COURS PI

L'école sur-mesure

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

Term. Générale

Enseignement Scientifique

Module 2 - Le futur des énergies



- ***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



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.

LE MOT DE L'AUTEUR

L'énergie a toujours été un besoin vital pour l'Homme… Son utilisation a commencé par la maitrise 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 précédés 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 maitrise 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.

En 1891, la première ligne de courant électrique longue distance en Allemagne apparut et permis 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 entraina une bataille entre les partisans des deux types de courant mais surtout le progrès technique. La fin du 19ème siècle permis aussi la maitrise 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 maitrise 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.

TERMINALE GÉNÉRALE
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

Module 2 • Le futur des énergies

CHAPITRE 1. Deux siècles d'énergie électrique 5

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

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

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

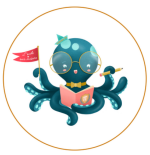
CHAPITRE 4. Choix énergétiques et impacts sur les sociétés 89

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 & activités 109



Toutes les applications proposées dans ce module disposent de corrigés-types.

- Dans la **version papier**, vous les retrouverez regroupés en toute fin du fascicule, et les repérerez à leur impression sur **papier de couleur**.
- Dans la **version numérique** de l'ouvrage, ils vous sont accessibles en scannant le QR code ci-contre.



BIBLIOTHÈQUE THÉMATIQUE

Une sélection de ressources à explorer librement et goulûment

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/*


Le Cours

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.

18	**x**
25	**100**

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.

Ecriture 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 α>0, alors le nombre est positif.

Si α<0, alors le nombre est négatif.

Petite astuce ! α renvoie au nombre de 0 !

Exemple :

$10^2 = 1\mathbf{00}$ Soit deux zéros !	$10^6 = 1\ \mathbf{000\ 000}$ Soit six zéros !	$10^{-2} = \mathbf{0,}01$ Soit deux zéros !	$10^{-6} = \mathbf{0,000\ 00}1$ Soit six zéros !
$10^4 = 1\mathbf{0\ 000}$ Soit quatre zéros !	$10^{10} = 1\mathbf{0\ 000\ 000\ 000}$ Soit dix zéros !	$10^{-4} = \mathbf{0,000}\ 1$ Soit quatre zéros !	$10^{-10} = \mathbf{0,000\ 000\ 000}\ 1$ 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 µg (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.

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.

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.

64.500 km²… 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 m², 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 repondu. 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 :

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

Avec : E la valeur de l'éclairement en « lux » et S la surface de la cellule en m^2.
Le « lux » est l'unité de la valeur de l'éclairement. 684 lux correspondent à 1 $W.m^{-2}$.

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 Icc pour une tension nulle.
- La tension à vide Uv pour un courant nul.

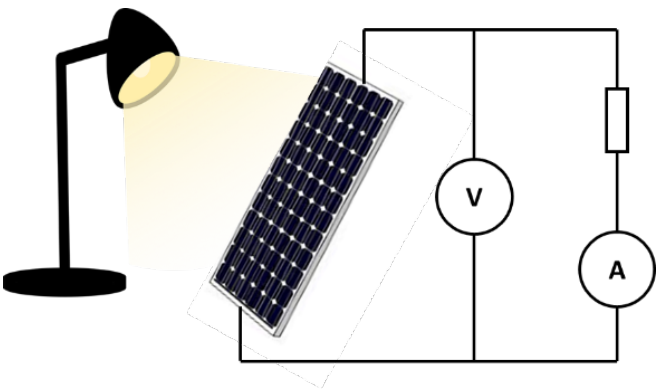
- Cherchez les définitions du courant de court-circuit et de la tension à vide.

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 cm^2 et l'éclairement est de 2300 lux.

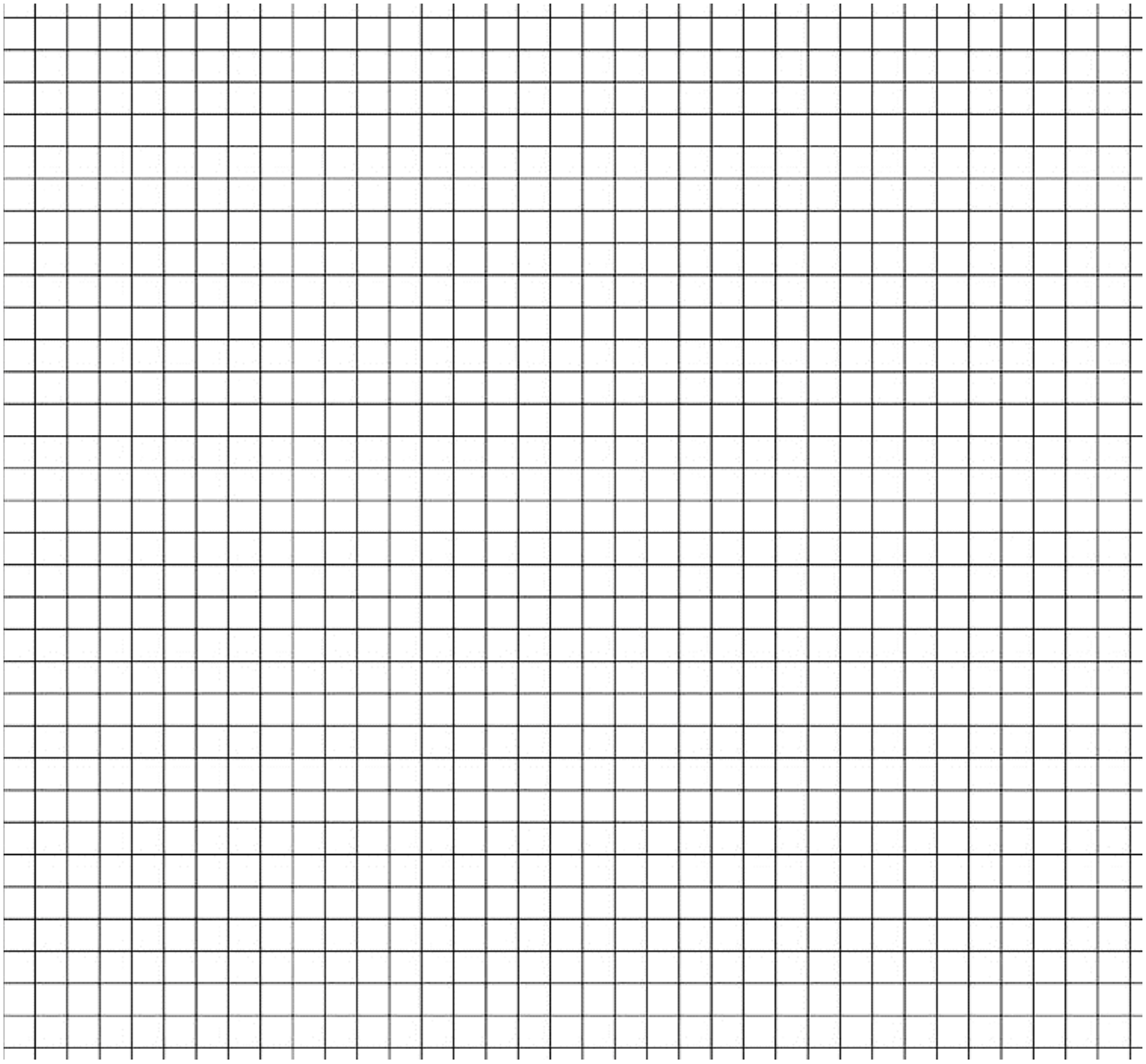
Le montage ressemble donc au suivant :



