

**Activités documentaires**  
**Terminale**  
**Enseignement scientifique**



## Le développement de l'alternateur

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Connaître** : Principaux éléments et propriétés d'un alternateur.

**Réaliser** : Calculer un rendement.

**Valider** : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

#### Niveau Validé

A B C D

A B C D

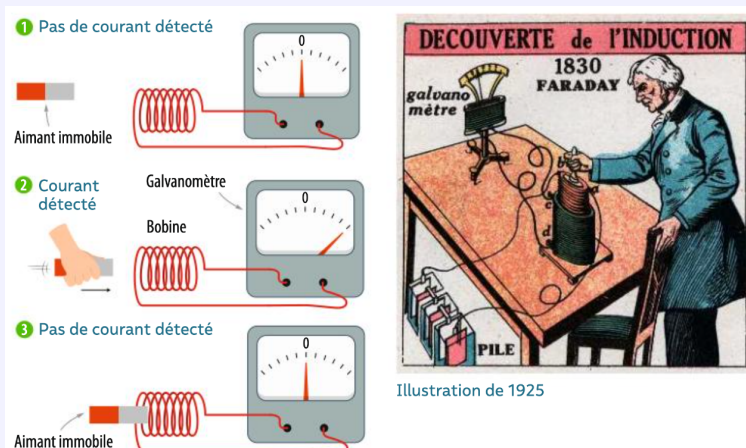
A B C D

**Contexte** Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, des phénomènes électromagnétiques observés comme la perturbation des boussoles lors des orages, n'étaient pas compris. Leur étude scientifique a conduit à l'invention de l'alternateur, convertisseur permettant de générer de l'énergie électrique à partir d'un mouvement de rotation.

## I. Documents

### Document n° 1 : La découverte fortuite de l'induction électromagnétique

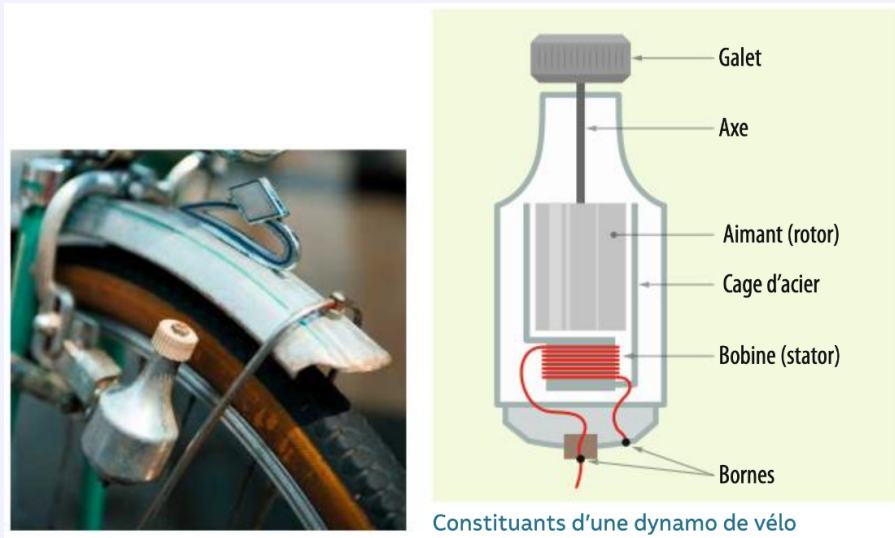
Durant la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les scientifiques multiplient les expériences pour tenter de mieux comprendre les interactions entre électricité et magnétisme. C'est dans ce contexte qu'en 1831, Michael Faraday entreprend une longue série d'expériences qui le mènent à la découverte de l'induction électromagnétique. Le physicien et mathématicien James Clerk Maxwell développe plusieurs années plus tard un ensemble de lois mathématiques modélisant ce phénomène.



#### Animation 1

## Document n° 2 : De la recherche fondamentale à l'innovation technologique : l'alternateur

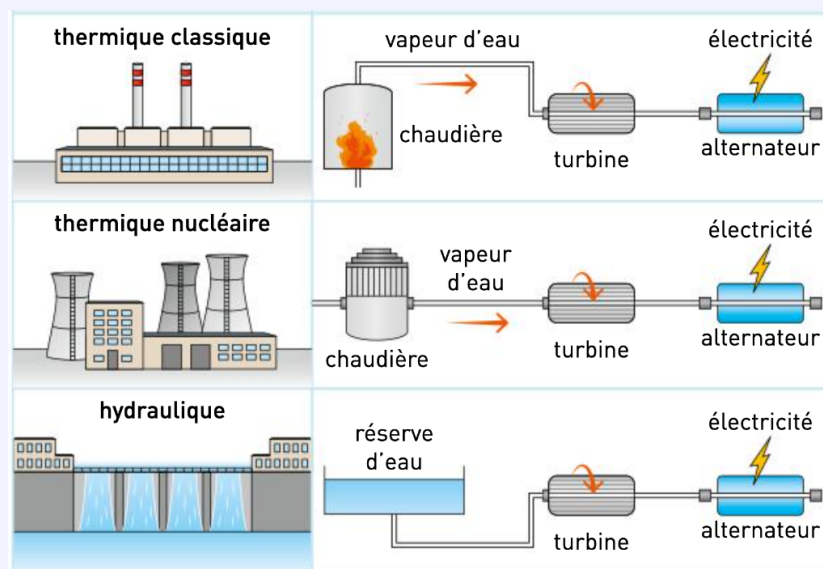
La dynamo d'une bicyclette permet de produire de l'électricité à partir du mouvement des roues, dans le but d'allumer les phares. Des scientifiques vont exploiter le phénomène de l'induction électromagnétique découverte par Faraday pour créer une machine capable de générer de l'électricité : l'alternateur. Cette invention majeure a permis l'essor de l'utilisation de l'énergie électrique, on la retrouve dans toutes sortes d'installations : dynamo de vélo, centrale nucléaire, éolienne.



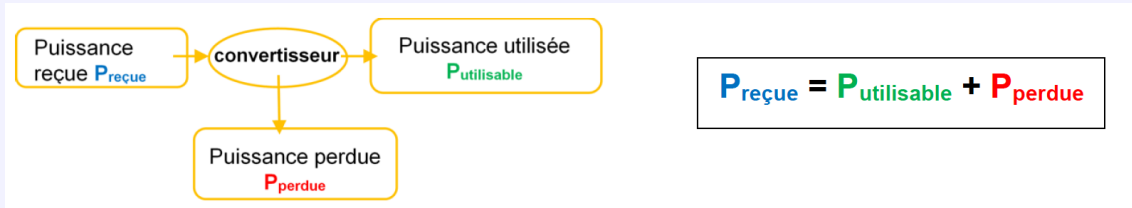
### Animation 2

## Document n° 3 : Production d'électricité

L'électricité est indispensable aux modes de vie actuels. Elle existe à l'état naturel, comme dans la foudre, mais sous des formes difficilement exploitables. Une centrale électrique est un site dédié à la production d'électricité. Il existe différents types de centrales mais elles présentent toutes des similitudes de fonctionnement. Dans la plupart des centrales, une turbine met en mouvement un alternateur pour produire de l'électricité.



## Document n° 4 : Rendement lors d'une conversion d'énergie



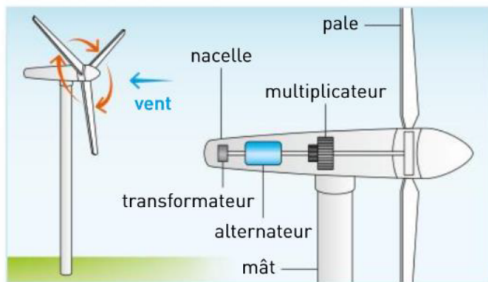
Rendement :

$$\eta = \frac{P_{utilisable}}{P_{re\grave{c}ue}} = \frac{E_{utilisable}}{E_{re\grave{c}ue}}$$

## Document n° 5 : Etude d'une éolienne

Une éolienne est un dispositif qui utilise le vent pour produire de l'électricité.

Le schéma ci-dessous précise sa composition :



- Énergie mécanique fournie aux pales par le vent : 7 713 MWh
- Énergie mécanique transmise à l'alternateur : 4 250 MWh
- Énergie électrique obtenue : 4 030 MWh

On a relevé ci-contre les valeurs annuelles, en MWh, des énergies qui interviennent dans la chaîne énergétique d'une éolienne.



## II. Questions

1. Lire le document 1 et allez voir l'animation n°1. Citer les deux principaux éléments qui constituent un alternateur.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ouvrir l'animation n°2. Justifier que la tension aux bornes de l'alternateur est alternative et périodique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Comment se comporte la fréquence de la tension lorsque la vitesse de rotation de l'aimant augmente ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Avec une dynamo sur un vélo que faut-il faire pour avoir une luminosité suffisante pour bien éclairer la route lorsqu'il fait nuit ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Rédiger un court paragraphe pour décrire la constitution et le fonctionnement d'un alternateur en utilisant les mots : alternateur, aimant, bobine, courant électrique, tourner.

.....

.....

.....

.....

6. Montrer que l'alternateur est indispensable au fonctionnement de la majorité des centrales électriques.

.....

.....

.....

.....

.....

7. Représenter la conversion d'énergie qui a lieu dans l'alternateur.

8. Identifier un facteur pouvant influencer son rendement.

.....

.....

.....

.....

.....

9. Calculer le rendement de l'éolienne et expliquer pourquoi le rendement n'est pas égal à 1.

.....

.....

.....

.....

.....

