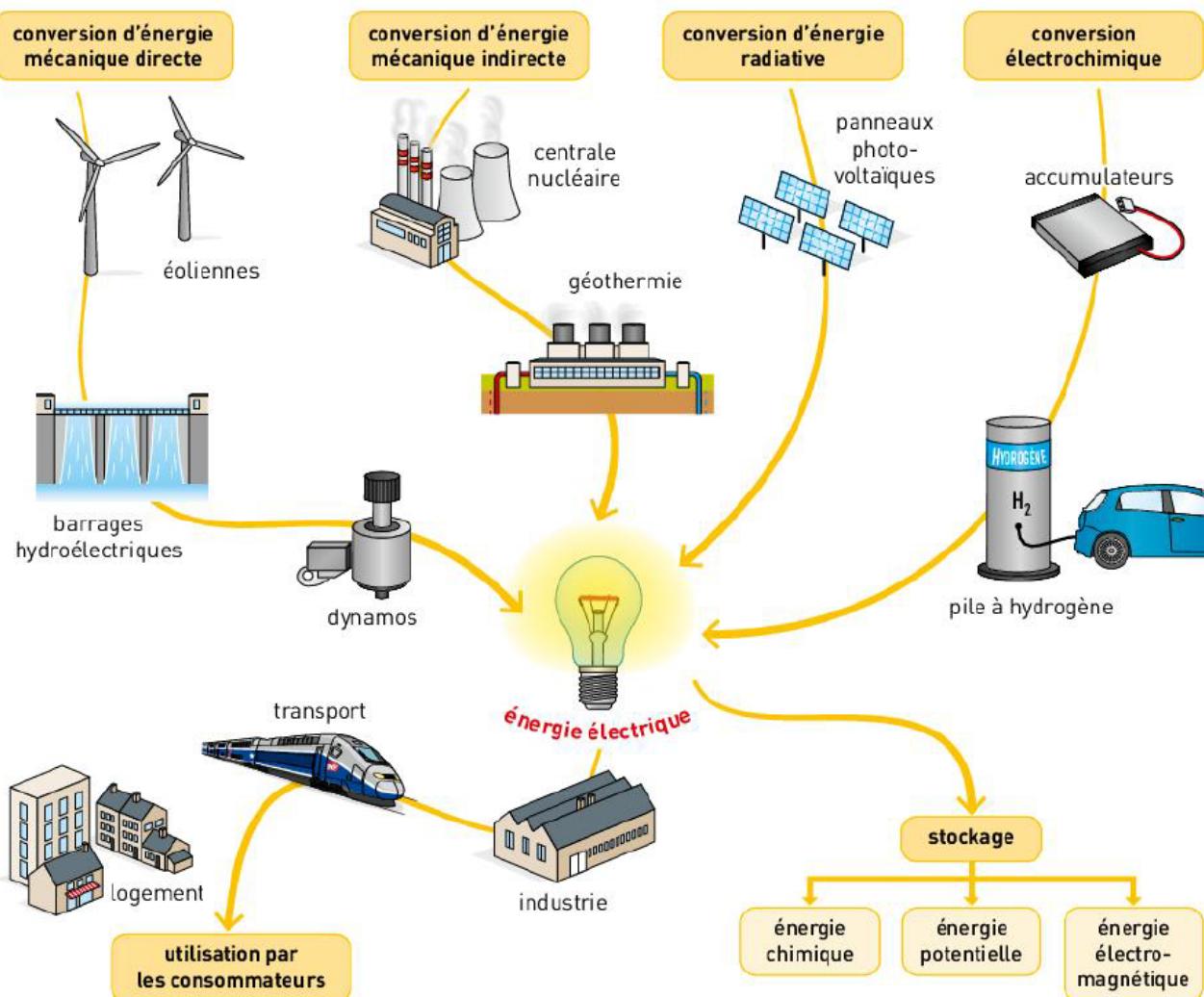
1

Conversion d'énergie



2

L'énergie électrique



impacts environnementaux

Exercices

1 Questions à choix multiples

Choisir la ou les bonne(s) réponse(s).