Les résultats obtenus sont les suivants :

R en Ω	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 Ω	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 Ω	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						

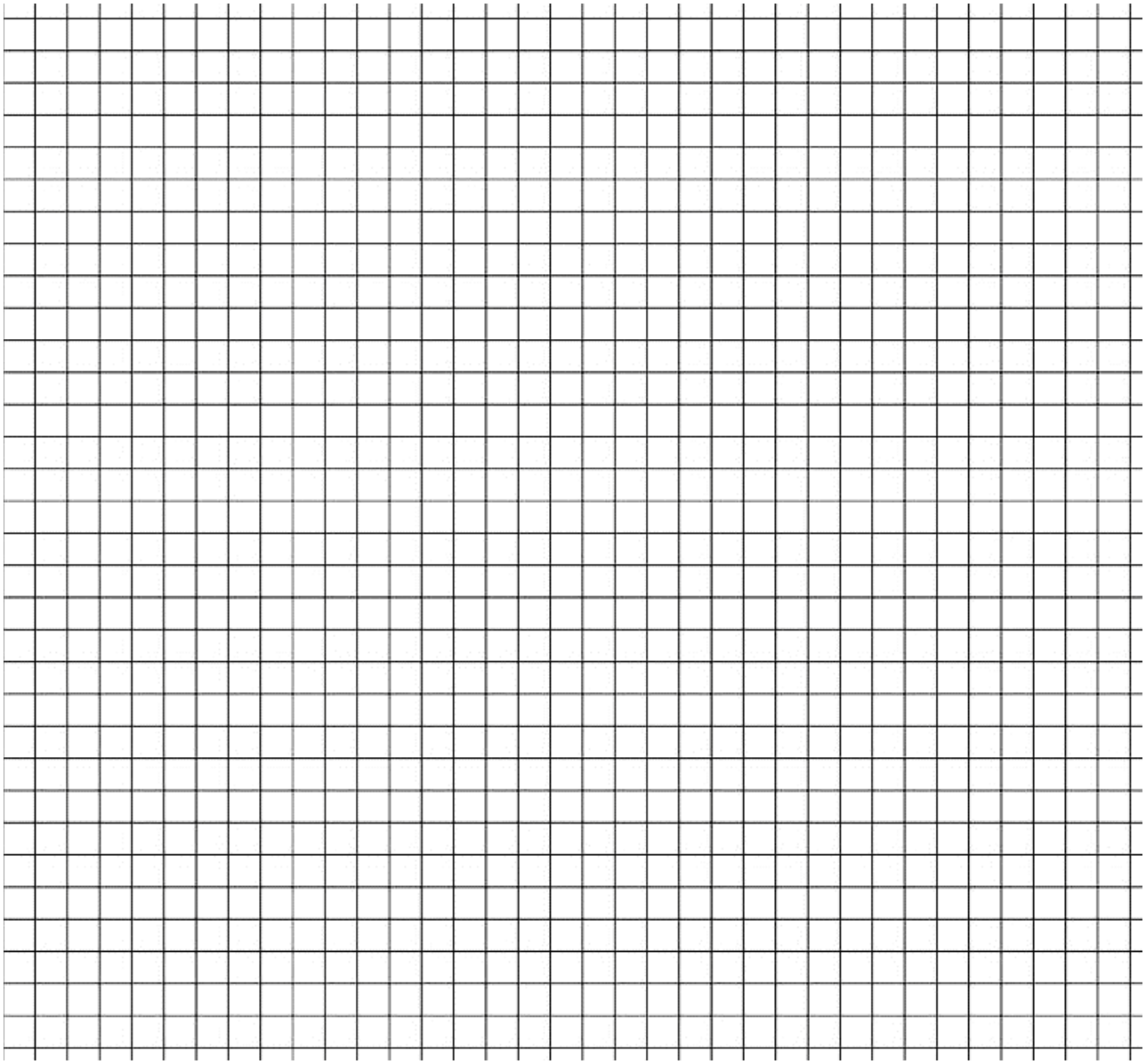
- Tracez la caractéristique intensité / tension (ou Ic = f(Uc)).



- 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 x I, déterminez P pour chaque point et tracez la caractéristique P = f(Uc).



- Déterminez la puissance maximale de la cellule.

