



# COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement  
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

**Terminale - Module 2 - Le futur des énergies**

## Enseignement Scientifique

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**  
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**  
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**  
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**  
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**  
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**  
pour vérifier ses acquis

[www.cours-pi.com](http://www.cours-pi.com)

Paris & Montpellier



# EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

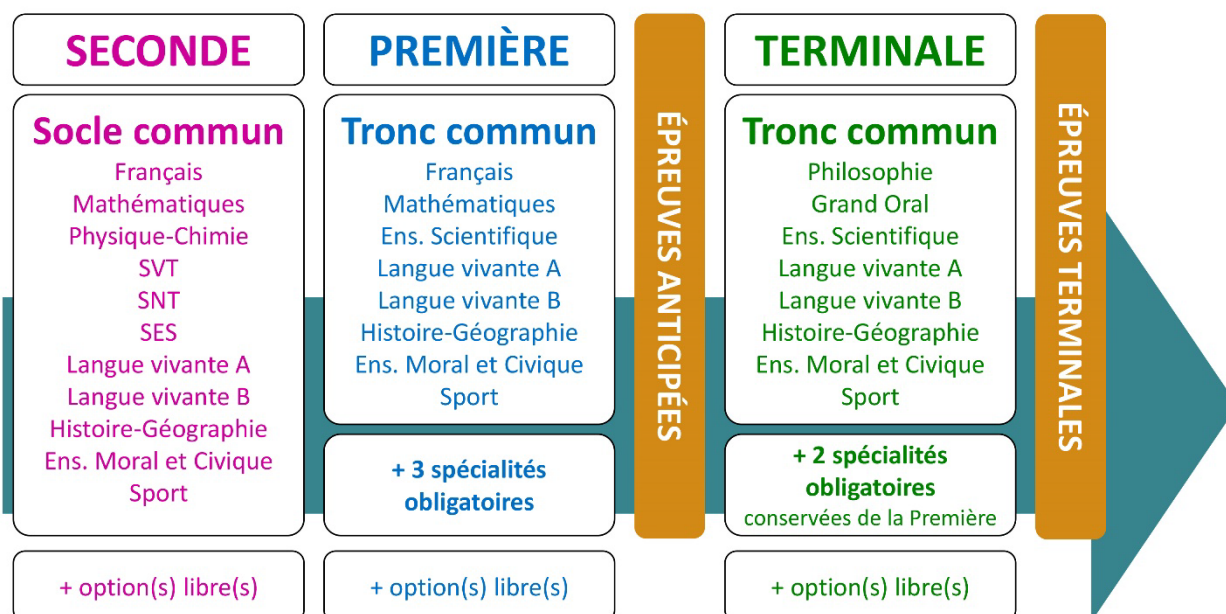
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers l'**excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

## LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



### CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

### CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **Réfléchissons ensemble** pour guider l'élève dans la réflexion
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

## ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE TERMINALE

### Module 2 – Le futur des énergies

#### L'AUTEUR



#### Mathieu MEYER

« **Le discours d'un professeur doit s'adapter aux besoins des élèves** ». Enseignant expérimenté, Docteur en Chimie et Physico-chimie, il s'adapte facilement à tout public et accompagne élèves et étudiants dans leurs challenges. Doté d'un esprit positif, son approche de l'enseignement scientifique est axée sur le raisonnement, la compréhension, les applications et la manipulation. Passionné de football et supporter de Lyon depuis toujours, il est aussi un coureur de fond et de trail dont les temps laissent rêveur... 36min sur 10km, 1h18 sur semi-marathon.

#### PRÉSENTATION

Aujourd'hui, tout scientifique est confronté à la communication. Sa recherche n'est utile pour la société que si elle est communiquée, vulgarisée et expliquée. Savoir commenter des données, argumenter un point de vue scientifique et développer un raisonnement sont des qualités indéniables d'un chercheur ou d'un ingénieur dont les fondamentaux s'apprennent depuis le plus jeune âge.

La discipline « enseignement scientifique » va non seulement permettre aux élèves de constituer leur socle de connaissances culturelles et notionnelles scientifiques, mais aussi de les préparer à analyser, commenter, communiquer et argumenter ses raisonnements, qualités utiles à tout citoyen, à une époque où les grandes questions scientifiques deviennent la responsabilité de chacun.

Ce sont ces compétences qui seront évaluées au baccalauréat et c'est à cela que va vous préparer par étapes, de façon très guidée, ce module d'enseignement scientifique.

#### CONSEILS A L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de **l'assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

## LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique pour l'enseignement scientifique au Lycée comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**.
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

## LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

**Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation**, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

**Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».**

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

**Donc, dès qu'un devoir est rédigé**, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier  
Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur

**N.B. :** quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.

**N.B. :** si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.

## VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL  
EST  
SON  
RÔLE ?

**Orienter** les parents et les élèves.

**Proposer** la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

**Faire évoluer** les outils pédagogiques.

**Encadrer** et **coordonner** les différents professeurs.

## VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

## LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

04.67.34.03.00

scolarite@cours-pi.com



## CHAPITRE 1. Deux siècles d'énergie électrique..... 5

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur mobile) dans un schéma fourni.
- Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe.
- Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.
- Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique.
- Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque.
- Tracer la caractéristique  $i(u)$  d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée TP.

Première approche ..... 6

1. L'alternateur, une découverte révolutionnaire ..... 12

2. Les semi-conducteurs, base des capteurs solaires ..... 17

Le temps du bilan ..... 21

Exercices ..... 22

## CHAPITRE 2. Les atouts de l'électricité ..... 33

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie.
- Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie.
- Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.).
- Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique).

Première approche ..... 34

1. Une énergie électrique sans gaz à effet de serre ..... 37

2. Le rendement global d'un convertisseur ..... 42

3. Les conséquences de l'utilisation des ressources ..... 43

Le temps du bilan ..... 49

Exercices ..... 50

Les Clés du Bac ..... 60

## CHAPITRE 3. Optimisation du transport de l'électricité..... 65

### **Q** COMPÉTENCES VISÉES

- Faire un schéma d'un circuit électrique modélisant une ligne à 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.
- Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire.
- Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.

Première approche .....	66
1. Les pertes par effet Joule.....	69
2. La ligne à (très) haute tension : un moyen de limiter l'effet Joule .....	70
3. Les mathématiques : une explication des choix des lignes à haute tension .....	73
Le temps du bilan .....	77
Exercices.....	78
Les Clés du Bac.....	83

## CHAPITRE 4. Choix énergétiques et impacts sur les sociétés..... 89

### **Q** COMPÉTENCES VISÉES

- Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire.
- Analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.

Première approche .....	90
1. Le choix du nucléaire en France, entre bénéfices et dangers .....	93
2. La transition écologique .....	97
Le temps du bilan .....	99
Exercices.....	100

## CORRIGÉS des exercices..... 109



## ESSAIS

- **Le nucléaire expliqué par des physiciens** *Paul Bonche*
- **De l'atome au noyau : une approche historique de la physique atomique et de la physique nucléaire** *Bernard Frenandez*

## DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **L'Histoire de l'électricité** *de Jim Al Khalili*
- **Thorium la face gâchée du nucléaire**
- **Sécurité nucléaire : le grand mensonge**
- **ITER, la fusion nucléaire nous sauvera-t-elle ?**

## PODCASTS

- **La méthode scientifique** *France Culture*
- **Futura dans les étoiles de Futura sciences** <https://podcasts.futura-sciences.com/futura-futura-dans-les-etoiles/>



## I) LES ATTENDUS DU PROGRAMME

---

### L'OBJECTIF DE L'ÉVALUATION

---

« Le sujet évalue les compétences suivantes : exploiter des documents ; organiser, effectuer et contrôler des calculs ; rédiger une argumentation scientifique. Chaque exercice évalue plus particulièrement une ou deux de ces compétences. Toute formulation de question est envisageable : de la question ouverte jusqu'au questionnaire à choix multiples. »

### LES MODULES CONCERNES

---

« Le sujet de cette épreuve est un des sujets des épreuves communes de contrôle continu de première ou de terminale, issu de la banque nationale de sujets ».

### LA DURÉE DE L'ÉPREUVE

---

« Durée de chaque épreuve : 2 heures ».

### NOTATION DE L'ÉPREUVE

---

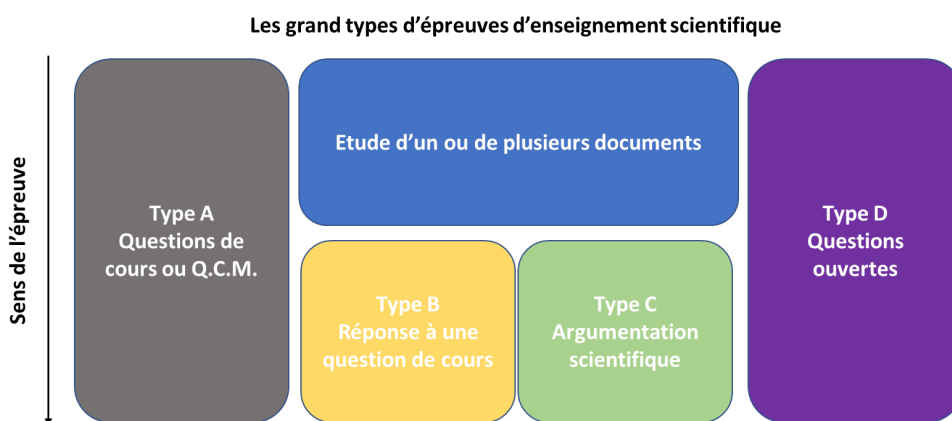
« Chaque épreuve est notée sur 20 points. Chaque exercice est noté sur 10 points ».

## II) LES TYPES D'ÉPREUVES

---

Quatre grands types d'exercices vont être rencontrés lors de ce module :

- La question de cours ou Q.C.M. (type A)
- Le document ou l'ensemble de document avec une question de cours. (Type B)
- Le document ou l'ensemble de document avec une argumentation scientifique. (Type C)
- Une question ouverte. (Type D)



L'objectif de ce manuel est de travailler ensemble la méthode pour répondre à ces trois types d'exercices. Les méthodes d'études de documents, de rédaction et d'argumentation vont être décortiquées, expliquées et un travail d'accompagnement graduel de l'élève pour maîtriser ces méthodes va être effectué.

### III) RECONNAÎTRE LES DIFFÉRENTS TYPES D'EXERCICES

---

La première étape de la résolution de tous ces exercices est bien évidemment d'arriver à reconnaître le type d'exercice rencontré afin d'effectuer la bonne méthodologie.

Malgré des similitudes pour certains, tous ces exercices sont assez différents et facilement identifiables.

#### QUESTIONS DE TYPE A :

---

Les questions de type A telles qu'une question de cours ou une question à choix multiples (Q.C.M.) sont facilement reconnaissables par leurs formes. Voici un exemple d'une question de cours tirée des sujets 0 fournis par l'Education Nationale :

« Nommer le mécanisme biologique à l'origine de la synthèse du glucose par les plantes terrestres et donner l'équation de réaction de cette synthèse de matière végétale (on veillera à ajuster les nombres stœchiométriques de l'équation). Préciser les organes impliqués dans les échanges entre la plante et son milieu. »

Ce type de question fait appel uniquement aux notions vues dans le manuel. L'élève doit y répondre de manière synthétique, par des phrases claires et assez courtes (il vaut mieux éviter les phrases de 5 lignes où le correcteur risque de se perdre).

Les questions à choix multiples (Q.C.M.) sont, elles, reconnaissables par leurs formes bien à elles comme nous le montre toujours les sujets 0 :

QCM1 : La date de désintégration d'un noyau individuel de  $^{14}\text{C}$  dont on connaît la date de création (prise comme origine) est :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> aléatoire.        | <input type="checkbox"/> prévisible.                                     |
| <input type="checkbox"/> égale à 5730 ans. | <input type="checkbox"/> comprise avec certitude entre 100 et 10000 ans. |

QCM2 : La durée nécessaire à la désintégration radioactive de la moitié des noyaux radioactifs d'un échantillon dépend :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> du nombre initial de noyaux.      | <input type="checkbox"/> du volume de l'échantillon. |
| <input type="checkbox"/> de la nature chimique des noyaux. | <input type="checkbox"/> de la température.          |

Ces questions de cours ou ces questions à choix multiples ne feront jamais l'objet d'un exercice complet. Elles apparaîtront très souvent dans chaque exercice et ont pour but de rassurer l'élève, de lui permettre d'acquérir des points mêmes si le reste de l'exercice lui semble incompréhensible. Dans le cadre d'une épreuve de bac, il est même conseillé de commencer par celles-ci afin d'être certain de ne les avoir faites en cas de manque de temps.

Dans le cadre de ce partie méthodologie, ces questions ne seront pas abordées.

#### QUESTION DE TYPE B

---

La question de type B sera (avec la question de type C) la question la plus répandue. Elle vise à vérifier la capacité des élèves d'étudier des documents inconnus et à les lier avec les notions vues dans le cours. De nombreuses qualités d'observations, d'études et d'organisations de réponses sont nécessaires sur ce type de questionnement. Les élèves en sont généralement tous capables mais de cruels manques de méthodes sont souvent la cause des difficultés.

L'idée de ce genre d'exercices est d'utiliser le cours et de nouvelles informations pour répondre à une question. Dans ce genre de question, il ne faut pas faire d'argumentation scientifique, il faut juste analyser le document et répondre à la question en justifiant la réponse.

Voici plusieurs exemples tirés des sujets 0 :

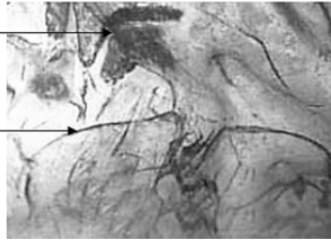
### Exemple 1

« A partir de vos connaissances et des informations apportées par les documents 1 et 2, répondre à la question suivante.

**Document 1 : Deux rhinocéros qui s'affrontent représentés sur le panneau des chevaux dans la salle Saint-Hilaire de la grotte Chauvet**

Mouchage de torche

Trait réalisé au charbon de bois



Un mouchage est un frottement de la torche sur la paroi de la grotte pour retirer la partie carbonisée qui asphyxie la flamme.

Les analyses des pigments ont révélé que les peintures ont été réalisées avec des fragments de charbon de bois (traits noirs) et des minéraux :

- Le rouge est constitué d'oxydes de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
- Le noir de dioxyde de manganèse ( $\text{MnO}_2$ )

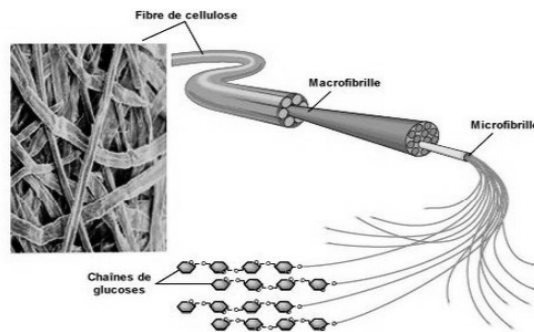
Sources : Dossier Pour La Science n°42 janvier Mars 2004

Hélène Valladas, Jean Cottés et Jean-Michel Geneste

**Document 2 : Les constituants du bois**

Les parois cellulaires très épaisses donnent au bois ses propriétés. Ces parois sont formées de deux constituants principaux, la cellulose et la lignine.

La cellulose est une macromolécule composée d'un enchainement de plusieurs glucoses de formule  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , comme le montre le schéma ci-contre.



Source : [http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700\\_p.jpg](http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700_p.jpg)

Justifier que les oxydes minéraux ne peuvent pas être datés par la méthode du carbone 14, alors que la datation est possible pour le charbon de bois. »

### Exemple 2

**Document 3 : datation par le carbone 14**

L'isotope  $^{14}\text{C}$  de l'élément carbone se désintègre en azote  $^{14}\text{N}$  et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort ( $P_0$ ) décroît au cours du temps.


Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier, réalisé sur des fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures, fournit des valeurs  $P/P_0$  comprises entre 1,5 % et 2,5 %.
- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

« Un graphique représentant le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel sur le nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  présent au moment de la mort en fonction du nombre d'années écoulées depuis la mort est donné sur la figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie.

Estimer par un encadrement l'ancienneté des traces de l'habitation de la grotte Chauvet par les êtres humains préhistoriques en datant les mouchages de torche et les traits réalisés à l'aide de charbons de bois. »

Ce type de question fait surtout appel à l'analyse de documents. Les liens entre le document et le cours fournis par l'élève seront très prononcés.

 Dans certains exercices, un même document peut générer plusieurs questions de type B ou de type C.

### QUESTION DE TYPE C

La question de type C se base toujours sur un ou des documents ceux-ci ne sont que des supports à un raisonnement scientifique. L'élève est noté sur sa capacité après lecture d'un document inconnu à répondre à une question en proposant une argumentation scientifique. La réponse doit lier des informations du document, des notions du cours ainsi qu'une argumentation basée sur des faits scientifiques. La réponse doit contenir une hypothèse de départ (ou une problématique), un plan, une étude de documents et une réponse argumentée.

Ces questions sont beaucoup plus compliquées que les élèves ne le pensent. Il ne suffit pas d'avoir compris le document et trouver un argument. La rédaction, le raisonnement et le fil conducteur de votre réponse seront autant d'éléments importants pour acquérir un maximum de points.

Voici de potentielles questions :

#### Exemple 1

**Document 3 : datation par le carbone 14**

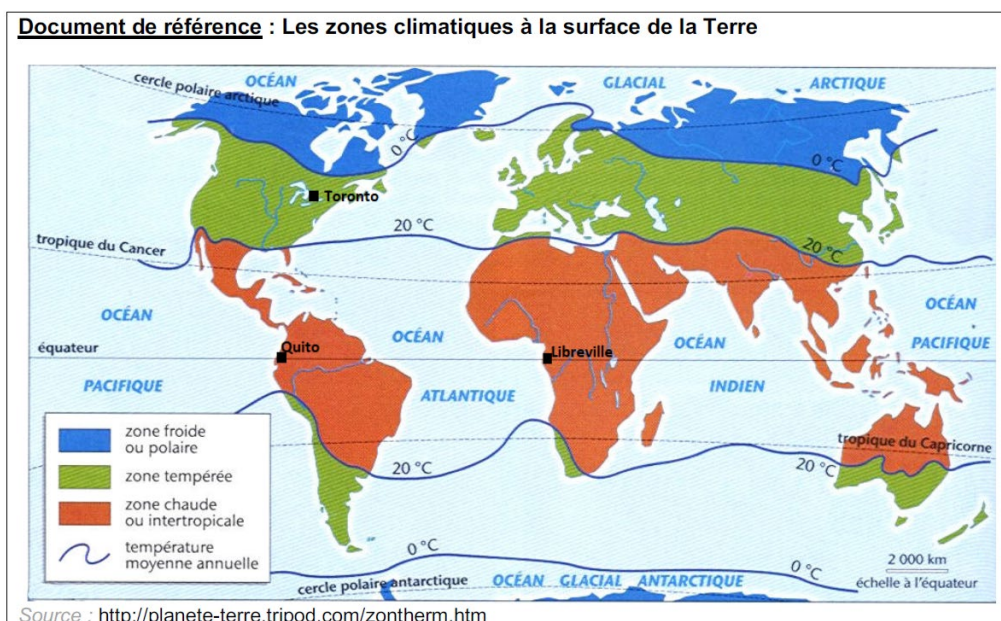
L'isotope  $^{14}\text{C}$  de l'élément carbone se désintègre en azote  $^{14}\text{N}$  et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort ( $P_0$ ) décroît au cours du temps.

Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier, réalisé sur des fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures, fournit des valeurs  $P/P_0$  comprises entre 1,5 % et 2,5 %.
- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

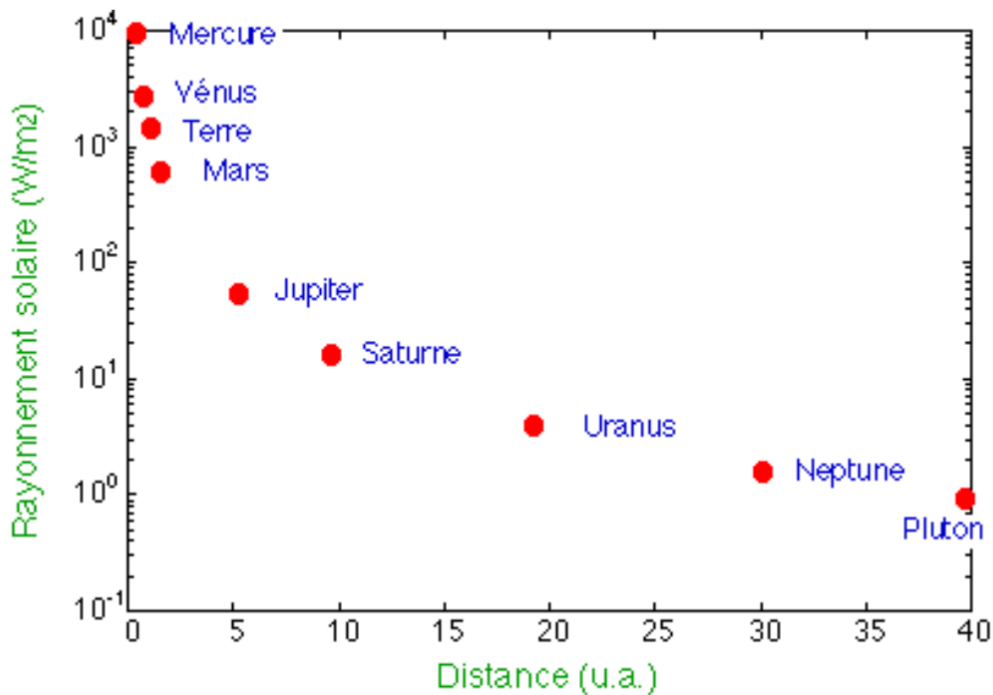
« Expliquer en quelques phrases comment la méthode de datation par le carbone 14 utilisée en archéologie illustre l'intérêt de la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifiques ».