10. Calculer le rendement de l'alternateur et expliquer pourquoi le rendement n'est pas égal à 1.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Les matériaux semi-conducteurs

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Principe de fonctionnement et exploitation technologique des semi-conducteurs.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique. Comparer le spectre d'absorption d'un semi-conducteur et le spectre d'émission solaire pour décider si ce matériau peut servir de capteur photovoltaïque.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

**Contexte** Au début du XX<sup>e</sup> siècle, la mécanique quantique introduit la notion de comportement probabiliste de la nature et permet d'expliquer les interactions entre la lumière et la matière. Les progrès de la recherche scientifique dans ce domaine permettent ainsi de développer de nouveaux procédés pour produire de l'électricité.

## I. Documents

### Document n° 1 : L'explication de l'effet photoélectrique par Einstein

Le nom d'Albert Einstein est associé à sa théorie de la relativité, mais c'est pour son explication de l'effet photoélectrique que le prix Nobel lui a été attribué en 1921.

Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, l'effet photoélectrique avait été observé sans qu'aucune théorie ne l'explique correctement : un faisceau de lumière qui atteignait un métal pouvait lui arracher des électrons. En 1905, Einstein postula que la lumière se comportait comme si elle était constituée de "grains visibles", les photons.

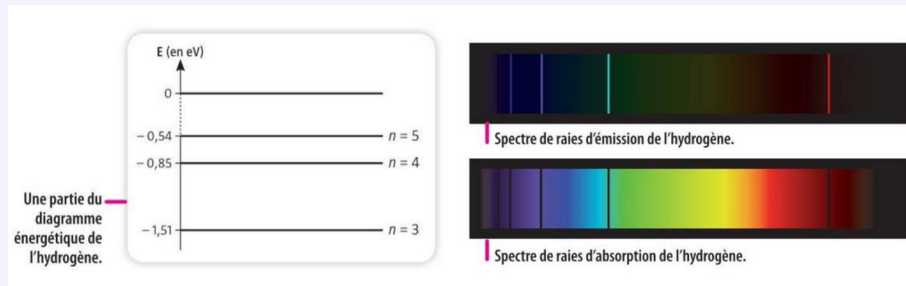
La matière peut absorber ou émettre des photons, chacun portant une quantité d'énergie bien définie, un quantum ; cette approche constituera l'un des fondements de la mécanique quantique.

### Document n° 2 : Le modèle quantique de l'atome

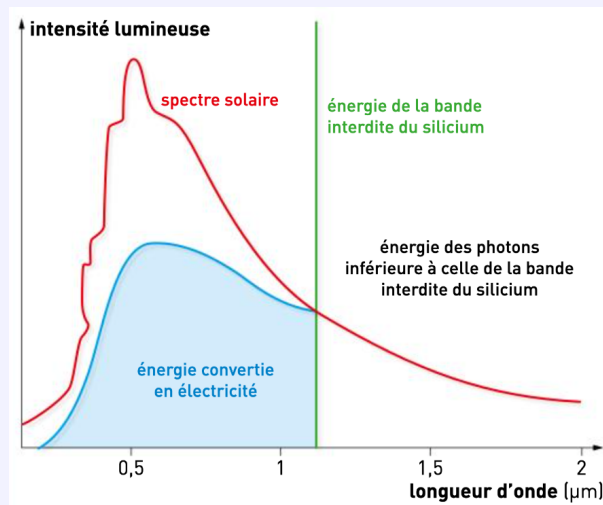
Le spectre de la lumière émis par un gaz excité est composé de fines raies colorées, chacune des raies correspondant à une émission de photons identiques, de même longueur d'onde.

Nous retrouvons la théorie des quanta utilisé par Einstein : l'énergie d'un atome ne peut prendre que des valeurs bien déterminées, dites discrètes. Ainsi, l'énergie d'un atome isolé est quantifiée.

La valeur de l'énergie d'un photon émis est égale à la différence d'énergie (en valeur absolue) qui existe entre deux niveaux possibles, c'est-à-dire entre deux états d'énergie possible de l'atome. Ce sont donc uniquement les photons identiques à ceux émis qui pourront être absorbés par cet atome. L'analyse de la lumière absorbée permet ainsi d'identifier l'atome.



### Document n° 3 : Spectre d'émission solaire et spectre d'absorption du silicium

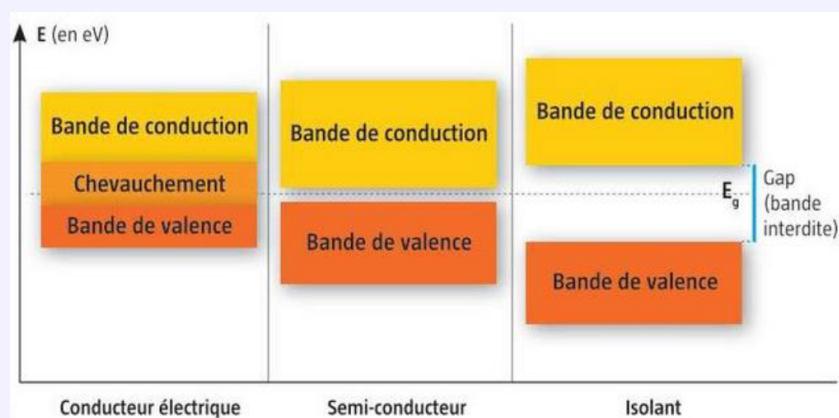


### Document n° 4 : Conducteurs, isolants et semi-conducteurs

Dans les solides, qui peuvent être considérés comme des assemblages d'atomes, ce ne sont plus des niveaux d'énergie mais des bandes d'énergie qui sont permises et qui sont séparées par des bandes interdites.

Un solide est un isolant électrique lorsque que sa bande de valence est remplie et que la bande interdite est trop large pour que les électrons puissent la franchir et atteindre la bande de conduction. Dans un conducteur électrique, la bande de valence et la bande de conduction se chevauchent ; il n'y a donc pas de bande interdite. La bande de conduction n'est pas complète, et des électrons peuvent facilement s'y déplacer.

Les matériaux semi-conducteurs, intermédiaires entre les isolants et les conducteurs, ont une structure proche de celle des isolants, avec une bande interdite moins large.



Au repos, des électrons se trouvent dans la bande de valence.

L'énergie  $E_g$  ou gap à apporter à un électron pour qu'il franchisse la bande interdite d'un semi-conducteur peut être fournie par un photon, d'énergie égale ou supérieure à  $E_g$ . Pour le silicium, par exemple  $E_g = 1,12$  électron-volt.

En dopant un semi-conducteur, c'est-à-dire en introduisant des impuretés telles que le phosphore ou le bore dans le semi-conducteur, le franchissement de la bande interdite est facilité.

**Document n° 5 : Exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs**

Un matériau semi-conducteur, comme le silicium ou le germanium, a une conductivité électrique intermédiaire entre celle d'un matériau isolant et celle d'un matériau conducteur.

Ces matériaux semi-conducteurs possèdent des propriétés électriques facilement contrôlables, ce qui permet de les utiliser pour fabriquer des composants électroniques (diodes, transistors) ou des cellules photovoltaïques. Par exemple, dans une cellule photovoltaïque, les photons provenant du rayonnement solaire apportent de l'énergie nécessaire pour libérer et faire circuler des électrons du matériau semi-conducteur dans un circuit extérieure, produisant ainsi un courant électrique.

## II. Questions

1. Pourquoi un spectre de raies permet d'identifier un élément chimique.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Expliquer, d'après le doc.2. pourquoi les spectres d'émission et d'absorption de l'hydrogène possèdent des raies caractérisées par les mêmes longueurs d'onde.

.....  
.....  
.....  
.....

3. Expliquer d'après le document 3, que le silicium permet d'absorber des rayonnements du soleil.

.....  
.....  
.....  
.....

4. Expliquer d'après le doc.4, la différence de conductivité électrique entre un matériau semi-conducteur, un matériau isolant et un matériau conducteur.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Indiquer d'après le document 5, d'où provient l'énergie reçue par une cellule photovoltaïque, lui permettant de produire un courant électrique.

.....  
.....  
.....  
.....

6. Faire, en schéma, le bilan énergétique de la cellule photovoltaïque.

7. Exposer rapidement pourquoi le silicium est le semi-conducteur préférentiellement utilisé pour fabriquer des cellules photovoltaïques.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —





## TP Cellule photovoltaïque

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Tracer la caractéristique d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

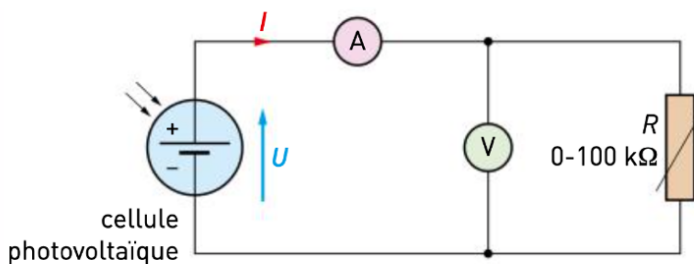
**Contexte** Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de semi-conducteurs, principalement à base de silicium. Le coefficient de conversion maximum obtenu en laboratoire pour ces composants reste inférieur à 30 %