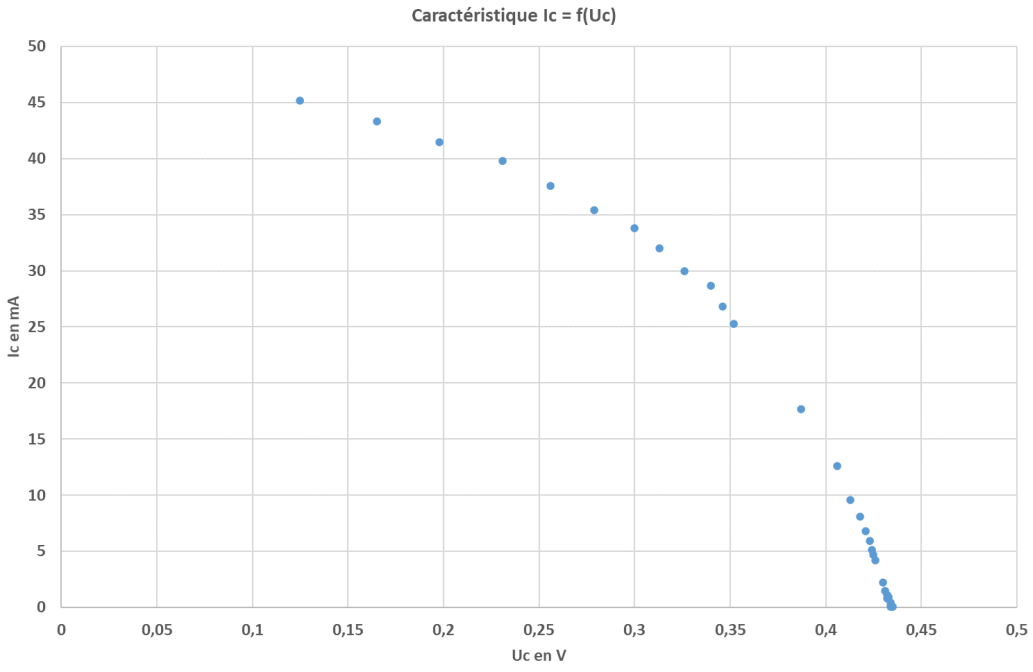
- Déterminez le rendement η de la cellule sachant que :

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

Avec Pm la puissance maximale en W, E l'éclairement en W.m-2 (100 lux = 1 W.m-2) et la surface en m2.

CORRECTION

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

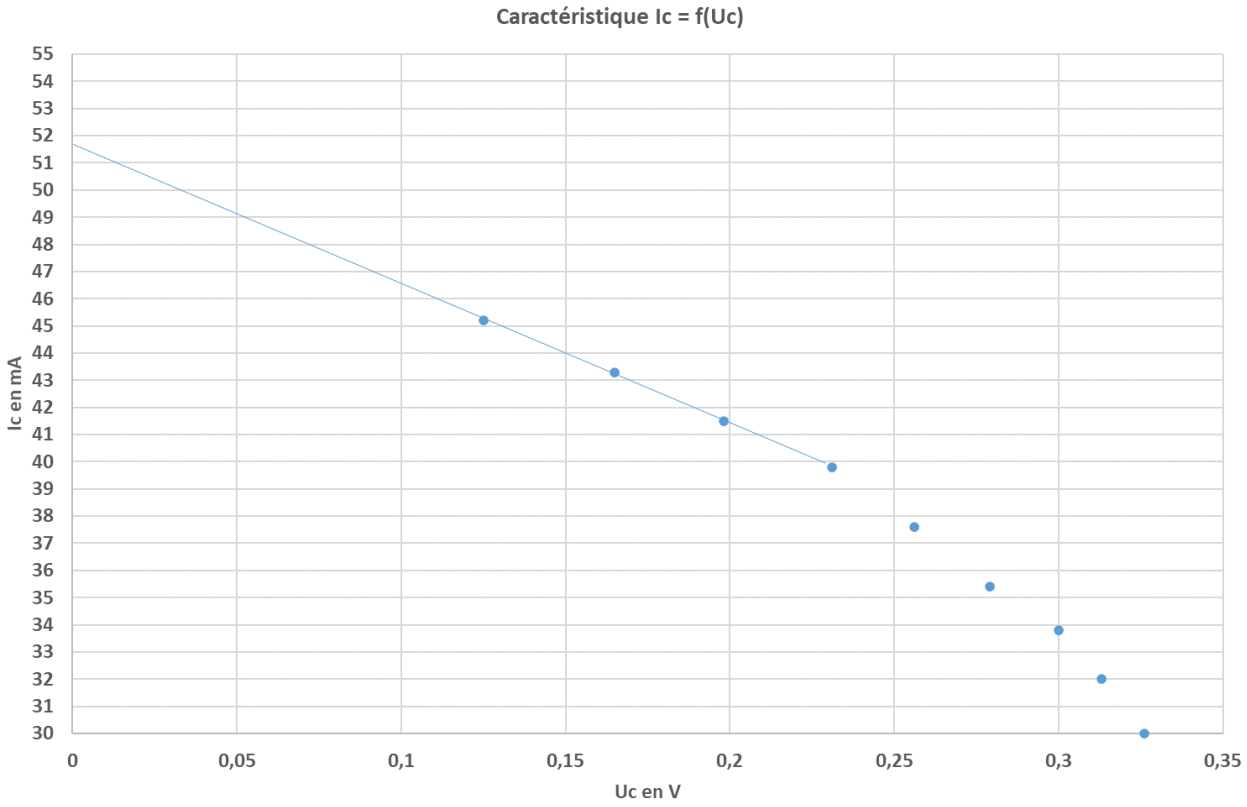


Un récepteur a sa courbe caractéristique qui passe par l'origine. Qu'en déduisez-vous ?

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 ?