#### Exemple 2



Sur cette carte, on constate que Quito et Libreville, qui sont à la même latitude, sont dans une zone chaude intertropicale. Pour Toronto, situé à la même longitude que Quito, la température moyenne annuelle est plus froide.

**Document 3 : Puissance solaire reçue en fonction de la distance au Soleil (en unités astronomiques u.a. 1u.a. =  $1,5 \times 10^8$  km)**



Source : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/explication-temperature.xml>

**Document 4 : Puissance solaire reçue par unité de surface en fonction de la latitude**



Résultat observé pour un même éclairage de l'équateur (à gauche) et des pôles (à droite)

latitude	0°	45° nord	60° nord	89° nord
Pays, régions, villes correspondant à la latitude	Equateur, Brésil, Kenya	Bordeaux	Oslo, St Pétersbourg	Pôle nord
Surface recevant une même quantité d'énergie (m²)	1	1,4	2	57
Puissance solaire reçue en moyenne par unité de surface (W / m²)	420	$420 \times 1 / 1,4 = 300$	$420 \times 1 / 2 = 210$	$420 \times 1 / 57 = 7,36$

Tableau de correspondance entre la latitude et l'énergie solaire reçue par unité de surface

Source : D'après <http://www.ac-grenoble.fr/armorin.crest/>

Afin d'expliquer ces différences climatiques, un élève a proposé comme hypothèse :

« Il fait plus chaud à l'équateur qu'aux pôles parce que La Terre est plus proche du Soleil à l'équateur qu'aux pôles ».

À partir des connaissances acquises et des informations issues des documents 3 et 4, rédiger un paragraphe argumenté permettant à la fois d'expliquer qu'il fait plus chaud à l'équateur qu'aux pôles et d'invalider l'hypothèse émise par cet élève.

La justification des arguments pourra s'appuyer sur des schémas explicatifs.

## QUESTION DE TYPE D

---

Un dernier type de questions peut vous être posé. Il s'agit d'une question ouverte sans document. Cette question, plus rare, nécessite de parfaitement connaître vos différents cours. Le notionnel est important mais il est vital lors de ce genre de question d'avoir une réponse organisée. La lisibilité de votre fil conducteur d'argumentation sera nécessaire.

Un plan précis doit apparaître avec différents paragraphes. Lors de ce genre de questions, il sera nécessaire de bien faire apparaître une introduction avec la problématique énoncées, une annonce du plan, des paragraphes correspondant à ce plan et une conclusion apportant une réponse ou justifiant à cette problématique.

Voici des exemples de questions possibles :

### Exemple 1

« A travers l'utilisation de la lunette de Galilée ou l'histoire de la datation de la Terre, justifier que le progrès technologique a permis d'améliorer le savoir scientifique ».

### Exemple 2

« A travers l'histoire de l'âge de la datation de la Terre et ses grandes controverses, montrer que les grandes questions scientifiques nécessitent la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifique ».









## RAPPELS MATHÉMATIQUES

---

### Calcul de produit en croix

Un outil mathématique va être beaucoup utilisé dans ce chapitre. Il s'agit du produit en croix. Voici quelques petits rappels de son utilisation.

<b>18</b>	<b>x</b>
<b>25</b>	<b>100</b>

La détermination de x va se faire de la manière suivante :

$$x = \frac{100 \times 18}{25} = 72$$

## RAPPELS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

---

### Atomes

L'atome est, pour les chimistes, la pièce angulaire de la matière. Le terme vient d'ailleurs d'un mot grec qui signifie « indivisible ».

Les atomes sont constitués de protons et neutrons dans leurs noyaux autour desquels gravitent des électrons. Le tableau périodique de Mendeleïev recense 118 atomes qui sont tous différents par leurs nombres de protons.

L'ordre de grandeur de l'atome est de  $10^{-10}$  mètre.

### Molécules

La molécule est la structure de base de la matière et ce quel que soit son état physique (gazeux, liquide ou solide). Les molécules sont constituées d'au moins deux atomes. Les plus connues sont l'eau  $H_2O$ , le dioxyde de carbone  $CO_2$  et le dioxygène  $O_2$  que nous reverrons dans ces différents chapitres.

### Entités chimiques

Certains scientifiques utilisent le terme d'entités chimiques. Celui-ci est généralement mal compris des élèves. Une entité chimique est un terme générique utilisé par les scientifiques pour désigner un atome ou une molécule.

### Conservation d'énergie au cours d'une réaction

Au cours d'une réaction, l'énergie se conserve. Cette conservation est souvent décrite par les professeurs de la manière suivante : « Au cours d'une réaction, rien ne se crée, rien ne se perd et tout se transforme » (Principe de Lavoisier).

Cela signifie que l'énergie du système (de l'objet) étudié sera toujours la même. Elle aura peut-être simplement changé de forme ou aura été transmise à un autre système.

### Écriture en puissance

Les nombres manipulés ici seront souvent très petits ou très grands. Pour gagner en lisibilité, les scientifiques ont élaboré une écriture en puissance.

$$10^\alpha$$

Deux cas de figures :

Si  $\alpha > 0$ , alors le nombre est positif.

Si  $\alpha < 0$ , alors le nombre est négatif.

Petite astuce !  $\alpha$  renvoie au nombre de 0 !

Exemple :

$10^2 = 100$ Soit deux zéros !	$10^6 = 1\ 000\ 000$ Soit six zéros !	$10^{-2} = 0,01$ Soit deux zéros !	$10^{-6} = 0,000\ 001$ Soit six zéros !
$10^4 = 10\ 000$ Soit quatre zéros !	$10^{10} = 10\ 000\ 000\ 000$ Soit dix zéros !	$10^{-4} = 0,000\ 1$ Soit quatre zéros !	$10^{-10} = 0,000\ 000\ 000\ 1$ Soit dix zéros !

## **Tableau de conversions**

Prenons le gramme comme unité principale :

1 Gg (giga) : 1 000 000 000 grammes soit  $10^9$  grammes

1 Mg (méga) : 1 000 000 grammes soit  $10^6$  grammes

1 kg (kilo) : 1 000 grammes soit  $10^3$  grammes

1 mg (mili) : 0,001 gramme soit  $10^{-3}$  gramme

1  $\mu$ g (micro) : 0,000 001 gramme soit  $10^{-6}$  gramme

1 ng (nano) : 0,000 000 01 gramme soit  $10^{-9}$  gramme

1 pg (pico) : 0,000 000 000 001 gramme soit  $10^{-12}$  gramme

1 fg (fento) : 0,000 000 000 000 001 gramme soit  $10^{-15}$  gramme

## **RAPPELS BIOLOGIQUES**

---

### **Photosynthèse**

Processus par lequel les plantes vertes synthétisent des matières organiques grâce à l'énergie lumineuse, en absorbant le dioxyde de carbone de l'air et en produisant du dioxygène.

### **Respiration**

Processus résultant de l'oxydation complète de molécules tel le glucose en présence de dioxygène pour former de l'énergie et dioxyde de carbone.

### **Fermentation**

Processus résultant de l'oxydation de molécules tel le glucose en absence de dioxygène pour former de l'énergie.

### **Sédimentation**

Processus dans lequel des particules de matière cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches au niveau du sol ou du fond des océans par l'effet de la gravité.

### **Combustible fossile**

Produit d'une très lente transformation au cours des temps géologiques de débris d'organismes accumulés dans certains sédiments. Ils sont riches en carbone. On trouve le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

### **Roche**

Matériau de la croûte terrestre formé d'un assemblage de minéraux.

### **Minéral**

Élément ou composé naturel inorganique, constituant de l'écorce terrestre.

## INTRODUCTION

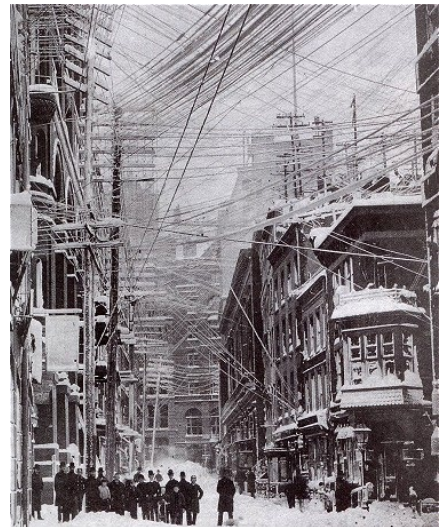
---

L'énergie a toujours été un besoin vital pour l'Homme... Son utilisation a commencé par la maîtrise du feu il y a environ 450 000 ans. Cette dernière a permis à l'Homme de faire cuire ses aliments et d'en tirer de nombreux bénéfices (augmentation de la valeur énergétique de l'aliment, disparition de parasites, diminution de l'énergie afin de digérer). Sa fonction de défense a aussi permis à l'Homme de devenir le principal prédateur terrestre. Cependant, au-delà du feu, l'Homme a toujours cherché à améliorer ses procédés de fabrication d'énergie notamment avec l'utilisation du pétrole mais aussi de l'électricité. Bien que des phénomènes d'électricité statique soient rapportés depuis 600 ans avant Jésus-Christ, la maîtrise de l'électricité n'intervint qu'en 1799 avec la première pile de Volta.

Les avancées se succédèrent avec le développement du courant continu qui fit son apparition dès 1882 à New-York et en France.



1897 Tennessee Centennial Exposition



New-York - 1888

En 1891, la première ligne de courant électrique longue distance en Allemagne apparut et permit d'alimenter en courant alternatif sur 175 kilomètres.

Mais qui dit alimentation, dit génération de courant électrique ! La première en Europe fut une centrale hydraulique construite en 1878 en Europe. Pearl Street Station fut ensuite la première centrale électrique construite par Thomas Edison en 1882, centrale de courant continu qui alimentait dans un rayon de 800 mètres l'ensemble des bureaux.

Le développement dès 1895 de générateurs électriques à courant alternatif entraîna une bataille entre les partisans des deux types de courant mais surtout le progrès technique. La fin du 19<sup>ème</sup> siècle permit aussi la maîtrise de la conversion de l'énergie primaire (pétrole, gaz, vent) en énergie électrique.

Le développement des centrales thermiques, des centrales nucléaires et des panneaux photovoltaïques vint renforcer les outils à la disposition de l'Homme dans sa maîtrise des énergies et du courant électrique.

Aujourd'hui, dans un monde en mutation, où l'effet de serre impactent l'Homme, la génération d'un courant sans émission de dioxyde de carbone est devenue une priorité.



# CHAPITRE 1

## DEUX SIÈCLES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE



Dans ce chapitre, nous verrons tout d'abord le fonctionnement de l'alternateur ainsi que le principe de l'induction découvert par Faraday. La notion de rendement sera aussi abordée. La suite des notions vues se portera sur le fonctionnement du semi-conducteur et des panneaux solaires en évoquant notamment les spectres lumineux.

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur mobile) dans un schéma fourni.
- Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe.
- Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.
- Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique.
- Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque.
- Tracer la caractéristique  $i(u)$  d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée TP.



## Première approche

### Rendement et caractéristiques de la cellule photovoltaïque

64.500 km<sup>2</sup>... Soit l'équivalent de 13 départements français ! Cette superficie serait la surface nécessaire pour alimenter l'ensemble des pays des 5 continents en électricité verte. Un panneau solaire mesurant 2 m<sup>2</sup>, il en faudrait donc 32 milliards... Et pourtant, elle ne représente que 1% des capacités de production électrique à l'échelle mondiale aujourd'hui.

L'énergie solaire est aujourd'hui exploitée sous deux techniques :

- Des capteurs solaires qui transforment la lumière en énergie thermique qui sert notamment à chauffer l'air et l'eau.
- Des cellules photovoltaïques qui transforment l'énergie solaire en courant électrique pouvant alors être utilisé par un bâtiment ou transmis à un réseau électrique.

Eclairée, une cellule photovoltaïque génère un courant électrique par mouvement d'électrons. Une résistance placée à ses bornes, le panneau photovoltaïque agit comme un générateur de courant électrique. Si on branche un conducteur ohmique à ses bornes et qu'on éclaire la cellule, celle-ci agit comme un générateur et génère un courant électrique qui circule dans le circuit et à travers la résistance.

Afin de déterminer l'efficacité d'un panneau solaire, il est important de s'intéresser à ses caractéristiques et son rendement. C'est ce rendement que nous allons déterminer au cours de cette activité.

#### Document 1 : photos de panneaux photovoltaïques



Panneau solaire



Générateur photovoltaïque en forme de fleur posée au so

#### Document 2 : qu'est-ce qu'une cellule photovoltaïque et quelles en sont les limites ?

Une cellule photovoltaïque produit de l'électricité continue sous l'exposition de rayons solaires. La tension obtenue par ce composant dépend de la lumière incidente. Bien que théoriquement, l'ensemble soit la solution aux besoins d'électricité de l'humanité, le panneau photovoltaïque reste peu répandu. Son prix reste relativement élevé et son rendement est assez faible et ne dépasse pas les 20% dans un fonctionnement optimal. L'influence de la luminosité rend aussi son utilisation compliquée dans de nombreuses régions.

#### Document 3 : un faible rendement et de nombreuses pertes

Un panneau photovoltaïque a un faible rendement. Cette terminologie renvoie que la puissance électrique fournie en sortie du panneau solaire est faible comparée à celle de la puissance lumineuse reçue.

Le rendement de l'appareil est défini mathématiquement tel que :

$$\eta = \frac{P_{\text{électricité}}}{P_{\text{reçue}}} \text{ et } \eta = \frac{P_{\text{électricité}}}{E \times S}$$

Avec : E la valeur de l'éclairement en « lux » et S la surface de la cellule en m<sup>2</sup>.

Le « lux » est l'unité de la valeur de l'éclairement. 684 lux correspondent à 1 W.m<sup>-2</sup>.

#### Document 4 : les caractéristiques d'un panneau photovoltaïque

Un panneau photovoltaïque possède deux caractéristiques que l'on retrouve sur chaque générateur. Celles-ci sont les suivantes :

- Le courant de court-circuit  $I_{cc}$  pour une tension nulle.
  - La tension à vide  $U_v$  pour un courant nul.
- Cherchez les définitions du courant de court-circuit et de la tension à vide.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Courant de court-circuit : il s'agit du courant qui le traverserait si ses bornes étaient reliées par un conducteur parfait de résistance nulle. Cette valeur permet de déterminer par exemple la valeur du fusible à placer en amont pour éviter le court-circuit du dipôle.

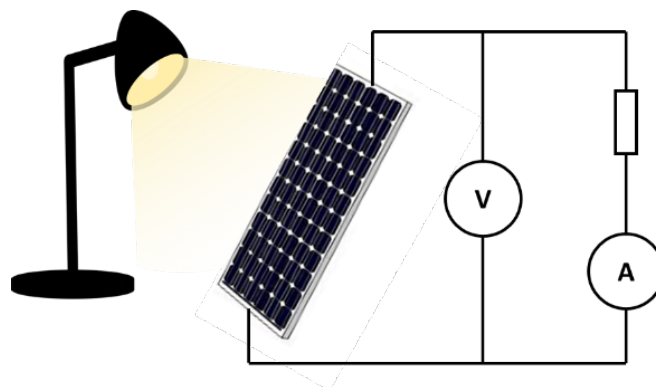
Tension à vide : il s'agit de la tension mesurée « à vide » lorsqu'aucun courant n'est débité.

Passons maintenant à l'expérimentation :

Pour mesurer les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque, il faut que celle-ci se comporte en tant que générateur de courant.

- Une lumière blanche éclaire la cellule : elle se comporte comme la lumière du soleil. Celle-ci doit toujours se situer à égale distance du panneau photovoltaïque afin que l'éclairement ne varie pas. Cet éclairement est vérifié avec un luxmètre.
- Un ampèremètre est branché en série avec une résistance variable permettant de faire varier l'intensité  $I$  dans le circuit en ampère.
- Un voltmètre est branché en dérivation et mesure la tension  $U$  aux bornes de la cellule, en volt.
- Dans notre étude, la surface de la cellule est de  $54 \text{ cm}^2$  et l'éclairement est de  $2300 \text{ lux}$ .

**Le montage ressemble donc au suivant :**

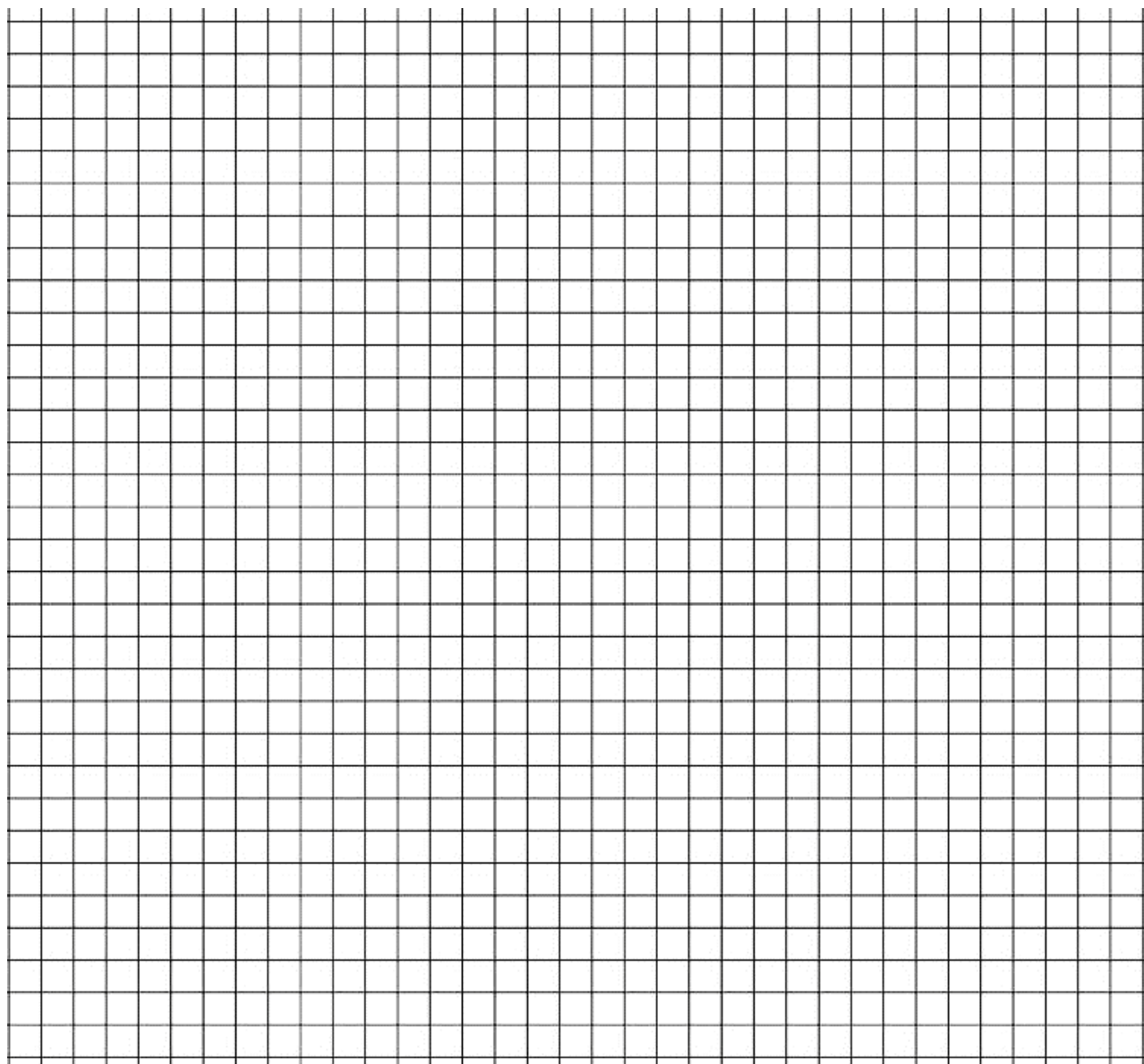




Les résultats obtenus sont les suivants :

R en $\Omega$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_c$ en V	0,125	0,165	0,198	0,231	0,256	0,279	0,300	0,313	0,326	0,340	0,346	0,352
$I_c$ en mA	45,2	43,3	41,5	39,8	37,6	35,4	33,8	32,0	30,0	28,7	26,8	25,3
R en $\Omega$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400
$U_c$ en V	0,387	0,406	0,413	0,418	0,421	0,423	0,424	0,425	0,426	0,430	0,431	0,432
$I_c$ en mA	17,7	12,6	9,6	8,1	6,8	5,9	5,1	4,7	4,2	2,2	1,5	1,1
R en $\Omega$	500	600	1 000	2 000	6 000	10 000						
$U_c$ en V	0,433	0,432	0,434	0,434	0,435	0,434						
$I_c$ en mA	0,9	0,8	0,4	0,19	0,08	0,03						

- Tracez la caractéristique intensité / tension (ou  $I_c = f(U_c)$ ).