## I. Documents

**Document n° 1** : Tracer la caractéristique d'une cellule photovoltaïque

### Matériel :

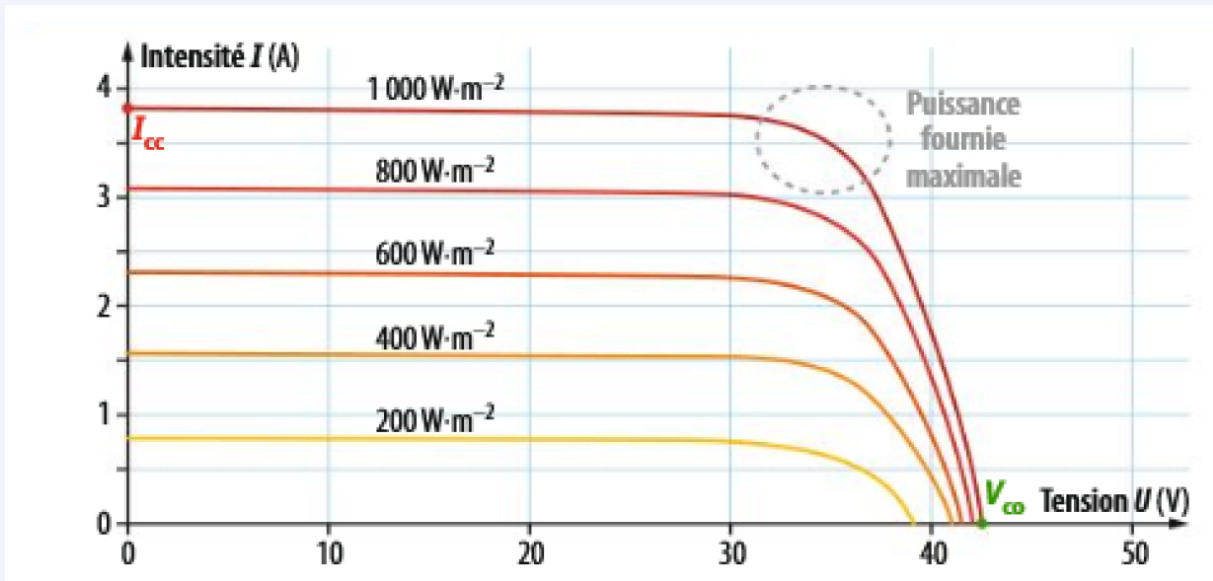
- lampe 60 W
- boîte de résistance variable
- luxmètre
- voltmètre
- ampèremètre
- cellule photovoltaïque



**Protocole :**

1. Réaliser le montage en choisissant convenablement les calibres des appareils de mesure
2. Allumer la lampe, l'orienter vers la cellule en la plaçant à une distance de 10 cm environ de la cellule. Par exemple, ne plus bouger la lampe ni la cellule pendant toute la série de mesures
3. Faire varier la résistance, et noter les valeurs de la tension  $U$  et de l'intensité  $I$  dans un tableau en précisant les unités
4. Saisir ces valeurs dans un tableur grapheur,  $U$  doit être en volt (V) et  $I$  en ampère (A)

**Document n° 2 : Caractéristique en fonction de la puissance lumineuse reçue**



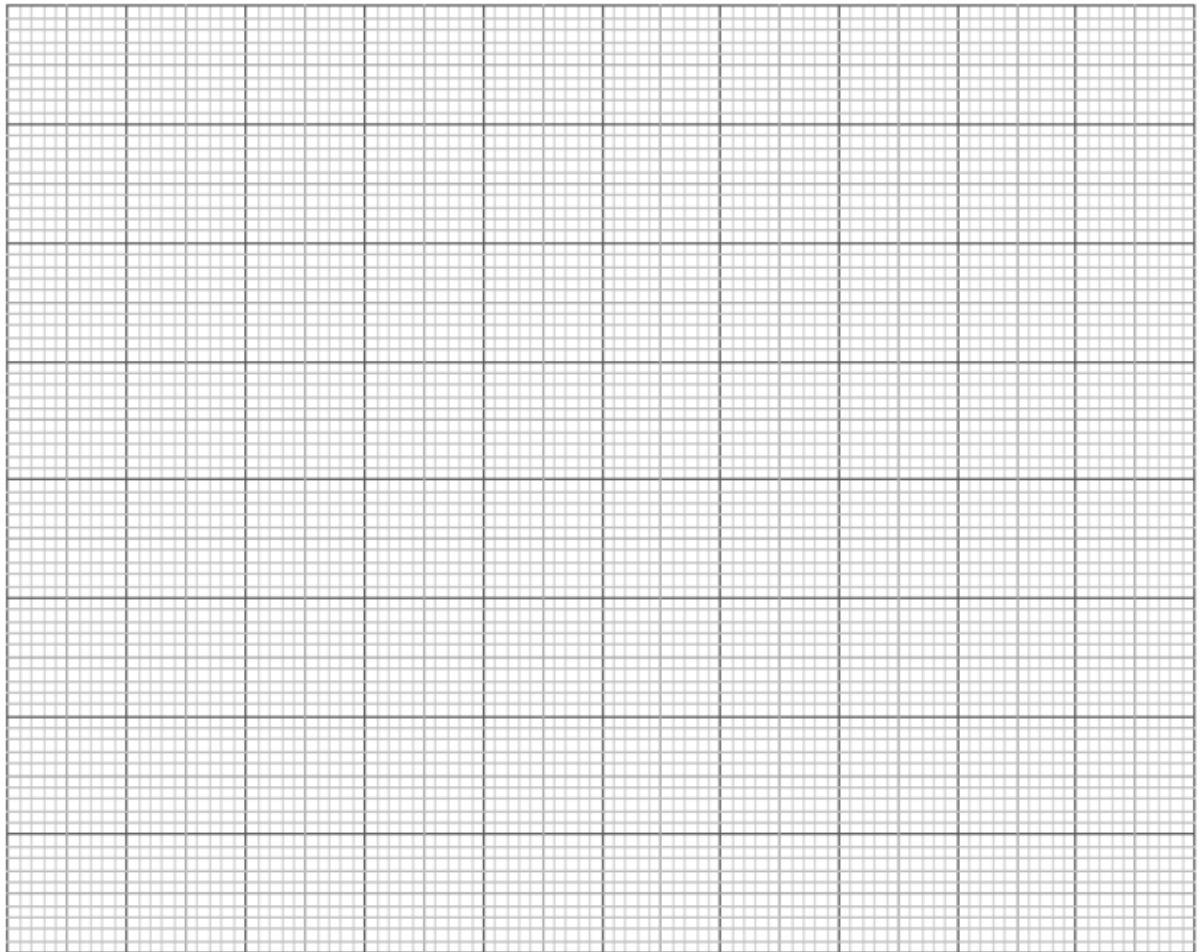
La caractéristique  $I = f(U)$  de la cellule photovoltaïque dépend de la puissance lumineuse reçue. Dans la partie horizontale, la cellule se comporte comme un générateur de courant. L'intensité de court-circuit  $I_{cc}$  correspond à l'intensité du courant lorsque les deux bornes de la cellule photovoltaïque sont reliées par un fil conducteur (elles sont alors en court-circuit)

**II. Questions**

1. Remplir le tableau de valeurs suivant avec les mesures faites.

Tension $U$ (V)							
Intensité $I$ (A)							


2. A l'aide du tableur et sur cette feuille, tracer la caractéristique de l'intensité en fonction de la tension :  $I = f(U)$  de la cellule photovoltaïque étudiée expérimentalement. L'allure de la courbe est-elle conforme à ce qui est attendu ?



3. Dans Regressi, faire calculer la puissance  $P$  (en Watts) pour chaque valeur de  $U$  et de  $I$ .

4. Déterminer alors, en regardant les valeurs dans le tableau sur Regressi, l'intensité  $I$  et la tension  $U$  pour lesquelles la puissance  $P$  est maximale, noter ces valeurs. Placer ce point sur le graphique à l'aide du « réticule libre » dans « outils ». C'est le point de fonctionnement optimal de la cellule. Noter ce point à la main sur votre courbe.

.....  
.....  
.....

5. A l'aide de la loi d'Ohm, déterminer la valeur de la résistance pour laquelle la puissance électrique délivrée par la cellule photovoltaïque sera maximale.

.....  
.....  
.....

6. Quelle est l'utilité de connaître le point de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

—— Fin ——



## Les centrales électriques

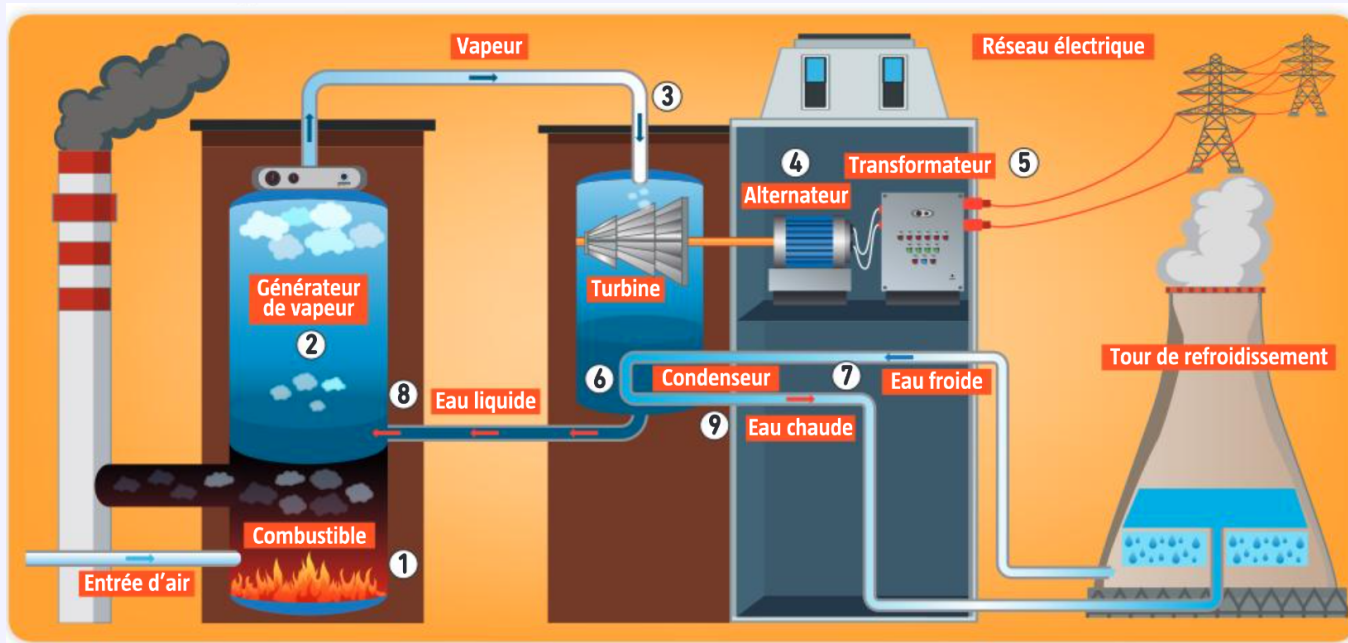
### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Méthodes pour obtenir de l'énergie électrique sans combustion.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Décrire les chaînes de transformations énergétiques. Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

**Contexte** En France en 2017, l'électricité est majoritairement produite sans combustion et provient de centrales (72 %) et hydrauliques (10 %). Seuls 10 % de l'électricité proviennent encore de centrales thermiques avec combustion

## I. Documents

### Document n° 1 : Fonctionnement d'une centrale thermique à flamme



La combustion du charbon, du fioul, etc. produit de l'énergie thermique, ce qui permet de vaporiser l'eau.

