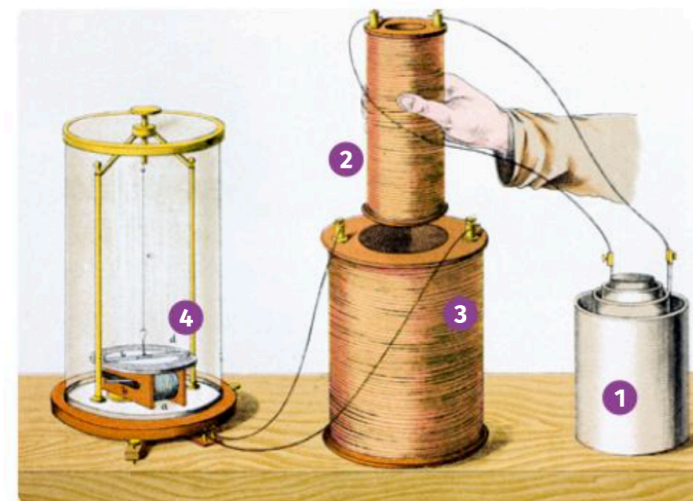


Activité 1 : De l'induction à l'alternateur

Doc. 1 Faraday et l'induction

Michael Faraday est un physicien qui a mis en évidence en 1831 le lien entre électricité, magnétisme et mouvement : l'induction électromagnétique.

Ce phénomène apparaît lorsqu'un conducteur est en mouvement par rapport à un champ magnétique (produit par exemple par un aimant). Si cette variation est suffisamment importante, un courant électrique apparaît alors dans les conducteurs à proximité. On peut notamment l'observer en déplaçant un aimant à l'intérieur d'une bobine reliée à un dipôle électrique.



► Schématisation de l'expérience historique de Faraday sur l'induction électromagnétique en 1831

L'expérience de Faraday reposait, à l'époque, sur une bobine (2) alimentée par une pile (1) qui permettait de produire un champ magnétique. Lorsque la bobine (2) restait immobile, rien ne se produisait.

En revanche, si la bobine (2) était déplacée avec un mouvement périodique à l'intérieur de la bobine (3), l'aiguille du galvanomètre (4) se mettait aussitôt à osciller, mettant en évidence qu'un courant électrique était apparu.

Ainsi, sans que les deux bobines ne soient en contact l'une et l'autre, le seul mouvement de la bobine (2) permettait d'induire un courant électrique alternatif dans la bobine (3).

Vocabulaire

Courant électrique alternatif : courant électrique changeant de sens périodiquement.

Galvanomètre : appareil permettant de détecter et de mesurer le passage d'un courant électrique.

Induction électromagnétique : phénomène correspondant à l'apparition d'un courant électrique dans un conducteur en mouvement par rapport à un champ magnétique.

Doc. 2 Fonctionnement d'un alternateur

Un alternateur est un dispositif de conversion d'énergie reposant sur le phénomène d'induction électromagnétique. Il est notamment utilisé dans les centrales pour produire de l'électricité.

Pour cela, une turbine est mise en mouvement par l'écoulement d'un fluide, comme de la vapeur d'eau ou de l'eau liquide. Ce mouvement entraîne un rotor constitué d'aimants, ce qui génère un courant électrique par induction dans le stator, constitué d'un conducteur électrique.

L'énergie mécanique du fluide est ainsi convertie en énergie électrique.

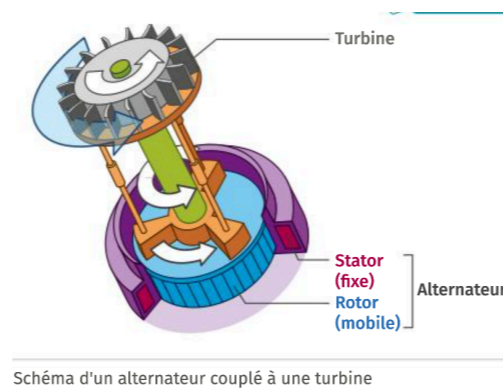
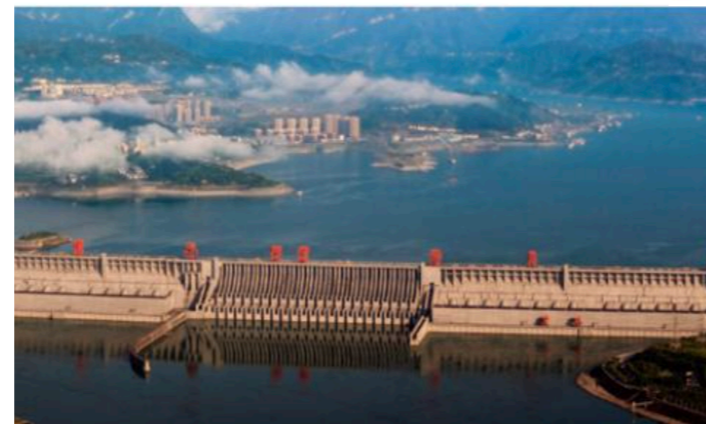


Schéma d'un alternateur couplé à une turbine

Données

- Hauteur de chute : $h = 80 \text{ m}$
- Puissance électrique délivrée par un alternateur du barrage des Trois-Gorges : $P_u = 660 \text{ MW}$
- Rendement des alternateurs : $r = 0,96$
- Débit volumique de l'eau du barrage : $D_v = 34\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- Fréquence du courant électrique en Chine : $f = 50 \text{ Hz}$
- Intensité de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Doc. 5 Barrage des Trois-Gorges



Le barrage des Trois-Gorges en Chine est constitué de 34 alternateurs. Les rotors sont mis en mouvement par le passage de l'eau dans les turbines.

La puissance libérée par la chute de l'eau peut être estimée à l'aide de la relation :

$$P_{\text{chute}} = h \cdot D_v \cdot \rho \cdot g$$

P_{chute} : puissance mécanique associée à la chute de l'eau (W)
 h : hauteur de la chute d'eau (m)
 D_v : débit volumique ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
 ρ : masse volumique de l'eau ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 g : intensité de pesanteur ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Doc. 3 Rendement d'un alternateur

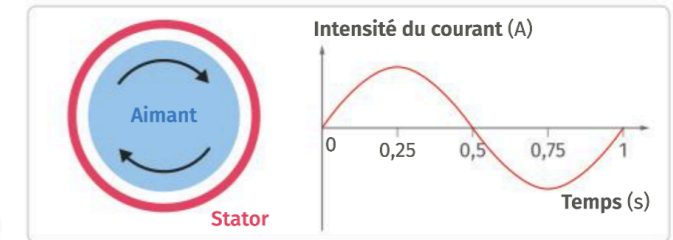
De manière générale, le rendement r d'un convertisseur est le rapport entre la puissance utile P_u délivrée par celui-ci et la puissance P_f qui lui est fournie. Dans le cas d'un alternateur, on a :

$$r = \frac{P_u}{P_f}$$

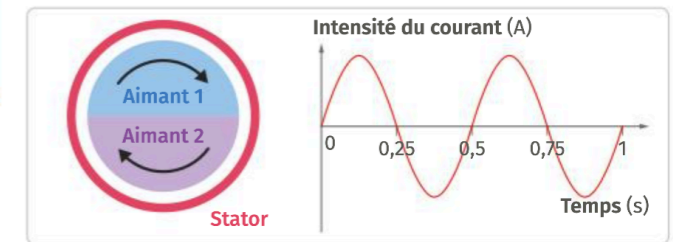
r : rendement de conversion
 P_u : puissance électrique induite dans le stator (W)
 P_f : puissance mécanique fournie à l'alternateur (W)

Doc. 4 Obtention d'un courant

Lorsque le rotor est composé d'un seul aimant et qu'il fait un tour en une seconde, le courant alternatif induit dans le stator possède alors une fréquence de 1 Hz.



Lorsque le rotor est composé de deux aimants et qu'il fait un tour en une seconde, le courant induit dans le stator possède une fréquence de 2 Hz.



1. Doc. 1 Identifier la condition à respecter pour qu'un champ magnétique puisse produire le phénomène d'induction électromagnétique.

2. Doc. 1 Préciser le type de courant électrique créé dans la bobine (3) lorsque l'on communique à l'aimant un mouvement de translation périodique comme dans l'expérience de Faraday.

3. Doc. 2 et 4 Qualifier le mouvement du rotor par rapport au stator permettant de produire le même type de courant électrique.