- Un récepteur a sa courbe caractéristique qui passe par l'origine. Qu'en déduisez-vous ?

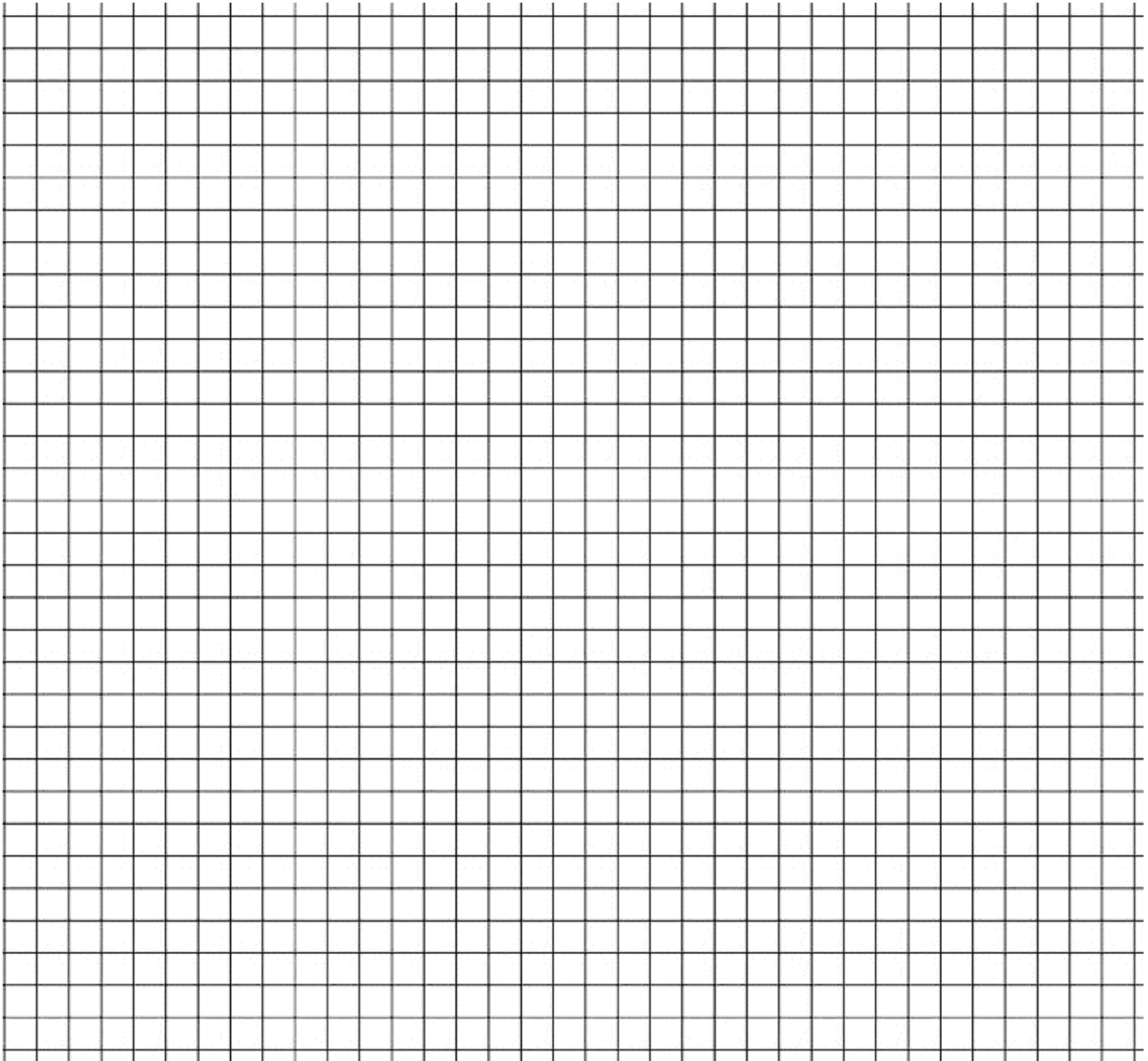
---

---

- Combien vaut l'intensité quand la tension est nulle ? A quoi cela correspond-il ?

---

- Sachant que la puissance  $P$  est égale à :  $P = U \times I$ , déterminez  $P$  pour chaque point et tracez la caractéristique  $P = f(U_c)$ .



- Déterminez la puissance maximale de la cellule.

---

---

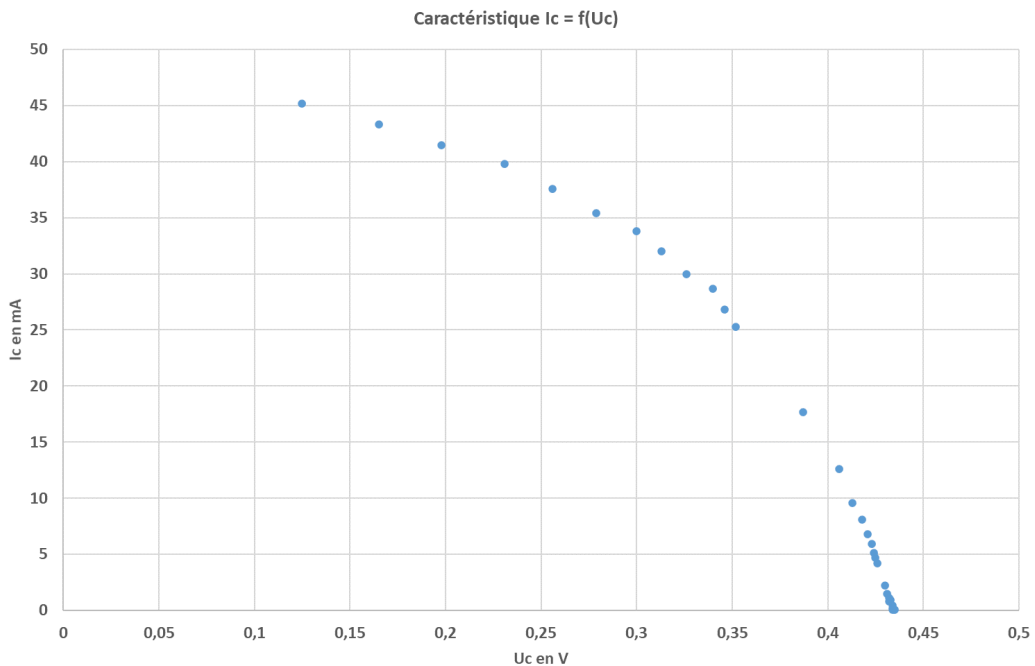
- Déterminez le rendement  $\eta$  de la cellule sachant que :

$$\eta = P_m / (E \times S)$$

Avec  $P_m$  la puissance maximale en W,  $E$  l'éclairement en  $W.m^{-2}$  ( $100 \text{ lux} = 1 W.m^{-2}$ ) et la surface en  $m^2$ .

### CORRECTION

Tracer la caractéristique intensité / tension (ou  $I_c = f(U_c)$ ).

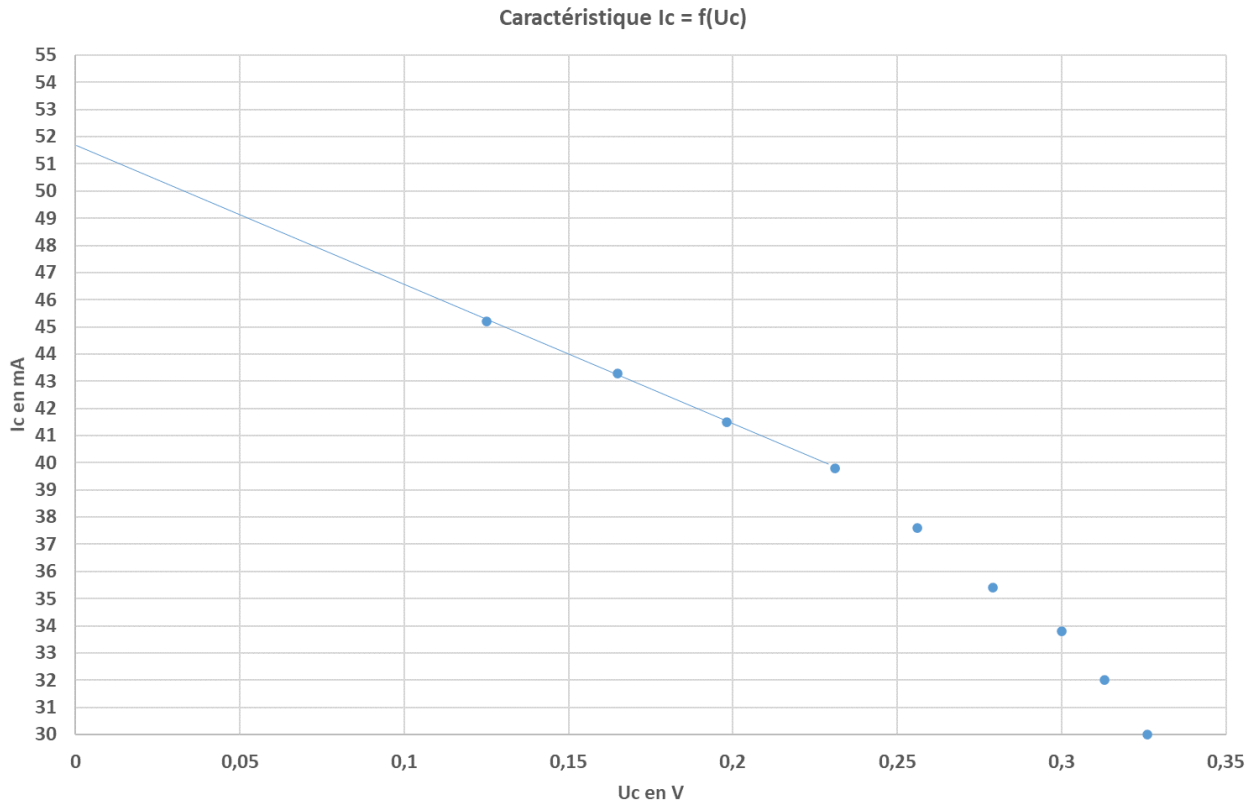


Un récepteur a sa courbe caractéristique qui passe par l'origine. Qu'en déduisez-vous ?

Dans notre cas, la courbe ne passe pas par l'origine. La cellule photovoltaïque est donc un générateur de courant électrique.

Combien vaut l'intensité quand la tension est nulle ? A quoi cela correspond-il ?

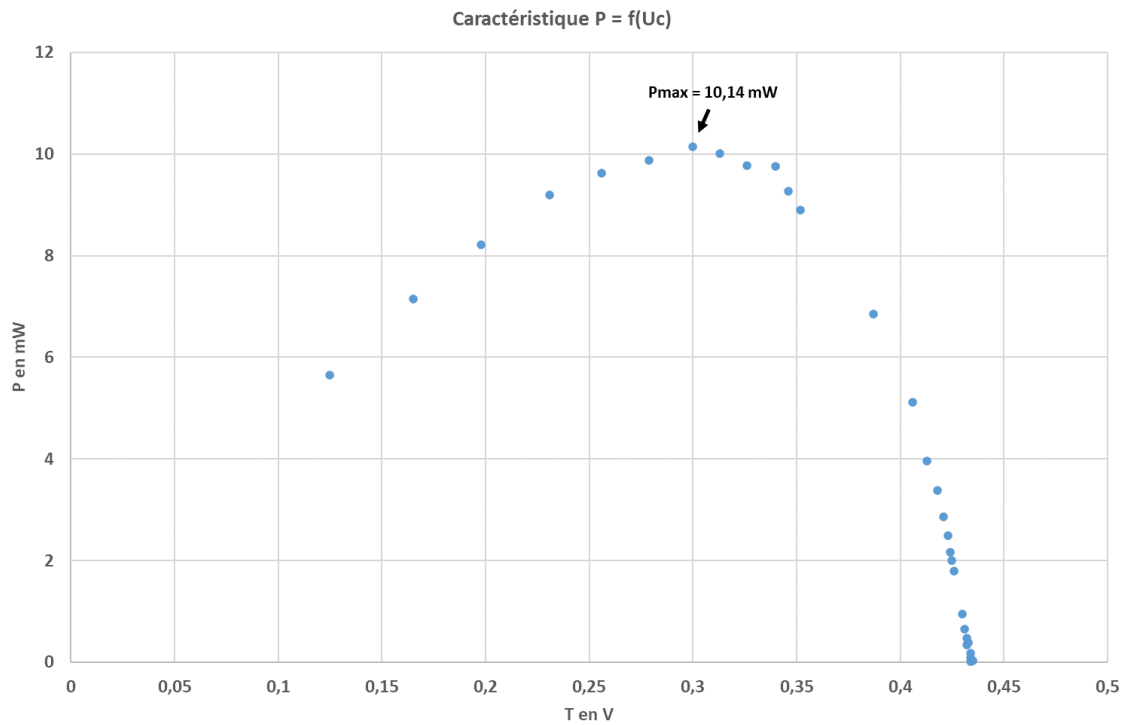
Pour déterminer l'intensité quand la tension est nulle, nous allons tracer une tangente sur les premiers points de la courbe et projeter celle-ci pour une valeur  $U^c = 0$



Au niveau de l'origine,  $I_c$  vaut 52 mA environ. Cela correspond à l'intensité de court-circuit du courant  $I_{cc}$ .

Sachant que la puissance  $P$  est égale à :  $P = U \times I$ , déterminer  $P$  pour chaque point et tracer la caractéristique  $P = f(U_c)$ .

R en $\Omega$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_c$ en V	0,125	0,165	0,198	0,231	0,256	0,279	0,300	0,313	0,326	0,340	0,346	0,352
$I_c$ en mA	45,2	43,3	41,5	39,8	37,6	35,4	33,8	32,0	30,0	28,7	26,8	25,3
<b><math>P</math> en mW</b>	<b><u>5,65</u></b>	<b><u>7,144</u></b>	<b><u>8,217</u></b>	<b><u>9,193</u></b>	<b><u>9,625</u></b>	<b><u>9,876</u></b>	<b><u>10,14</u></b>	<b><u>10,01</u></b>	<b><u>9,78</u></b>	<b><u>9,758</u></b>	<b><u>9,272</u></b>	<b><u>8,905</u></b>
R en $\Omega$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400
$U_c$ en V	0,387	0,406	0,413	0,418	0,421	0,423	0,424	0,425	0,426	0,430	0,431	0,432
$I_c$ en mA	17,7	12,6	9,6	8,1	6,8	5,9	5,1	4,7	4,2	2,2	1,5	1,1
<b><math>P</math> en mW</b>	<b><u>6,850</u></b>	<b><u>5,116</u></b>	<b><u>3,965</u></b>	<b><u>3,386</u></b>	<b><u>2,863</u></b>	<b><u>2,496</u></b>	<b><u>2,162</u></b>	<b><u>1,998</u></b>	<b><u>1,790</u></b>	<b><u>0,946</u></b>	<b><u>0,647</u></b>	<b><u>0,475</u></b>
R en $\Omega$	500	600	1 000	2 000	6 000	10 000						
$U_c$ en V	0,433	0,432	0,434	0,434	0,435	0,434						
$I_c$ en mA	0,9	0,8	0,4	0,19	0,08	0,03						
<b><math>P</math> en mW</b>	<b><u>0,390</u></b>	<b><u>0,346</u></b>	<b><u>0,174</u></b>	<b><u>0,082</u></b>	<b><u>0,035</u></b>	<b><u>0,013</u></b>						



Déterminer la puissance maximale de la cellule.

**D'après le graphique, la puissance maximale de cette cellule est de 10,14 mW.**

Déterminer le rendement  $\eta$  de la cellule sachant que :  $\eta = \frac{P_m}{E \times S}$

**Avant de faire le calcul, il est nécessaire de convertir dans les unités internationales :**

- **10,14 mW =  $10,14 \times 10^{-3}$  W.**
- **2300 lux =  $23 \text{ W.m}^{-2}$ .**
- **54 cm<sup>2</sup> =  $54 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>.**

$$\eta = \frac{P_m}{E \times S} = \frac{10,14 \times 10^{-3}}{23 \times 54 \times 10^{-4}} = 0,0816$$

**Le rendement du panneau photovoltaïque est de 0,0816 soit 8,16%.**



## DEUX SIÈCLES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

### L'alternateur, une découverte révolutionnaire

#### LE FONCTIONNEMENT DE L'ALTERNATEUR

Aujourd'hui, nous avons à notre disposition au quotidien de l'électricité. Celle-ci est présente à la demande et dans des quantités quasi-illimitées en France... Mais d'où vient-elle ?

Quelle que soit le type d'énergie initiale (nucléaire, vent, soleil etc), il existe une pièce fondamentale à la création de l'électricité : l'alternateur.



#### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Quelle est la définition de l'alternateur ? Quel système exploite-t-il ?

---



---



---

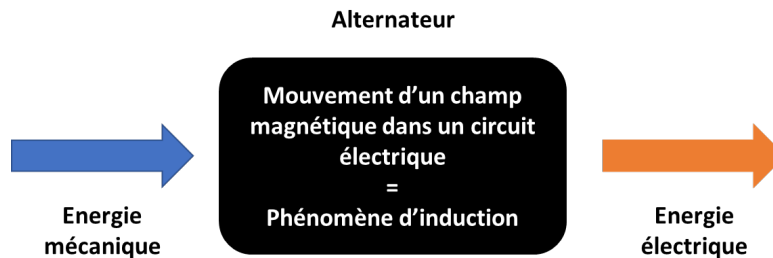


---

Un alternateur est un convertisseur d'énergie mécanique en énergie électrique qui exploite ce phénomène d'induction.

### Mais que se cache-t-il réellement derrière tous ces termes ?

Le fonctionnement d'un alternateur est toujours le même. Une énergie mécanique met en rotation un aimant appelé rotor. Un champ magnétique se crée. Ce rotor tourne alors dans le stator, une pièce fixe composée de circuits électriques. Ce mécanisme est alors le siège d'un phénomène d'induction. Celui-ci est décrit comme un phénomène physique aboutissant à la création d'une force électromotrice (fem) dans un conducteur électrique soumis à un flux de champ magnétique variable. Cette fem permet la génération d'un courant électrique.

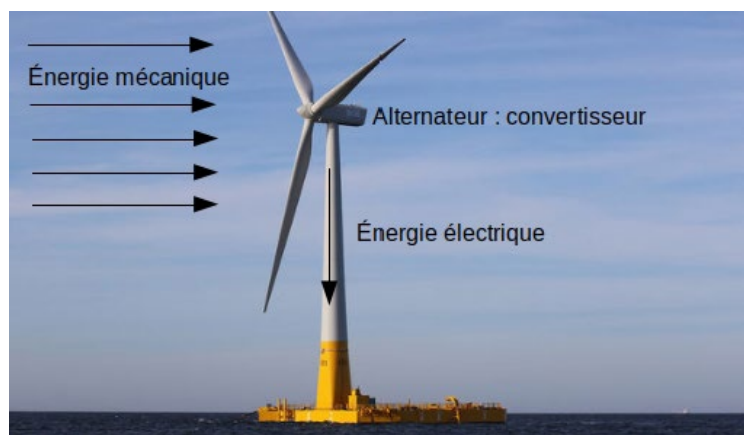


L'ensemble rotor et stator est appelé alternateur. Les puissances mises en jeu vont du Watt (comme pour une dynamo) au GigaWatts pour les applications physiques les plus perfectionnés.

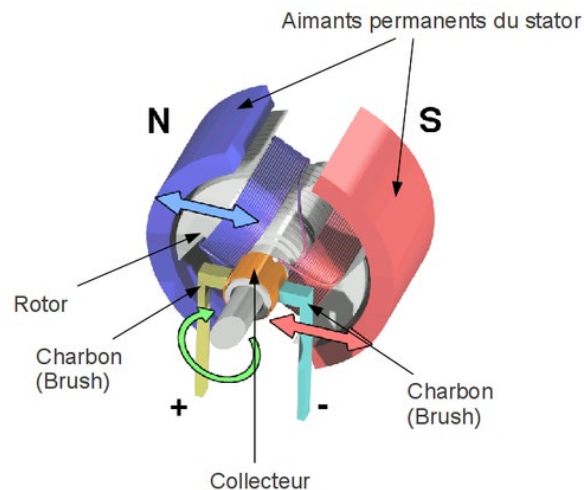
Voici ci-dessous le principe de l'alternateur dans une vidéo de physique-chimie : <https://youtu.be/jlB2zERZYsY>

### Mais d'où peut venir l'énergie mécanique ? Celle-ci est apportée par des éléments mécaniques issus d'une rotation :

- Les pales d'une éolienne dont la rotation est issue du vent.
- La turbine d'une centrale hydroélectrique sous la force de l'eau.
- La vapeur d'eau issue des réactions nucléaires dans une centrale nucléaire.