La vapeur d'eau met en mouvement de rotation la turbine. La turbine entraîne à son tour l'alternateur qui permet de produire de l'électricité. L'énergie électrique est transférée vers le réseau de

transport électrique.

La vapeur d'eau passe dans le condenseur du circuit de refroidissement.

Des échanges d'énergie ont lieu entre la vapeur d'eau et l'eau froide du circuit de refroidissement.

**Document n° 2** : Les caractéristiques d'une centrale nucléaire et d'une centrale hydroélectrique

**Tignes-Malgovert :**

Puissance fournie par la turbine :  $P_t = 320$  MW

Rendement de l'alternateur :  $\eta_a = 98$  %

Hauteur de chute :  $h = 750$  m

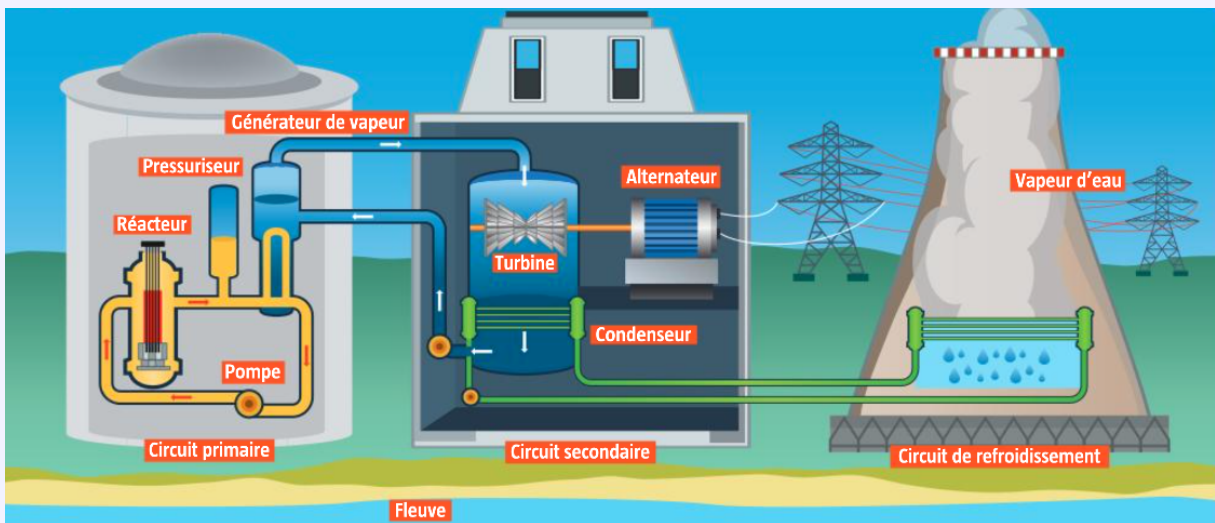
Débit de l'eau :  $D = 48$  m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

**Flamanville :**

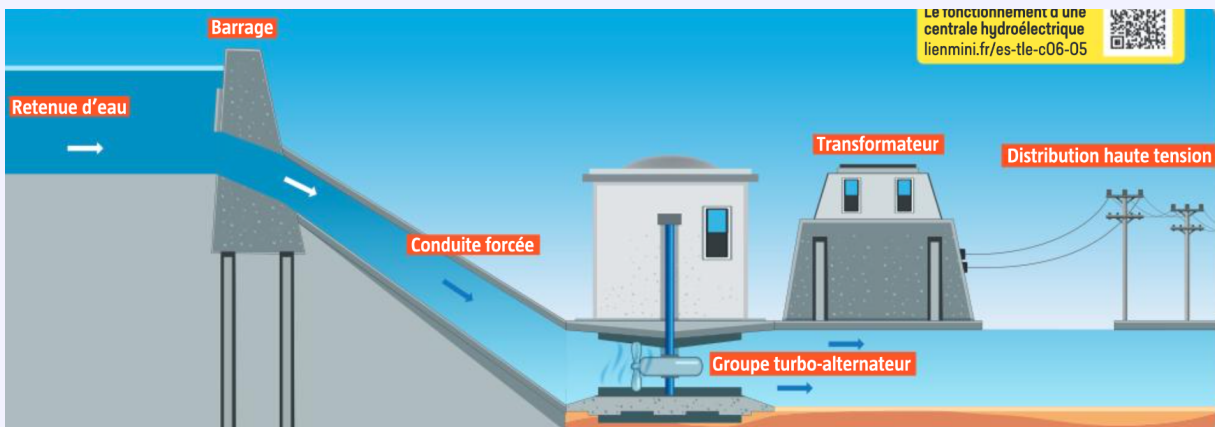
Puissance thermique :  $P_{th} = 3600$  MW

Puissance électrique générée par l'alternateur :  $P_a = 2760$  MW

**Document n° 3** : Fonctionnement d'une centrale nucléaire



**Document n° 4** : Fonctionnement d'une centrale hydroélectrique



## II. Questions

1. Justifier le fait que les conversions d'énergie dans une centrale hydroélectrique et dans une centrale nucléaire se font sans combustion.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Décrire les chaînes de transformations énergétiques permettant l'obtention d'énergie électrique dans une centrale hydroélectrique et dans une centrale nucléaire.

.....

.....

.....

.....

.....

Calculer la valeur du rendement  $\eta$  de chacune des centrales après avoir représenté chaque chaîne énergétique et identifié les puissances reçues  $P_r$  et  $P_u$ .

3. **Données :**  
la puissance de la chute d'eau  $P_{eau}$  est égale au produit de la masse d'eau  $m$  débitée en une seconde, de l'intensité de la pesanteur  $g$  et de la hauteur de chute  $h$   
 $\rho_{eau} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$ ,  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-1}$

.....

.....

.....

.....

.....

4. Déduire du rendement de Flamanville pourquoi certaines centrales nucléaires réutilisent l'énergie dissipée pour le chauffage urbain.

.....

.....

.....

.....

.....



5.

En déduire le nombre de centrales de Tignes nécessaires pour obtenir autant d'énergie que celle produite par la centrale de Flamanville.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Piles et accumulateurs

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Connaître** : Conversion électrochimique des piles et accumulateurs.

**Réaliser** : Décrire les chaînes de transformations énergétiques.

**Valider** : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

#### Niveau Validé

A B C D

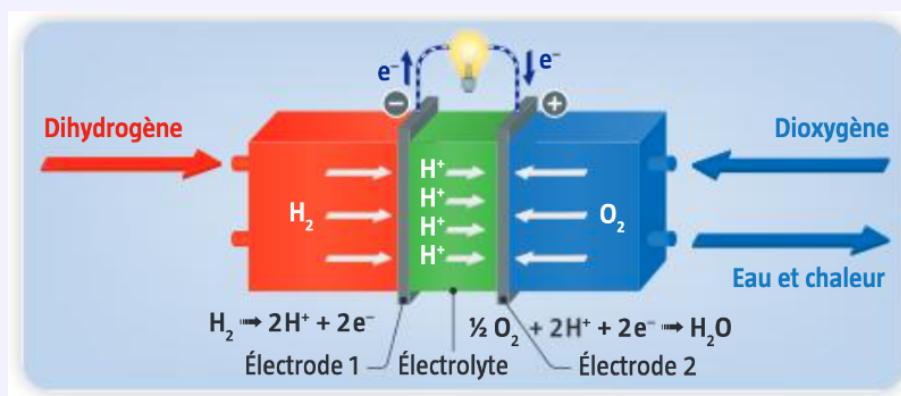
A B C D

A B C D

**Contexte** Lors de leur utilisation, les piles et les batteries transfèrent de l'énergie électrique à une lampe, au moteur d'une voiture au démarrage, à une smartphone, etc.

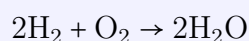
## I. Documents

### Document n° 1 : La pile à hydrogène



La pile à hydrogène est constituée de deux électrodes, séparées par un électrolyte qui permet le passage des ions.