4. Doc. 5 Calculer la puissance P_{chute} résultant de la chute de l'eau au niveau du barrage des Trois-Gorges.

5. Doc. 3 Déterminer la puissance P_f fournie par la turbine à l'alternateur.

6. Doc. 5 Proposer une explication à la différence entre la puissance P_{chute} provenant de la chute de l'eau et la puissance P_f fournie par la turbine à l'alternateur.

7. Doc. 4 La fréquence f du courant induit est donnée par :

$$f = N \cdot \omega$$

f : fréquence du courant électrique (Hz)
 N : nombre d'aimants du rotor
 ω : vitesse de rotation du rotor ($\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$)

Sachant que la vitesse de rotation ω des alternateurs est de $0,8 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$, déduire les fréquences f possibles du courant électrique produit pour 20, 40, 60, 80 et 100 aimants. Comparer ces fréquences à celle du courant du réseau électrique chinois.

11 Calculer le rendement d'un alternateur fournissant une puissance électrique $P_u = 650 \text{ kW}$ à partir d'une puissance mécanique $P_f = 680 \text{ kW}$.

12 Le rendement de conversion global d'une centrale hydroélectrique produisant une puissance électrique de 300 MW à partir de la chute d'eau est de 0,82.

1. Calculer la puissance fournie par l'eau du barrage.
2. Calculer le rendement de l'alternateur, sachant que la puissance mécanique fournie aux alternateurs est de 311 MW.
3. Préciser l'origine des pertes énergétiques.



Barrage hydroélectrique en Serbie

13 Un alternateur est constitué d'un nombre N d'aimants qui, mis en rotation à la vitesse angulaire ω , permet de générer un courant électrique de fréquence f .

1. Calculer la fréquence f du courant fourni par un alternateur composé de $N = 8$ aimants et ayant une vitesse de rotation de $\omega = 10 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. Un alternateur fournit un courant électrique ayant une fréquence de 90 Hz avec une vitesse de rotation de $15 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculer le nombre d'aimants de cet alternateur.

17 Comparaison entre nucléaire et photovoltaïque

✓ Discuter des avantages et des inconvénients d'une installation photovoltaïque

Un fabricant de panneaux photovoltaïques annonce les caractéristiques suivantes pour un éclairage de puissance surfacique moyenne de $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$:

- surface d'une cellule photovoltaïque : $S_{\text{cellule}} = 0,200 \text{ m}^2$;
- puissance électrique maximale délivrée : $P_{\text{max}} = 18,6 \text{ W}$.

L'ensemble des turbines et alternateurs associé à un réacteur nucléaire en France délivre une puissance électrique de 900 MW pour une superficie d'occupation moyenne de 1 km^2 (infrastructure, site d'enrichissement et de traitement, etc.).



Questions

1. Calculer le nombre de cellules photovoltaïques nécessaires pour délivrer une puissance électrique équivalente à celle d'une centrale nucléaire pour un éclairage de $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.
2. En déduire la surface correspondante de panneaux photovoltaïques. Commenter le résultat obtenu.
3. Calculer l'énergie fournie par la centrale nucléaire sur une année. Faire de même pour cet ensemble de panneaux photovoltaïques en précisant les hypothèses et approximations adoptées.

23 Alternateur d'éolienne

✓ Relier la vitesse de rotation, le nombre d'aimants et la fréquence du courant électrique

Une éolienne possède un alternateur à huit aimants. La plupart des éoliennes actuelles font entre 15 et 25 tours par minute, en fonction de la vitesse du vent.

Donnée

Fréquence du courant électrique français : $f = 50 \text{ Hz}$

Questions

1. Expliquer pourquoi la fréquence f du courant obtenu grâce à l'alternateur n'est pas constante.
2. Déterminer la plage de fréquence f pour le courant électrique produit par l'éolienne.
3. Préciser si ce courant peut être directement injecté dans le réseau électrique français ou non, en justifiant.
4. Déterminer la vitesse de rotation des pales de l'éolienne nécessaire pour que le courant produit puisse être directement injecté dans le réseau électrique.



11 Calculer le rendement d'un alternateur fournissant une puissance électrique $P_u = 650$ kW à partir d'une puissance mécanique $P_f = 680$ kW.

12 Le rendement de conversion global d'une centrale hydroélectrique produisant une puissance électrique de 300 MW à partir de la chute d'eau est de 0,82.

1. Calculer la puissance fournie par l'eau du barrage.
2. Calculer le rendement de l'alternateur, sachant que la puissance mécanique fournie aux alternateurs est de 311 MW.
3. Préciser l'origine des pertes énergétiques.

Ex 11

$$r = \frac{P_u}{P_f}$$

$$r = \frac{P_u}{P_f}$$

$$r = \frac{650}{680} = 0,956$$

Ex 12

$$1. \quad r = \frac{P_u}{P_f} \text{ donc } P_f = \frac{P_u}{r}$$

$$P_f = \frac{300}{0,82} = 366 \text{ MW}$$

$$2. \quad r = \frac{P_u}{P_f}$$

$$r = \frac{300}{311} = 0,965$$

3. Les pertes sont dues aux frottements. Elles sont sous la forme d'énergie thermique (échauffement)

13 Un alternateur est constitué d'un nombre N d'aimants qui, mis en rotation à la vitesse angulaire ω , permet de générer un courant électrique de fréquence f .

1. Calculer la fréquence f du courant fourni par un alternateur composé de $N = 8$ aimants et ayant une vitesse de rotation de $\omega = 10 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. Un alternateur fournit un courant électrique ayant une fréquence de 90 Hz avec une vitesse de rotation de $15 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculer le nombre d'aimants de cet alternateur.

Ex 13

1. $f = N \cdot \omega$

$$f = 8 \times 10 = 80 \text{ Hz}$$

2. $f = N \cdot \omega$

$$\text{Donc : } N = \frac{f}{\omega} = \frac{90}{15} = 6 \text{ aimants.}$$

✓ Discuter des avantages et des inconvénients d'une installation photovoltaïque

Un fabricant de panneaux photovoltaïques annonce les caractéristiques suivantes pour un éclairage de puissance surfacique moyenne de $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$:

- surface d'une cellule photovoltaïque : $S_{\text{cellule}} = 0,200\text{ m}^2$;
- puissance électrique maximale délivrée : $P_{\text{max}} = 18,6\text{ W}$.

L'ensemble des turbines et alternateurs associé à un réacteur nucléaire en France délivre une puissance électrique de 900 MW pour une superficie d'occupation moyenne de 1 km^2 (infrastructure, site d'enrichissement et de traitement, etc.).



Questions

1. Calculer le nombre de cellules photovoltaïques nécessaires pour délivrer une puissance électrique équivalente à celle d'une centrale nucléaire pour un éclairage de $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.
2. En déduire la surface correspondante de panneaux photovoltaïques. Commenter le résultat obtenu.
3. Calculer l'énergie fournie par la centrale nucléaire sur une année. Faire de même pour cet ensemble de panneaux photovoltaïques en précisant les hypothèses et approximations adoptées.

Ex 17

1. Soit N le nombre de cellules photovoltaïques :
$$N = \frac{\text{puissance fournie par la centrale}}{\text{puissance fournie par 1 alternateur}}$$

$$N = \frac{900 \times 10^6}{18,6} = 4,84 \times 10^7 \text{ cellules (soit 48,4 millions !)}$$

2. Soit S_{totale} la superficie totale des 48,4 millions de panneaux :

$$S_{\text{totale}} = N \cdot S_{\text{cellule}}$$

$$S_{\text{totale}} = 4,84 \times 10^7 \times 0,200 = 9,46 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ (soit } 9,46 \text{ km}^2\text{)}$$

Pour produire autant qu'une centrale nucléaire (qui a une surface de 1 km^2), il faut une parcelle de 10 km^2 de panneaux solaires.

3. Pour la centrale :

$$E = P \times t$$

$$P = 900\text{ MW}$$

$$t = 1 \text{ an} = 365 \times 24 = 8760 \text{ h}$$

$$E = 900 \times 8760 = 7,88 \times 10^6 \text{ MWh}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ km} &= 10^3 \text{ m} \\ (1 \text{ km})^2 &= (10^3 \text{ m})^2 \\ 1 \text{ km}^2 &= 10^6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1 km² est un million de fois plus grand qu'1m².