Cette énergie mécanique fait tourner un axe de rotation qui entraîne le mouvement du rotor dans le stator. Voici le schéma de fonctionnement de l'ensemble ci-dessous :





## L'ESSENTIEL

Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction qui permet le passage d'une énergie mécanique à une énergie électrique.

L'alternateur est formé d'un rotor formé d'aimant, qui sous l'effet d'une énergie mécanique, va tourner dans un stator, formant ainsi une énergie électrique.

On retrouve ce phénomène dans les éoliennes, les centrales électriques mais aussi les centrales nucléaires.



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Résumer le principe de fonctionnement de l'alternateur en montrant que son rôle est fondamental pour la création d'un courant électrique.

---

---

---

---

---

L'alternateur est un ensemble de pièces formées d'un axe de rotation, d'un rotor formé d'aimant et d'un stator. Sous l'effet d'une force mécanique, un axe de rotation entraîne un rotor créant un champ magnétique qui au sein des circuits électriques du stator va créer un phénomène d'induction. L'ensemble crée alors un courant électrique si l'ensemble est relié à une charge électrique.

Cet alternateur est une pièce maîtresse de l'ensemble de nos centrales (hydraulique, nucléaire ou thermique) mais aussi des éoliennes.

## LE PHÉNOMÈNE D'INDUCTION : UNE DÉCOUVERTE DE FARADAY

Depuis plusieurs siècles, l'Homme distinguait deux phénomènes différents :

- Le magnétisme comme le fonctionnement d'une boussole.
- L'électricité avec notamment la première pile d'Alessandro Volta en 1800 qui permettait de mettre en mouvement des charges électriques.

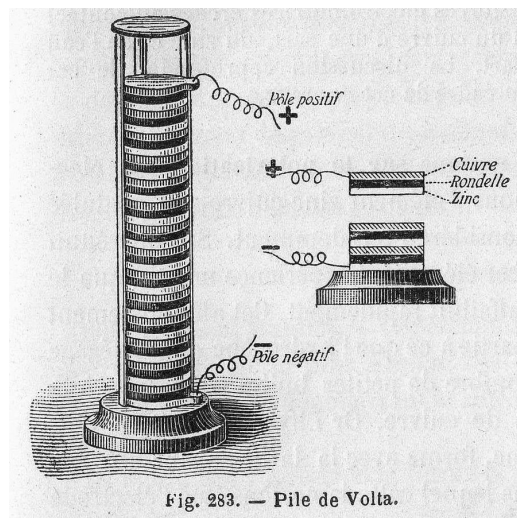


Fig. 283. — Pile de Volta.

Mais jusque 1820, rien ne laisse présager de liens entre ces deux mondes. C'est Hans-Christian Oersted qui découvrit de manière fortuite qu'un courant électrique peut dévier une boussole.

L'expérience d'Oersted est décrite ici en anglais.

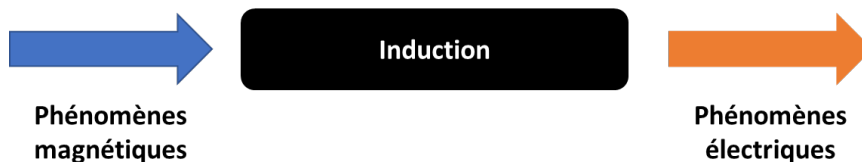
<https://youtu.be/qS361iadCPA>

Un courant électrique peut donc impacter un champ magnétique mais rien ne laisse penser que la réciproque est possible. C'est ce que Michael Faraday réussit à démontrer en 1831 ! Un circuit électrique fermé est parcouru par un courant électrique lorsqu'il est plongé dans un champ magnétique variable dans le temps.

Voici une reconstitution simple de l'expérience de Faraday :

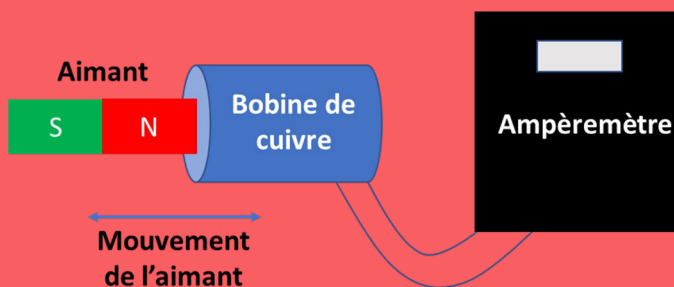
<https://youtu.be/jlB2zERZYsY>

Faraday met en avant le phénomène d'induction qui correspond au passage de phénomènes magnétiques au phénomène électrique.



### L'ESSENTIEL

Michael Faraday a mis en évidence la création de courant électrique par le mouvement d'un aimant dans une bobine électrique. Il s'agit du phénomène d'induction.



## LE RENDEMENT DE L'ALTERNATEUR : UNE NOTION FONDAMENTALE



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Voici différents rendements énergétiques dans le cadre de la production d'électricité :

	Centrale nucléaire	Eolienne	Centrale hydraulique
Rendement	33%	59%	60 à 90%

D'après vos recherches, qu'est-ce que le rendement ? Pour quel type de centrale est-il le plus intéressant ?

.....

.....

.....

.....

.....



Le rendement correspond à un rapport entre l'énergie mécanique reçue par un alternateur et l'énergie électrique fournie par l'appareil.

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

Selon les chiffres de l'énoncé, la centrale hydraulique semble celle qui a le rendement le plus intéressant et qui fournit donc la plus grande énergie électrique pour une même énergie reçue.

Seule une partie de l'énergie mécanique reçue par un alternateur est transformée en énergie électrique. Une certaine partie, qui n'est pas transformée par l'alternateur, est dite « dissipée ». Cette dissipation peut avoir lieu sous plusieurs formes :

- Pertes d'origine mécanique telles des frottements entre pièces.
- Pertes par « effet Joule ».

Quelle que soit l'origine de ces pertes, celles-ci se passent sous forme de chaleur.



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Définissez l'effet Joule ?

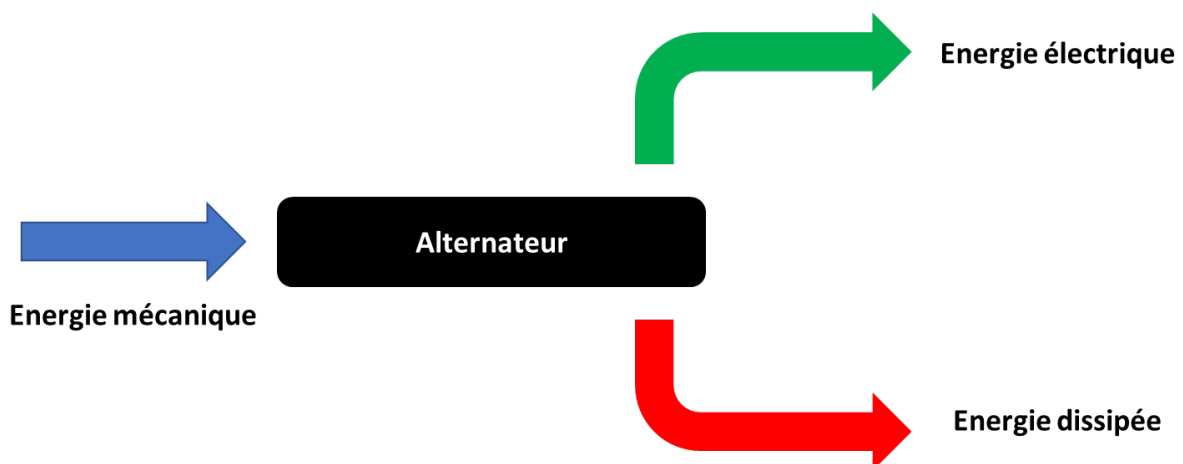
---

---

---

Quel que soit le matériau, qu'il soit conducteur ou non, celui-ci oppose une certaine résistance au passage du courant. Cette résistance est caractérisée d'un dégagement de chaleur.

On dit alors que l'énergie mécanique non transformée en énergie électrique se retrouve sous forme d'« énergie dissipée ».





## L'ESSENTIEL

On définit le rendement d'un alternateur comme le rapport entre l'énergie électrique ( $E_{elec}$ ) qu'il fournit pendant un temps donné sur l'énergie mécanique ( $E_{méca}$ ) qu'il reçoit pendant ce même temps.

$$r = \frac{E_{elec}}{E_{méca}}$$

Ce rendement peut aussi être défini de la manière suivante à partir de la puissance mécanique reçue et la puissance électrique fournie :

$$r = \frac{P_{elec}}{P_{méca}}$$

Le rendement est compris entre 0 et 1. Plus le nombre décimal obtenu est proche de 1, plus le rendement est intéressant.

Attention à relativiser malgré tout, la valeur d'un rendement. En effet, un appareil de 1 000 MW ayant un rendement de 0,99, devrait dissiper une énergie de 10 MW, valeur non négligeable !



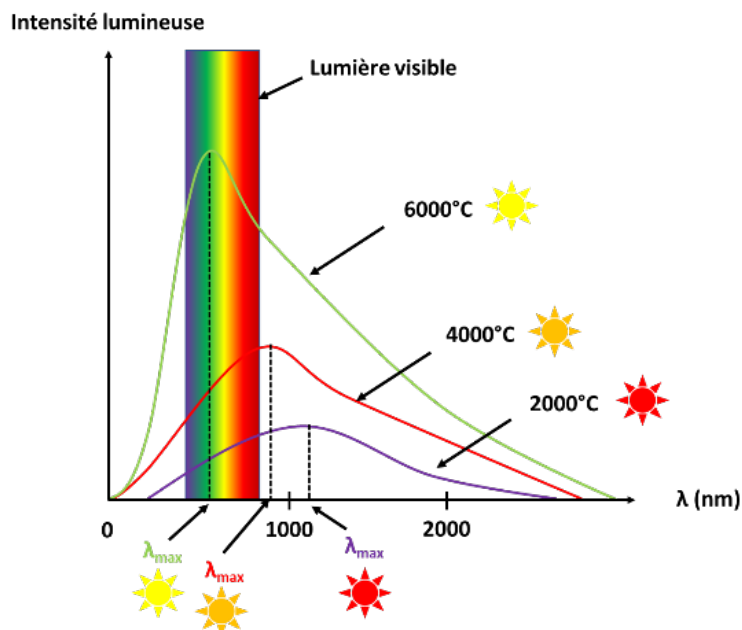
## DEUX SIÈCLES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

### Les semi-conducteurs, base des capteurs solaires

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle dont nous en tirons depuis des bénéfices inestimables. La notion de physique quantique est apparue sous l'impulsion des allemands Max Planck et Albert Einstein ou de encore du Français Louis de Broglie.

Alors, avant d'aller plus loin dans ce chapitre, intéressons-nous à la physique quantique... Avant le XX<sup>ème</sup> siècle, la physique newtonienne régissait notre compréhension scientifique. Un objet ou une particule ont une masse. Ces objets ayant une masse sont donc à différencier des ondes qui elles se propagent dans toutes les directions de l'espace. Il existe donc alors une distinction entre particules et ondes...

Cependant cette vision fut dépassée avec l'invention de l'électricité ou quand il fallut expliquer la notion de lumière. En effet, comment un corps noir peut-il absorber l'ensemble du rayonnement électromagnétique mais n'en réémettre qu'une partie en fonction de la température ?



En effet, au niveau de l'atome, ces différences n'existent plus. Un électron, bien que doté d'une masse peut se comporter comme une onde. A contrario, la lumière qui était alors définie comme une onde, est composée de particules : les photons !

C'est là, qu'intervient une nouvelle vision de la physique qui permet d'expliquer cette dualité « onde / particules » : la « physique quantique ».

## LA NOTION DE SPECTRE D'ÉMISSION

Un spectre d'émission d'un corps est le spectre du rayonnement émis par celui-ci. Il se caractérise par un spectre selon les longueurs d'onde étudiées.



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Dans le cas de la lumière, le spectre d'émission obtenu est le suivant :



Que peut-on remarquer ?

-----

-----

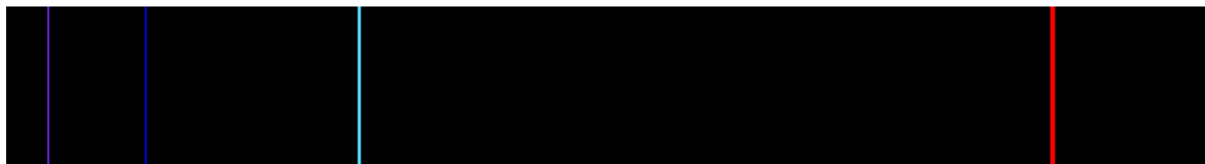
-----

-----

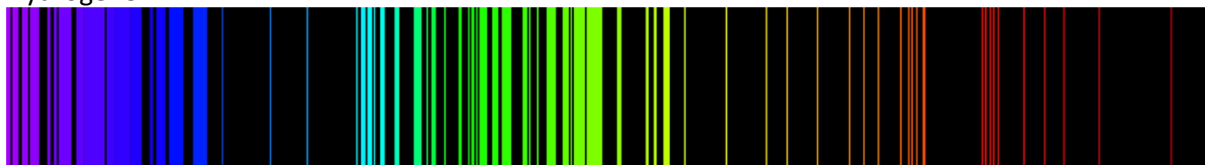
-----

-----

Mais prenons maintenant les spectres de deux gaz : l'hydrogène et le fer.



Hydrogène



Fer

Quelles sont les différences ? D'après vos recherches, que cela peut-il signifier ?

-----

-----

-----

-----

-----

-----

1. L'ensemble des couleurs du spectre du visible est émis. Il n'y a aucune absence de couleurs. Mais prenons maintenant les spectres de deux gaz : l'hydrogène et le fer. Quelles sont les différences ?
2. ces deux spectres sont composés de bandes lumineuses et d'absence de couleurs. Chaque bande lumineuse correspond à une émission de couleurs bien précise par les atomes. Chaque bande lumineuse correspond à une certaine excitation de l'atome. Ces excitations correspondent à des énergies précises qui sont quantifiées, d'où le terme « quantique ».



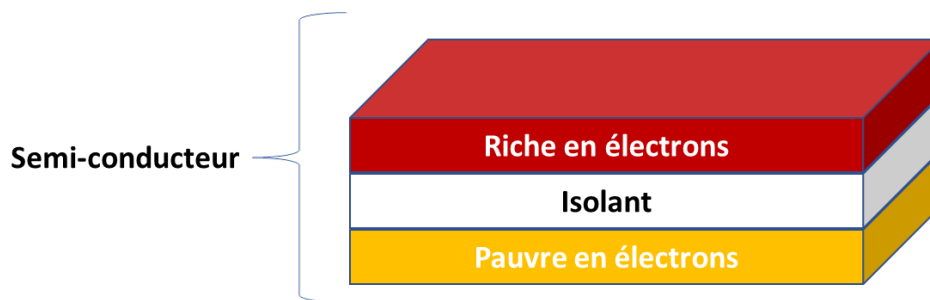
## L'ESSENTIEL

La lumière est composée d'émission d'énergies précises. Dans le cas d'un atome, cette émission ne comporte que quelques bandes de couleurs, quelques énergies. Cependant, dans le cas de la lumière blanche du soleil, les énergies émises sont continues et peuvent donc être exploitées par les panneaux solaires.

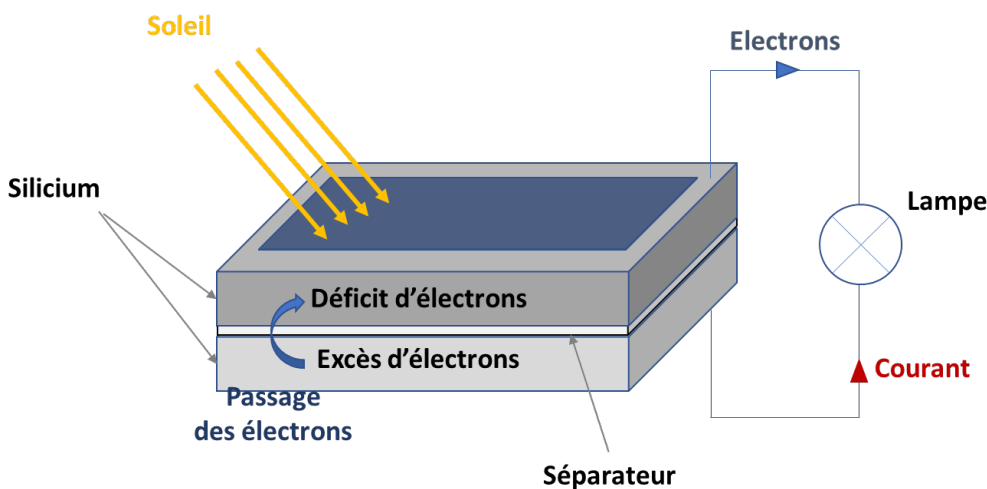
Les panneaux solaires sont une des avancées majeures de ce 21<sup>ème</sup> siècle et fleurissent un peu partout sur nos maisons. Cependant, peu de personnes savent pourtant réellement expliquer leurs fonctionnements. Nous allons nous y intéresser.

## LES PANNEAUX SOLAIRES

Les panneaux-solaires sont composés d'un matériau particulier appelé semi-conducteur. Ces semi-conducteurs sont composés de deux couches de matériaux, une comportant un excès d'électrons, l'autre un déficit d'électrons. Ces deux plaques sont, elle-même, séparées d'un isolant.

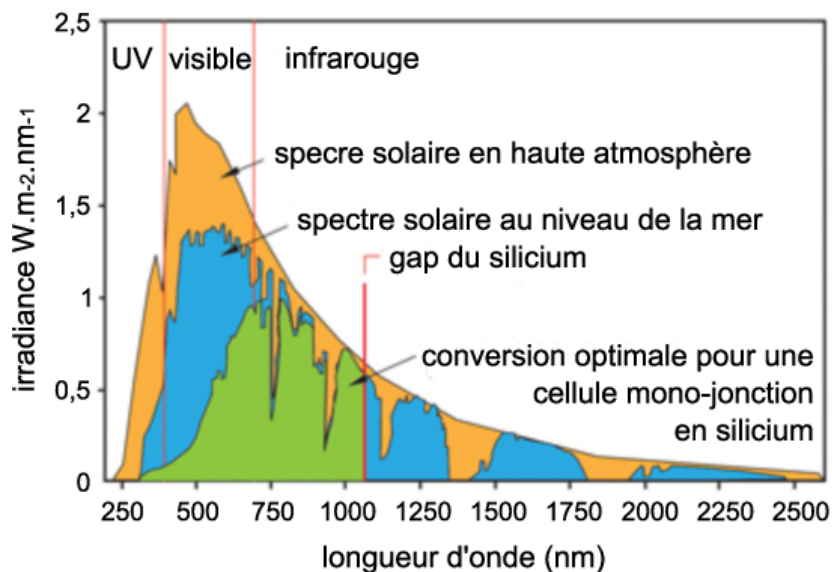


Lorsque les rayons du soleil appelés « photons » rencontrent le panneau solaire, leurs énergies de ceux-ci permettent aux électrons de passer de la « couche riche » en électrons à la « couche pauvre » en électrons. Un courant électrique se crée alors et génère de l'électricité.



Mais comment savoir si un matériau sera idéal pour une cellule photovoltaïque ?

Il faut comparer le spectre d'émission du soleil avec le spectre d'absorption du matériau. Prenons l'exemple du silicium :



Le spectre d'absorption du silicium, en vert dans ce schéma, absorbe une partie de l'irradiance solaire. Entre 600 et 1200 nm, le silicium absorbe même la quasi-totalité du spectre solaire au niveau de la mer. Cette raison fait tout simplement qu'il est plébiscité actuellement dans la fabrication des panneaux solaires.



### L'ESSENTIEL

Les panneaux-solaires sont constitués de matériaux semi-conducteurs, généralement en silicium. L'énergie solaire permet le passage des électrons entre les deux parties du semi-conducteur et ainsi, la génération d'un courant électrique.

Le silicium est l'un des matériaux les plus utilisés puisque son spectre d'émission est proche du spectre solaire sur une grande partie des ondes visibles et infrarouges.

## LE TEMPS DU BILAN

- Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction qui permet le passage d'une énergie mécanique à une énergie électrique.
- L'alternateur est formé d'un rotor formé d'aimant, qui sous l'effet d'une énergie mécanique, va tourner dans un stator, formant ainsi une énergie électrique.
- On retrouve ce phénomène dans les éoliennes, les centrales électriques mais aussi les centrales nucléaires.
- Michael Faraday a mis en évidence la création de courant électrique par le mouvement d'un aimant dans une bobine électrique. Il s'agit du phénomène d'induction.
- On définit le rendement d'un alternateur comme le rapport entre l'énergie électrique ( $E_{élec}$ ) qu'il fournit pendant un temps donné sur l'énergie mécanique ( $E_{méca}$ ) qu'il reçoit pendant ce même temps.

$$r = \frac{E_{élec}}{E_{méca}}$$

Ce rendement peut aussi être défini de la manière suivante à partir de la puissance mécanique reçue et la puissance électrique fournie :

$$r = \frac{P_{élec}}{P_{méca}}$$

- Le rendement est compris entre 0 et 1. Plus le nombre décimal obtenu est proche de 1, plus le rendement est intéressant.
- La lumière est composée d'émission d'énergies précises. Dans le cas d'un atome, cette émission ne comporte que quelques bandes de couleurs, quelques énergies. Cependant, dans le cas de la lumière blanche du soleil, les énergies émises sont continues et peuvent donc être exploitées par les panneaux solaires.
- Les panneaux-solaires sont constitués de matériaux semi-conducteurs, généralement en silicium. L'énergie solaire permet le passage des électrons entre les deux parties du semi-conducteur et ainsi, la génération d'un courant électrique.
- Le silicium est l'un des matériaux les plus utilisés puisque son spectre d'émission est proche du spectre solaire sur une grande partie des ondes visibles et infrarouges.