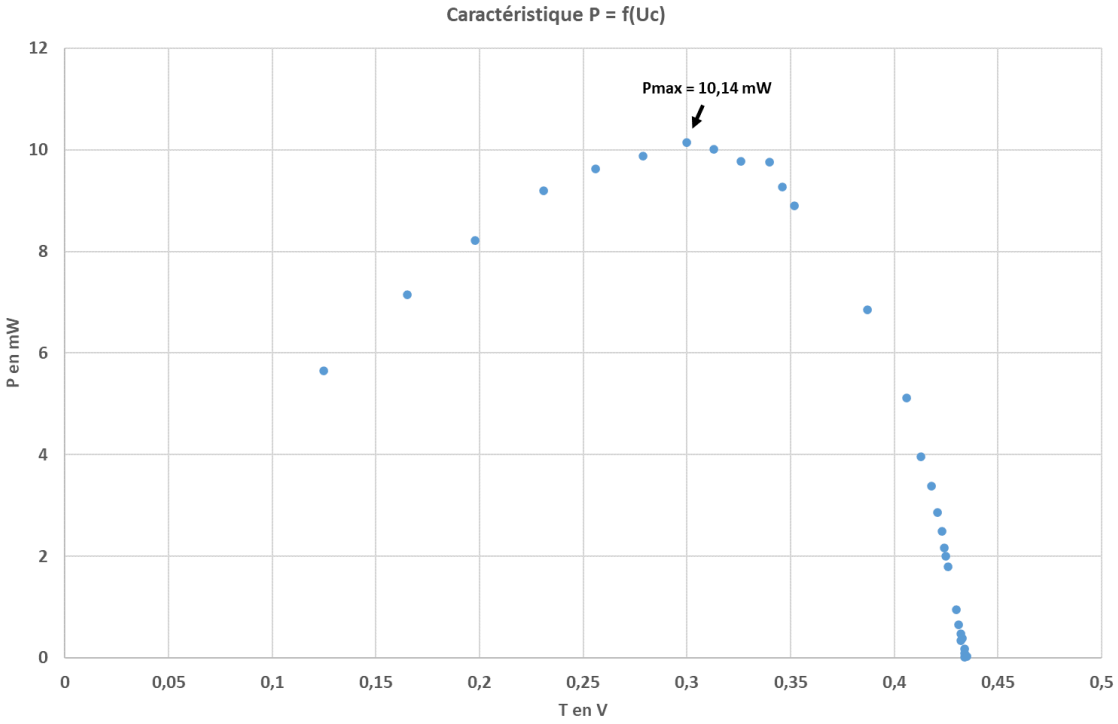
Pour déterminer l'intensité quand la tension est nulle, nous allons tracer une tangente sur les premiers points de la courbe et projeter celle -ci pour une valeur $U^C = 0$



Au niveau de l'origine, Ic vaut 52 mA environ. Cela correspond à l'intensité de court-circuit du courant Icc.

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

R en Ω	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
P en mW	***5,65***	***7,144***	***8,217***	***9,193***	***9,625***	***9,876***	***10,14***	***10,01***	***9,78***	***9,758***	***9,272***	***8,905***
R en Ω	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
P en mW	***6,850***	***5,116***	***3,965***	***3,386***	***2,863***	***2,496***	***2,162***	***1,998***	***1,790***	***0,946***	***0,647***	***0,475***
R en Ω	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						
P en mW	**0,390**	**0,346**	**0,174**	**0,082**	**0,035**	**0,013**						



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 η 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 x 10^{-3} W.**
- **2300 lux = 23 W.m^{-2}.**
- **54 cm^2 = 54 x 10^{-4} m^2.**

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

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

01

DEUX SIÈCLES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'alternateur, une découverte révolutionnaire

LE FONCTIONNEMENT DE L'ALTERNATEUR

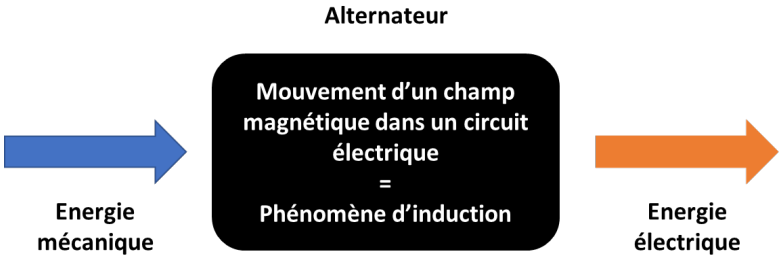
Aujourd'hui, nous avons à notre disposition au quotidien de l'électricité. Celle-ci est présente à la demande et dans des quantités quasi-illimitées en France… Mais d'où vient-elle ?
Quelle que soit le type d'énergie initiale (nucléaire, vent, soleil etc), il existe une pièce fondamentale à la création 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.

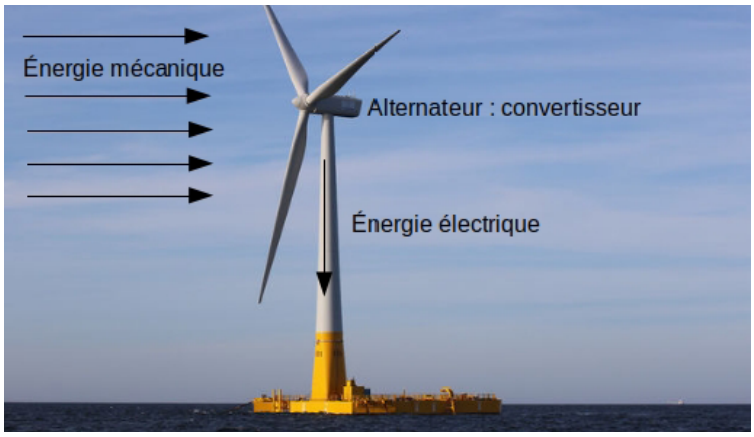
Mais que se cache-t-il réellement derrière tous ces termes ?
Le fonctionnement d'un alternateur est toujours le même. Une énergie mécanique met en rotation un aimant appelé rotor. Un champ magnétique se crée. Ce rotor tourne alors dans le stator, une pièce fixe composée de circuits électriques. Ce mécanisme 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.