Pour les panneaux solaires : Attention ceux-ci ne produisent pas de l'électricité 24h/24 mais uniquement lorsqu'il fait jour. Faisons l'hypothèse que sur une année il y a en moyenne 5h de soleil par jour.

$$E = P \times t$$

$$P = 900MW \text{ (la meme que la centrale)}$$

$$t = 365 \times 5 = 1825 \text{ h}$$

$$E = 900 \times 1825 = 1,64 \times 10^6 \text{ MWh}$$

23 Alternateur d'éolienne

✓ Relier la vitesse de rotation, le nombre d'aimants et la fréquence du courant électrique

Une éolienne possède un alternateur à huit aimants. La plupart des éoliennes actuelles font entre 15 et 25 tours par minute, en fonction de la vitesse du vent.

Donnée

Fréquence du courant électrique français : $f = 50 \text{ Hz}$

Questions

1. Expliquer pourquoi la fréquence f du courant obtenu grâce à l'alternateur n'est pas constante.
2. Déterminer la plage de fréquence f pour le courant électrique produit par l'éolienne.
3. Préciser si ce courant peut être directement injecté dans le réseau électrique français ou non, en justifiant.
4. Déterminer la vitesse de rotation des pales de l'éolienne nécessaire pour que le courant produit puisse être directement injecté dans le réseau électrique.



1. Les pales ne tournent pas à vitesse constante (cela dépend du vent). La fréquence est donc variable.
2. On calcule la fréquence pour les deux vitesses de rotation :

$$f = N \cdot \omega$$

$$f_{min} = N \cdot \omega_{min}$$

$$\omega_{min} = 15 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} = 0,25 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (on divise par 60)}$$

$$f_{min} = 8 \times 0,25 = 2 \text{ Hz}$$

$$f_{max} = N \cdot \omega_{max}$$

$$\omega_{max} = 25 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} = 0,42 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (on divise par 60)}$$

$$f_{max} = 8 \times 0,42 = 3,4 \text{ Hz}$$

3. La fréquence du courant français étant de 50 Hz ce courant produit par les éoliennes ne peuvent pas être directement injecté dans le réseau.

4. On veut ω pour que $f = 50 \text{ Hz}$:

$$f = N \cdot \omega$$

$$\text{Donc : } \omega = \frac{f}{N} = \frac{50}{8} = 6,25 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1} = 375 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

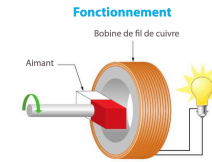
A RETENIR

Phénomène d'induction électromagnétique

- La production d'électricité dans les centrales (à l'exception des centrales photovoltaïques) repose sur le phénomène **d'induction électromagnétique**.
- Le phénomène d'induction est la **création** d'un **courant** électrique dans un **conducteur** (bobine) à proximité d'un **champ magnétique** (aimant) lorsque ces deux éléments sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.
- Une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique est assurée.
- Phénomène découvert par Michael Faraday en 1831 et théorisé par James Maxwell en 1865.

Alternateur

- L'alternateur est un **convertisseur d'énergie** composé d'une partie fixe (le **stator**) constituée de **bobines** et d'une partie mobile (le **rotor**) composée **d'aimants**. Entraîné par la turbine, l'alternateur produit de l'électricité par **induction**.



- Le rendement de conversion r d'un alternateur est défini par le rapport

$$r = \frac{P_u}{P_f}$$

sans unité

puissance utile (ce qui nous intéresse)

rapport de puissance
=> exprimées dans la même
unité

puissance fournie (ce qui a été fourni à l'alternateur)

- $r < 1$: pertes sous forme d'énergie thermique (frottements)
- La fréquence f du courant électrique fourni par un alternateur est proportionnelle au nombre d'aimants N du rotor et à sa vitesse de

rotation ω : $f = N \cdot \omega$

Hz

$tr \cdot s^{-1}$

sans unité

Fiche révision chapitre 1

- Savoir expliquer le phénomène d'induction électromagnétique.
- 1831 : découvert par Faraday
- Savoir expliquer le fonctionnement d'un alternateur.

• $r = \frac{P_u}{P_f}$

sans unité

puissance utile (ce qui nous intéresse)

rapport de puissance
=> exprimées dans la même
unité

puissance fournie (ce qui a été fourni à l'alternateur)

- Perte par frottements => énergie thermique

• Fréquence du courant produit par un alternateur : $f = N \cdot \omega$

Hz

sans unité

tr • s⁻¹

2

DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC À L'ATOME QUANTIQUE

OBJECTIF
Interpréter et exploiter un spectre de raies d'émission

Lorsqu'un gaz est porté à haute température ou lorsqu'il est traversé par une décharge électrique, il émet un rayonnement. Le spectre d'émission observé est alors composé de raies colorées.

Comment expliquer la présence de raies dans un spectre d'émission ?

→ La naissance de la physique quantique

1 Vers la physique quantique



Avec l'apparition d'alternateurs performants, l'éclairage public se développe. À la fin du XIX^e siècle, la conception de lampes à incandescence devient un enjeu économique. Pour améliorer leur fonctionnement, les scientifiques s'intéressent à l'émission de lumière par les corps chauffés. Leurs recherches les conduisent aussi à vouloir expliquer les spectres d'émission des atomes. Ces spectres, constitués de raies caractéristiques de chaque atome, ne peuvent pas être interprétés par les lois de la physique classique en vigueur à cette époque.

Pour sortir de l'impasse, le physicien allemand **Max Planck** (1858-1947) propose dès 1900 que la lumière est émise par « petits paquets », des quanta d'énergie.

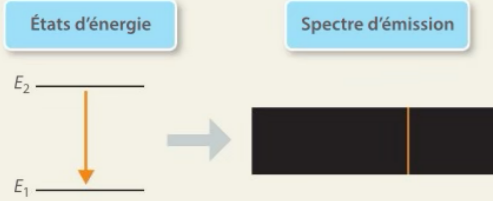
Vidéo
Max Planck et la physique quantique
hatier-clic.fr/est112

3 La physique quantique appliquée à l'atome



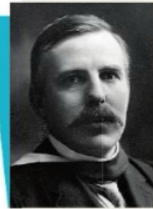
En 1913, le physicien danois **Niels Bohr** (1885-1962) améliore le modèle de l'atome. Il montre qu'un atome ne peut exister que dans certains états d'énergie quantifiés. Il trace ainsi la voie de la physique quantique, ouverte par Max Planck, basée sur le principe que l'énergie ne s'échange que par paquets, ou quanta.

Les raies d'émission sont alors expliquées par le passage d'un atome d'un état d'énergie vers un état d'énergie plus faible.



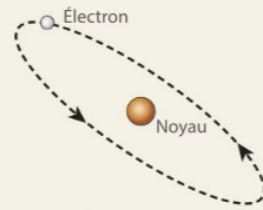
Le passage de l'atome de l'état d'énergie E_2 vers l'état d'énergie E_1 s'accompagne d'une émission radiative caractérisée par une raie lumineuse.

2 La physique classique, un modèle incomplet



En 1910, le physicien néo-zélando-britannique **Ernest Rutherford** (1871-1937) décrit la structure lacunaire de l'atome avec un modèle dit « planétaire » : un noyau chargé positivement autour duquel tournent, dans le vide, des électrons chargés négativement. Le modèle de E. Rutherford, très efficace pour expliquer la structure de l'atome avec

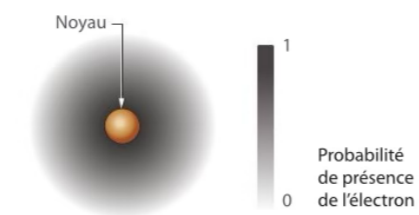
les lois de la physique classique, ne tient pas compte de la théorie de Max Planck et ne permet pas d'interpréter les spectres de raies d'émission. Un autre modèle devient donc nécessaire.



L'atome d'hydrogène selon le modèle de E. Rutherford.

4 La nature probabiliste de la physique quantique

Contrairement à la physique classique, la physique quantique décrit les phénomènes microscopiques à l'aide de probabilités. Par exemple, la description de l'atome d'hydrogène dans le modèle quantique précise que la position de l'électron autour du noyau ne peut pas être déterminée avec exactitude mais seulement repérée par une probabilité de présence.