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances.  
Les exercices ont été classés dans un ordre d'approfondissement croissant.  
Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE

01

Répondez à ces quelques questions à choix multiple.

- Un alternateur est défini comme un convertisseur :
  - d'énergie solaire en énergie électrique.
  - d'énergie mécanique en énergie électrique.
  - d'énergie cinétique en énergie électrique.
  - d'énergie chimique en énergie électrique.
- Le phénomène d'induction est défini comme :
  - Le mouvement d'un champ chimique dans un champs magnétique.
  - Le mouvement de deux champs magnétiques en sens opposés.
  - Le mouvement d'un champ magnétique dans un circuit électrique.
  - Le mouvement d'un champ électrique fourni par une réaction chimique.
- Le rendement d'un alternateur est égal au :
  - Rapport entre l'énergie mécanique reçue par un alternateur et l'énergie électrique fournie par l'appareil.
  - Rapport entre l'énergie électrique reçue par un alternateur et l'énergie mécanique fournie par l'appareil.
  - Rapport entre la puissance mécanique reçue par un alternateur et l'énergie électrique fournie par l'appareil.
  - Rapport entre l'énergie électrique reçue et fournie par l'appareil.
- Le phénomène d'induction a été découvert par :
  - Albert Einstein.
  - Isaac Newton.
  - Michal Faraday.
  - Marie Curie.
- L'effet Joule est une partie de l'énergie mécanique transformée sous forme :
  - D'énergie chimique.
  - D'énergie électrique.
  - D'énergie thermique.
  - D'énergie magnétique.
- Le fonctionnement d'un panneau solaire est le résultat de recherche en :
  - Chimie.
  - Physique quantique.
  - Physique newtonienne.
  - Electrotechnique.
- Les panneaux solaires sont constitués de matériaux :
  - Isolants.
  - Biodégradables.
  - Conducteurs.
  - Semi-conducteurs.

8. Lorsque les rayons du soleil appelés « photons » rencontrent le panneau solaire, leurs énergies de ceux-ci permettent :
- Aux électrons de passer de la « couche riche » en électrons à la « couche pauvre » en électrons.
  - Aux électrons de passer de la « couche pauvre » en électrons à la « couche riche » en électrons.
  - Aux électrons de bouger de manière aléatoire.
  - De générer un courant électrique dans le même sens que celui des électrons.
9. Un semi-conducteur est composé de trois couches superposées de la manière suivante :
- Plaque riche en électrons – isolant – plaque pauvre en électrons.
  - Isolant – Plaque riche en électrons – isolant.
  - Plaque pauvre en électrons – isolant – plaque pauvre en électrons.
  - Plaque riche en électrons – isolant – plaque riche en électrons.
10. Le choix du silicium pour constituer les panneaux solaires se justifie par :
- Son faible cout.
  - Son faible impact sur la nature.
  - Son usage à l'état brut.
  - Son spectre d'émission et proche du spectre solaire sur une grande partie des ondes visibles et infrarouges.

## EXERCICE

02

## Vrai ou Faux ?

	V / F
1. L'alternateur est une découverte de la fin du XX <sup>ème</sup> siècle.	
2. Le phénomène d'induction correspond au passage d'un phénomène magnétique à un phénomène électrique.	
3. L'ensemble rotor et stator est appelé alternateur. Le rotor tourne dans le stator.	
4. Le rendement d'un alternateur peut être calculé de deux manières différentes : $r = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{mécanique}}} \text{ et } r = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{mécanique}}}$	
5. Tout matériau qu'il soit conducteur ou non émet de la chaleur par effet Joule.	
6. L'effet Joule est une énergie thermique réutilisable.	
7. L'énergie non transformée par un alternateur est dissipée par pertes d'origines mécaniques ou par « effet Joule ».	
8. Les panneaux-solaires sont souvent composés d'un matériau appelé semi-conducteur.	
9. Dans un panneau photovoltaïque, le mouvement des électrons passant de la plaque riche en électrons à la plaque pauvre en électrons génère un courant électrique.	
10. Le silicium est l'un des matériaux les plus utilisés puisque son spectre d'émission et proche du spectre solaire sur une grande partie des ondes visibles et infrarouges.	

## EXERCICE

03

Restitution. Soit un alternateur qui a un rendement de 30%. Expliquer la signification de son rendement mais aussi les raisons possibles de cette valeur.

.....

.....

.....



## EXERCICE

04

Restitution. Expliquer le fonctionnement d'un alternateur.

## EXERCICE

05

L'histoire des panneaux solaires est bien souvent méconnue. Connaissez-vous leur origine ? La manière dont ils se sont développés ? Découvrez les quelques dates qui ont marqué l'histoire du photovoltaïque.

La découverte de l'effet photovoltaïque remonte à 1839, l'année où le physicien français Alexandre Edmond Becquerel découvre la possibilité de produire de l'électricité grâce à la lumière et la présence de matériaux semi-conducteurs comme le silicium.

Après 1913, naissent les premières cellules photovoltaïques, mais ce n'est qu'en 1916 que Robert Millikan parvient à produire un courant continu.

Le premier véritable panneau solaire, avec un rendement de 6%, est développé en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell.

Les panneaux solaires sont nés, mais sont encore trop coûteux. La recherche spatiale s'empare du sujet afin d'équiper ses satellites qui ont besoin d'une énergie durable. Suite à la prouesse des laboratoires Bell, qui étaient parvenus à un rendement de 6%, la recherche progresse jusqu'à obtenir un rendement de 9%. En

1958, les premières cellules voyagent à bord du satellite Vanguard 1. Puis c'est au tour des premiers panneaux solaires, fixés sur le satellite Explorer 6, en 1959.

La recherche continue son travail afin de pouvoir adapter les panneaux solaires à une utilisation terrestre. L'Université Delaware est à l'origine de la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques en 1973.

Plusieurs paramètres font de l'énergie solaire une ressource de plus en plus sollicitée : l'augmentation du coût des énergies fossiles et la prise de conscience liée à l'épuisement des ressources naturelles en font partie. L'usage domestique des panneaux solaires se développent davantage d'année en année. Selon l'ADEME, environ 20 000 foyers résidentiels sont équipés d'un système d'autoconsommation en 2017.

Extrait de europe-energie.com du 14 aout 2019

Justifier à l'aide du document que les panneaux photovoltaïques ne sont pas une invention de la fin du 20ème siècle.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

EXERCICE 06

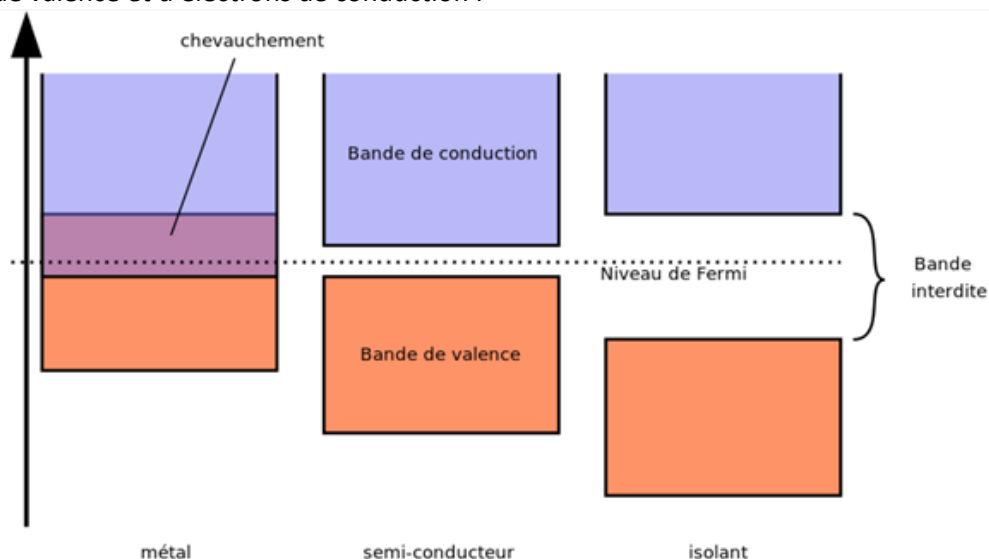
Un semi-conducteur, comme le silicium, c'est un matériau qui n'est ni tout à fait un conducteur d'électricité, ni tout à fait un isolant. Il peut être soit l'un, soit l'autre selon diverses conditions.

Le caractère conducteur ou isolant prend sa source dans la structure même des atomes : chaque élément du tableau périodique possède un certain nombre d'électrons qui sont agencés autour d'un noyau. C'est cet agencement sous la forme de couches d'électrons, différent selon les éléments, qui est responsable de la conductivité électrique.

Les électrons d'un atome peuvent avoir plusieurs rôles au sein d'une structure d'atomes :

- électrons de cœur : ceux-ci sont proche du noyau et n'interagissent pas vraiment avec les autres atomes ;
- électrons de valence : ceux-ci sont sur les couches externes de l'atome et permettent de créer des liaisons interatomiques et de former les molécules ;
- électrons de conduction : ceux-ci sont responsables de la circulation du courant électrique.

On peut schématiser l'ensemble sous la forme de couches. Sur le schéma suivant, on a représenté les couches d'électrons de valence et d'électrons de conduction :



On voit que dans un métal, certains électrons sont à la fois dans la bande de valence et dans la bande de conduction. Cela signifie qu'un métal peut conduire le courant sans autre forme de traitement physico-chimique.

Dans un isolant, en revanche, les deux bandes sont séparées par un espace appelé « bande interdite » : cela signifie que les électrons ne peuvent pas s'y trouver. Dans le cas des isolants, les électrons externes sont tous dans la bande de valence et aucun ne se trouve dans la bande de conduction : ces matériaux ne peuvent donc pas conduire l'électricité.

Enfin, dans le cas des semi-conducteurs, au milieu, il existe une bande interdite aussi, mais cette dernière est très fine. Il suffit d'un petit quelque chose pour que les électrons de valence puissent passer dans la bande de conduction et ainsi rendre le semi-conducteur... conducteur. On parvient à faire ça en donnant de l'énergie aux électrons, en les excitant.

Extrait du site internet couleur-science.eu

**En vous basant sur vos connaissances et de ce document, justifier que la couche isolante au centre d'un semi-conducteur doit être une fine couche de matériau.**

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques.

Type de cellule	Rendement des cellules PV			Domaines d'applications
	théorique	en laboratoire	disponibles	
Si mono (silicium monocristallin)	27,0 %	24,7 %	14,0-16,0 %	Modules de grandes dimensions pour toits et façades, appareils de faibles puissances, espace (satellites)
Si poly (silicium polycristallin)	27,0 %	19,8 %	12,0-14,0 %	Modules de grandes dimensions pour toits et façades, générateurs de toutes tailles (reliés réseau ou sites isolés)
Si a (silicium amorphe)	25,0 %	13,0 %	6,0-8,0 %	Appareils de faible puissance production d'énergie embarquée (calculatrice montres...) modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)
GaAs	29,0 %	27,5 %	18,0-20,0 %	Systèmes de concentrateur, espace (satellites).
CIGS	27,5 %	18,2 %	10,0-12,0 %	Appareils de faibles puissances, modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)
CdTe	28,5 %	16,0 %	8,0 %	Modules de grandes dimensions (intégrations dans le bâtiment)
Si ruban (silicium en ruban)	27,0 %	27,0 %	9,0-11,0 %	Module non spécifique

Issue de de l'électricité à partir du soleil... l'énergie solaire, des informations et des réalisations ; <https://sulfate.ch/>

N.B. : l'Arséniure de Gallium (GaAs) a un cout plus élevé que le silicium.

Justifier le choix du silicium dans la fabrication des panneaux photovoltaïques.

---



---



---



---



---

Le défi énergétique (tiré du bac de Science filière ES – session 2013)

### Document 1 : L'énergie solaire

Le soleil est à l'origine de nombreuses ressources énergétiques exploitées sur Terre (énergie solaire, énergies fossiles...). L'énergie solaire possède l'énorme avantage d'être inépuisable à l'échelle de la durée de vie du soleil, soit 5 milliards d'années. En plus, elle est extraordinairement abondante, puisque l'irradiation que le Soleil fait parvenir sur la Terre chaque année représente plus de 10 000 fois la consommation mondiale actuelle d'énergie primaire, toutes formes et tous usages confondus.

Il existe de nombreuses façons d'utiliser efficacement l'énergie solaire directe pour nos besoins. [...] La plus connue est l'utilisation passive du soleil qui va, par exemple, réchauffer votre maison en passant par les fenêtres et en étant stockée dans les murs. Il est donc nécessaire pour optimiser cet apport gratuit de chaleur de renforcer l'isolation du bâtiment. L'énergie solaire va aussi permettre de chauffer de l'eau à destination des usages sanitaires ou du système de chauffage d'une maison grâce à des capteurs solaires thermiques. [...] Il est également possible de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire en utilisant des panneaux photovoltaïques. D'après <http://www.photovoltaique.info>

### Document 2 : produire son électricité

En produisant de l'électricité chez vous, de façon décentralisée, modulable et non polluante, vous participez à la limitation des pollutions et des rejets de gaz à effet de serre. [...]

Jouez la carte du solaire !

C'est l'énergie renouvelable la plus facilement valorisable pour vous. [...]. Le dispositif de production le plus courant est le solaire photovoltaïque. 25 m<sup>2</sup> de modules peuvent produire en un an l'équivalent de la consommation électrique (hors chauffage, cuisine et eau chaude) d'une famille de 4 personnes, soit environ 2500 kWh.

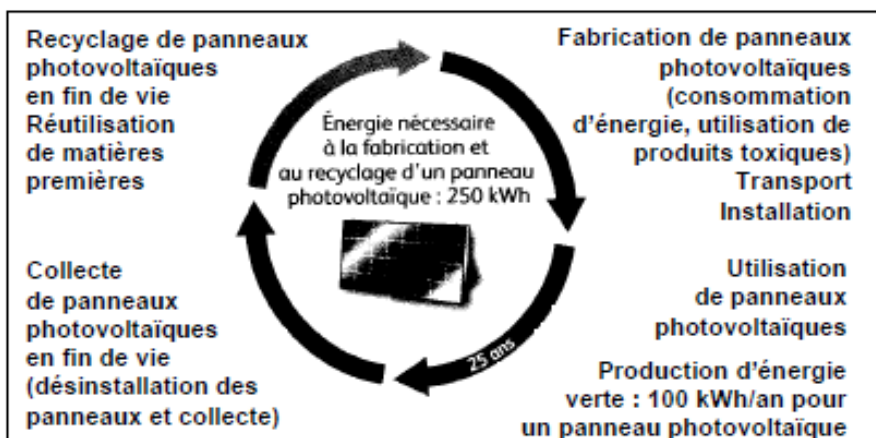
La production électrique individuelle prend tout son sens quand elle s'intègre dans une démarche de maîtrise des consommations d'énergie : utilisation d'équipements électriques performants, suppression des veilles inutiles, habitudes d'économies d'énergie. Et tout cela, bien sûr, dans le cadre d'une maison énergétiquement performante.

C'est en général sur le toit de votre maison que vous trouverez la place nécessaire (10 à 30 m<sup>2</sup>) à l'installation de modules photovoltaïques. Mais vérifiez la bonne orientation de votre toit : au sud, c'est l'idéal (pour l'hémisphère Nord). Sud-est ou sud-ouest, c'est encore possible.

D'après <http://ecocitoyens.ademe.fr/mon-habitation/renover/produire-son-electicite>

### Document 3 : cellule photovoltaïque au silicium

Le rendement d'une cellule photovoltaïque au silicium reste faible, voisin de 15 %. Le silicium, abondant sur Terre, constitue 28 % de l'écorce terrestre. Son extraction, sa purification et la technologie mise en oeuvre pour réaliser les cellules restent coûteuses.



1) Le document 1 mentionne les énergies fossiles.

a- Citer deux sources d'énergie fossile.

---

---

b- Donner deux arguments en faveur d'une diminution de l'utilisation des énergies fossiles.

---

---

2) D'après le document 2, la consommation électrique annuelle d'une famille de 4 personnes vaut « 2500 kWh ». La valeur 2500 kWh correspond à :

a- l'énergie consommée en une heure.

b- la puissance consommée en une heure.

c- l'énergie consommée en un an.

d- la puissance consommée en un an.

3) Le document 1 différencie trois types d'énergie solaire : le solaire passif, le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. Dans une maison exposée plein sud équipée de panneaux photovoltaïques et de capteurs solaires thermiques, l'énergie solaire utilisée pour faire fonctionner un téléviseur est :

a- le solaire thermique.

b- le solaire passif.

c- le solaire photovoltaïque.

d- aucun des trois.

4) D'après le document 3 :

a- Quelle est la quantité d'énergie produite par un panneau photovoltaïque au bout d'un an ?

---

---

b- Au bout de combien d'années un panneau photovoltaïque est-il rentable d'un point de vue énergétique ?

---

---

---

---

5) Dans le document 2, on peut lire que les panneaux photovoltaïques permettent de produire de l'électricité de « manière non polluante ». Commenter et critiquer cette phrase en utilisant les documents et en vous appuyant sur vos connaissances.

---

---

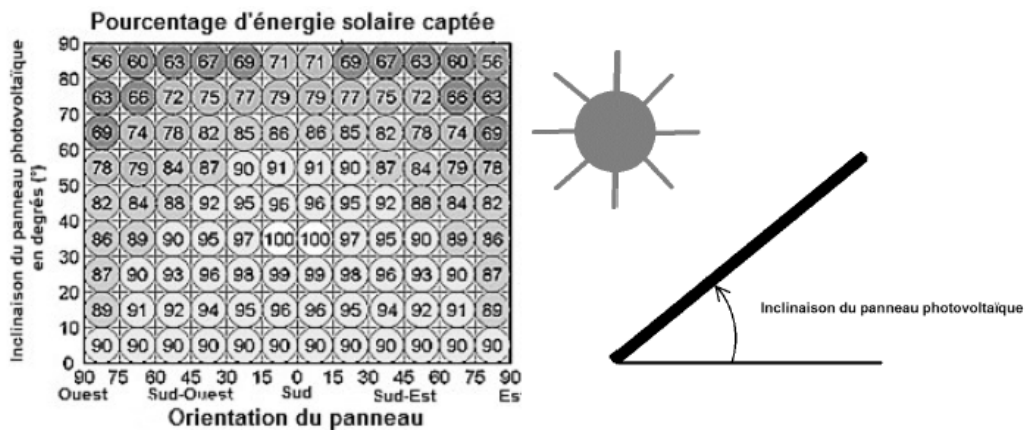
EXERCICE

09

En 2015, le développement de l'autoconsommation de l'électricité d'origine solaire prend la forme d'une jolie fleur, la smartflower®. Tel un tournesol, cette fleur déploie ses pétales photovoltaïques pour suivre les rayons du soleil dès l'aube, et ne plus les lâcher jusqu'au crépuscule.

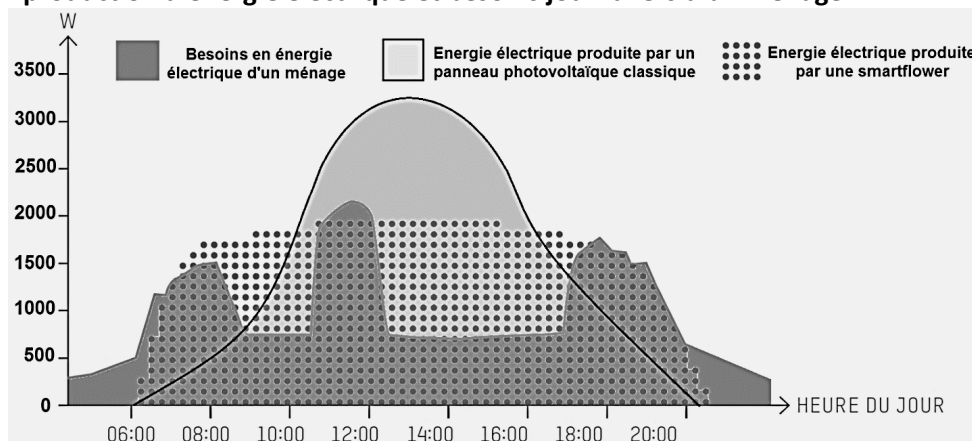


Document 1 : pourcentage d'énergie solaire captée par un panneau photovoltaïque placé sur le toit d'une maison en condition d'éclairage maximum.



L'inclinaison correspond à l'angle du panneau par rapport à l'horizontale. Son unité est le degré (°)

Document 2 : production d'énergie électrique et besoins journaliers d'un ménage



**Document 3 : autoconsommation photovoltaïque**

Par autoconsommation directe photovoltaïque, on entend la possibilité donnée à tout type de consommateur/producteur d'électricité de connecter une installation photovoltaïque, dimensionnée selon ses besoins, uniquement à sa propre installation électrique dans le but d'une consommation in situ sur le site de production.