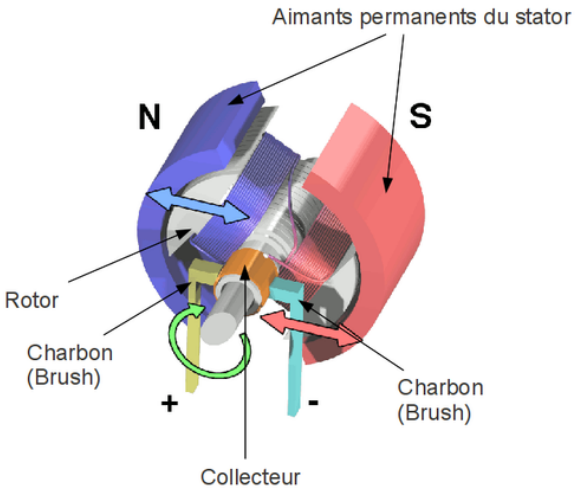
L'ensemble rotor et stator est appelé alternateur. Les puissances mises en jeu vont du Watt (comme pour une dynamo) au GigaWatts pour les applications physiques les plus perfectionnés.
Voici ci-dessous le principe de l'alternateur dans une vidéo de physique-chimie : https://youtu.be/jlB2zERZYsY

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 entraine 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 entraine 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 st relié à une charge électrique.
Cet alternateur est une pièce maitresse de l'ensemble de nos centrales (hydraulique, nucléaire ou thermique) mais aussi des éoliennes.

LE PHÉNOMENE 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.



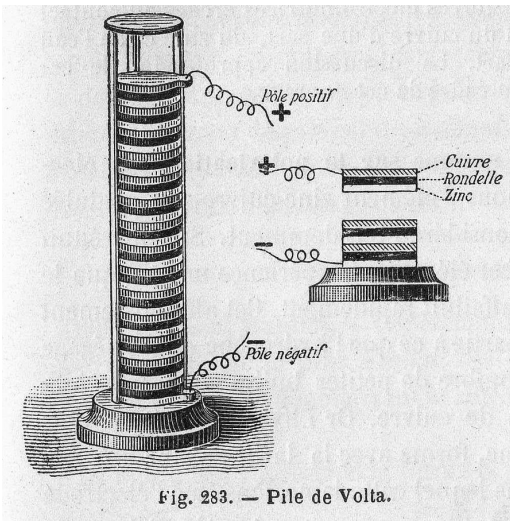


Fig. 283. — Pile de Volta.

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

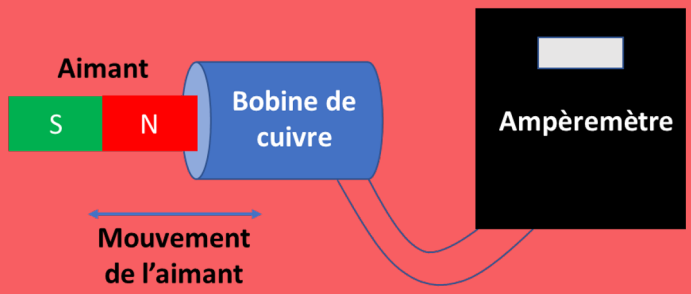
Un courant électrique peut donc impacter un champ magnétique mais rien ne laisse penser que la réciproque est possible. C'est ce que Michael Faraday réussit à démontrer en 1831 ! Un circuit électrique fermé est parcouru par un courant électrique lorsqu'il est plongé dans un champ magnétique variable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

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

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.

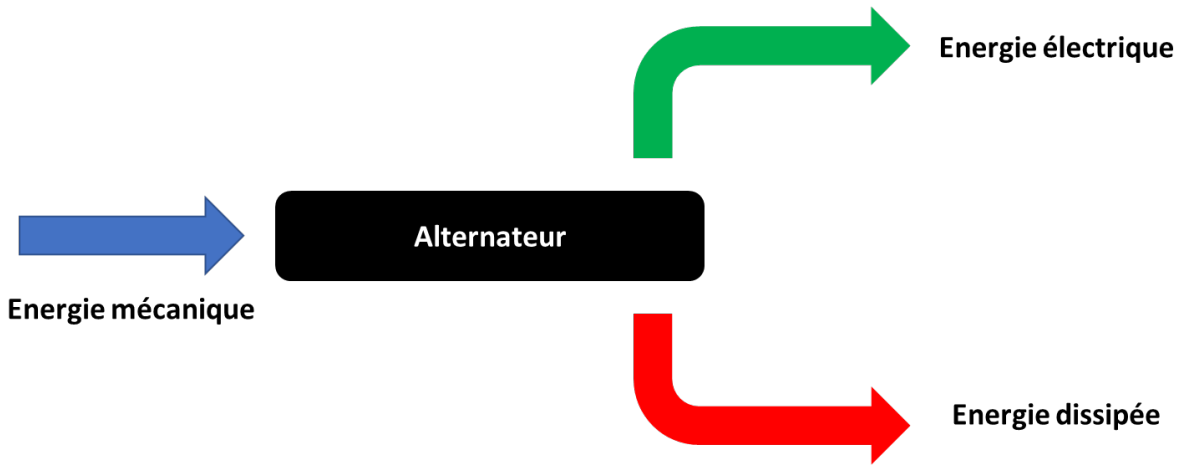


RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

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 ($E_{élec}$)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.

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 !