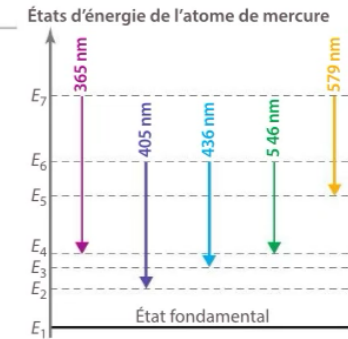
L'atome d'hydrogène selon la mécanique quantique.

→ Les spectres d'émission des atomes

5 États d'énergie d'un atome

Dans le modèle quantique, un atome ne peut exister que dans certains états, caractérisés par des énergies quantifiées et discontinues (E_1, E_2, E_3, \dots), formant un ensemble discret de valeurs. L'état de plus basse énergie est appelé « état fondamental ».

Pour l'atome de mercure, par exemple, il existe plusieurs états d'énergie permettant de nombreuses transitions d'un état d'énergie haut à un état d'énergie plus faible. Chaque transition se traduit par l'émission d'une radiation lumineuse de longueur d'onde λ bien précise.



MATHS

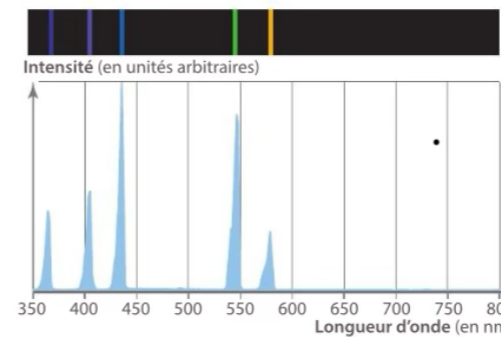
Un ensemble discret est un ensemble de valeurs isolées.

POUR INFO

Le modèle quantique de l'atome a permis le développement de nouveaux matériaux, les semi-conducteurs, et l'émergence de l'électronique.

6 Spectre de raies d'émission de l'atome de mercure

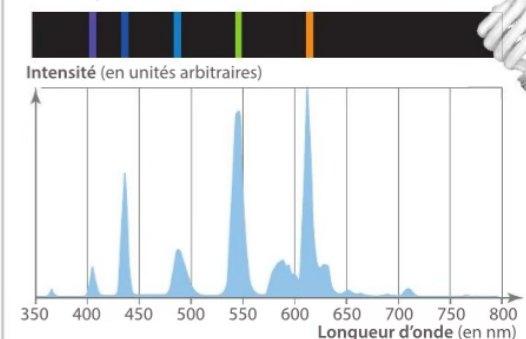
Le spectre de raies d'émission de l'atome de mercure comporte plusieurs raies. L'intensité lumineuse des raies, évaluée par des pics d'amplitude plus ou moins grande, dépend de la probabilité de la transition.



Spectre d'émission et intensité des raies d'émission de l'atome de mercure.

7 Spectre d'émission d'une lampe fluocompacte

Certaines lampes sont fabriquées pour imiter la lumière blanche du Soleil : c'est le cas des lampes fluocompactes. Ces dernières renferment un mélange de gaz constitué de différents types d'atomes, chacun contribuant à la lumière de la lampe par son propre spectre. Pour identifier la présence d'un atome, il suffit de connaître la longueur d'onde de certaines de ses raies d'émission et de vérifier leur présence ou non sur le spectre étudié.



Spectre d'émission et intensité des raies d'émission d'une lampe fluocompacte.

QUESTIONS

- 1 Pourquoi le développement de l'éclairage public a-t-il initié les recherches sur l'émission de lumière par les corps chauffés ?
- 2 Comment explique-t-on que le spectre d'émission d'un atome soit constitué de raies ?
- 3 Expliquer pourquoi les raies d'émission présentes dans un spectre n'ont pas la même intensité lumineuse.
- 4 Reproduire et compléter le tableau ci-dessous à partir des données relatives à l'atome de mercure.

Transition impliquée	$E_7 \rightarrow E_4$	$E_6 \rightarrow E_2$	$E_6 \rightarrow E_3$
Longueur d'onde (en nm)		579	546

- 5 Montrer que le mercure est utilisé dans la fabrication d'une lampe fluocompacte.

➔ Pour approfondir : ex. 10, 11 et 12 p. 124

Penser la science

Comprendre les méthodes d'élaboration du savoir scientifique

Un modèle scientifique est une représentation simplifiée de la réalité permettant d'élaborer une théorie. C'est un cadre qui aide les scientifiques à analyser et expliquer des faits scientifiques.

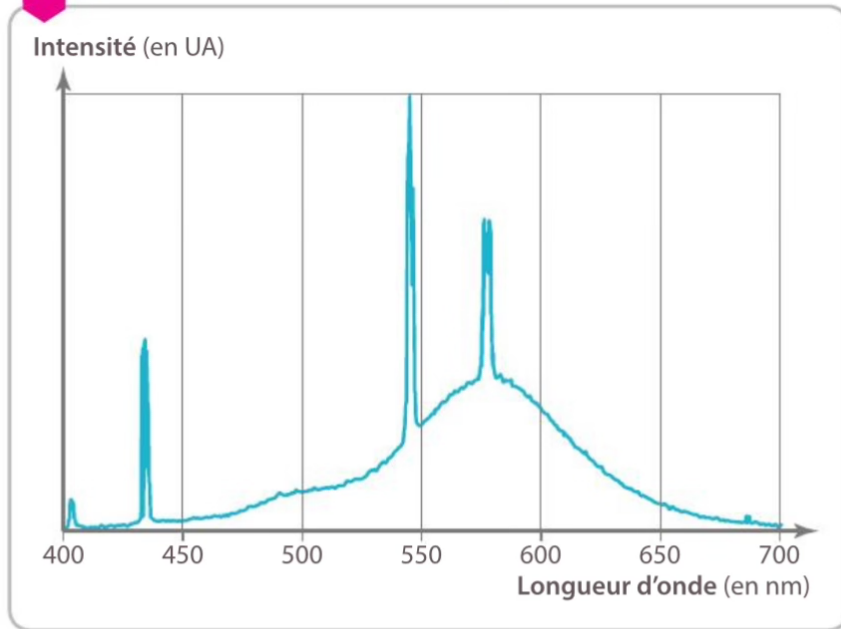
- Quel phénomène n'a pas pu être expliqué par le modèle de l'atome de E. Rutherford ? Quelle démarche les physiciens suivirent-ils pour le résoudre ?

➔ Fiche Outil Modéliser en sciences p. 284

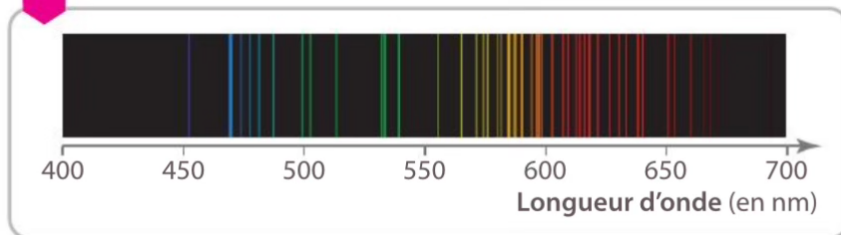
12 Lampe dite « tube au néon »

En utilisant les documents ci-dessous, indiquer quels sont les atomes présents dans une lampe dite « tube au néon » et conclure sur cette appellation.