D'après [www.enr.fr](http://www.enr.fr)

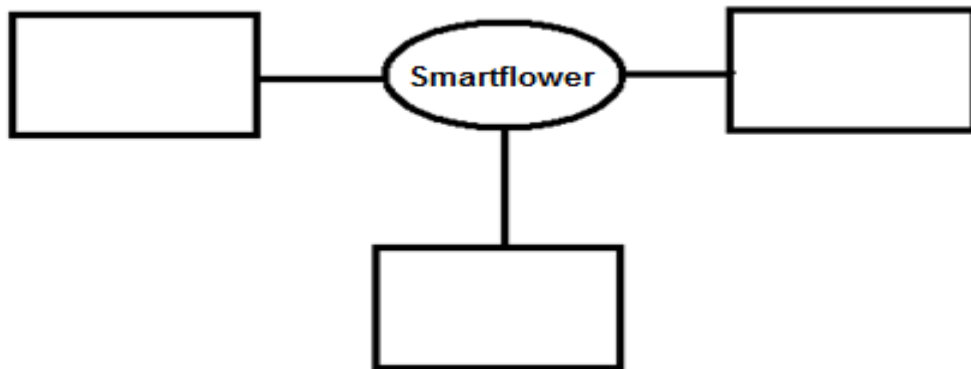
- 1) D'un point de vue environnemental, expliquez l'intérêt de la smartflower®.

---



---

- 2) Reproduisez et complétez le schéma de la chaîne énergétique d'une smartflower®.



- 3) Expliquez quels sont les avantages de la smartflower® par rapport à des panneaux photovoltaïques installés sur le toit d'une maison.

---



---



---



---

- 4) Une personne, habitant une maison de 100 m<sup>2</sup>, a une consommation électrique de 700 kWh par an (hors chauffage et eau chaude). Montrez qu'une smartflower® de puissance moyenne 460 W peut largement fournir l'énergie électrique annuelle nécessaire à une famille de trois personnes.

---



---



---



---

- 5) À l'aide des documents 2 et 3 :

- a- Expliquez pourquoi le taux d'autoconsommation de l'électricité produite par la smartflower® n'est pas de 100 %.

---



b- Proposez une solution pour augmenter le taux d'autoconsommation d'une telle installation.

## CHAPITRE 2

# LES ATOUS DE L'ÉLECTRICITÉ



Nous commencerons ce chapitre en étudiant les différents types d'énergies permettant de générer de l'électricité sans gaz à effet de serre. Une fois les différentes techniques utilisées étudiées, nous nous focaliserons sur le rendement global d'un convertisseur et la manière de le calculer. Enfin, nous terminerons sur les conséquences de l'utilisation des ressources sur l'environnement et la santé.

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie.
- Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie.
- Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.).
- Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique).



## Première approche

### Faire un poster

Vous êtes un scientifique et devez faire un poster lors de la fête de la science les différentes manières d'obtenir de l'énergie électrique. Un poster est une présentation schématique et visuelle qui a pour but d'expliquer un phénomène sans que la personne ait besoin de vous poser des questions.

Vous devez donc effectuer en amont des recherches pour présenter les différentes transformations énergétiques puis le retranscrire par la suite en laissant libre votre imagination tant que l'ensemble est compréhensible du grand public.



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

1) A partir de vos recherches, remplir le tableau suivant :

Générateur électrique	Energie primaire utilisée	Rendement	Formation de CO <sub>2</sub>	Déchets toxiques	Avantages	Inconvénients
Centrales nucléaires						
Centrales thermiques à gaz et charbon						
Panneaux photovoltaïques						
Eolienne						
Hydrolienne						
Batterie						

2) Schématiser les informations recueillis afin de pouvoir les présenter au grand public. Les différentes manières de générer de l'électricité doivent être présentes avec leurs caractéristiques, avantages et inconvénients.

## CORRECTION

1.

Générateur électrique	Energie primaire utilisée	Rendement	Formation de CO <sub>2</sub>	Déchets toxiques	Avantages	Inconvénients
Centrales nucléaires	Energie nucléaire	80%	Non	Oui	Production d'électricité indépendante du temps	Dangers pour la santé Déchets toxiques
Centrales thermiques à gaz et charbon	Gaz et charbon	35 à 50%	Oui	Non	Production d'électricité indépendante du temps	Important rejet de dioxyde de carbone
Panneaux photovoltaïques	Eau	80%	Non	Non	Production d'électricité indépendante du temps	Production limitée par les débits et le nombre de rivières
Eolienne	Rayons du soleil	10 à 20%	Non	Non	Pas de danger et de pollution	Energie dépendante de la météo
Hydrolienne	Vent	20 à 25%	Non	Non	Pas de danger et de pollution	Energie dépendante de la météo
Batterie	Courant	60%	Non	Non	Pas de danger et de pollution	Energie dépendante du débit

2.


### Les différentes manières de générer du courant électrique

**Centrales nucléaires**

+ Indépendant du temps

- Déchets radioactifs  
Dangers pour la santé

Il existe en France de nombreuses manières de générer de l'électricité.  
Voici un rapide état des lieux:



**Batterie**

+ Pas de rejet de CO<sub>2</sub>  
Réutilisable

- Produits toxiques

**Centrales à charbon et à gaz**

+ Indépendant du temps

- Important rejet de dioxyde de carbone

**Hydrolienne**

+ Pas de danger et de pollution

- Energie dépendante de la météo

**Barrages**

+ Indépendant du temps

- Production limitée par les débits et le nombre de rivières

**Panneaux photovoltaïques**

+ Pas de danger et de pollution

- Energie dépendante de la météo

**Eolienne**

+ Pas de danger et de pollution

- Energie dépendante de la météo



## LES ATOUTS DE L'ÉLECTRICITÉ

Une énergie électrique sans gaz à effet de serre



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Production mondiale d'électricité en 2018 :

Nature	Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire	Hydraulique	Biomasse	Eolien	Photovoltaïque
Type d'énergie	Energie fossile			Nucléaire	Energie renouvelable			
Part de la production mondiale %	38	3	23	10	16	3	5	2

A partir de ce tableau, indiquer les trois grands types d'énergies ? Préciser celles qui ne produisent pas de dioxyde de carbone.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Trois grands types d'énergie sont utilisées par l'Humanité. Les énergies fossiles sont les plus utilisées et représentent 64% du mix énergétique mondial. Le nucléaire représente 10% de la production. Les énergies renouvelables équivalent 26% de la production. Les deux grands types d'énergies non émettrices de dioxyde de carbone sont les énergies nucléaires et renouvelables.

Au cours du module 1, nous avons vu l'impact de la production de dioxyde de carbone sur l'évolution du climat terrestre. Il est donc important de chercher à valoriser celles non-émettrices en gaz à effet de serre.

Parmi celles-ci, deux grands types d'énergies sortent du lot :

- La conversion d'énergies mécaniques ou thermiques.
- Les panneaux photovoltaïques.

Mais à quoi correspondent-ils réellement ?

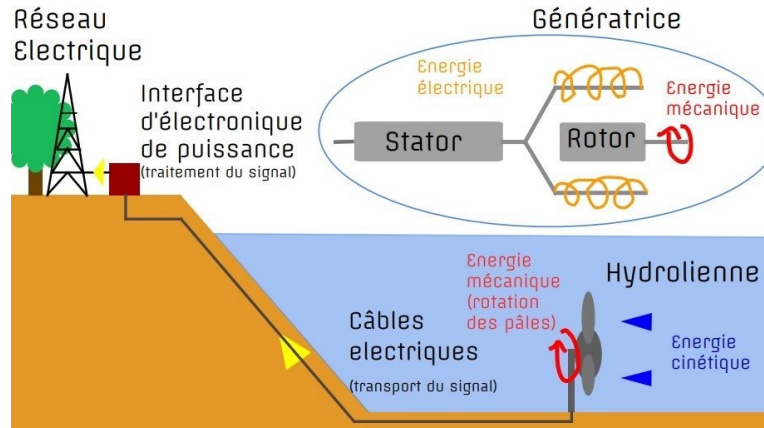
## LA CONVERSION D'ÉNERGIE MÉCANIQUE OU THERMIQUE

La conversion d'énergie mécanique ou thermique repose sur le même principe. Une énergie mécanique va mettre en mouvement directement ou indirectement une turbine qui va, elle-même, engendrer le mouvement du rotor de l'alternateur et donc la formation de l'électricité.

Parmi celles-ci, on peut trouver les éoliennes ou hydroliennes qui utilisent la force du vent mais aussi les barrages hydroélectriques, qui eux se basent sur la force de l'eau. Dans les deux cas, une force naturelle est directement convertie sous forme d'électricité. Une chaîne de transformation à partir de ces énergies primaires est possible comme pour le cas de l'éolienne dont l'énergie primaire est le vent.



Il est possible d'effectuer le même raisonnement avec les hydroliennes ou les courants marins et dont le fonctionnement est le suivant :

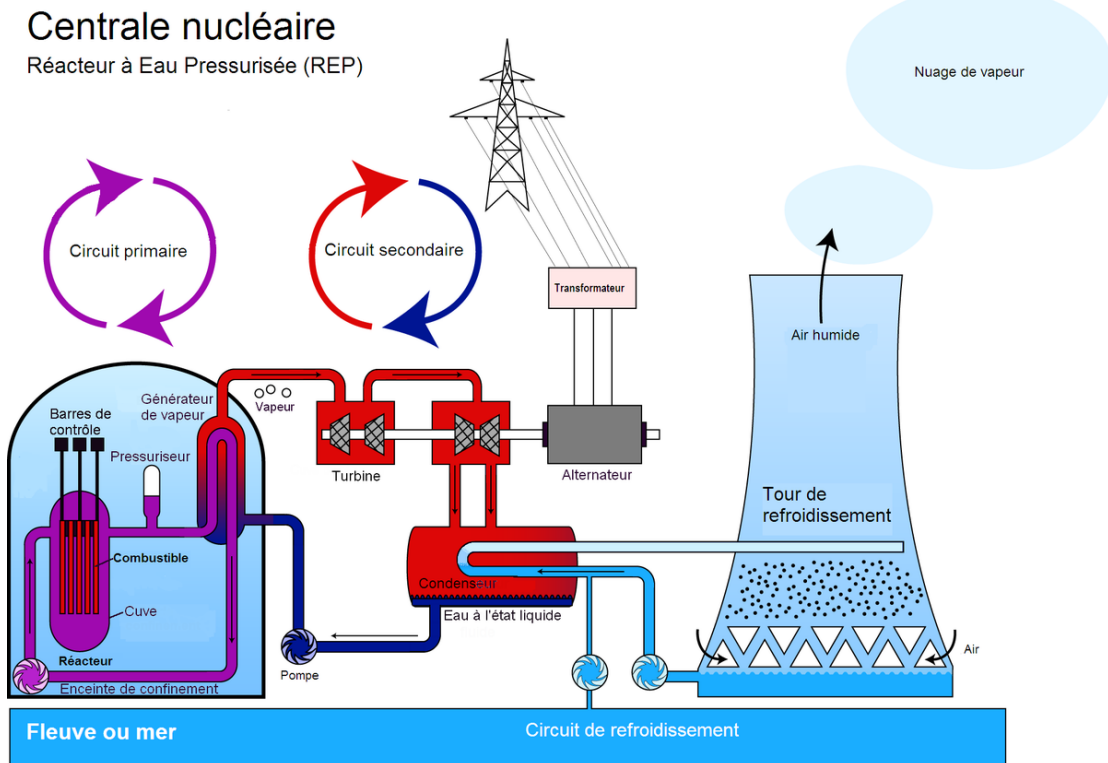


**Pour aller plus loin :**

Voici une vidéo sur le fonctionnement d'une éolienne : « Comment une centrale éolienne transforme la force du vent en électricité – EDF »

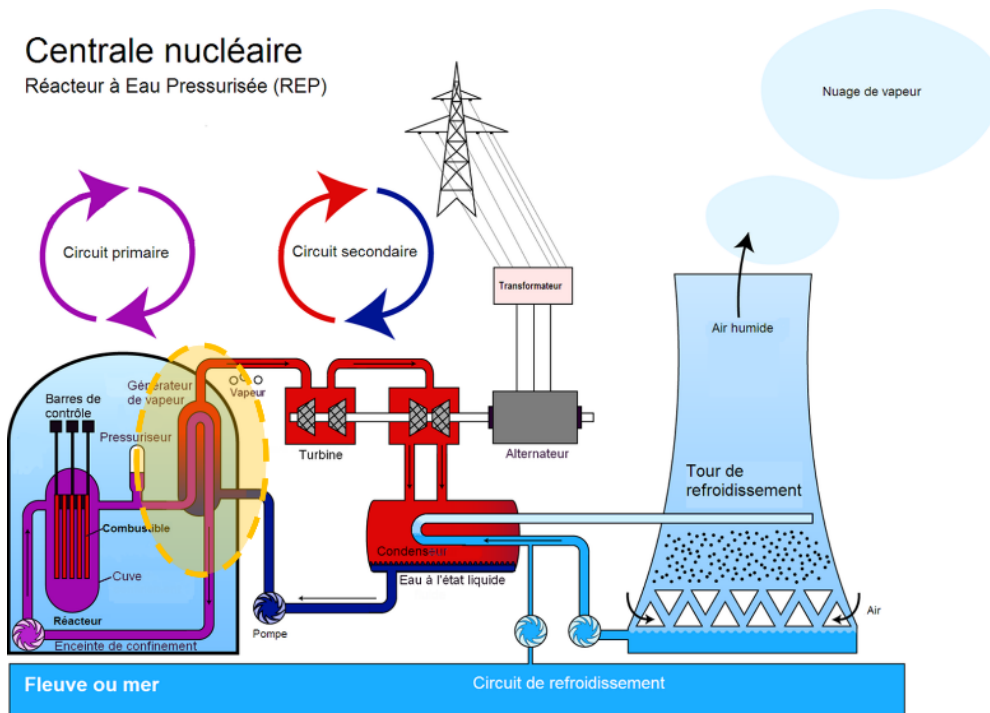
<https://youtu.be/v6ZNDQ80ELE>

Il est aussi possible de générer de l'électricité de manière indirecte. Prenons le cas de l'énergie issue des centrales nucléaires. Ce type de centrale est considérée comme « thermique ».

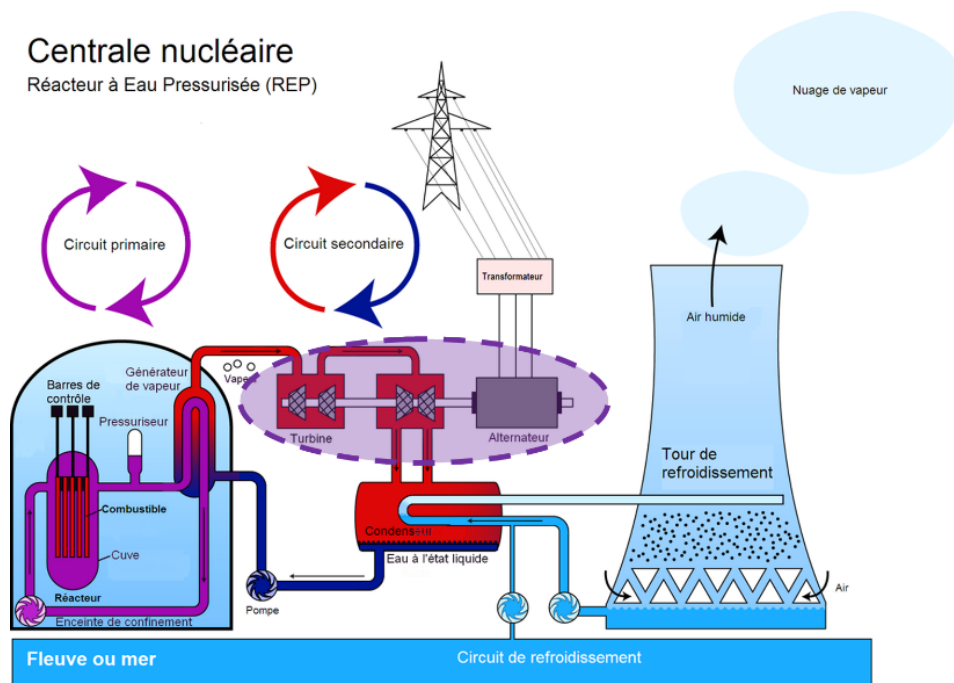


Une centrale nucléaire est composée de deux circuits et une tour de refroidissement. Le premier circuit est le circuit primaire. Dans celui-ci, un combustible radioactif est consommé et génère une énergie qui va chauffer un fluide liquide (en violet sur le schéma ci-dessus).

Ce fluide à haute température va passer dans une cuve comportant de l'eau liquide et générer de la vapeur d'eau, qui elle va circuler dans le circuit secondaire.



C'est à cet endroit que se situe l'alternateur. La vapeur d'eau à haute pression va engendrer le mouvement de turbine puis du rotor avant qu'elle soit condensée.



La chaîne de conversion peut alors être résumée de la manière suivante :







**Pour aller plus loin :**

Voici une vidéo sur le fonctionnement d'une centrale nucléaire :  
 « Comment la fission de l'uranium permet le fonctionnement d'une centrale nucléaire – EDF »

<https://youtu.be/I09DhTubNqE>

**LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES**

Il existe un moyen sans alternateur pour former de l'électricité sans combustion : le panneau photovoltaïque. Celui-ci convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique comme vu précédemment.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Quelle serait la chaîne de conversion des panneaux photovoltaïques ?









**Pour aller plus loin :**


Voici une vidéo sur le fonctionnement d'un panneau solaire :  
 « Comment une centrale solaire photovoltaïque transforme la lumière en électricité – EDF »

[https://youtu.be/k\\_ut9pb3kjU](https://youtu.be/k_ut9pb3kjU)



**LA CONVERSION ELECTROCHIMIQUE**

Il existe aussi une autre manière de créer de l'électricité à la demande : il s'agit de la conversion électrochimique ou appelée « Pile » ou « Batterie ».



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Quelle est la différence entre la « Pile » et la « Batterie » ?

---



---



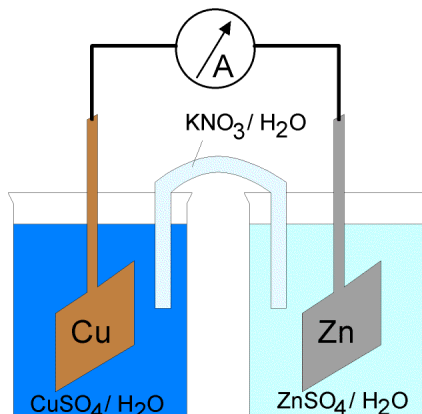
---



---

La pile est un système qui convertit une énergie chimique en énergie électrique. Une fois, la réaction chimique finie, celle-ci est usagée et ne peut plus être utilisée. La batterie peut, elle, être rechargée, c'est-à-dire que sous l'effet d'une énergie électrique, le système électrochimique va créer une énergie chimique. Pour simplifier, une pile ne peut pas être rechargée contrairement à la batterie.

Des réactions chimiques au niveau de plaques métalliques de cuivre (Cu) et de zinc (Zn) vont générer un courant électrique dans le circuit électrique.



Le schéma de conversion énergétique devient alors :



Ce système est aujourd'hui optimisé sous forme de batterie pouvant théoriquement se charger et se décharger au minimum 1 000 fois avant de devenir inutilisable.



#### Pour aller plus loin :

Voici une vidéo sur le fonctionnement d'une pile : « Comment fonctionne une batterie ? - C'est Pas Sorcier ».

<https://youtu.be/EDRDt8zSHA>



### L'ESSENTIEL

Il existe trois modes de conversion d'énergie primaire en énergie électrique sans combustion et donc de formation de dioxyde de carbone :

- la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique soit de manière directe (éolienne), soit de manière indirecte (centrale nucléaire).
- La conversion d'énergie solaire en énergie électrique avec les panneaux photovoltaïques.
- la conversion d'énergie électrochimique en énergie électrique.



## LES ATOUTS DE L'ÉLECTRICITÉ

### Le rendement global d'un convertisseur

Tout système de conversion énergétique entraîne des pertes énergétiques. En effet, une énergie initiale de 100 J produira une énergie électrique forcément inférieure.



#### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Quelle peut être l'origine de ces pertes énergétiques ?

Plusieurs sources de pertes énergétiques existent. Il y a l'échauffement du au passage du courant électrique. Tout matériau conducteur émet de la chaleur : cette énergie thermique est perdue. On l'appelle aussi « effet Joule ». Une autre origine des pertes énergétiques est le frottement mécanique. Les frottements entre différentes pièces peuvent engendrer une diminution de l'énergie en fin de convertisseur.

Il est donc important de quantifier un rendement énergétique. Ce rendement est caractérisé par la lettre  $\eta$  et se calcule :

$$\eta = \frac{E_{finale}}{E_{initiale}}$$

La valeur de  $\eta$  est comprise entre 0 et 1 mais peut s'exprimer en pourcentage.