	1	2	3
A - La chaîne énergétique d'un panneau photovoltaïque est :	 panneau photo-voltaïque	 panneau photo-voltaïque	 panneau photo-voltaïque
B - Un modèle d'éolienne délivre une puissance de 600 kW en recevant une puissance de 2,0 MW. Son rendement vaut :	$\eta = 3,3\%$.	$\eta = 0,3\%$.	$\eta = 30\%$.
C - Un panneau photovoltaïque :	ne produit pas de CO ₂ lors de son fonctionnement.	nécessite l'exploitation de ressources géologiques.	n'a pas d'impact sur l'environnement.
D - L'énergie peut être stockée :	dans les fils du réseau de distribution.	dans des batteries.	dans des barrages hydrauliques.

2 Avoir un regard critique

Corriger les affirmations suivantes en argumentant.

- a. Un convertisseur consomme de l'énergie lors de son fonctionnement.
- b. Dans une chaîne énergétique, l'énergie dissipée n'apparaît pas.
- c. Le rendement énergétique d'un convertisseur s'exprime en joule (J).
- d. Tous les dispositifs de production d'électricité nécessitent une combustion.
- e. Certains convertisseurs d'énergie ont un impact environnemental nul.
- f. Il n'existe aucune solution technologique pour stocker l'énergie.

3 Restituer le cours

- a. Citer deux exemples de sources d'énergie et de formes d'énergie.
- b. Donner la définition du rendement d'un convertisseur d'énergie.
- c. Proposer deux exemples de convertisseurs qui permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans combustion.
- d. Citer les principaux impacts environnementaux de la production d'énergie électrique.
- e. Indiquer deux exemples de solution de stockage d'énergie.

4 Réaliser un schéma

Il existe deux types de système d'éclairage des vélos :



Représenter la chaîne énergétique pour chaque dispositif.

6 Centrale solaire thermique



La première centrale solaire thermique avec stockage d'énergie au monde a été inaugurée en 2019 dans la région Occitanie. Elle est capable de délivrer une puissance électrique de **9 MW**, soit la consommation en électricité de plus de 6 000 foyers.

Cette centrale utilise **153 000 m²** de miroirs qui concentrent le rayonnement solaire sur un tube récepteur fixé au-dessus du sol. À l'intérieur du tube récepteur circule de l'eau qui est ainsi chauffée puis transformée en vapeur. Cette vapeur peut être directement utilisée pour obtenir de l'énergie électrique ou stockée dans des ballons. Ce procédé de stockage permet de poursuivre la production d'électricité pendant plusieurs heures en absence de soleil et même la nuit.

■ La centrale solaire thermique de Llo dans les Pyrénées.

1. **Représenter** la chaîne de transformation énergétique de cette centrale au niveau des tubes récepteurs.
2. **Identifier** les avantages et les inconvénients de cette installation par rapport aux centrales à combustion.
3. Quel est l'intérêt de stocker de la vapeur d'eau produite à partir de l'énergie solaire ?
4. On évalue la puissance solaire reçue au niveau du sol à environ $500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Estimer la valeur du rendement de cette installation.

Les clés de l'énoncé

- La **puissance utile** produite par un convertisseur est nécessaire au calcul du rendement.
- La **surface de l'installation** est nécessaire pour calculer la puissance solaire reçue.

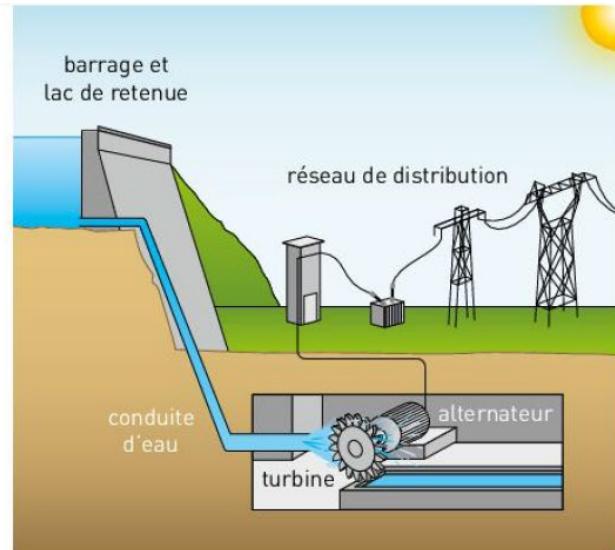
Les questions à la loupe

- **Représenter** : réaliser un schéma pour mettre en avant une idée.
- **Identifier** : rechercher dans un document.
- **Estimer** : calculer la valeur approchée d'une grandeur.