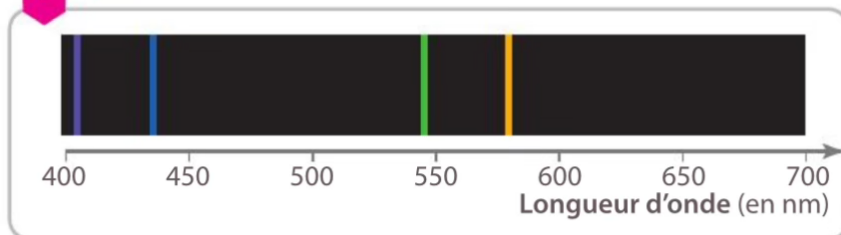
1 Spectre en intensité d'une lampe dite « tube au néon »



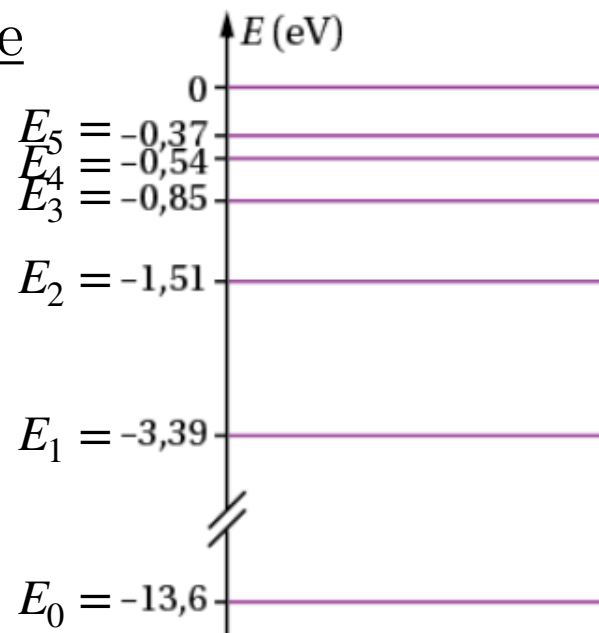
2 Spectre de raies du néon



3 Spectre de raies du mercure



Exercice diagramme



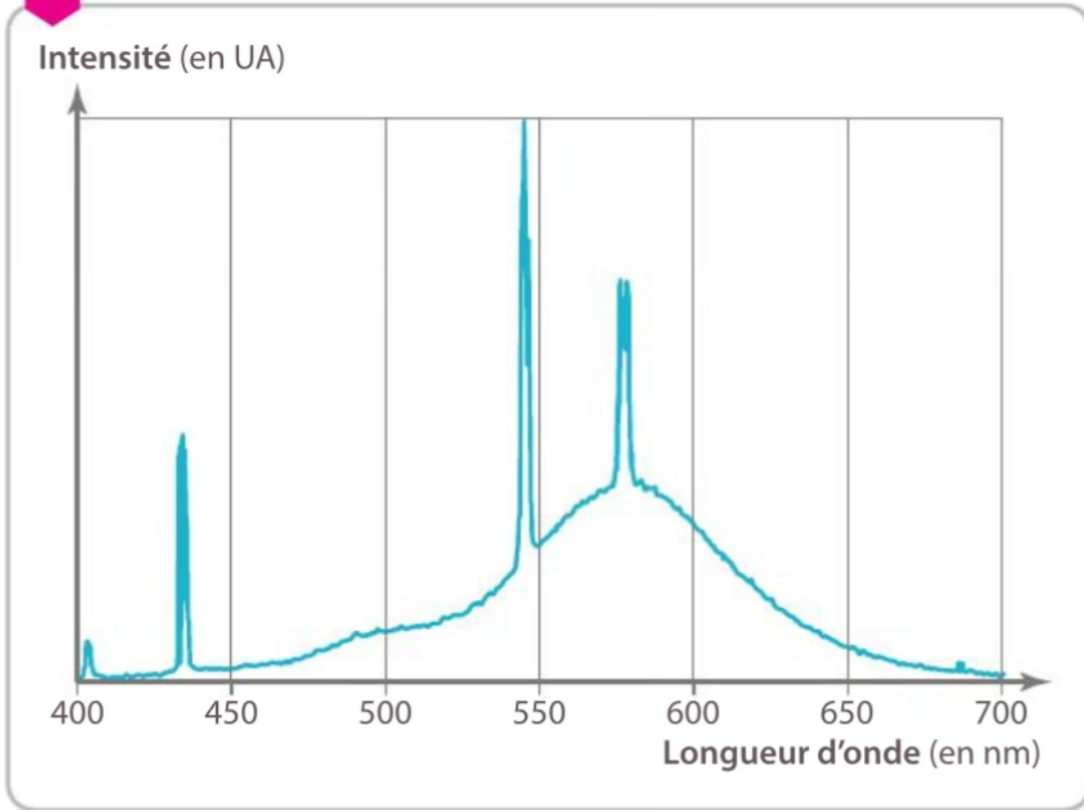
Le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène est donné ci-dessus.

- Quelle est l'énergie de l'état fondamental ?
- Quelle est l'énergie du 2^{ème} état excité ?
- L'atome, initialement dans son état fondamental E_0 , passe dans son 2^{ème} niveau d'énergie excité. Calculer la variation d'énergie $\Delta E_{0 \rightarrow 2}$ de l'atome. La représenter par une flèche rouge
- L'atome, initialement dans son 4e niveau d'énergie excité, passe dans son 1^{er} niveau d'énergie excité. Calculer la variation d'énergie $\Delta E_{4 \rightarrow 1}$ en énergie de l'atome. La représenter par une flèche bleue.

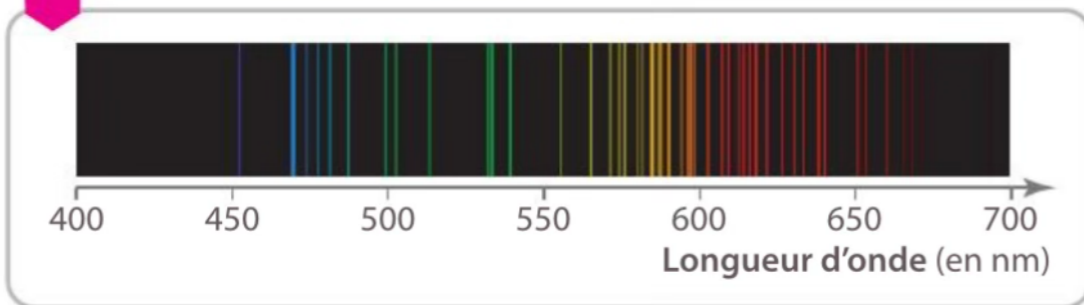
12 Lampe dite « tube au néon » BAC

En utilisant les documents ci-dessous, indiquer quels sont les atomes présents dans une lampe dite « tube au néon » et conclure sur cette appellation.

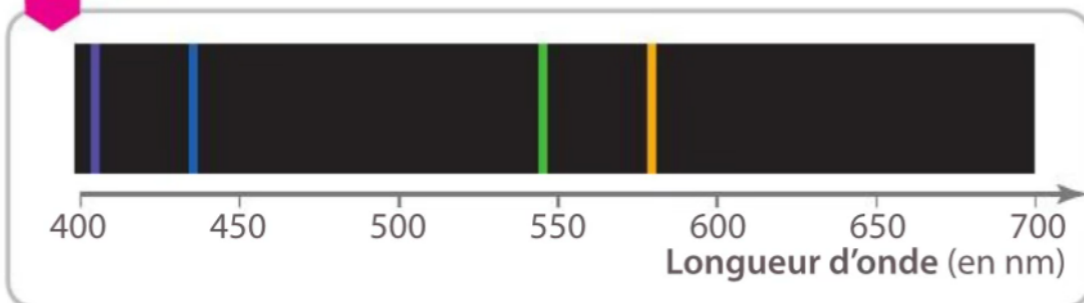
1 Spectre en intensité d'une lampe dite « tube au néon »



2 Spectre de raies du néon



3 Spectre de raies du mercure



On relève les longueurs d'onde présentes sur le spectre de la lampe :

$$\lambda_1 = 405 \text{ nm} \quad \lambda_2 = 440 \text{ nm} \quad \lambda_3 = 545 \text{ nm} \quad \lambda_4 = 575 \text{ nm}$$

(Ce sont les longueurs d'onde correspondant aux pics)

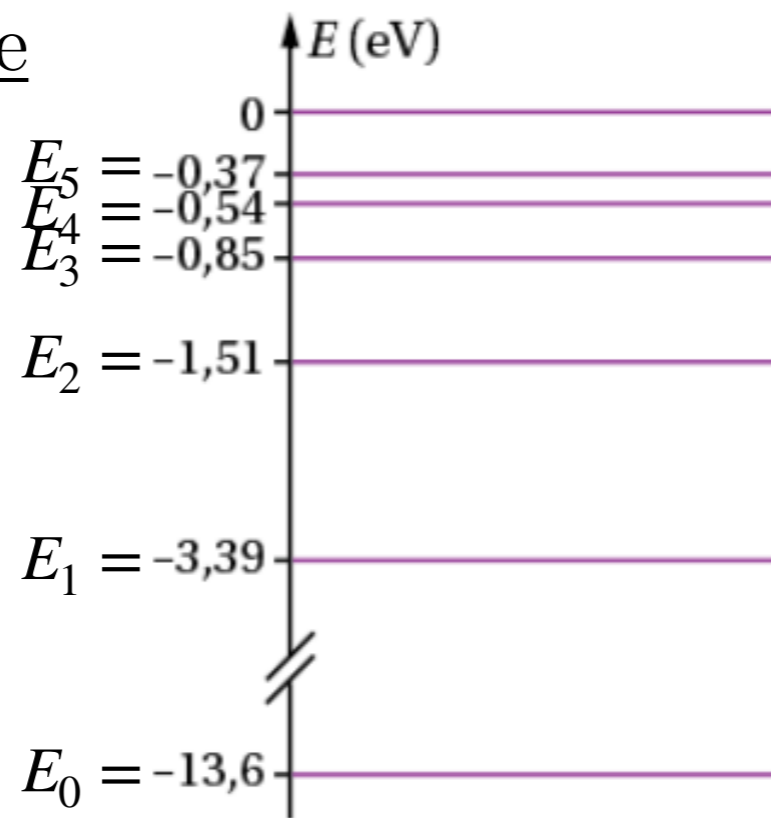
On remarque que ce sont les presque les mêmes longueurs d'onde présentes dans le spectre du mercure.