Des transformations chimiques ont lieu à chacune des électrodes. La réaction modélisant le fonctionnement de la pile à hydrogène a pour équation



### Document n° 2 : Batterie plomb-acide

Une batterie plomb-acide de 12 V est constituée de six éléments, ou accumulateurs placés en série. Chaque accumulateur est constitué de deux ensembles de plaques, immergés dans une solution d'acide sulfurique. L'un forme la borne positive, l'autre la borne négative. La réaction modélisant

le fonctionnement de la batterie plomb-acide au cours de sa décharge a pour équation :



La réaction modélisant son fonctionnement au cours de sa charge a pour équation



## II. Questions

1. Identifier la nature du courant (continu ou alternatif) délivré par une pile ou une batterie.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Identifier les porteurs de charge (électrons ou ions) qui circulent à l'intérieur de la pile (ou de la batterie) et dans le circuit extérieur à la pile ou à la batterie.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Vérifier que seules les batteries sont rechargeables en exploitant les équations des réactions écrites.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Décrire la chaîne de transformations énergétiques d'une pile ou d'une batterie.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Les centrales solaires photovoltaïques

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Connaître** : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque  
**Réaliser** : Décrire les chaînes de transformations énergétiques. Calcul de rendement.  
**Valider** : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

#### Niveau Validé

A B C D  
 A B C D  
 A B C D

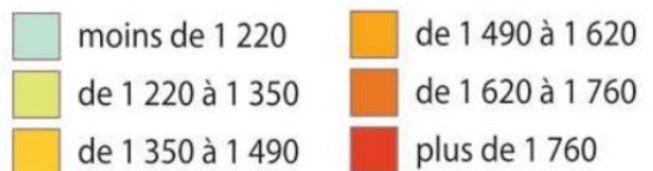
**Contexte** Les panneaux photovoltaïques captent l'énergie transférée par le Soleil pour produire de l'électricité. Ils exploitent ainsi une énergie inépuisable. Depuis 2008, des centrales solaires photovoltaïques sont construites dans le monde entier.

## I. Documents

### Document n° 1 : Données météorologiques



#### Énergie du rayonnement solaire (en kWh/m<sup>2</sup> par an)



Bordeaux	2 035 h
Marseille	2 716 h
Lille	1 695 h

L'ensoleillement annuel en France.

Durée totale d'ensoleillement sur une année.

**Document n° 2** : La centrale photovoltaïque de Cestas

La centrale photovoltaïque de Cestas, près de Bordeaux, inaugurée en décembre 2015, est la plus grande centrale photovoltaïque d'Europe. Elle délivre une puissance de valeur  $P = 300$  MW lorsqu'elle est ensoleillée. La centrale occupe une surface  $S = 200$  ha. Un onduleur transforme le courant continu délivré par les panneaux en courant alternatif puis l'énergie électrique est transférée sur le réseau de transport électrique. L'énergie ainsi obtenue correspond, par an, à la consommation domestique, hors chauffage, de la ville de Bordeaux. Elle contribue aussi à la réduction de l'émission de l'équivalent d'environ 19 200 tonnes de  $\text{CO}_2$ .

## II. Questions

1. Représenter par un schéma la chaîne de transformations énergétiques de la centrale de Cestas en utilisant les termes suivants : module photovoltaïques, énergie radiative, Soleil, énergie électrique, onduleur, réseau électrique, énergie thermique.

2. Calculer la valeur de l'énergie radiative  $E_r$  reçue par les modules photovoltaïques en un an.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Calculer la valeur de l'énergie électrique  $E_e$  délivrée par cette centrale photovoltaïque en un an.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Calculer le rendement de la centrale.

.....  
.....  
.....  
.....

5. Présenter sous la forme d'un tableau les avantages et les inconvénients d'une centrale solaire





## Risques et impacts sur l'environnement et la biodiversité

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Risques et impacts sur l'environnement et la biodiversité.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Analyser les risques et les impacts sur l'environnement et la biodiversité.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

**Contexte** Les méthodes d'obtention d'énergie électrique sans combustion ont un impact moins important sur le réchauffement climatique. Elles ne sont cependant pas sans conséquences.

## I. Documents

**Document n° 1** : Les émissions de CO<sub>2</sub> des filières permettant d'obtenir de l'énergie électrique

Filière	Éolien	Solaire	Hydraulique	Nucléaire	Charbon	Gaz naturel	Fioul
Émission de CO <sub>2</sub> tenant compte de l'analyse du cycle de vie (en gCO <sub>2</sub> -eq · kWh <sup>-1</sup> )	12,5	55	6	6	1 060	730	418

**Document n° 2** : Les risques et les déchets nucléaires

L'accident de Tchernobyl en 1986 en Ukraine a entraîné une pollution radioactive importante dans plusieurs pays d'Europe. Les taux de radioactivité très élevés relevés ont causé entre 9000 et 90 000 décès. Cette pollution également eu des conséquences sur l'environnement : contamination de la mortalité animale, contamination de certaines réserves d'eau, etc.

Les déchets nucléaires, issus du cycle du combustible, constituent quant à eux la principale source de pollution de l'énergie nucléaire. Entre 2007 et 2013, la France en a produit environ 50 000 m<sup>3</sup> chaque année dont 60 % sont issus de l'industrie nucléaire et de la production d'électricité. Une majorité de ces déchets sont peu dangereux car ils ont une faible activité radioactive. Mais d'autres ont une activité radioactive moyenne (3 %) ou élevée (0,2 %) associée à des durées de vie parfois longues. Ces déchets restent donc dangereux pendant plusieurs centaines, voire milliers d'années et peuvent contaminer l'environnement.

A l'heure actuelle, ces déchets sont stockés et traités dans deux sites principaux en France, le site de la Hague et celui de Marcoule. Un projet est à l'étude pour enfouir ces déchets de façon sécurisée à 500 mètres de profondeur.

**Document n° 3 : L'impact écologique des éoliennes, de leur fabrication à leur utilisation**

Les éoliennes sont critiquées pour leur impact sur le paysage et le bruit qu'elles génèrent. Elles ont aussi un effet néfaste sur les oiseaux et les chauves-souris. Pour 142 parcs éoliens prospectés, 800 cadavres d'oiseaux ont été retrouvés en 26 semaines, dans un rayon de 50 mètres autour des mâts. Par le mouvement de rotation de leurs pales, les éoliennes perturbent la propagation des ondes telles celles des instruments de mesure de Météo France et des radars de l'aviation civile de l'armée. Entre, la fabrication et la mise en service des éoliennes consomment des matières premières et de l'énergie, à l'origine d'émissions de dioxyde de carbone. Chaque éolienne nécessite ainsi 1500 tonnes de béton, 25 à 40 tonnes d'acier par mât et jusqu'à 900 kg de terres rares (néodyme, dysprosium, praséodyme) qui permettent d'alléger la partie centrale et de réduire le coût de production.

**Document n° 4 : Les avantages et les risques comparés de différents batteries de vélo électrique**

Type de batterie	Abréviations	Dangerosité (explosion, incendie)	Toxicité	Caractéristiques
Lithium Ion	Li-Ion	Oui	Oui (lithium)	Très haute <b>densité d'énergie</b>
Lithium Polymère	Li-Po	Oui	Oui (lithium)	Moins grande durée de vie que Li-Ion mais un peu plus sûre
Nickel Cadmium	Ni-Cd	Oui	Oui (cadmium)	Robuste
Nickel Métal Hydrure	NiMH	Oui	Non	Haute densité d'énergie

## II. Questions

1. Déterminer les méthodes d'obtention d'énergie électrique émettant le moins de dioxyde de carbone.

.....

.....

.....

2. Justifier le fait que les méthodes d'obtention d'énergie électrique citées dans chacun des documents ne nécessitent pas de combustion.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Expliquer pourquoi certains déchets radioactifs sont très dangereux.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Discuter de l'éolien comme énergie renouvelable.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Indiquer la batterie qui semble la plus adaptée à un vélo électrique et justifier ce choix.

.....  
.....  
.....  
.....



## Le stockage de l'énergie

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Connaître** : Différentes formes de stockage d'énergie.

**Réaliser** : Comparer les différents formes de stockage d'énergie.

**Valider** : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

#### Niveau Validé

A B C D

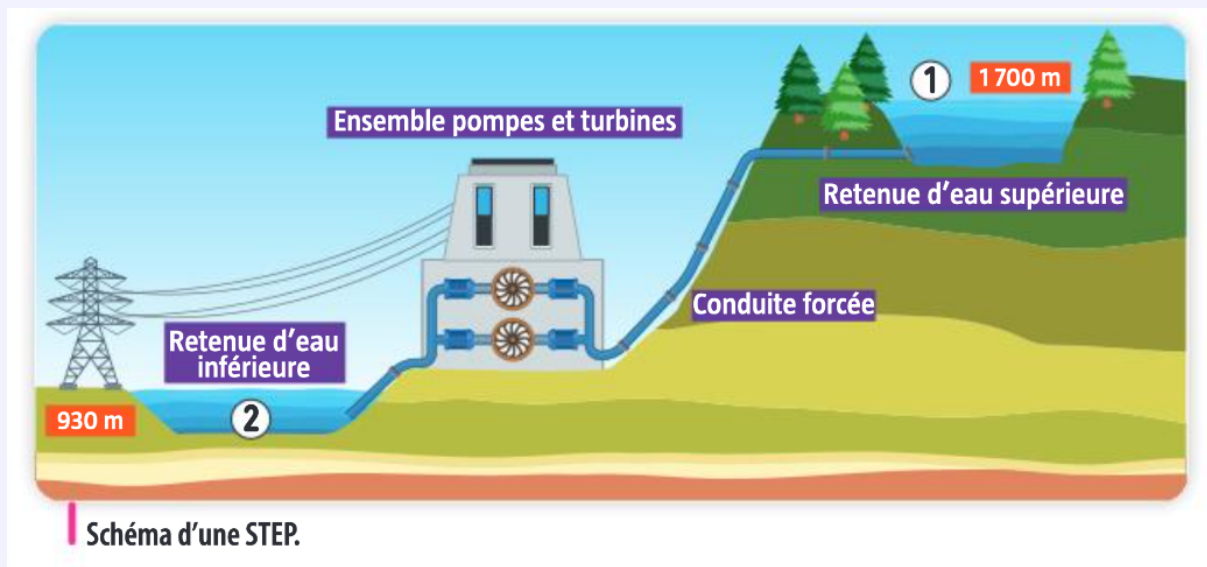
A B C D

A B C D

**Contexte** Contrairement au gaz, au pétrole ou au charbon, l'électricité ne se stocke pas. Dans une société de plus en plus tournée vers les énergies renouvelables dont la production est intermittente, le stockage représente un défi technologique majeur.

