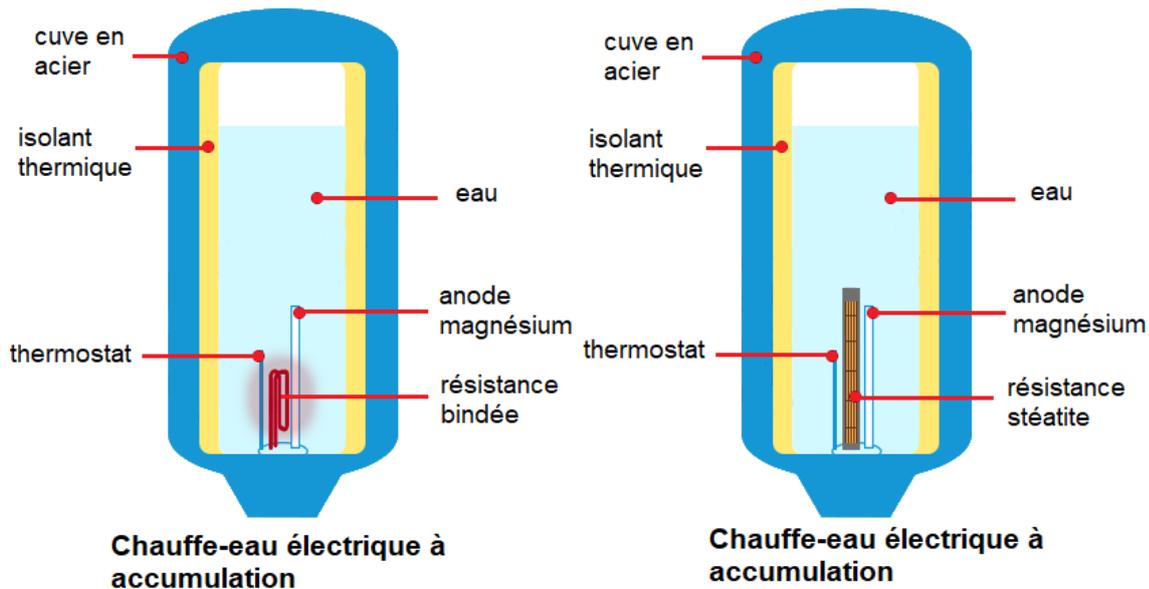


Le chauffe-eau électrique

1. Le chauffe-eau électrique

DOC1 : Le chauffe-eau électrique à accumulation



► Le chauffe-eau électrique à accumulation est probablement le type de chauffe-eau le plus répandu. Il permet d'alimenter l'habitat en eau chaude. Il est composé d'une cuve en acier habillée d'un isolant permettant de lutter contre la corrosion. Certains fabricants proposent des protections supplémentaires contre la corrosion comme une anode magnésium.

► Une résistance est immergée dans la cuve, elle permet de chauffer l'eau. **Il existe deux types de résistances :**

- **La résistance blindée** directement en contact avec l'eau
- **La résistance stéatite** protégée par un fourreau

► Bien qu'un peu plus chère à l'achat, une résistance stéatite possède l'avantage de résister à l'entartrage, elle possède également une plus grande surface de contact avec l'eau sanitaire de la cuve et permet un temps de chauffe plus rapide. Contrairement à une résistance blindée, la vidange de la cuve n'est pas nécessaire pour remplacer une résistance stéatite.

► Au fur et à mesure de l'utilisation l'eau chauffée du ballon est remplacée par de l'eau froide. L'entrée d'eau froide située vers le bas est chauffée au contact de la résistance et remonte vers le haut du ballon pour être tirée.