Etant donné que les raies (radiations, longueurs d'onde) sont caractéristiques de l'élément chimique, nous pouvons affirmer qu'il y a probablement du mercure dans la lampe au Néon.

Cependant, les raies du Néon sont absentes du spectre de la lampe, celle-ci n'en contient pas.

Son appellation est erronée.

Exercice diagramme



Le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène est donné ci-dessus.

- Quelle est l'énergie de l'état fondamental ?
- Quelle est l'énergie du 2^{ème} état excité ?
- L'atome, initialement dans son état fondamental E_0 , passe dans son 2^{ème} niveau d'énergie excité. Calculer la variation d'énergie $\Delta E_{0 \rightarrow 2}$ de l'atome. La représenter par une flèche rouge
- L'atome, initialement dans son 4e niveau d'énergie excité, passe dans son 1^{er} niveau d'énergie excité. Calculer la variation d'énergie $\Delta E_{4 \rightarrow 1}$ en énergie de l'atome. La représenter par une flèche bleue.

a. L'état fondamental est l'état de plus basse énergie. On trouve donc pour son énergie par lecture graphique :

$$E_0 = -13,6 \text{ eV}$$

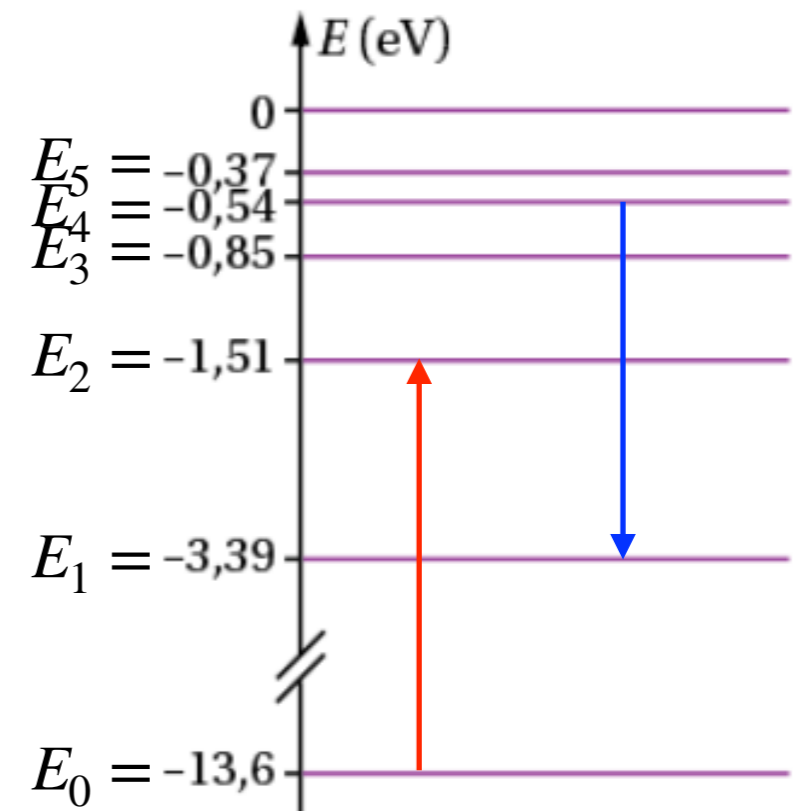
b. Le 2^e état excité correspond au 3^e niveau d'énergie. On lit l'énergie en électronvolts associée : $E_2 = -1,51 \text{ eV}$.

c. On exprime la variation d'énergie ΔE :

$$\Delta E_{0 \rightarrow 2} = E_2 - E_0 = -1,51 - (-13,6) = 12,09 \text{ eV}.$$

d. On exprime la variation d'énergie ΔE :

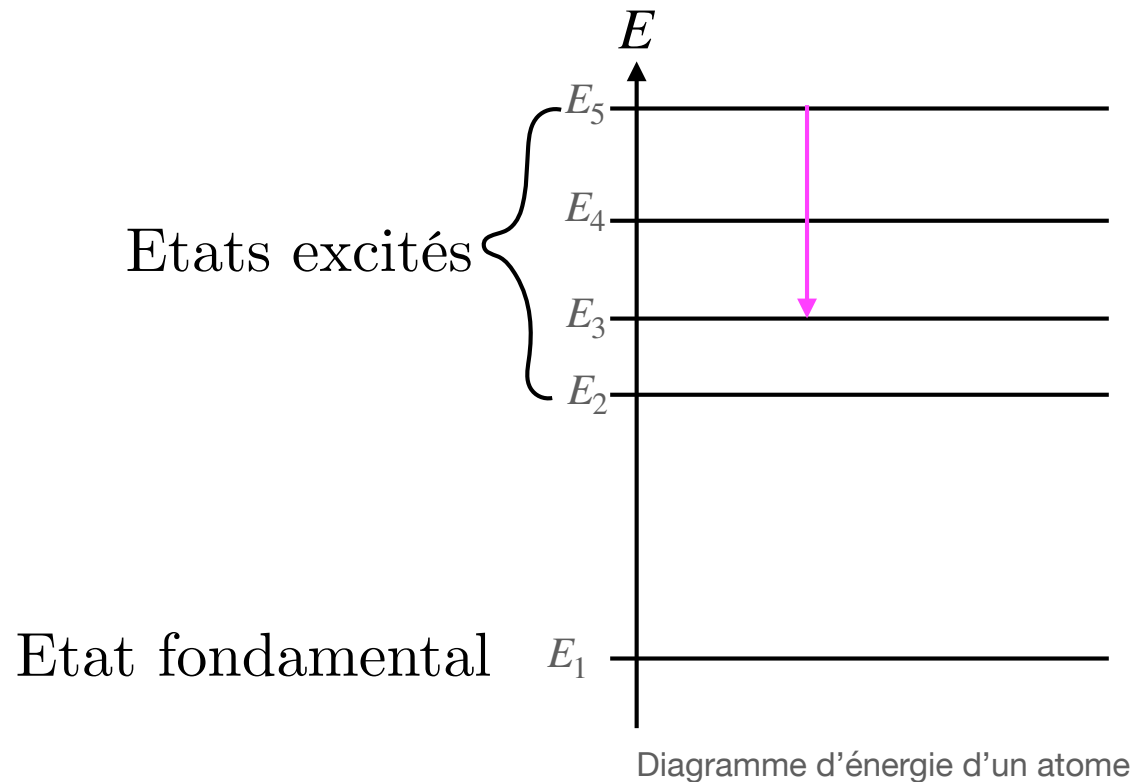
$$\Delta E_{4 \rightarrow 1} = E_1 - E_4 = -3,39 - (-0,54) = -2,85 \text{ eV}.$$



A RETENIR

- Au début du XX^e siècle, on découvre les spectres de raies d'émission que la physique classique ne permet pas d'expliquer.
- La physique quantique naît car elle permet d'expliquer ces spectres. **Un atome ne peut exister que dans des états d'énergie quantifiés** (bien déterminés).
- Chaque **atome** possède ses **propres niveaux** d'énergie.
- Au cours d'une **transition** d'un état d'énergie vers un état d'énergie plus faible (vers le bas), une radiation (raie) d'une certaine longueur d'onde (λ) est émise.
- Parmi toutes les transitions possibles, seules certaines sont autorisées par les lois de la physique quantique et leur **intensité** lumineuse **dépend** de la **probabilité** de la transition.