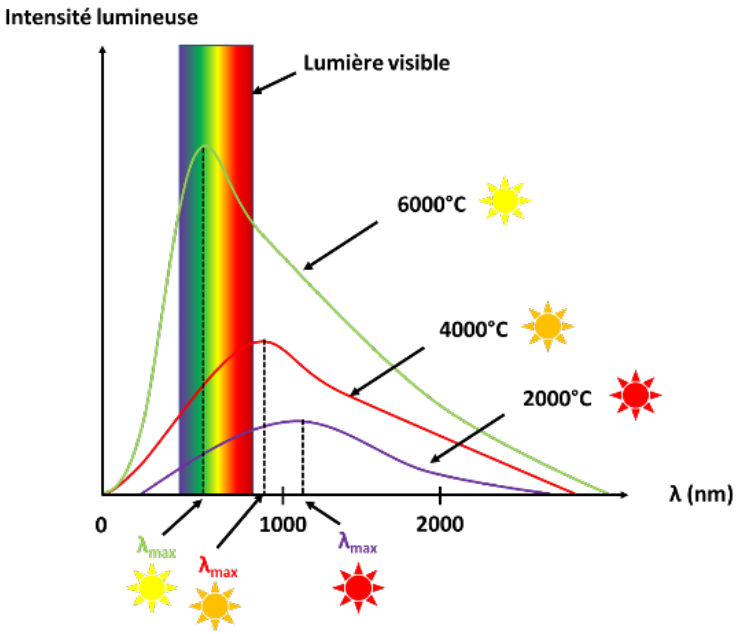
02 DEUX SIÈCLES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Les semi-conducteurs, base des capteurs solaires

Au début du XXème 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 XXème 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 :

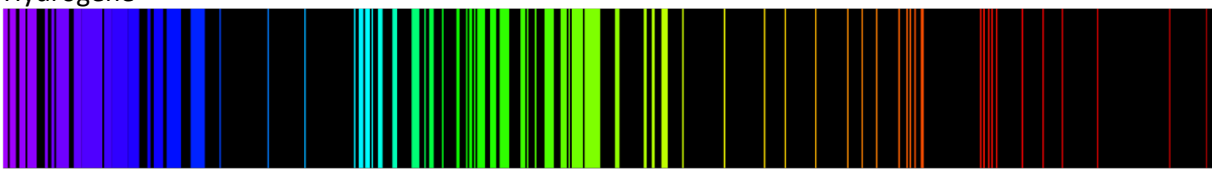


Que peut-on remarquer ?

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 ».



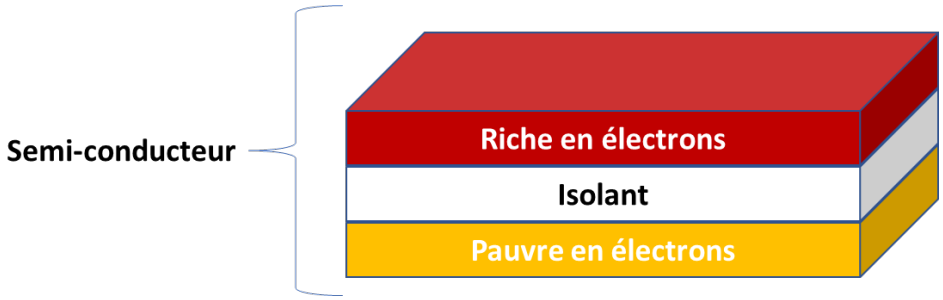
L'ESSENTIEL

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.

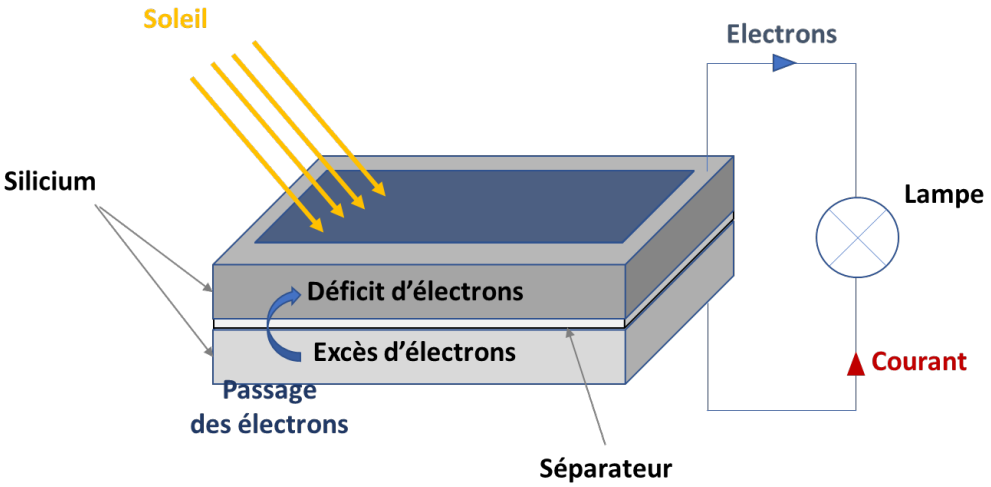
Les panneaux solaires sont une des avancées majeures de ce 21ème siècle et fleurissent un peu partout sur nos maisons. Cependant, peu de personnes savent pourtant réellement expliquer leurs fonctionnements. Nous allons nous y intéresser.

LES PANNEAUX SOLAIRES

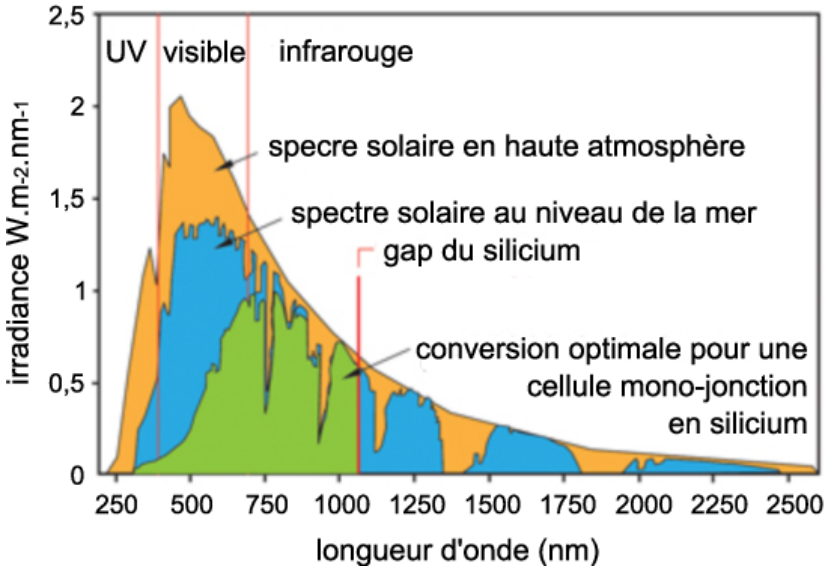
Les panneaux-solaires sont composés d'un matériau particulier appelé semi-conducteur. Ces semi-conducteurs sont composés de deux couches de matériaux, une comportant un excès d'électrons, l'autre un déficit d'électrons. Ces deux plaques sont, elle-même, séparées d'un isolant.