Le rendement moyen dans le cadre de la production d'électricité est actuellement de 39%. Voici les valeurs des rendements de nombreuses installations électriques :

	Centrale à flamme (charbon)	Centrale nucléaire	Centrale hydraulique	Eolien terrestre	Eolien off shore (en mer)	Panneau photovoltaïque	Piles à combustible
Rendement	35 à 50 %	30 à 35%	80%	20 à 25%	30 à 35%	10 à 20%	60%
Production de CO <sub>2</sub>	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non



#### L'ESSENTIEL

Les convertisseurs d'énergie primaires en énergie électrique ont des rendements inférieurs à 100% à cause de l'effet Joule ou de frottements mécaniques. Ce rendement est défini par la formule :

$$\eta = \frac{E_{finale}}{E_{initiale}} = \frac{W_{électrique}}{W_{mécanique}}$$

Ce rendement est forcément compris entre 0 et 1 et peut s'exprimer en pourcentage.



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Afin de fonctionner, une éolienne nécessite une puissance mécanique de 3W. Elle restitue une puissance de 0,6W. Déterminer son rendement.

---

---

---

$$\eta = \frac{W_{\text{électrique}}}{W_{\text{mécanique}}} = \frac{0,6}{3} = 0,2$$

Le rendement de l'éolienne de 0,2 soit 20%.



## LES ATOUTS DE L'ÉLECTRICITÉ

### Les conséquences de l'utilisation des ressources

Bien que ces convertisseurs permettent de générer de l'électricité sans combustion, ils présentent une diversité d'inconvénients. Prenons le cas de l'énergie nucléaire :



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

### Document 1 : l'extraction de l'Uranium et la santé

L'extraction de l'uranium a des effets de vaste envergure en contaminant l'environnement avec de la poussière radioactive, du radon, des toxines contenues dans l'eau et des degrés accrus de rayonnement naturel.

L'exploitation de l'uranium est la première étape dans la production de l'énergie et des armes nucléaires. Les centrales nucléaires produisent systématiquement des émissions radioactives dans l'air et l'eau, des déchets nucléaires, et elles créent les conditions propices à des désastres semblables à ceux de Chernobyl et Fukushima.

Les médecins devraient s'inquiéter des effets sur la santé du continuum de l'uranium. En tant que promoteurs de la santé de nos patients, nous avons le devoir d'exercer des pressions pour avoir un environnement dépourvu de déchets radioactifs et d'insister pour que des représentations soient faites auprès des décideurs politiques et des responsables de l'environnement dans les cas où la santé pourrait être affectée. Nous devrions réclamer des études-repères sur la santé lors de l'établissement des futurs sites d'extraction d'uranium. Nous devrions exiger des projets de recherche financés de manière indépendante sur les effets de l'uranium et de tous les radionucléides sur la santé.

L'air et l'eau n'ont pas de frontières ; l'introduction de radio-isotopes à longue durée de vie n'importe où dans l'environnement affecte éventuellement la santé de chacun.

Extrait de L'extraction de l'uranium et la santé, Dale Dewar, Can Fam Physician. 2013 May ; 59

### Document 2 : temps de demi-vie

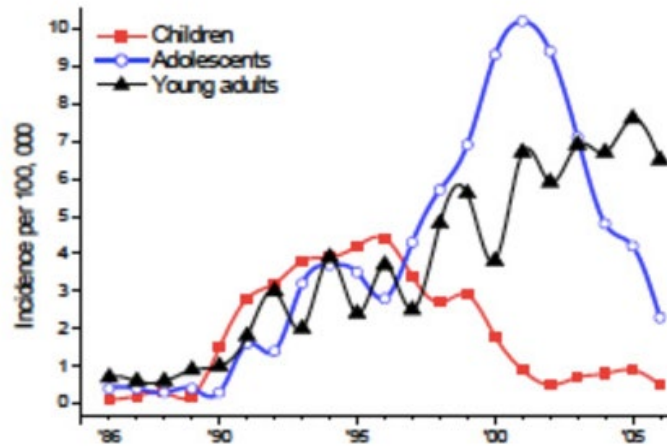
Le temps de demi-vie de l'Uranium est de 703,8 millions d'années.

### Document 3 : le déroulement de l'accident de Fukushima Daiichi

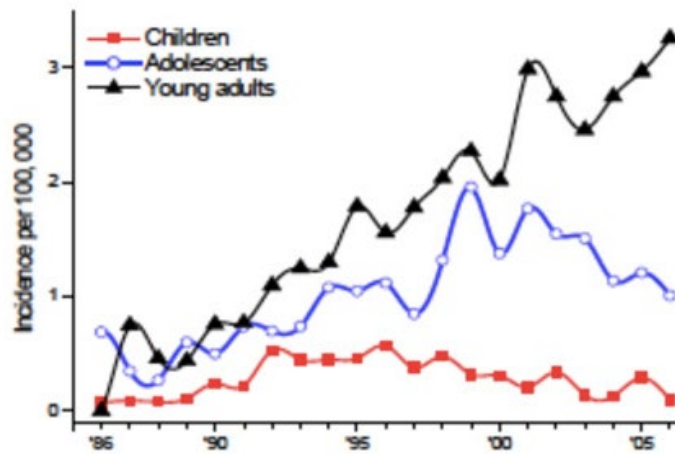
Vidéo expliquée par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire – IRSN.  
<https://youtu.be/gF19Ukb4S-I>

Document 4 : incidents nucléaires et cancers. Incidence du cancer de la thyroïde en Biélorussie, Ukraine et Russie entre 1986 et 2007 - Source : Yamashita Health Physics 2014

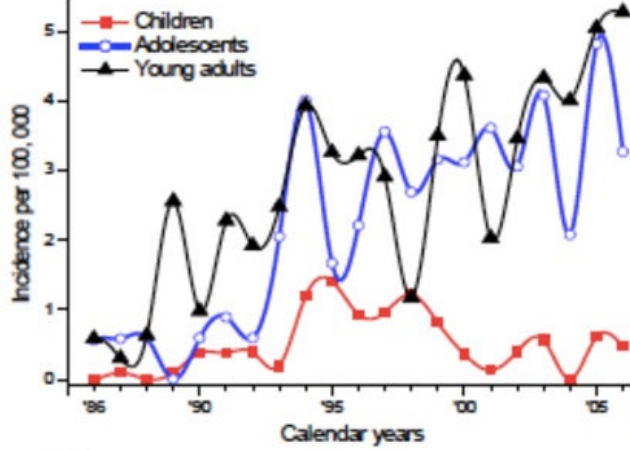
Belarus



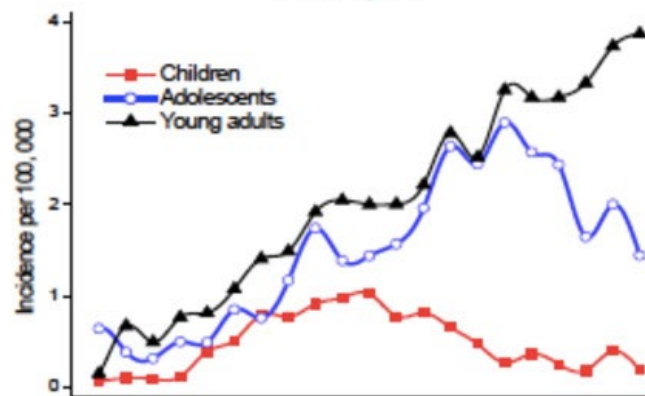
Ukraine



Russia



Three countries



Citez les risques issus du fonctionnement de réactions nucléaires.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

L'uranium est le combustible des centrales nucléaires. Celui-ci est issu de mines et contamine le sol. Or sa demi-vie étant de 700 millions d'années les sols sont donc pollués pendant tout ce temps. Ces pollutions provoquent aussi des impacts sur la santé.

Au-delà des pollutions, deux accidents majeurs ont eu lieu depuis 1987 : Tchernobyl et Fukushima. Les centrales nucléaires peuvent être proches de mégapoles (Fukushima est à 250 km de Tokyo), ce qui peut avoir un impact sur la santé des habitants sur le long terme comme le montre le document 4. Les cancers de la thyroïde ont fortement augmenté des 1986 en Ukraine et peu de temps après dans les autres pays. Les adolescents et les jeunes adultes ont particulièrement été touchés.

Bien que l'énergie nucléaire soit peu polluée d'un point de vue effet de serre, elle présente des inconvénients majeurs.



### L'ESSENTIEL

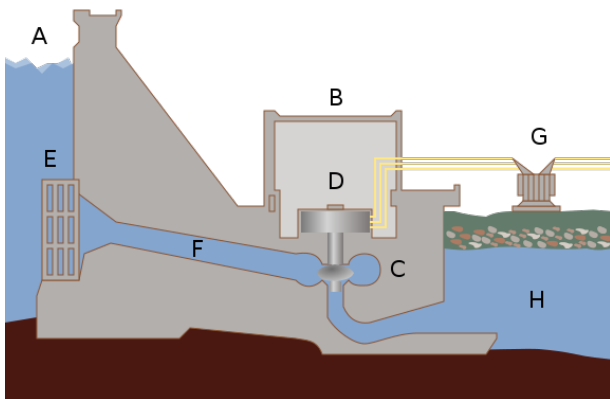
Bien que les convertisseurs type centrale nucléaire génèrent de l'électricité sans émettre de gaz à effets de serre, ceux-ci impliquent de nombreux inconvénients. Ils ont un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollutions chimiques ou radioactives, déchets radioactifs que l'on ne sait pas retraiter, accidents industriels...).

Au-delà de ces inconvénients, l'uranium n'est pas non plus présent de manière illimitée. Les stocks basés sur notre consommation actuelle indiquent une certaine d'années d'uranium disponibles sous réserve de découvertes de nouvelles mines.

Cette valeur est relativement faible et implique le développement de nouveaux types de convertisseurs et de générateurs électriques.

Le développement des éoliennes et des panneaux photovoltaïques va dans ce sens. L'irrégularité du vent et de l'ensoleillement limite malheureusement leurs efficacités et ne peuvent être utilisés qu'en convertisseurs de courant d'appoint.

D'autres méthodes ont dû être développées pour générer de l'électricité à tout moment : ce sont les barrages. Parmi eux, on peut trouver le barrage par gravité :



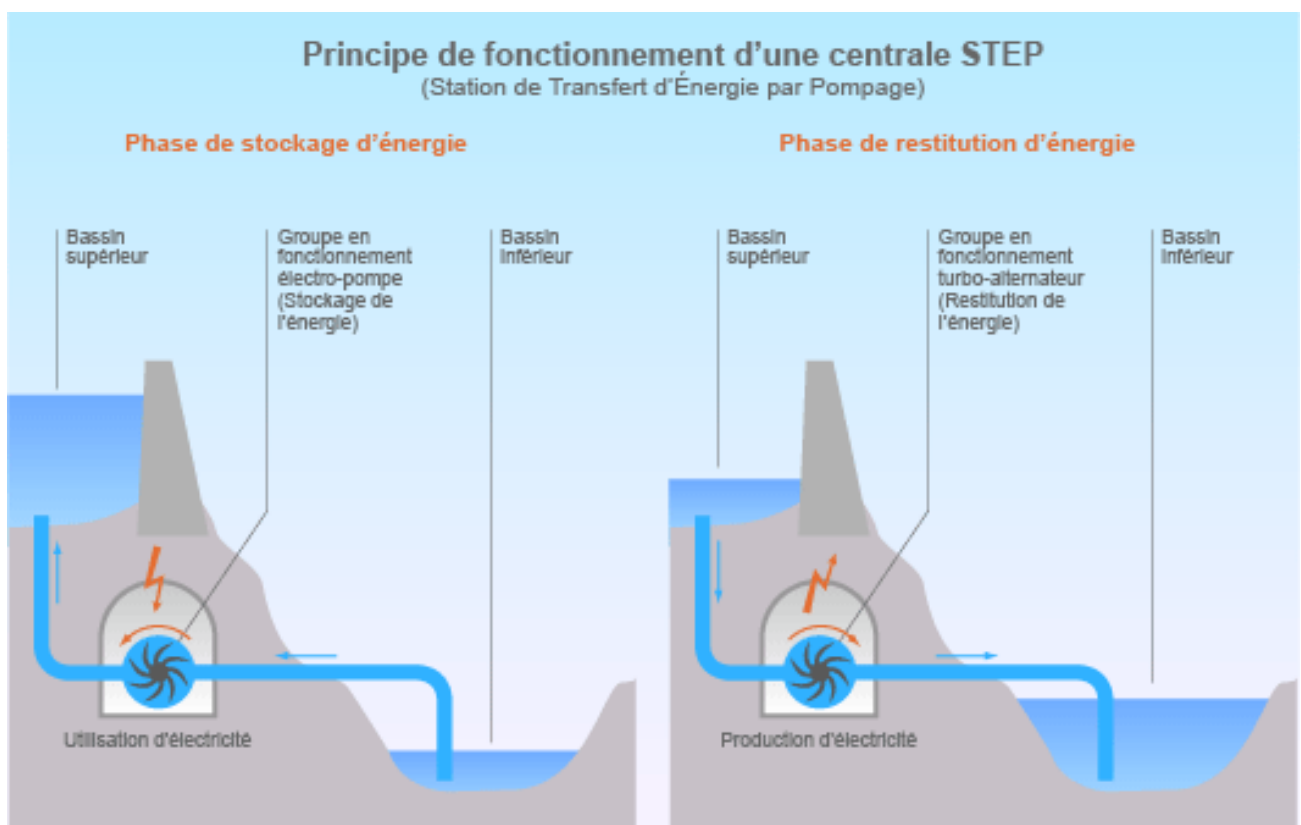
Barrage par gravité



Barrage de Mica au Canada, haut de 243 mètres.

Dans le cas d'un barrage dit « gravitaire » où une chute d'eau issue d'un réservoir (A) va faire fonctionner une turbine (C) qui va générer un générateur (D) d'une centrale électrique (B). L'eau est alors déversée dans une rivière (H) et le courant généré est envoyé dans le circuit électrique (G).

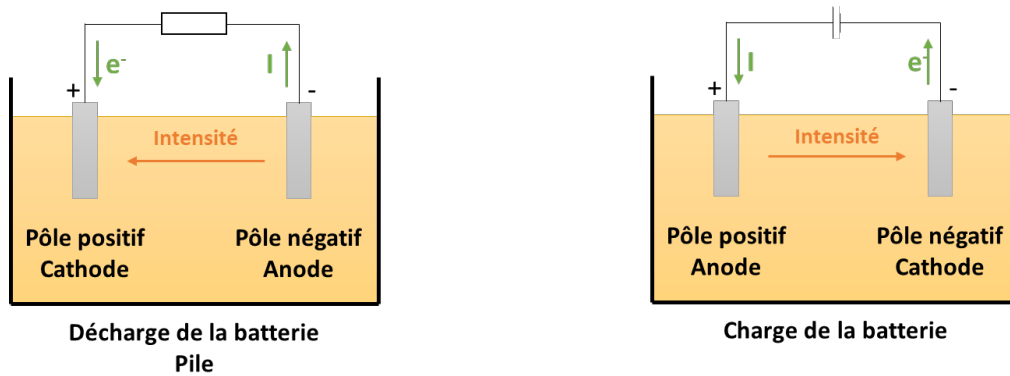
Il existe même des barrages réversibles où il est possible de pomper l'eau en aval pour la faire remonter en passant dans une turbine.



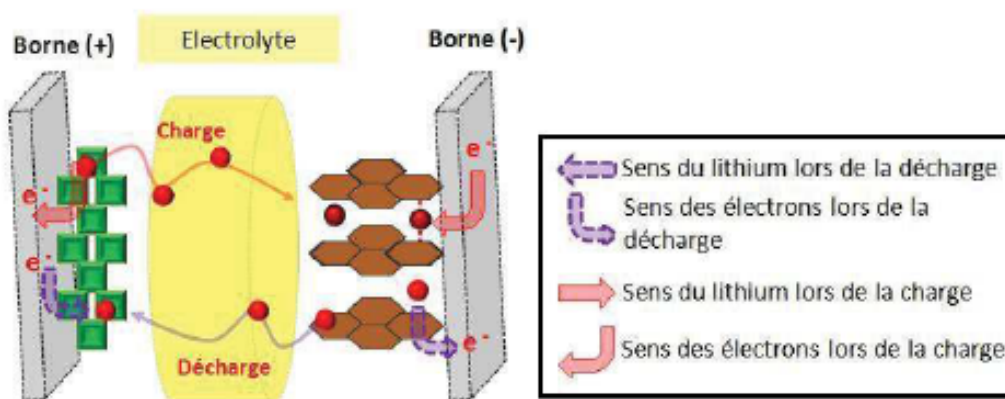
Ces exemples de convertisseurs permettent de générer une électricité en continue et à la demande.

Il ne s'agit pas de la seule énergie disponible à la demande puisque les accumulateurs existent. Les accumulateurs correspondent aux batteries. Il s'agit d'une conversion d'énergie chimique en énergie électrique. Des réactions d'oxydoréductions au niveau de d'électrodes libèrent un courant électrique à la demande.

Lors de sa décharge, l'accumulateur va générer du courant. Une fois l'accumulateur déchargé, il est possible d'inverser les réactions et de recharger la batterie en branchant l'accumulateur à une prise de courant.



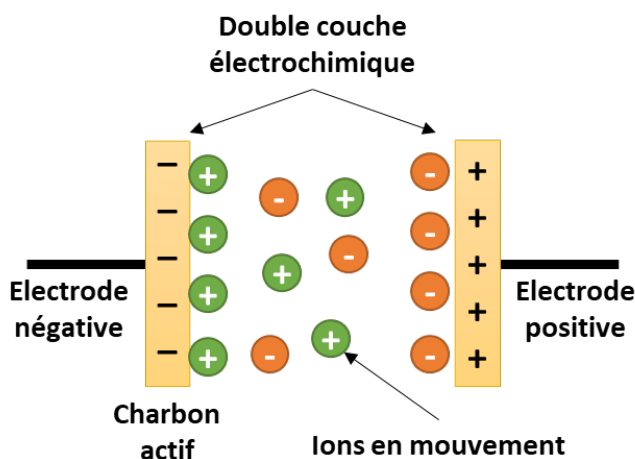
Actuellement les principales batteries utilisées sont les batteries lithium-ion ou polymère. Le lithium est en effet un des atomes les plus légers et mobiles. Cette mobilité en fait le candidat principal au niveau de l'utilisation des accumulateurs.



La batterie permet d'effectuer un millier de cycles de charges et décharges complètes. La température optimale d'une batterie est comprise entre 0 et 60°C. En dessous de 0°C, sa capacité (c'est-à-dire sa quantité d'énergie qu'elle peut délivrer une fois chargée) diminue. Une batterie présente aussi des risques de défaillances à la suite de réactions chimiques parasites internes, pouvant entraîner un incendie.

L'ensemble des défauts des batteries entraînent les scientifiques à développer une autre approche du stockage : les supercondensateurs ou super-capacité. Ceux-ci sont utilisés en complément des batteries.

Un supercondensateur est composé de deux électrodes et un électrolyte comme une batterie. A l'interface entre l'électrode/électrolyte est présente une couche électrique qui va provoquer le mouvement des ions. Ceux-ci se stockent et se déstockent au niveau de chaque électrode sans aucune réaction chimique, rendant l'opération quasi immédiate. Un supercondensateur (schématisé ci-dessous) peut ainsi être chargé et déchargé infiniment plus rapidement qu'une batterie. Sa quantité d'énergie reste cependant moins importante d'une batterie mais il s'adapte parfaitement aux véhicules qui s'arrêtent et redémarrent souvent comme les bus.





Voici un tableau comparatif entre la batterie et le supercondensateur :

	Efficacité	Nombre de cycles	Température	Risques	Cout	Quantité d'énergie
Supercondensateur	98%	500 000 – 20 000 000	-40 à 65°C	Aucun	≈ 10 batteries	+
Batterie	75 - 90%	1 000	-10 à 65°C	Incendie voire explosion	/	+++



## L'ESSENTIEL

Bien qu'elles ne dégagent pas de dioxyde de carbone, certains convertisseurs présentent de sérieuses limites. Les centrales nucléaires forment des déchets impossibles à retraiter aujourd'hui et présentent des risques sérieux d'un point de vue danger pour toutes les populations qui vivent à proximité des centrales nucléaires.

Les panneaux solaires et éoliennes sont eux moins dangereux mais leurs efficacités dépendent de phénomènes climatiques (soleil, vent) aléatoires que l'Homme ne peut contrôler.

L'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :

- énergie chimique (accumulateurs ou batteries) ;
- énergie potentielle (barrages) ;
- énergie électromagnétique (super-capacités).

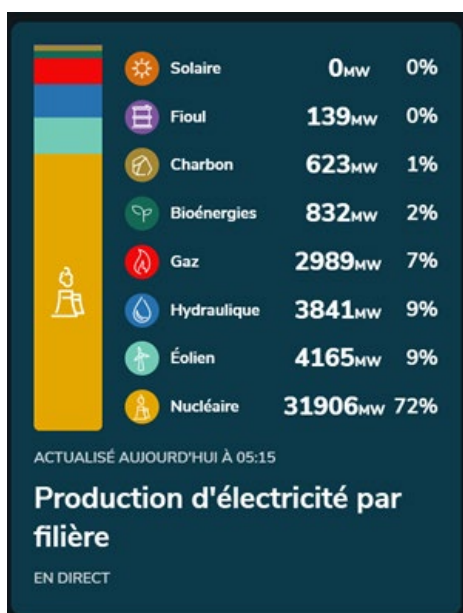


### Pour aller plus loin :

Voici une vidéo sur les dangers du dégel du permafrost :

<https://youtu.be/othd0BzpnQI>

Il est possible de voir quasiment en direct la production électrique française et sa répartition dans le temps sur la page d'accueil du site **rte-france.com**.