- Sur un diagramme d'énergie on retrouve les différents niveaux d'énergie d'un atome. Le niveau le plus bas est l'état fondamental et les autres sont les états excités.
- Les transitions sont représentées par des flèches.



La flèche représente la transition de l'état E_5 vers l'état E_3 .

3

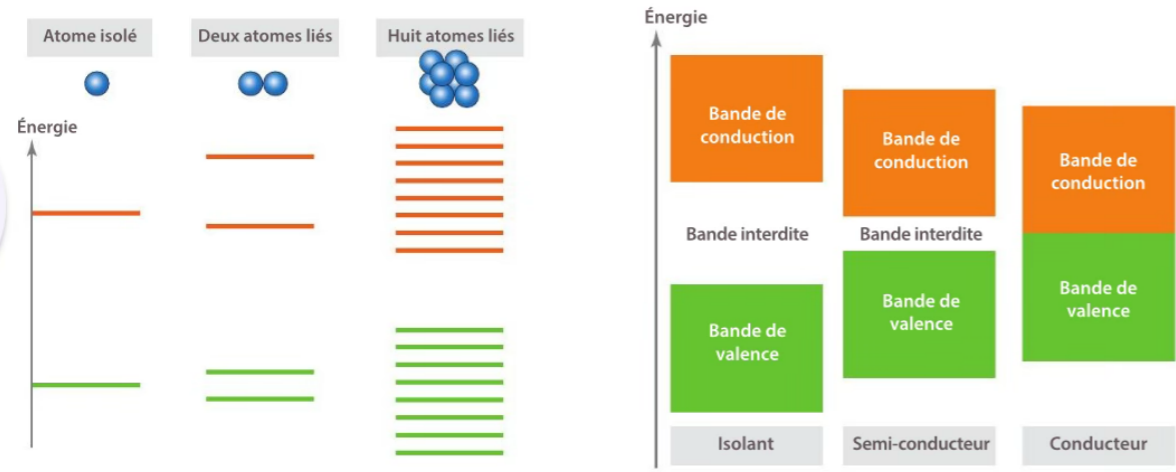
DE L'ATOME AU MATÉRIAU SEMI-CONDUCTEUR

OBJECTIF

Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre du rayonnement solaire

1 Propriétés électriques des semi-conducteurs

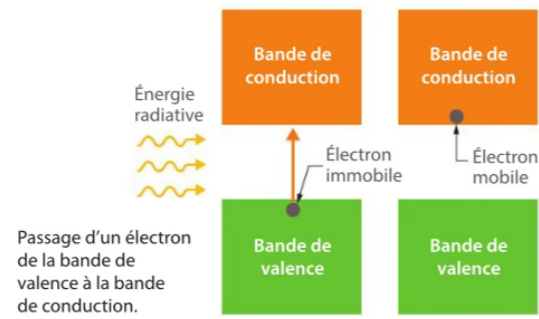
Si un atome se lie à un autre atome, des états d'énergie supplémentaires apparaissent. Lorsqu'un grand nombre d'atomes s'associent pour former un solide, les états d'énergie se multiplient et finissent par se chevaucher pour former des bandes d'énergie appelées bande de valence, bande de conduction et bande interdite. Les positions relatives de ces bandes permettent d'expliquer les propriétés électriques des différents matériaux.



Association d'atomes et états d'énergie correspondants.

Si la largeur de la bande interdite est importante, le solide est un isolant électrique ; si la largeur de cette bande est nulle, le solide est un conducteur du courant électrique. Dans un semi-conducteur, la bande interdite est étroite et cette propriété va permettre au matériau de se comporter, selon les conditions d'utilisation, comme un isolant ou un conducteur. Dans les capteurs photovoltaïques*, lorsqu'un semi-conducteur absorbe l'énergie radiative solaire*, un électron de la bande de valence passe par saut quantique dans la bande de conduction. Ce gain d'énergie permet à l'électron d'être mobile, créant ainsi un courant électrique : c'est l'effet photovoltaïque.

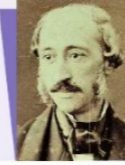
Différents types de solides caractérisés par la largeur de leur bande interdite.



Vidéo
Les semi-conducteurs et leur fonctionnement
hatier-clic.fr/est114

Homme de science

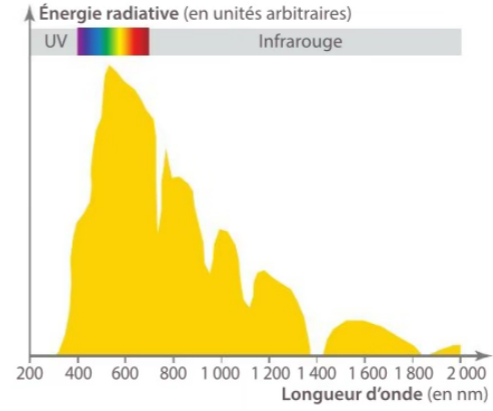
Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891) est un physicien français. Il est considéré comme le découvreur de l'effet photovoltaïque. Il est l'auteur du *Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires*, Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, vol. 9, p 561-567, 1839.



*** VOCABULAIRE**
Capteur photovoltaïque : dispositif à semi-conducteurs permettant la production d'énergie électrique par conversion d'énergie radiative.
Énergie radiative solaire : énergie transmise par l'ensemble des rayonnements (visible, infrarouge, ultraviolet) émis par le Soleil.

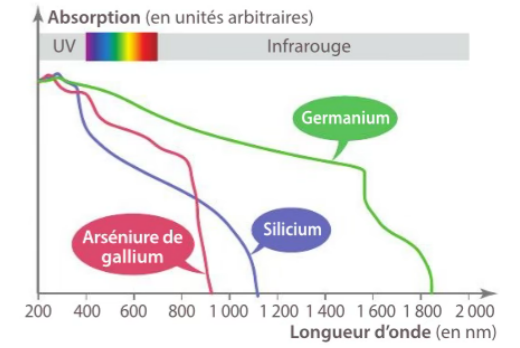
2 Spectre solaire au niveau du sol

Le spectre solaire au niveau de la surface terrestre s'étend du proche ultraviolet au proche infrarouge. La plus grande partie de l'énergie radiative solaire est contenue dans le domaine du visible.



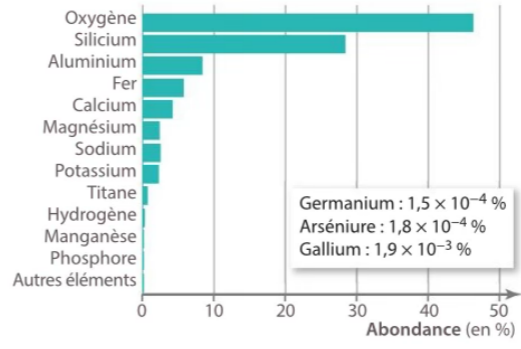
3 Courbes d'absorption de quelques semi-conducteurs

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est soumis à un rayonnement, il absorbe une partie de l'énergie radiative. Cette absorption dépend de la longueur d'onde du rayonnement. Au-delà d'une certaine longueur d'onde, qui dépend de la largeur de la bande interdite, le matériau semi-conducteur n'absorbe plus l'énergie radiative.



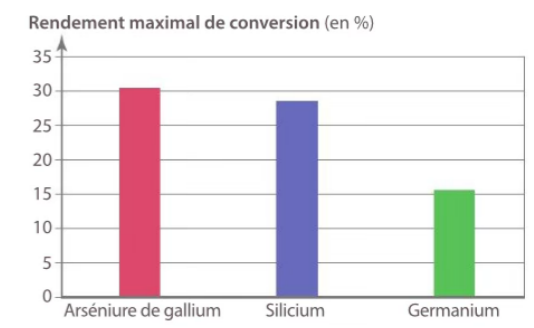
4 Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre

Parmi les 118 éléments chimiques connus, 94 existent à l'état naturel. Hormis quelques éléments chimiques comme l'or et l'argent, la plupart des éléments forment des minerais.



5 Rendement de quelques semi-conducteurs

Un capteur photovoltaïque absorbe l'énergie radiative du Soleil et la convertit, en partie, en énergie électrique. Le rendement d'un capteur permet de mesurer l'efficacité de cette conversion d'énergie.



QUESTION

À partir des documents proposés et en utilisant vos connaissances, rédiger un compte rendu structuré et argumenté pour expliquer pourquoi le silicium est le semi-conducteur préférentiellement utilisé pour la fabrication de capteurs photovoltaïques.