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 et 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 et proche du spectre solaire sur une grande partie des ondes visibles et infrarouges.

EXERCICES

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.

1. Un alternateur est défini comme un convertisseur :
   a. d'énergie solaire en énergie électrique.
   b. d'énergie mécanique en énergie électrique.
   c. d'énergie cinétique en énergie électrique.
   d. d'énergie chimique en énergie électrique.

2. Le phénomène d'induction est défini comme :
   a. Le mouvement d'un champ chimique dans un champs magnétique.
   b. Le mouvement de deux champs magnétiques en sens opposés.
   c. Le mouvement d'un champ magnétique dans un circuit électrique.
   d. Le mouvement d'un champ électrique fourni par une réaction chimique.

3. Le rendement d'un alternateur est égal au :
   a. Rapport entre l'énergie mécanique reçue par un alternateur et l'énergie électrique fournie par l'appareil.
   b. Rapport entre l'énergie électrique reçue par un alternateur et l'énergie mécanique fournie par l'appareil.
   c. Rapport entre la puissance mécanique reçue par un alternateur et l'énergie électrique fournie par l'appareil.
   d. Rapport entre l'énergie électrique reçue et fournie par l'appareil.

4. Le phénomène d'induction a été découvert par :
   a. Albert Einstein.
   b. Isaac Newton.
   c. Michal Faraday.
   d. Marie Curie.

5. L'effet Joule est une partie de l'énergie mécanique transformée sous forme :
   a. D'énergie chimique.
   b. D'énergie électrique.
   c. D'énergie thermique.
   d. D'énergie magnétique.

6. Le fonctionnement d'un panneau solaire est le résultat de recherche en :
   a. Chimie.
   b. Physique quantique.
   c. Physique newtonienne.
   d. Electrotechnique.

7. Les panneaux solaires sont constitués de matériaux :
   a. Isolants.
   b. Biodégradables.
   c. Conducteurs.
   d. Semi-conducteurs.

8. Lorsque les rayons du soleil appelés « photons » rencontrent le panneau solaire, leurs énergies de ceux-ci permettent :
   a. Aux électrons de passer de la « couche riche » en électrons à la « couche pauvre » en électrons.
   b. Aux électrons de passer de la « couche pauvre » en électrons à la « couche riche » en électrons.
   c. Aux électrons de bouger de manière aléatoire.
   d. 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 :
   a. Plaque riche en électrons – isolant – plaque pauvre en électrons.
   b. Isolant – Plaque riche en électrons – isolant.
   c. Plaque pauvre en électrons – isolant – plaque pauvre en électrons.
   d. Plaque riche en électrons – isolant – plaque riche en électrons.

10. Le choix du silicium pour constituer les panneaux solaires se justifie par :
   a. Son faible cout.
   b. Son faible impact sur la nature.
   c. Son usage à l'état brut.
   d. 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 XXème 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 : $r = \frac{E_{électrique}}{E_{mécanique}}$ et $r = \frac{P_{électrique}}{P_{mécanique}}$.	
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 Bequeret 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

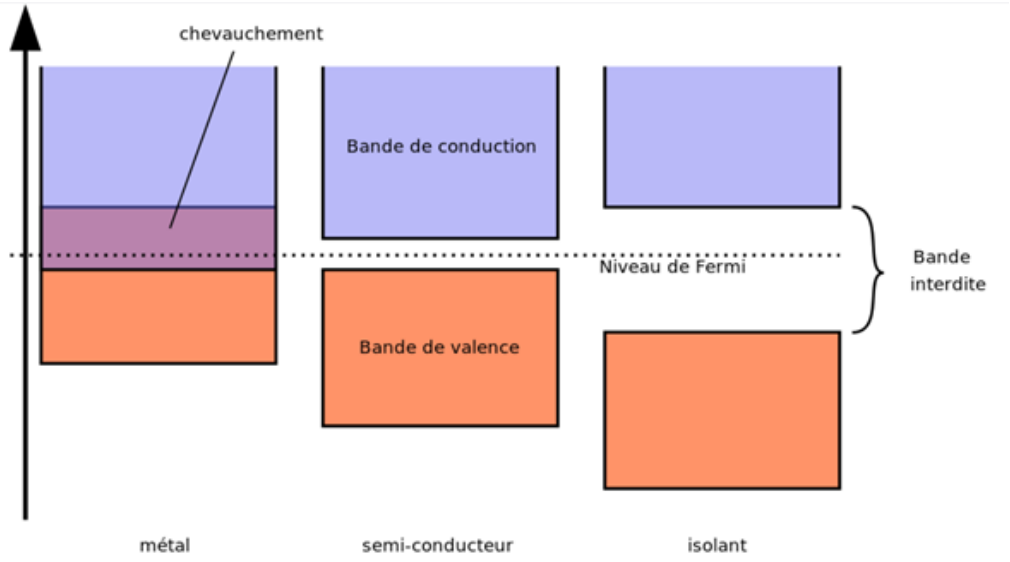
Justifier à l'aide du document que les panneaux photovoltaïques ne sont pas une invention de la fin du 20ème siècle.

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.

EXERCICE 07

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.

EXERCICE 08

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 m2 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.