## I. Documents

### Document n° 1 : Le stockage par énergie potentielle de pesanteur



### Document n° 2 : La centrale hydroélectrique de Grand Maison

La centrale hydroélectrique de Grand Maison a la particularité d'avoir été la première station de transfert d'énergie par pompage (STEP) au monde. L'eau d'un bassin inférieur, situé à 930 mètres d'altitude, est pompée vers un bassin supérieur, à 1700 mètres d'altitude.

Le pompage de l'eau de la retenue basse vers la retenue haute de la centrale de Grand Maison consomme 1700 GWh par an pour 1420 GWh produits par turbinage. Mais il offre la possibilité de

stocker de l'énergie en période de surproduction, la nuit et l'été, pour la restituer ensuite en période de surconsommation (le soir par exemple).

### Document n° 3 : Le stockage chimique

Les batteries stockent l'énergie sous forme chimique. L'énergie est immédiatement disponible. Les batteries actuelles sont peu efficaces, polluantes et dangereuses et leur durée de vie est limitée au maximum à 1000 cycles de charge/décharge ;

Le constructeur automobile Tesla, qui possède une part importante du marché des batteries de stockage, a mis au point des batteries plus performantes :

- la Powerwall, à usage domestique, a une capacité de stockage de 14 kWh pour une masse de 114 kg. On peut donc disposer d'une énergie de réserve en cas de panne du réseau et n'utiliser le réseau qu'aux heures creuses
- la Powerpack, à usage industriel, a une capacité de stockage de 210 kWh
- une Megapack, batterie géante de capacité de 3 MWh, a été conçue pour équilibrer le réseau électrique de l'Australie

### Document n° 4 : Le stockage électromagnétique

Entre les terminaux de l'aéroport Nice-Côte d'Azur et les parkings alentours, six arrêts de bus sont équipés de "totems", qui rechargent les bus en 10 secondes grâce à des supercondensateurs. Le bus peut alors parcourir entre 800 mètres et un kilomètre selon les conditions de circulation. Un bus roulant au Diesel aurait utilisé pour les mêmes trajets 30 000 litres de carburant en un an.

## II. Questions

1. Calculer les pertes d'énergie annuelles de la centrale Grand Maison.

.....  
.....  
.....  
.....

2. Calculer la densité énergétique massique d'une Powerwall.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Comparer dans un tableau ces différents dispositifs de stockage selon les critères suivants : masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique.

4. En déduire, en argumentant, la ou les formes de stockage qui paraît (paraissent) avoir le plus impact écologique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



## Le transport de l'électricité

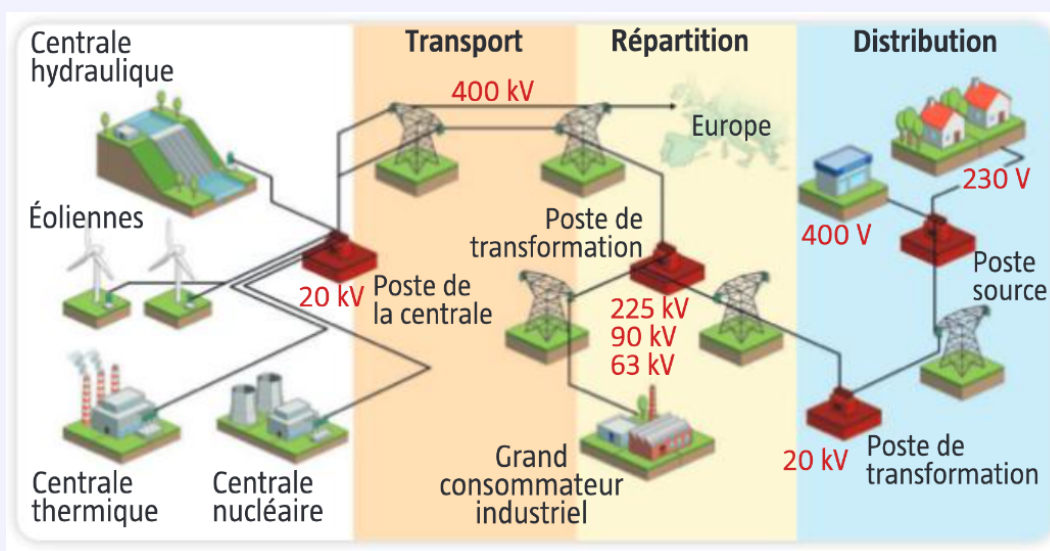
### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Effet Joule. Utilisation de la très haute tension pour limiter les pertes par effet Joule.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Faire un schéma électrique modélisant une ligne à très haute tension. Utiliser les formules littérales reliant la puissance à la résistance, l'intensité et la tension pour identifier l'influence de ces grandeurs sur l'effet Joule.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

**Contexte** La tension à la sortie d'une centrale électrique est de 20 000 volts. La tension est ensuite élevée puis abaissée avant la distribution de l'énergie. Comment est-ce possible ?

## I. Documents

### Document n° 1 : Le réseau électrique



L'énergie électrique ne se stocke pas et sa production doit être adaptée à la consommation des utilisateurs.

Le réseau électrique assure le transport de l'électricité vers les utilisateurs par l'intermédiaire de lignes électriques :

- de la sortie des centrales grâce à des lignes à très haute tension (225 000 V et 400 000 V) sur de longues distances ;



- vers des postes de transformation qui transforment la très haute tension en haute tension (90 000 V et 63 000 V) et en moyenne tension (20 000 V) ;
- vers des postes de transformation dits "postes sources" qui transforment la moyenne tension en basse tension (230 V et 400 V)

**Document n° 2 : Les lignes à très haute tension (THT)**

Des pylônes maintiennent les lignes électriques à une certaine distance du sol et sont reliés à la terre, de façon à assurer la sécurité des personnes et des installations voisines des lignes électriques. En France, on dénombre 100 000 kilomètres de lignes THT et HT parmi un million de kilomètres de lignes électriques.

**Document n° 3 : L'effet Joule**

L'effet Joule correspond au dégagement d'énergie thermique provoqué par le passage d'un courant dans un conducteur électrique.

Le transport de l'électricité dans les lignes électriques se fait en courant alternatif.

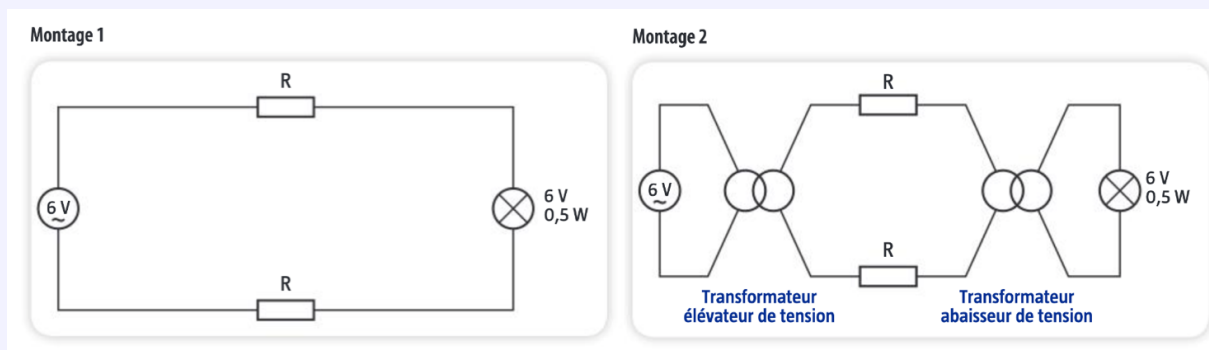
La puissance électrique  $P$  d'un dispositif électrique est donnée par la relation

$$P = U \times I$$

La puissance dissipée par effet Joule dans un conducteur électrique est donnée par la relation

$$P = R \times I^2$$

**Document n° 4 : Le transport de l'électricité à très haute tension**





4. Calculer l'intensité  $I$  du courant qui parcourt une ligne électrique si  $U = 20$  kV et l'intensité  $I_2$  du courant qui parcourt une ligne THT si  $U = 400$  kV puis comparer les puissances correspondantes  $P_{J1}$  et  $P_{J2}$  dissipée par effet Joule. Conclure.  
Données :  $P = 1200$  MW et  $R = 1,0 \Omega$

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Expliquer pourquoi le transport de l'électricité se fait dans des lignes à très haute tension.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

—— Fin ——



## Modélisation et optimisation d'un réseau électrique

### Compétences travaillées

#### Compétences

**Connaître** : Graphe orienté ; Contraintes à vérifier.

**Réaliser** : Modéliser un réseau de distribution électrique. Exprimer les contraintes et la fonction à minimiser. Déterminer la situation optimale.