Pour approfondir : ex. 7 p. 122

Point science

Le satellite américain Vanguard 1 a été mis en orbite en 1958 par la NASA. Il est le premier satellite à être équipé de capteurs photovoltaïques pour alimenter en énergie électrique ses appareils de mesure. C'est aussi le plus vieux satellite à être encore en orbite autour de la Terre.



15 On veut installer des panneaux photovoltaïques sur une maison nécessitant une puissance d'installation (puissance électrique délivrée dans le cas d'un éclairage idéal) de 6 kW. Chaque panneau de 1,7 m² possède une puissance d'installation de 375 W.

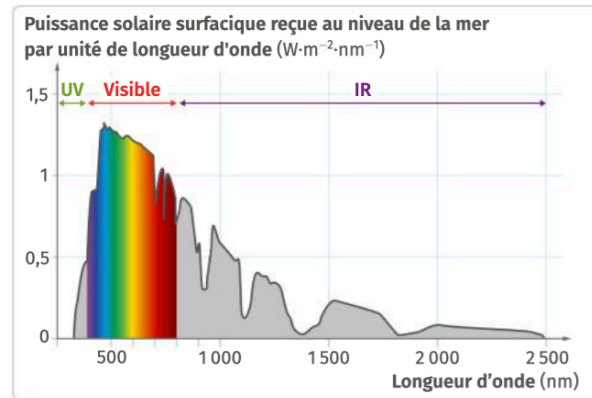
- Déterminer la surface nécessaire de panneaux photovoltaïques.
- Cette installation photovoltaïque aurait un rendement de 18 % et recevrait une énergie solaire de 100 000 kW·h par an. Calculer l'énergie électrique produite sur une année par cette installation.



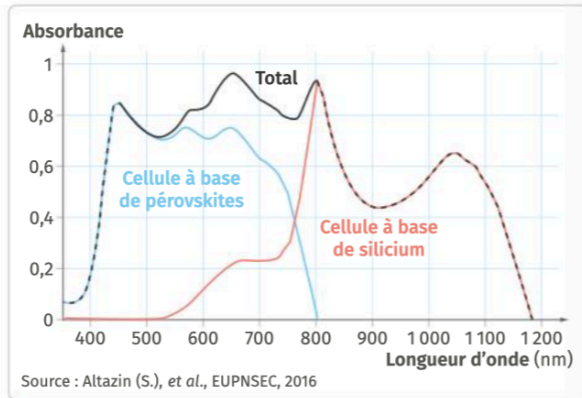
16 Pérovskites

✓ Vérifier qu'un matériau semi-conducteur est adapté pour la fabrication d'un capteur photovoltaïque avec son spectre d'absorption

Les pérovskites sont des structures minéralogiques particulières ayant des propriétés conductrices similaires à celles d'un semi-conducteur. Le coût de fabrication des cellules photovoltaïques à base de pérovskites est bien moins élevé que celui de cellules au silicium. Des recherches récentes montrent qu'il est possible d'obtenir des rendements proches de 25 % avec des cellules photovoltaïques utilisant des pérovskites.



1 Spectre solaire reçu au niveau de la mer



2 Simulation des spectres d'absorption de cellules à base de pérovskites et de silicium

Questions

- Expliquer brièvement le principe de fonctionnement d'un semi-conducteur.
- Déterminer pour quelle partie du spectre solaire les pérovskites absorbent le plus de rayonnement.
- Expliquer l'intérêt d'utiliser à la fois des pérovskites et du silicium pour réaliser des cellules photovoltaïques.

24 Cellule photovoltaïque du futur

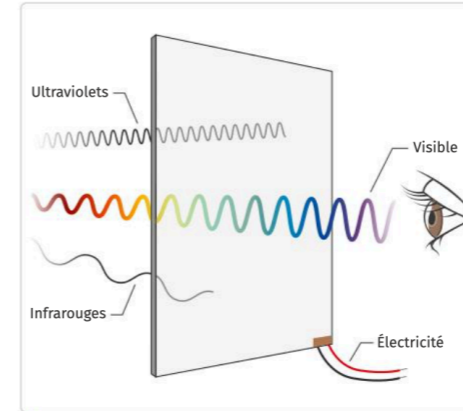
version apprentis LLS.fr/24ESTchap4ex24

✓ Vérifier qu'un matériau semi-conducteur est adapté pour la fabrication d'un capteur photovoltaïque avec son spectre d'absorption

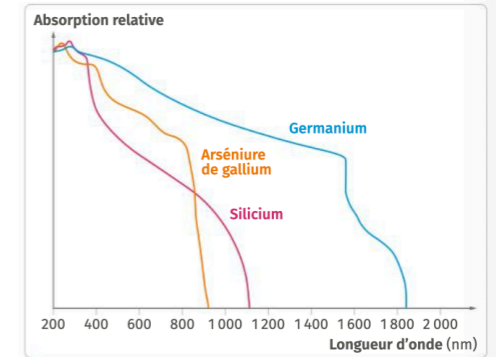
En 2015, des chercheurs de l'université de l'État du Michigan (MSU) ont réussi à créer un prototype de cellule photovoltaïque transparente : le matériau utilisé absorbe les rayonnements ultraviolets et infrarouges, mais laisse passer le rayonnement visible (Doc. 1). Ces cellules sont constituées de fines couches transparentes de polymères organiques qui convertissent l'énergie radiative en électricité.

Ainsi, ce type de cellule photovoltaïque peut être monté sur une surface transparente telle qu'une fenêtre ou un écran de smartphone sans obstruer le passage de la lumière. Bien que le rendement de conversion soit encore faible, l'Union européenne finance actuellement le projet IMPRESSIVE qui vise à produire des cellules photovoltaïques transparentes avec un rendement de conversion de 14 %.

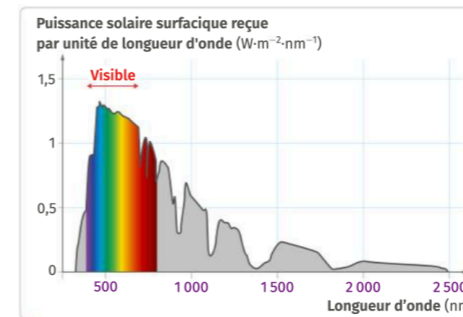
Le Doc. 2 montre différents spectres d'absorption de cellules photovoltaïques conventionnelles. Le Doc. 3 correspond au spectre radiatif du Soleil reçu sur Terre.



1 Principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques transparentes



2 Absorption des cellules conventionnelles selon le type de semi-conducteur



3 Spectre du rayonnement solaire reçu à la surface de la mer

Questions

- Rappeler les longueurs d'onde limites du domaine du visible. Préciser où se situent les infrarouges et les ultraviolets.
- Dessiner l'allure de la courbe d'absorption d'une cellule photovoltaïque transparente au rayonnement visible.
- Une entreprise parvient à développer une cellule photovoltaïque transparente capable de produire 0,72 W de puissance électrique alors qu'elle reçoit une puissance solaire surfacique de 1 000 W·m⁻². Les dimensions de cette cellule rectangulaire sont de 8,0 cm sur 12,5 cm. Calculer son rendement.
- Comparer la valeur obtenue avec le rendement moyen de cellules photovoltaïques conventionnelles.
- Expliquer les avantages de ce type de cellules.

Fiche révision - Semi-conducteur

- Savoir que la physique quantique a permis de découvrir et de comprendre l'effet photoélectrique.
- Savoir expliquer ce qu'est l'effet photoélectrique : c'est l'émission d'électrons par un matériau lorsqu'il est éclairé par une lumière suffisamment énergétique. La lumière arrache des électrons à la matière.
- Savoir que c'est ce phénomène physique qui se cache derrière les semi-conducteurs.
- Savoir expliquer ce qu'est un semi-conducteur : matériau isolant qui nécessite un apport d'énergie extérieure pour devenir conducteur. Cette propriété est au cœur du principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques (panneaux solaires)
- Il existe plusieurs semi-conducteurs mais chacun est caractérisé par son spectre d'absorption.
- Connaître un semi-conducteur : le Silicium
- Le rendement d'une cellule photovoltaïque au Silicium est d'environ 20%.
- Pour augmenter le rendement, on peut multiplier les jonctions avec différents types de semi-conducteurs.
(spectre d'absorption plus large, plus d'énergie absorbée \Rightarrow plus d'énergie électrique produite)