Production d'électricité française le 27 juillet à 5h15 le matin.

# LE TEMPS DU BILAN

- Il existe trois modes de conversion d'énergie primaire en énergie électrique sans combustion et donc de formation de dioxyde de carbone :
- La conversion d'énergie mécanique en énergie électrique soit de manière directe (éolienne), soit de manière indirecte (centrale nucléaire).  
La conversion d'énergie solaire en énergie électrique avec les panneaux photovoltaïques.  
La conversion d'énergie électrochimique en énergie électrique.

- Les convertisseurs d'énergie primaires en énergie électrique ont des rendements inférieurs à 100% à cause de l'effet Joule ou de frottements mécaniques. Ce rendement est défini par la formule :

$$\eta = \frac{E_{finale}}{E_{initiale}} = \frac{W_{électrique}}{W_{mécanique}}$$

- Ce rendement est forcément compris entre 0 et 1 et peut s'exprimer en pourcentage.  
Bien que les convertisseurs type centrale nucléaire génèrent de l'électricité sans émettre de gaz à effets de serre, ceux-ci impliquent de nombreux inconvénients. Ils ont un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollutions chimiques ou radioactives, déchets radioactifs que l'on ne sait pas retraiter, accidents industriels...).
- Bien qu'elles ne dégagent pas de dioxyde de carbone, certains convertisseurs présentent de sérieuses limites. Les centrales nucléaires forment des déchets impossibles à retraiter aujourd'hui et présentent des risques sérieux d'un point de vue danger pour toutes les populations qui vivent à proximité des centrales nucléaires.
- Les panneaux solaires et éoliennes sont eux moins dangereux mais leurs efficacités dépendent de phénomènes climatiques (soleil, vent) aléatoires que l'Homme ne peut contrôler.
- L'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :
  - énergie chimique (accumulateurs ou batteries) ;
  - énergie potentielle (barrages) ;
  - énergie électromagnétique (super-capacités).

Répondez à ces quelques questions à choix multiple.

1) La conversion d'énergie mécanique correspond au passage de l'énergie mécanique en :

- énergie thermique.
- énergie cinétique.
- énergie chimique.
- énergie électrique.

2) Les centrales nucléaires sont considérées comme des centrales :

- thermique.
- cinétique.
- chimique.
- électrique.

3) La chaîne de conversion d'une centrale nucléaire correspond à :

a.



b.



c.



d.



4) La chaîne de conversion d'un panneau solaire correspond à :

a.



b.



c.



d.



- 5) La pile est un système qui convertit :
- l'énergie chimique en énergie thermique.
  - l'énergie chimique en énergie électrique.
  - l'énergie électrique en énergie chimique.
  - l'énergie thermique en énergie chimique.
- 6) Une pile peut être rechargée en électricité :
- vrai.
  - faux.
- 7) La seule des énergies qui n'est pas une énergie primaire est l'énergie :
- mécanique.
  - thermique.
  - électrique.
  - chimique.
- 8) Le fonctionnement d'une pile ou d'une batterie est basé sur des réactions chimiques :
- de combustions.
  - d'oxydoréductions.
- 9) Certains convertisseurs présentent certaines limites environnementales et de santé publique, bien qu'ils ne rejettent pas de dioxyde de carbone. Ce sont :
- les barrages hydroélectriques.
  - les panneaux solaires.
  - les éoliennes.
  - les centrales nucléaires.
- 10) Dans le cas d'une batterie, une prise électrique va permettre de :
- générer du courant électrique.
  - convertir de l'énergie solaire en énergie chimique.
  - d'inverser les réactions et de recharger la batterie.
  - d'éviter les réactions de combustions.

## EXERCICE

11

Vrai ou Faux ?

	V / F
1. Afin de préserver du réchauffement climatique, il est important de valoriser les énergies non-émettrices en gaz à effet de serre.	
2. Dans le cas d'une hydrolienne, l'air par sa vitesse va faire tourner des pales. Celles-ci vont générer une énergie mécanique qui va être transformée grâce à un alternateur en courant électrique.	
3. Une centrale nucléaire va générer de manière indirecte de l'énergie électrique. Il s'agit dans ce cas présent, d'une centrale thermique.	
4. Le panneau photovoltaïque fonctionne grâce à un alternateur.	
5. Dans le cadre d'une pile ou d'une batterie, une énergie chimique est à l'origine d'une énergie électrique.	
6. L'accumulateur est le terme synonyme de batterie.	

7. Les centrales nucléaires ne relarguent pas de dioxyde de carbone. Elles ne présentent donc pas de limites majeures.	
8. L'uranium est un exemple de ressources non-illimitées de métaux rares.	
9. Les panneaux solaires peuvent être utilisés comme source d'électricité principale car ils ne dépendent pas des conditions extérieures.	
10. Les super-capacités peuvent être utilisés en appoint des batteries.	

## EXERCICE

12

Réaliser les schémas des chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir des différentes ressources primaires d'énergie suivante :

- Energie solaire.
- Energie chimique.
- Energie nucléaire

## EXERCICE

13

Ci-dessous les réserves mondiales d'énergies primaires en 2018.

	Réserves mondiales (en Gtep)	Production annuelle (en Gtep)	Nombres d'années de production à ce rythme
Pétrole	245	4,5	54
Gaz naturel	179	3,6	50
Charbon	606	4,5	144
Uranium	77	0,60	128
Hydroélectrique	2,0	2,25	Inépuisable
Energie éolienne	8,8	0,31	Inépuisable
Solaire	92 000	0,16	Inépuisable
Biomasse	70	1,32	Inépuisable

1) Pourquoi ce tableau est-il réparti en trois parties distinctes ?

---



---



---



---

2) Que pouvez-vous remarquer sur le nombre d'années de production à ce rythme des différentes ressources ?

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

3) Expliquer pourquoi la production annuelle d'hydroélectricité est plus importante que les ressources mondiales ?

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

4) Justifier que les ressources renouvelables soient inépuisables ?

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

5) « Depuis 1950, le nombre d'années de production du pétrole est de 50 ans. Nous sommes en 2020 et il est toujours de 50 ans. C'est une preuve que l'on nous ment ». Commenter cette phrase. Est-elle justifiée ?

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

Voici les listes de différentes centrales solaires installées par EDF.

Centrale solaire	Région	Nombre de panneaux solaires	Capacité (en MW)	Consommation électrique annuelle (en habitants)	Année de mise en service
Fouilloux	Nouvelle-Aquitaine	99 375	11,9	6 000	2018
La Fossette	Provence-Alpes-Côte d'Azur	46 000	12	7 000	2017
Sainte-Tulle	Provence-Alpes-Côte d'Azur	70 000	5,24	3 500	2009
Crucey	Centre-Val de Loire	741 150	60	28 000	2012
La Narbonnaise	Occitanie	95 000	7	4 200	2008
Ba 136 Rosières-En-Haye	Grand-Est	1 500 000	115	55 000	2012
Bordeaux-Lac	Nouvelle Aquitaine	60 000	12	5 000	2012
Massangis	Bourgogne-Franche-Comté	700 000	56	26 000	2012

- 1) En 2008, 95 000 panneaux solaires permettaient la formation de 7 MW d'électricité. 10 ans plus tard, un nombre équivalent de panneaux solaires génèrent 11,9 MW d'électricité. Comment expliquer une telle différence ?

---



---



---



---



---

- 2) Une idée reçue est que le panneau solaire ne peut fonctionner que dans le sud de la France. A la vue de ces résultats, qu'en pensez-vous ?

---



---



---



---



---



---



---



---



---

### Les hydroliennes lyonnaises

« Fin décembre, 4 hydroliennes ont été immergées dans le Rhône, à Caluire et Cuire. Elles tirent parti du courant du fleuve pour produire une électricité 100% renouvelable, directement injectée dans le réseau électrique : une première mondiale ! Et un pas de plus pour la transition énergétique dans la Métropole de Lyon.

Cette ferme hydrolienne est amarrée dans le lit du Rhône en zone non navigable, à Caluire-et-Cuire. Elle est située à hauteur du parc Saint-Clair, juste en face des parcs Tête d'Or et Feysine.

### Une hydrolienne, comment ça marche ?

L'hydrolienne utilise simplement la vitesse du courant de l'eau (contrairement à un barrage qui utilise la puissance d'une chute d'eau). Mécaniquement, la force du courant fait tourner les pales de l'hydrolienne qui entraînent à leur tour un arbre de rotation relié à une petite usine électrique en bord de quai. C'est ainsi que le courant est transformé en énergie électrique.

À Caluire, 4 hydroliennes de 80 kW ont été installées. À elles quatre, elles produisent 1 GWh d'énergie par an. Ce qui équivaut à la consommation électrique de 500 foyers (hors chauffage). L'énergie électrique est directement injectée dans le réseau électrique ERDF.

### Une électricité 100 % renouvelable

Le parc hydrolien respecte la biodiversité et n'amointrit pas la qualité de l'eau : seuls des points d'ancrages ont été installés au fond du cours d'eau. Les hydroliennes ne font pas de bruit et n'émettent pas de gaz à effet de serre. Avec la ferme hydrolienne, 300 tonnes d'émissions annuelles de CO2 sont évitées ! »

Extrait de met.grandlyon.com

1) Qu'est-ce qu'une hydrolienne ? Expliquer son fonctionnement.

---

---

---

---

---

---

---

---

2) Faire le schéma de chaîne de transformation énergétique.

---

---

---

---

---

---

---

---

3) Justifier que ce type d'installation puisse limiter les rejets de dioxyde de carbone.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## EXERCICE

16

Stocker de l'énergie d'après le sujet du baccalauréat de Science – Série ES – Métropole 2019

Avec l'essor des énergies renouvelables, la capacité mondiale de stockage de l'énergie devrait tripler d'ici l'année 2030. Une solution compétitive économiquement est à l'étude. Il s'agit du projet StEnSea (Stored Energy in the Sea).

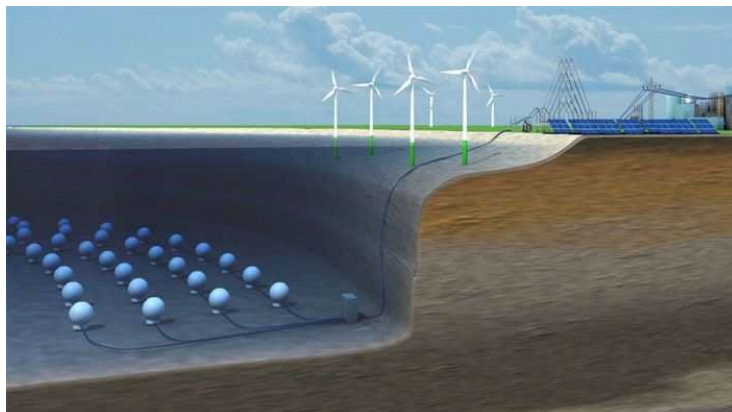
Document 1 : description du projet

Des énormes sphères creuses en béton sont installées sous la mer. C'est avec ce dispositif que des chercheurs allemands de l'institut Fraunhofer IWES veulent créer un nouveau système de stockage de l'énergie adapté aux éoliennes en mer.

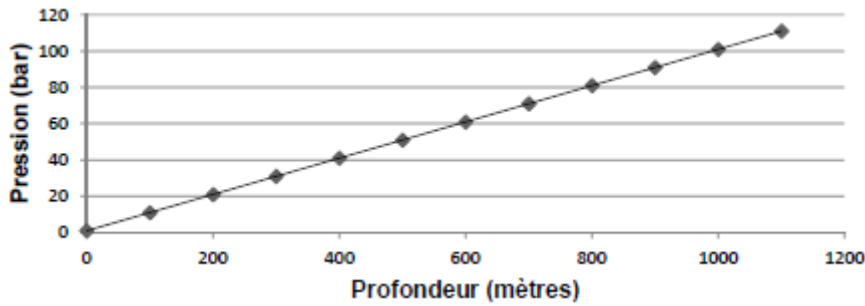
Dans les sphères en béton, l'électricité en surplus produite par les éoliennes est utilisée pour pomper de l'eau hors de la sphère immergée. Pour récupérer l'énergie, il suffit alors d'ouvrir les vannes pour que l'eau rentre à nouveau dans la sphère en faisant tourner au passage une turbine. La quantité d'énergie produite augmente avec la pression exercée par l'eau sur la turbine. L'impact sur l'environnement de ce dispositif est mineur.

L'équipe du projet a évalué les conditions de fonctionnement optimal pour un tel système. Une sphère de diamètre 30 mètres, placée à une profondeur de 700 mètres, pourrait stocker une énergie d'environ 20 MWh. Le rendement de ce dispositif pourrait avoisiner les 85 %. Une ferme d'éoliennes off-shore pourrait exploiter la capacité de stockage d'un système comprenant 5 à 120 sphères immergées.

Données caractéristiques du projet	
Puissance fournie par une sphère	5 MW
Temps nécessaire pour remplir une sphère	4 h
Volume d'eau stocké	12 000 m <sup>3</sup>



Document 2 : évolution de la pression exercée par l'eau en fonction de la profondeur



Document 3 : la batterie lithium-ion, une autre solution pour le stockage de l'énergie

Les batteries lithium-ion sont utilisées dans les véhicules électriques ainsi que dans les fermes de batteries. L'américain Elon Musk a construit en Australie la plus grande ferme de batteries du monde. Cette ferme appelée Powerpack a pour mission de réguler la demande énergétique et de stocker l'énergie provenant d'un parc éolien. La ferme peut stocker une énergie totale de 129 MWh. Elle pourra ainsi alimenter 8000 foyers pendant 24 heures ou 30 000 maisons pendant une heure en cas de panne générale.

1) Justifier la nécessité de stocker l'énergie produite par les éoliennes.

.....

.....

.....

.....

2) Expliquer l'intérêt d'immerger le dispositif à une grande profondeur.

.....

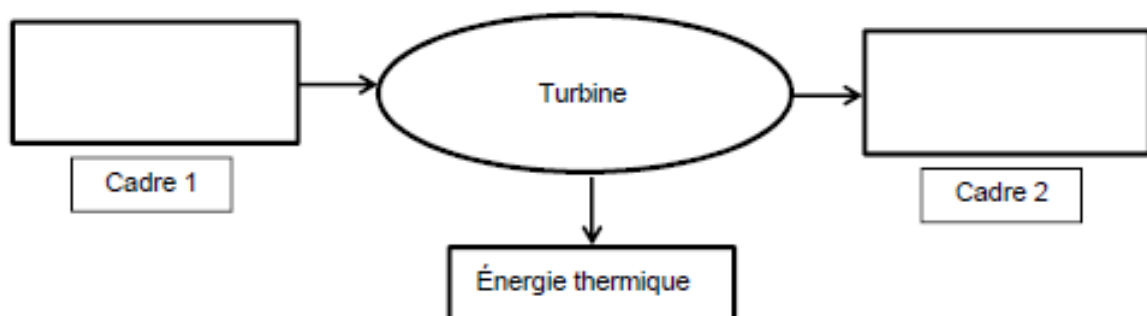
.....

.....

.....

3) Lorsque les sphères se remplissent d'eau et que l'énergie stockée est restituée, préciser sur la copie, sans recopier la chaîne énergétique ci-dessous, le numéro du cadre et lui associer une expression choisie parmi les suivantes :

énergie chimique - énergie électrique - énergie lumineuse  
 énergie mécanique - énergie thermique - énergie nucléaire



- 4) L'équipe du projet a évalué qu'une sphère pourrait stocker une énergie d'environ 20 MWh.  
a. Retrouver cette valeur par un calcul à l'aide des données.

b. Calculer l'énergie stockée par un parc de 100 sphères et la comparer à la capacité de stockage de la ferme Powerpack implantée en Australie. Commenter brièvement le résultat.

Une sphère = 20 MWh  $\Leftrightarrow$  100 sphères = 20 x 100 = 2 000 MWh.

Or le document 1 nous indique que ces sphères pourraient avoir un rendement de 85% : 2000 x 85% = 1 700 MWh

## EXERCICE

17

Le chantier Romanche-Gavet : un projet d'eau et d'avenir d'après le sujet du baccalauréat de Science – Série ES – Pondichéry 2018

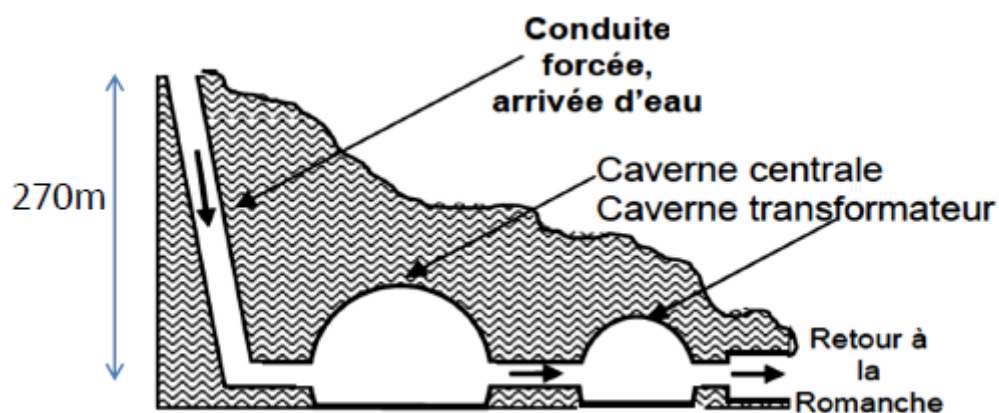
Aux portes de l'Oisans, dans une vallée étroite, EDF mène actuellement le plus grand chantier hydroélectrique en France. Plus puissant, mieux intégré au paysage et respectueux de l'environnement, ce nouvel équipement souterrain va remplacer les 6 centrales et 5 barrages actuels de la vallée de la Romanche qui génèrent actuellement une puissance de 82 MW\* pour une production énergétique annuelle moyenne de l'ordre de 405 GWh\*\*. Un seul barrage en amont de la Romanche permettra de canaliser l'eau dans une galerie souterraine de 9,3 kilomètres de long, creusée dans le massif de Belledonne (voir plan de coupe ci-dessous). Traversant la montagne en pente douce, l'eau terminera sa course dans un puits vertical de 270 mètres de haut, au pied duquel, deux turbines permettront de générer, à elles seules, une puissance électrique de 92 MW\*.

\* 1MW=  $1 \times 10^6$  W

\*\* 1GWh=  $1 \times 10^9$  Wh

D'après : [www.edf.fr](http://www.edf.fr)

Plan de coupe de la centrale Romanche-Gavet



La caverne centrale contient les turbines et l'alternateur.

On s'intéresse aux avantages apportés par cette nouvelle centrale hydroélectrique. A l'aide des connaissances et des documents, répondre aux questions suivantes.

1) Définir le caractère renouvelable d'une ressource d'énergie et en citer deux exemples.

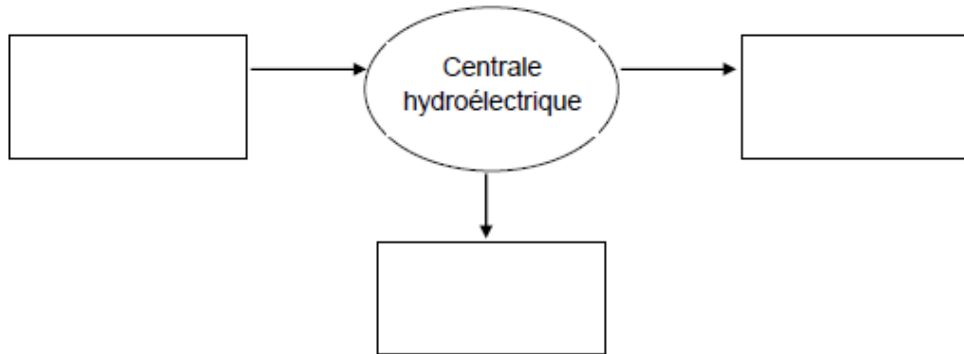
.....

.....

.....

.....

2) Reproduire puis compléter la chaîne énergétique suivante correspondant au fonctionnement simplifié de cette centrale hydroélectrique en identifiant la forme d'énergie dans chaque rectangle :



3) Les centrales hydroélectriques ne produisent pas de l'énergie en continu.

- a. En moyenne quelle est la durée de fonctionnement (en heure) à plein régime de l'ancienne installation durant une année ?

.....

.....

.....

.....

- b. En considérant que la nouvelle centrale fonctionne environ 254 jours par an, calculer l'énergie qu'elle pourra produire sur une année. Le nouveau barrage pourra fonctionner 254 jours par an.

.....

.....

.....

.....

4) Les avantages présentés de cette nouvelle centrale sont-ils justifiés ?

.....

.....



**Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le devoir n°1**