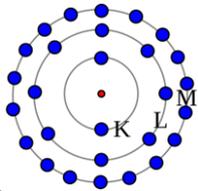
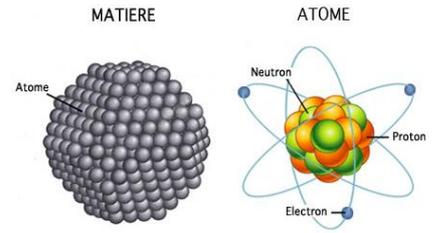
🔗 **Comment un courant électrique peut-il chauffer ?**

DOC2 : La composition de la matière

► La matière est faite d'**atomes** composés d'un **noyau** chargé positivement autour duquel se déplacent des **électrons** chargés négativement.

► Le noyau est composé de 2 sortes de particules :

- **les protons** chargés positivement
- **les neutrons**, neutres.

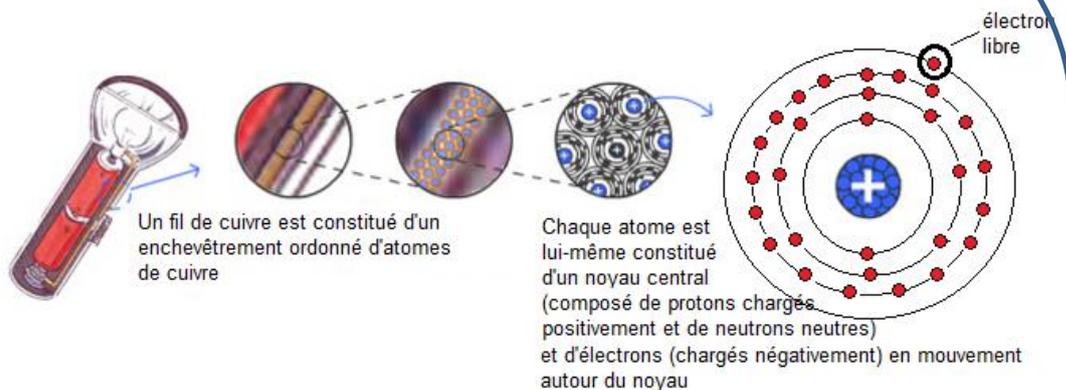


► Il y a autant d'électrons circulant autour du noyau que de protons dans le noyau : *l'atome est donc électriquement neutre.*

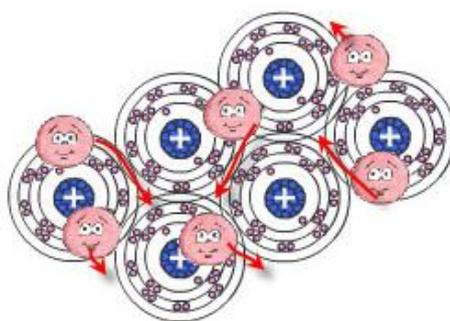
► Les électrons occupent des zones autour du noyau qui sont appelées couches électroniques (couches électroniques K, L, M...)

DOC3 : L'atome de cuivre et son électron libre

► L'atome de cuivre possède 29 électrons circulant autour du noyau : 2 électrons se trouvent sur la couche K, 8 sur la couche L, 18 sur la couche M et 1 électron se trouve sur la couche N. Cet électron, faiblement lié au noyau, car éloigné de celui-ci, peut circuler d'un atome de cuivre à un autre atome de cuivre proche. Il est appelé « **électron libre** ».



► Un fil de cuivre, constitué d'une multitude d'atomes de cuivre, possède donc des électrons libres, libres de se déplacer.



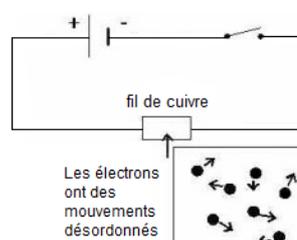
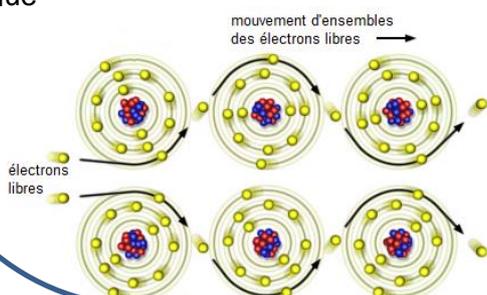
L'atome de cuivre possède un électron sur sa dernière couche, capable de circuler d'un atome de cuivre à un autre atome de cuivre proche

► Un fil de cuivre, constitué d'une multitude d'atomes de cuivre, possède donc des électrons libres, libres de se déplacer.