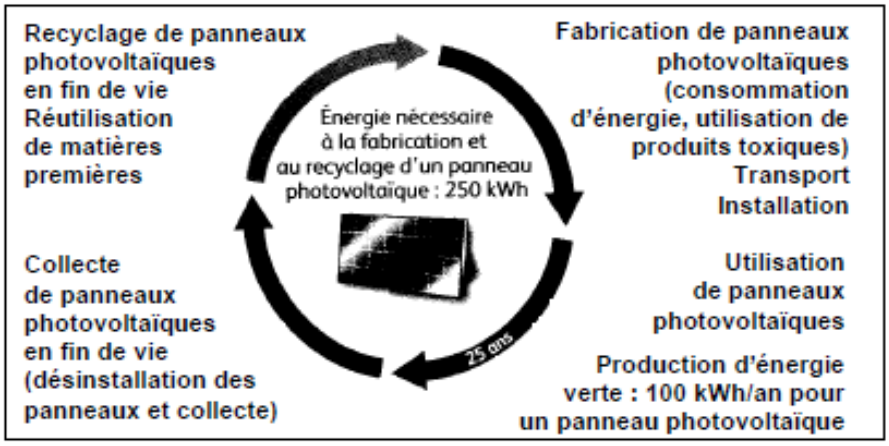
La production électrique individuelle prend tout son sens quand elle s'intègre dans une démarche de maîtrise des consommations d'énergie : utilisation d'équipements électriques performants, suppression des veilles inutiles, habitudes d'économies d'énergie. Et tout cela, bien sûr, dans le cadre d'une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

C'est en général sur le toit de votre maison que vous trouverez la place nécessaire (10 à 30 m²) 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 ?

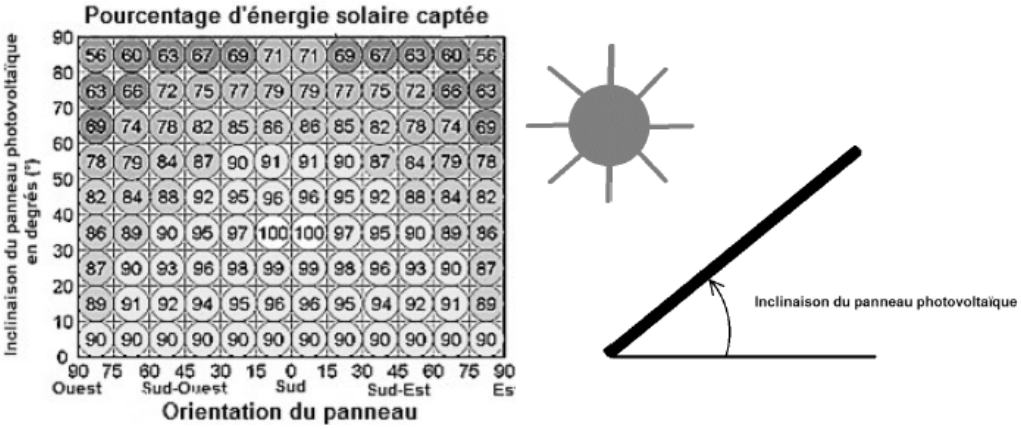
5) Dans le document 2, on peut lire que les panneaux photovoltaïques permettent de produire de l'électricité de « manière non polluante ». Commenter et critiquer cette phrase en utilisant les documents et en vous appuyant sur vos connaissances.

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.

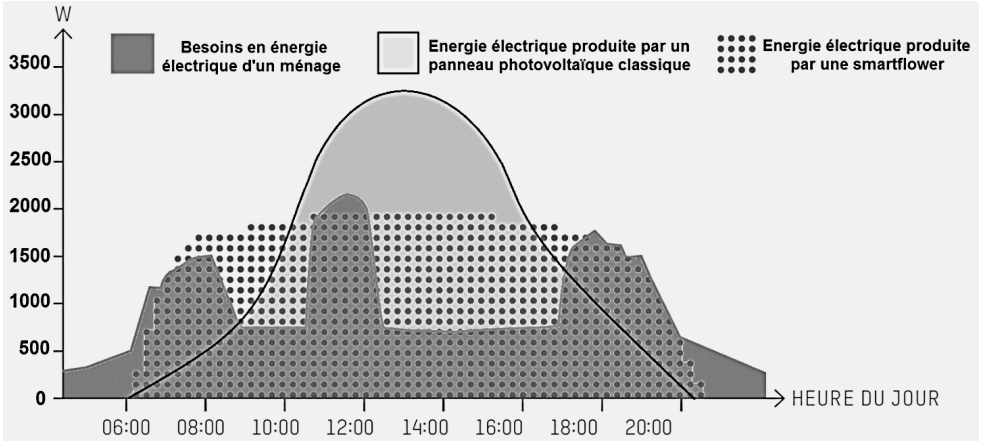


Document 1 : pourcentage d'énergie solaire captée par un panneau photovoltaïque placé sur le toit d'une maison en condition d'éclairement maximum.



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



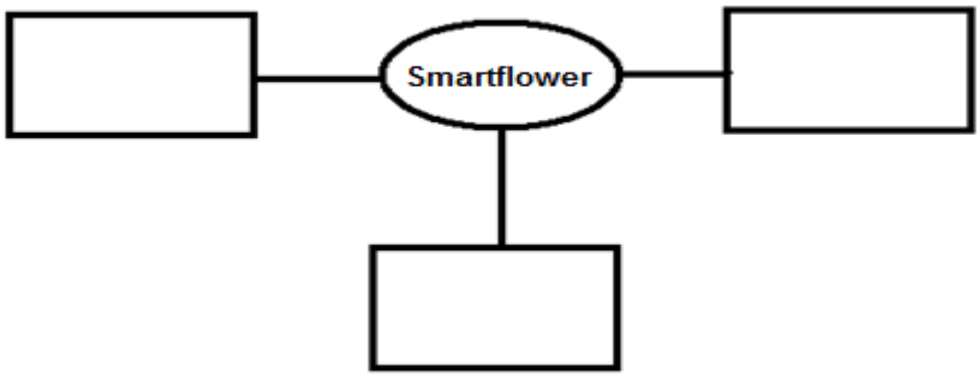
Document 3 : autoconsommation photovoltaïque

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

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 m², 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.