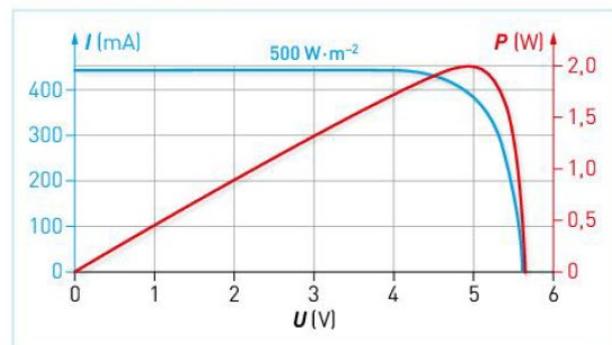
8 Barrage hydroélectrique

Les centrales hydroélectriques exploitent l'énergie mécanique accumulée par un important volume d'eau retenu par un barrage. L'association d'une turbine et d'un alternateur permet de convertir cette énergie en énergie électrique qui sera ensuite dirigée vers le réseau de distribution.

1. a. Pour la turbine, représenter la chaîne énergétique et exprimer le rendement η_t de ce convertisseur.
- b. Pour l'alternateur, représenter la chaîne énergétique et exprimer le rendement η_a de ce convertisseur.
2. a. En utilisant les réponses précédentes, exprimer le rendement global de la centrale hydroélectrique.
- b. Les turbines ont un rendement proche de 55 % et les alternateurs de 75 %. En déduire la valeur du rendement global d'une telle installation.



9 Chargeur solaire



Donnée : dimension de la cellule photovoltaïque : 168 mm × 108 mm.

On trouve dans le commerce des chargeurs d'appareils mobiles solaires qui utilisent un convertisseur photovoltaïque. La caractéristique d'un appareil de ce type est donnée ci-contre.

1. Représenter la chaîne énergétique de ce convertisseur.
2. Quelle tension doit délivrer ce chargeur pour fournir une puissance maximale ? Commenter.
3. À partir des données, évaluer la puissance fournie par le Soleil au chargeur et en déduire le rendement de cette conversion.

Coup de pouce

En physique, une transformation est réversible si elle peut être réalisée en sens inverse en passant par les mêmes états intermédiaires.

10 Géothermie

La géothermie est basée sur l'exploitation de l'énergie thermique stockée dans le sous-sol. Cette énergie provient principalement de la désintégration des éléments radioactifs qui constituent la croûte terrestre et de la dissipation de l'énergie primitive accumulée depuis la création de notre planète. À quelques centaines de mètres de profondeur, il est possible d'obtenir des températures élevées qui vont servir à produire de la vapeur d'eau et en fin de processus à obtenir de l'énergie électrique.

Ainsi, la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe génère une puissance de 15 MW, ce qui permet de couvrir 7 à 8 % de la consommation électrique de l'île.

1. Représenter la chaîne énergétique d'une centrale géothermique.

2. Quels avantages présente ce type d'installation par rapport à des centrales à combustion classique ?

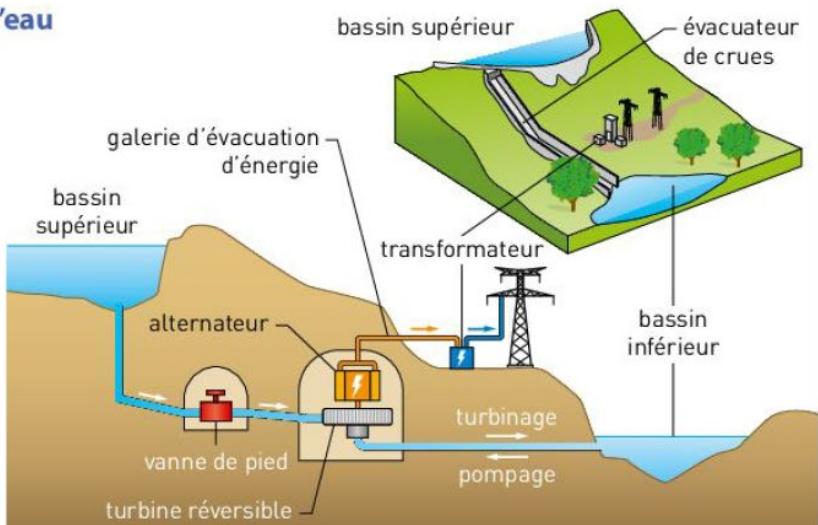
3. On admet généralement qu'une tonne de pétrole peut fournir environ 10 GJ d'énergie électrique dans une centrale à combustion. Évaluer l'économie de pétrole réalisée sur une année par l'exploitation de la centrale de Bouillante.