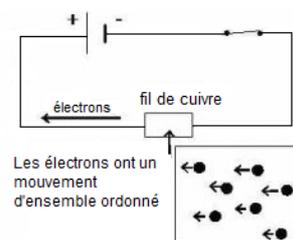
► Lorsque le fil de cuivre se trouve dans un circuit électrique ouvert, les électrons libres se déplacent de façon totalement désordonnée dans toutes les directions

► Lorsque le fil de cuivre se trouve dans un circuit électrique fermé, les électrons libres se déplacent de façon ordonnée, du pôle « - » du générateur vers le pôle « + » : ce qui crée le courant électrique

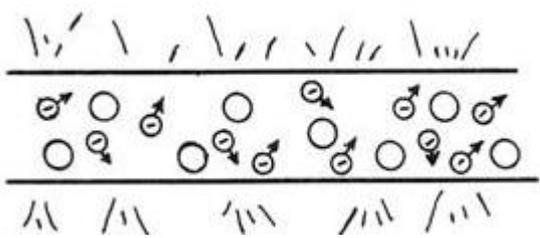
placent de façon ordonnée, du pôle « - » du générateur vers le pôle « + » : ce qui crée le courant électrique



Les électrons ont des mouvements désordonnés



Les électrons ont un mouvement d'ensemble ordonné



DOC4 : L'effet Joule

► Dans leur déplacement, les électrons se heurtent aux atomes, ce qui dégage de la chaleur. Ce dégagement de chaleur est appelé « effet Joule ».

C'est grâce à cet « **effet Joule** » que l'on peut chauffer avec de l'électricité !!

DOC5 : Augmenter la température de l'eau

► Pour chauffer de l'eau, pour augmenter la température d'une masse **m** d'eau de θ_i à θ_f , il faut apporter de la chaleur, de l'énergie.

La quantité d'énergie nécessaire se calcule par la formule :

$$E = m \times C(\theta_f - \theta_i)$$

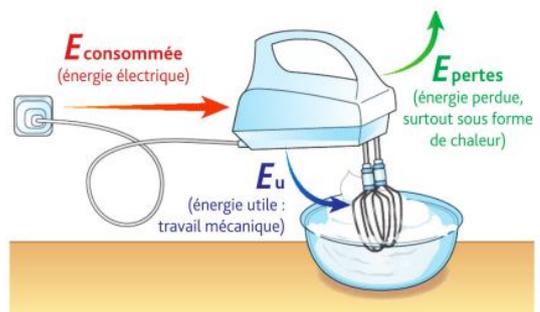
- m est la masse d'eau en g

- θ_i et θ_f sont les températures initiale et finale de l'eau en °C

- C est une constante appelée « *capacité calorifique de l'eau* » : **C = 4,18 J.g⁻¹.°C⁻¹**

► On rappelle que **1 mL d'eau a une masse de 1 g**

DOC6 : Rendement d'un appareil



► On définit le rendement de l'appareil (en %)

$$\text{par : } \eta = \frac{E_{\text{Utilisée}}}{E_{\text{consommée}}} \times 100$$