**Valider** : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

#### Niveau Validé

A B C D

A B C D

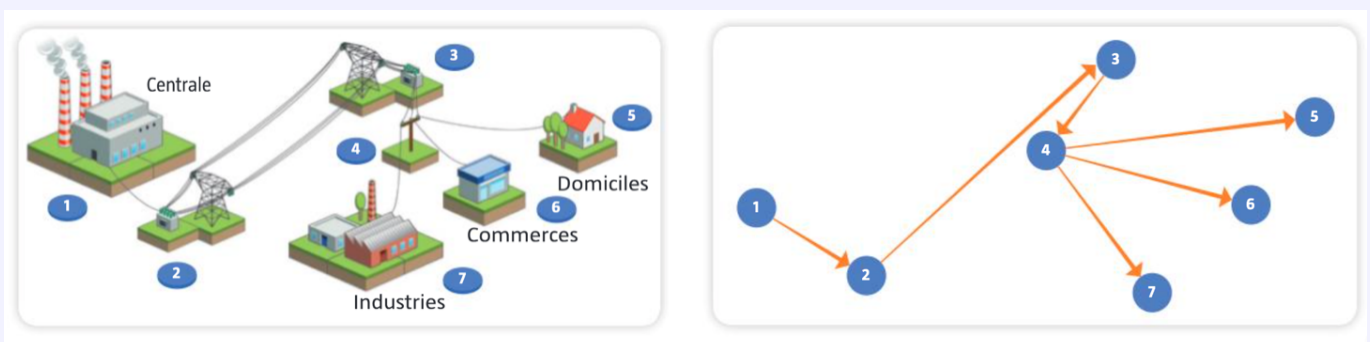
A B C D

**Contexte** Le transport de l'électricité sous haute ou très haute tension permet de réduire les pertes par effet Joule. Cependant une partie de la puissance fournie par les centrales est tout de même dissipée dans le réseau par effet Joule. Ces pertes, qui engendrent un coût, doivent être minimisées.

## I. Documents

### Document n° 1 : La modélisation du réseau électrique par un graphe orienté

Le réseau électrique schématisé est constitué du réseau de transport, du réseau de répartition et du réseau de distribution. Il peut être modélisé par un graphe orienté.

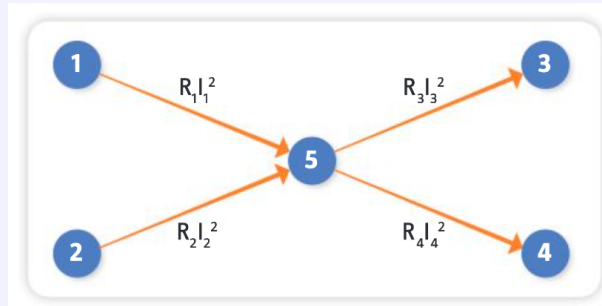


Sur le graphe orienté ci-contre modélisant le réseau électrique :

- les sommets représentent les sources distributrices, les transformateurs (nœuds intermédiaires) et les cibles destinatrices ;
- les arcs représentent les lignes électriques

**Document n° 2** : La modélisation d'un réseau de distribution électrique par un graphe orienté

Un réseau de distribution électrique est modélisé par le graphe orienté ci-dessous. On choisit d'indiquer sur les arcs les puissances perdues par effet Joule sur les lignes correspondantes.



Les cibles délivrent des puissances qui imposent les intensités des courants qui y arrivent, les valeurs des tensions à leurs bornes étant fixées.

Les sources peuvent fournir au maximum les puissances  $P_{max}$ .

Les lignes possèdent une certaine résistance, il y a donc des pertes par effet Joule dans ces lignes.

## II. Questions

1. Indiquer les sources distributrices, les nœuds intermédiaires et les cibles du graphe du graphe orienté du doc.2

En utilisant les indices appropriés et le doc.2, établir les relation suivantes :

- la puissance imposée  $P$  par chaque cible destinatrice et l'intensité  $I$  du courant arrivant à cette cible ;
2. - les intensités des courants entrant entrant dans le nœud intermédiaire et celles des courants en sortant ;  
- la puissance maximale  $P_{max}$  délivrée et l'intensité  $I_{max}$  du courant sortant de chaque source distributrice.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Calculer les valeurs des intensités  $I_{1max}$ ,  $I_{2max}$ ,  $I_3$  et  $I_4$  (à 0,1 près)

**Données :**

3.  $P_{1max} = 15\ 000\ \text{W}$ ,  $U_1 = 280\ \text{V}$   
 $P_{2max} = 6\ 000\ \text{W}$ ,  $U_2 = 270\ \text{V}$   
 $P_3 = 6\ \text{kW}$ ,  $U_3 = 230\ \text{V}$   
 $P_4 = 9\ \text{kW}$ ,  $U_1 = 230\ \text{V}$

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Expliquer pourquoi seules les pertes par effet Joule des lignes sortant des sources distributrices peuvent être minimisées.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

On souhaite vérifier que la fonction à minimiser s'écrit :

$$f(I_1) = 0,6I_1^2 - 52,2I_1 + 1704,4$$

5. a. Ecrire la somme des pertes par effet Joule  $P_J$  pouvant être minimisées.  
b. A l'aide des questions 2 et 3, établir la relation  $I_2 = 65,2 - I_1$ , en déduire  $f$

**Données :**

$R_1 = 0,2\ \Omega$  et  $R_2 = 0,4\ \Omega$

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Déterminer la valeur de l'intensité  $I_1$  du courant pour laquelle  $f(I_1)$  passe par un minimum sur l'intervalle  $[0; I_{1Max}]$  par la méthode de votre choix et en déduire la valeur de la puissance minimale  $P_{min}$  perdue par effet Joule.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —



## Le nucléaire en question

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Paramètres influençant les choix énergétiques.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Analyser de manière global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer un choix, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

**Contexte** Pour répondre à la demande énergétique des populations et des industries les états mènent des politiques énergétiques. Les choix sont conditionnés par une analyse de nombreux critères et paramètres.

## I. Documents

### Document n° 1 : Le choix du nucléaire

En 1945, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, Charles de Gaulle crée le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) dans le but d'utiliser l'énergie atomique dans les domaines de l'industrie, de la science et de la défense nationale. Dans les années 1970, le premier choc pétrolier et les tensions au Moyen-Orient poussent Valéry Giscard d'Estaing à une politique du "tout nucléaire" afin d'accroître l'indépendance énergétique de la France qui devient ainsi le pays le plus nucléarisé au monde.

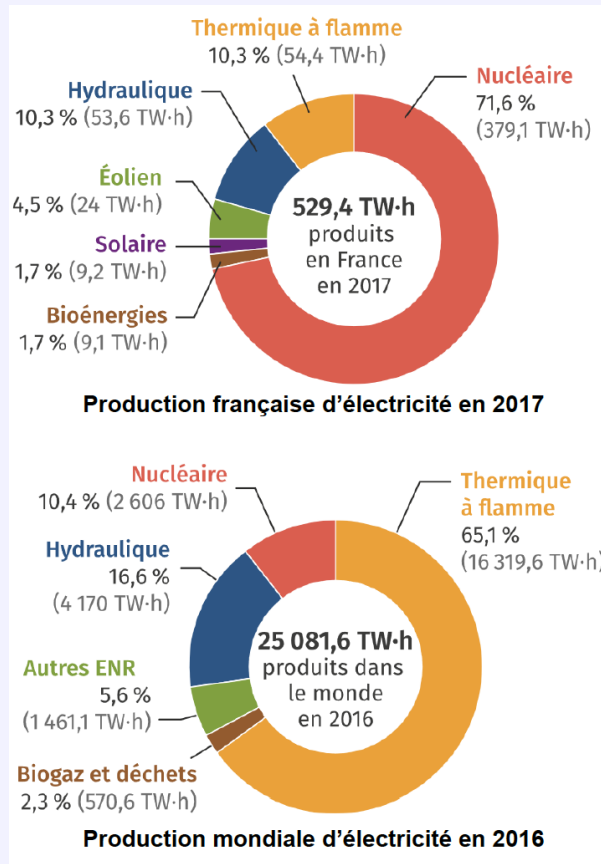
### Document n° 2 : Emplois dans le nucléaire

D'après le Conseil national de l'industrie [...], la filière industrielle nucléaire, qui rassemble 2500 entreprises, emploie près de 220 000 salariés (emplois directs et indirects), représentant un chiffre d'affaires total de 46 milliards d'euros.

D'après Areva, géant du nucléaire, cette industrie serait à l'origine de 2 % de l'emploi en France, soit 410 000 emplois, dont 125 000 emplois directs. Ces chiffres sont contestés par les partisans de la sortie du nucléaire qui mettent plutôt en avant les emplois et le potentiel de création d'emplois liés au développement des énergies renouvelables. Une étude de 2011 de l'association MégaWatt estimait que le développement des énergies renouvelables pouvait aboutir à la création de "240 000 emplois équivalents temps plein en 2020 et 663 000 en 2033".