11 Stockage d'énergie par pompage d'eau

La production d'énergie électrique par les dispositifs renouvelables, principalement éoliens et solaires, impose de disposer d'une solution de stockage d'énergie. Une solution technique est le transfert d'énergie par pompage d'eau (STEP). Il s'agit d'utiliser l'énergie électrique produite en trop durant la journée pour pomper de l'eau et remplir un réservoir situé en hauteur.

En Savoie, la centrale de La Coche fonctionne sur ce principe. Elle produit 100 GWh par an environ et permettra surtout de répondre à des pics brutaux de demande en électricité.



1. a. Sous quelle forme est stockée l'énergie électrique dans ce type d'installation ?

b. Pourquoi parle-t-on de « turbine réversible » pour ce modèle de centrale ?

2. Expliquer pourquoi les énergies éolienne et solaire imposent l'utilisation de dispositif de stockage d'énergie.

3. Quels impacts peuvent avoir ce type d'installation sur l'environnement ?

Prépa BAC

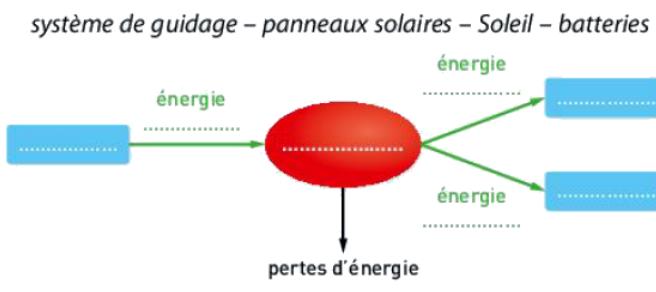
14 Guidage spatial

Le véhicule de transfert automatisé, ATV, est un vaisseau spatial cargo sans pilote développé et exploité par l'Agence spatiale européenne pour réapprovisionner la Station spatiale internationale en matériel et produits de consommation. Lancé par une fusée Ariane 5, l'ATV rejoint l'ISS et s'y amarre grâce à un système de guidage de vol autonome.

Durant cette phase de vol libre, les 16 panneaux solaires de l'ATV, répartis sur les 4 ailes solaires de l'appareil, et un ensemble de 4 batteries nickel-cadmium (Ni-Cd) fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement du système de guidage automatique de l'appareil.

L'ATV en rotation rapide autour de la Terre est éclairé par le Soleil pendant 61 minutes : les panneaux alimentent alors le système de navigation de l'ATV et recharge les batteries. Lorsque l'ATV est masqué par l'ombre de la Terre, durant 31 minutes, ce sont les batteries qui alimentent le système de guidage.

1. Recopier et compléter la chaîne énergétique du dispositif pendant la journée en utilisant les termes suivants et en indiquant la nature des différentes énergies transférées :



2. Le fonctionnement du système de guidage de l'ATV nécessite une puissance $P_{sg} = 900 \text{ W}$. Pendant la journée, la puissance surfacique reçue par les panneaux est de $1\ 370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

- a. À l'aide des documents, en déduire les valeurs de la puissance P_a reçue par les panneaux et de la puissance P_u qu'ils fournissent.
- b. Montrer que la puissance reçue par les batteries vaut $P_{bat} = 6,9 \text{ kW}$.



Nombre d'ailes solaires	4
Nombre total de panneaux	16
Surface totale des panneaux	$33,6 \text{ m}^2$
Technologie des cellules photovoltaïques	Silicium monocristallin
Rendement	17 %

Quelques caractéristiques des panneaux solaires de l'ATV.

3. Calculer la valeur de l'intensité du courant débité par l'association de batteries pour alimenter le système de guidage lorsque l'ATV n'est pas éclairé, sachant que la tension aux bornes de l'ensemble vaut $U = 57,6 \text{ V}$.

4. a. Déterminer la valeur de la charge Q consommée par le système de guidage lorsque l'ATV n'est pas éclairé.

b. La charge initiale de l'ensemble des batteries étant de 160 Ah, ces batteries permettent-elles de faire fonctionner correctement le système de guidage ?

Donnée : La charge d'une batterie est une grandeur qui estime la quantité d'électricité qu'elle est capable de restituer après avoir reçu une charge complète. Elle est égale au produit de l'intensité du courant par la durée d'utilisation et s'exprime donc en ampère-heure (Ah).