2. La bouilloire électrique



- Placer une **masse m** d'eau (ou un volume) mesurée avec précision dans la bouilloire. Attendre l'équilibre thermique (stabilisation) et noter θ_i la température initiale de l'eau.
- brancher entre la bouilloire et le secteur un consommètre
- Mettre en marche. Attendre l'arrêt automatique de l'appareil qui se produit pour une eau proche de sa température d'ébullition. Relever alors θ_f la température finale, ainsi que la durée Δt du chauffage
- Reproduire l'expérience avec une autre masse d'eau différente en prenant soin de bien rincer l'appareil à l'eau froide et d'attendre, après le remplissage, l'équilibre thermique.

| Masse d'eau : m | Température initiale de l'eau : θ_i | Température finale de l'eau : θ_f | Energie électrique consommée par la bouilloire : E_1 |
|-------------------|--|--|--|
| | | | |
| | | | |

► Pour les différents volumes d'eau versés dans la bouilloire

→ Calculer E_2 , l'énergie thermique reçue par l'eau au cours du chauffage

|

→ Calculer le rendement de la bouilloire

|

→ Dans quels cas l'efficacité de l'appareil est-elle la plus grande ?

3. Applications

EX1) Une cafetière électrique chauffe de l'eau en 4 minutes et comporte sur sa fiche signalétique les indications suivantes: **230 V ; 750 W**.

- Calculer l'intensité I du courant qui alimente la cafetière en fonctionnement.
- Calculer l'énergie E consommée par la cafetière.

EX2) M et Mme Dupont partent en vacances pendant 8 jours. Pour réaliser des économies, Mme Dupont souhaite éteindre son chauffe-eau électrique. Son époux préfère le laisser branché, prétextant que l'énergie nécessaire pour maintenir l'eau à bonne température sera équivalente à l'énergie nécessaire, au retour, pour remettre en route le chauffe-eau.

Puissance du chauffe-eau : **$P = 2200 \text{ W}$**

- Le chauffe-eau branché sans être utilisé consomme **1,52 kWh par 24 heures**.
 - Calculer l'énergie consommée par cet appareil pendant 8 jours.
- Si Mme Dupont éteint le chauffe-eau, alors **6 heures et 30 minutes** de chauffage seront nécessaires pour amener l'eau à la température d'utilisation.
 - Calculer dans ce cas l'énergie, nécessaire pour remettre l'appareil en service.
- Qui de M ou Mme Dupont a raison ? Justifier la réponse

EX3) Pendant **6,0 heures** de fonctionnement, un chauffe-eau électrique permet d'élever de **50°C** la température de **150 litres d'eau**

- Calculer l'énergie nécessaire pour élever de 50°C, la température des 150 L d'eau
- A cause d'un défaut d'isolation, le rendement du chauffe-eau est de **90 %** ;
 - Calculer l'énergie électrique reçue par le chauffe-eau
- Calculer la puissance électrique du chauffe-eau
- Calculer le prix de ce chauffage sachant que le prix du kWh est d'environ **0,11 euro**
- Le chauffe-eau est alimenté par une tension de **230 V**
 - Calculer l'intensité du courant dans l'élément chauffant en fonctionnement
 - Calculer la résistance de l'élément chauffant

EX4) On dispose de la documentation technique d'une société qui distribue des chauffe-eaux électriques. Vous hésitez entre les 2 modèles : le 100 litres, et le 150 litres
Afin de choisir, vous décidez de réaliser un bilan énergétique

| Capacité | Tension | Puissance | Durée de chauffe à $\Delta\theta = 50^\circ\text{C}$ |
|----------|---------|-----------|--|
| 100 L | 230 V | 1200 W | 5h18 |
| 150 L | 230 V | 1800 W | 5h12 |

- Calculer l'énergie consommée par les 2 chauffe-eaux pour chauffer de 20°C à 70°C (dans la fiche technique, cette différence de température est écrite $\Delta\theta = 50^\circ\text{C}$).
- Calculer l'énergie nécessaire pour chauffer la totalité de l'eau de chaque chauffe-eau
- Calculer le rendement de chaque chauffe-eau
- Quel chauffe-eau doit-on choisir ?