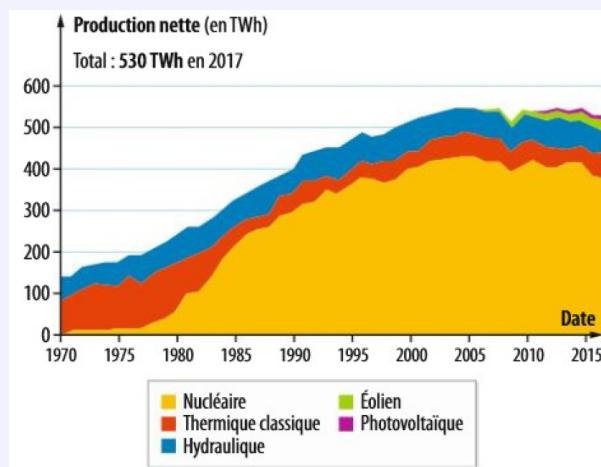
**Document n° 3 : Le nucléaire dans la production d'électricité**



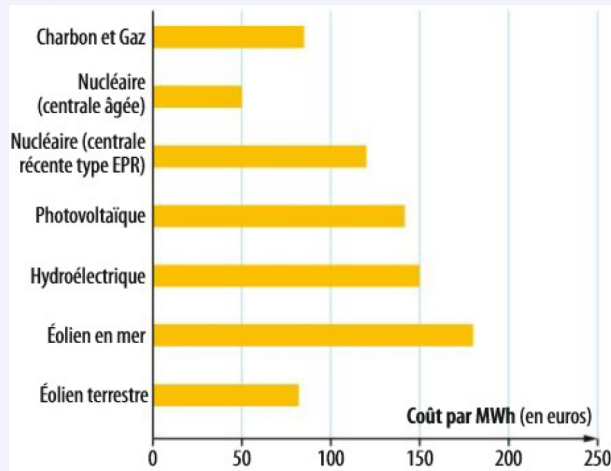
**Document n° 4 : Approvisionnement des centrales**

La France a besoin de 8 000 à 9 000 tonnes d'uranium naturel par an pour fabriquer le combustible alimentant son parc de 58 réacteurs nucléaires. La totalité de cet uranium est importée : l'exploitant EDF achète le combustible final auprès d'Areva qui sécurise son approvisionnement en exploitant des minerais d'uranium naturel dans différentes zones géographiques. Parmi celles-ci figurent principalement le Niger, le Canada, l'Australie et le Kazakhstan. [...] Compte tenu du prix de l'uranium naturel sur les marchés, le montant des importations françaises d'uranium peut être estimé entre 500 millions et un milliard d'euros par an. Notons que le coût de l'uranium naturel constitue in fine seulement 5 % du coût de production du kWh nucléaire.

**Document n° 5 : Evolution du mix de production électrique en France**



**Document n° 6 : Evolution du mix de production électrique en France**

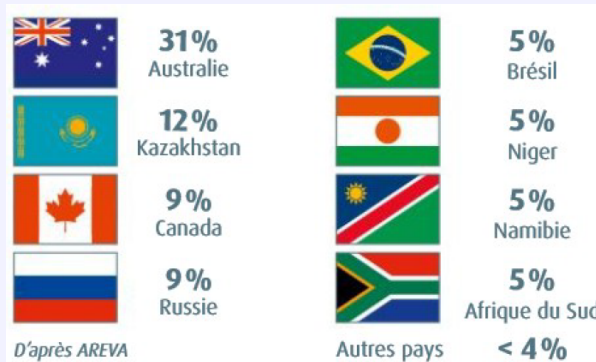


**Document n° 7 : Emission de CO<sub>2</sub> liées à la production d'électricité en France**

Origine de l'électricité	Émissions de CO <sub>2</sub> (en g/kWh produit)
Nucléaire	6
Hydroélectrique	10 à 13
Éolien	15
Solaire (photovoltaïque)	56
Gaz	418
Fioul	730
Charbon	1050

Ces valeurs sont des estimations prenant en compte l'ensemble des étapes de la production d'électricité. Pour l'éolien par exemple, ces émissions tiennent compte de la fabrication des éoliennes.

**Document n° 8 : Répartition des ressources mondiales en Uranium**



L'Uranium est le combustible de l'énergie nucléaire. En France, le choix a été fait de diversifier les pays fournisseurs pour limiter les risques liés à des tensions politiques internationales ponctuelles ou des difficultés d'approvisionnement.



2. Donner la part du nucléaire dans la production d'énergie électrique en France. Comparer avec la part mondiale et commenter.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Citer les avantages et les inconvénients d'une production de l'électricité à partir de l'énergie nucléaire. Répondre sous la forme d'un tableau récapitulatif.

— Fin —



## Étude de cas Marie-Galante et ses choix énergétiques

### Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
<b>Connaître</b> : Critères influençant les choix énergétiques.	A B C D
<b>Réaliser</b> : Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.	A B C D
<b>Valider</b> : Confirmer ou infirmer un choix, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

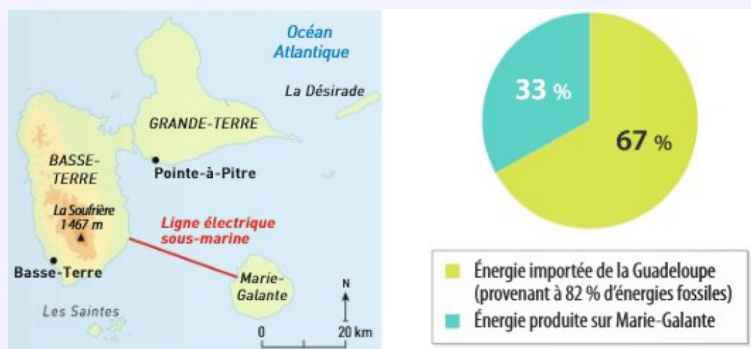
**Contexte** Marie-Galante est une petite île de 158 km<sup>2</sup> et de 11 000 habitants au cœur du bassin caribéen. Deux projets énergétiques se sont opposés pour préparer l'avenir de l'île.

## I. Documents

### Document n° 1 : Marie-Galante : état des lieux

Pour son approvisionnement en énergie, la petite île de Marie-Galante est dépendante de la Guadeloupe à laquelle elle est connectée par une ligne électrique sous-marine, entraînant des coûts de transports élevés et un bilan carbone très mauvais.

Malgré un fort potentiel de production (solaire, éolien, géothermique ou biomasse), les énergies renouvelables ne représentent pour le moment qu'à peine 18 % de l'énergie produite dans l'archipel.



## Document n° 2 : Projets pour Marie-Galante

### Projet CNR : autonomie énergétique

- 4 MW : photovoltaïque et éolien avec stockage
- 4 MW : centrale thermique fonctionnant à partir de bagasse locale, résidu obtenu après broyage de la canne à sucre
- Déploiement de véhicules électriques avec bornes de recharge
- Production et consommation pilotées par une centrale virtuelle, grâce à un réseau électrique intelligent

Coût : 30 millions d'euros

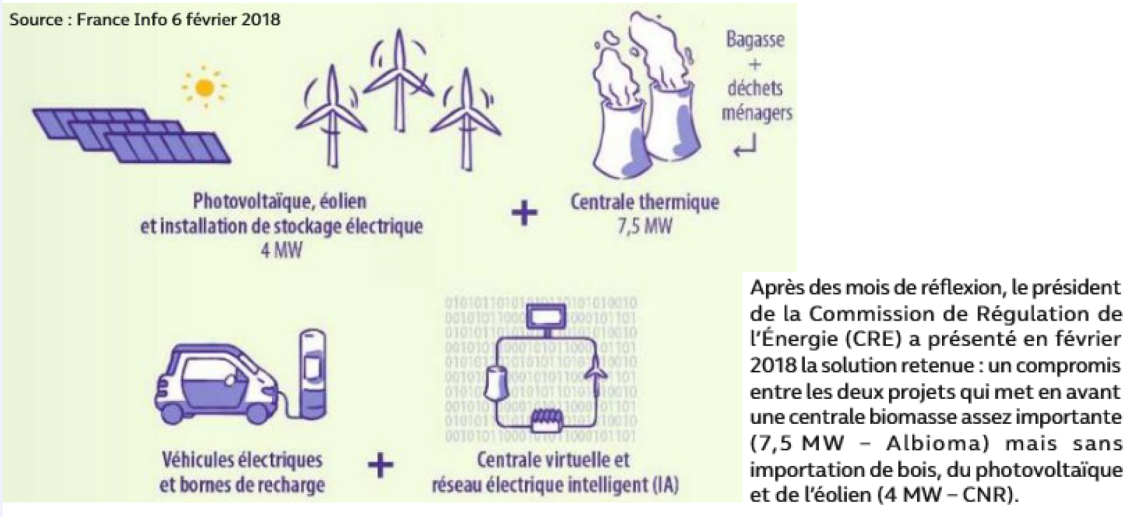
### Projet Albioma

- 12 MW : centrale thermique adossée à l'usine sucrière de l'île, brûlant la bagasse
- Importation annuelle de 45 000 tonnes de bois en provenance du Canada et des États-Unis pour compléter la bagasse en dehors des périodes de récolte

Coût : 80 millions d'euros

Projet soutenu par l'usine sucrière, dont dépendent les planteurs

## Document n° 3 : Choix politique et éclairages scientifiques et économiques



## Document n° 4 : En route vers l'autonomie énergétique

Depuis le 30 juin 2016, le site de Petite-Place accueille la première centrale éolienne avec stockage de France, raccordée au réseau EDF.

Cette centrale permet de répondre aux besoins électriques de la quasi-totalité de 3300 habitants de la commune de Capesterre-de-Marie-Galante avec une puissance cumulée totale s'élevant à 2,5 MW. Elle offre ainsi à Marie-Galante la capacité de sécuriser l'alimentation électrique de ses habitants en cas de coupure avec le réseau.

### Caractéristiques :

- 9 éoliennes rabattables de 275 kW adaptées aux conditions cycloniques de la Guadeloupe
- Une capacité de stockage de 460 kWh grâce à des batteries lithium-ion

## Document n° 5 : Photovoltaïque et cultures associées

A la centrale d'Héliade Bellevue sur l'île de Marie-Galante, des plantes mellifères sont semées entre les panneaux solaires pour contribuer à la lutte contre la surmortalité des abeilles. Le site accueille également depuis 2015 un cheptel ovin qui vit dans un espace clos et surveillé et garantit un entretien naturel du site, avec un minimum de recours aux moyens mécaniques.



4. Montrer que certains de ces choix reposent sur la créativité scientifique et technologique, comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommation, déplacements)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. En supposant que les besoins électriques sont proportionnels au nombre d'habitants, calculer la puissance nécessaire pour assurer l'autonomie de la totalité de l'île. En conclure que Marie-Galante pourrait devenir une île à « énergie positive ».

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

6. Décrire comment il est possible de faire cohabiter énergie renouvelable et biodiversité.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

— Fin —