

45 Modéliser le comportement thermique de mon verre de thé

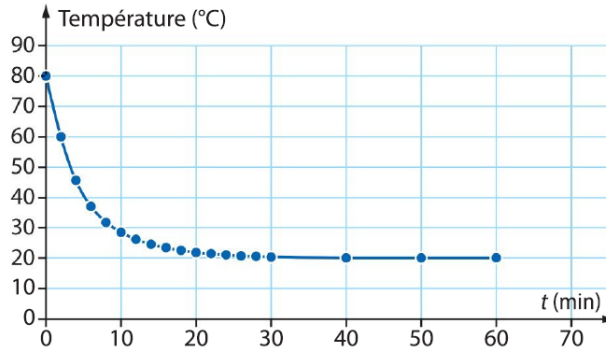
On refroidit un liquide initialement à la température $T_0 = 80\text{ °C}$ dans une pièce à température ambiante $T_a = 20\text{ °C}$ (supposée constante).

L'équation différentielle modélisant le refroidissement de ce liquide est :

$$\frac{dT(t)}{dt} = -k(T(t) - T_a) \quad (1)$$

L'équation de la température en fonction du temps (2)

$T(t) = A \times e^{-k \times t} + B$ est solution de l'équation différentielle (1).



Conseils

- Déterminer graphiquement la valeur numérique de B ; que représente cette valeur ?
- Montrer que $A = 60\text{ °C}$.
- On montrerait que $k = 0,2$. Quelle est son unité ?
- Valider vos réponses numériques en traçant le graphe $T = f(t)$ de 0 à 60 minutes, toutes les 5 minutes, dans un tableur.

- Il faut étudier le cas $t = \infty$ dans l'équation (2).
- Il faut exploiter le cas $t = 0$ dans l'équation (2).
- L'argument de la fonction exponentielle est sans unité.
- Il faut utiliser l'équation (2) en remplaçant A , B et k par les valeurs précédentes.

46 Économie d'énergie

45 min

Le propriétaire d'un appartement souhaite réaliser quelques travaux par souci d'économie d'énergie. Il décide de remplacer son chauffe-eau électrique par un chauffe-eau solaire et ses fenêtres simple vitrage par du double vitrage.

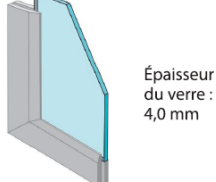


Données : Résistance thermique d'une lame d'air de 1 cm épaisseur et de surface 10 m^2 : $R = 0,038\text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$
 Surface vitrée de la maison : $S = 10\text{ m}^2$
 Conductivité thermique du verre : $\lambda = 1,15\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 Prix du kilowattheure = $0,12\text{ € TTC}$
 Capacité calorifique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4\,180\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
 Masse volumique de l'eau : $\rho = 1\,000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

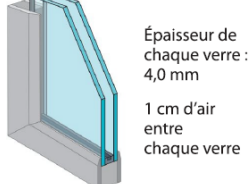
I. Remplacement de ses fenêtres

En plein mois de décembre, on considère que la température extérieure moyenne est de 3 °C . À l'intérieur de la maison, il souhaite conserver une température de 18 °C .

1 Simple vitrage



Double vitrage



2 Résistance thermique

La résistance thermique R_{th} d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique λ du matériau, de l'épaisseur e de la paroi et de la surface S traversée par le flux par la relation :

$$R_{\text{th}} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

Annotations :
 - Résistance thermique ($\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) points to R_{th}
 - Épaisseur (m) points to e
 - Surface (m^2) points to S
 - Conductivité thermique ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) points to λ

Dans le cas d'une paroi formée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale est la somme des résistances des différentes couches.

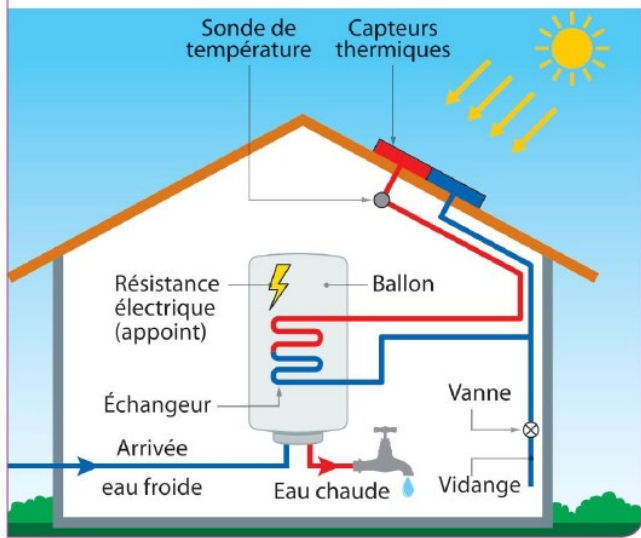
- Dans quel sens s'effectue le transfert thermique au niveau des fenêtres ?
- Calculer la résistance thermique correspondant à l'ensemble des surfaces vitrées de l'appartement dans le cas d'un simple vitrage et dans le cas d'un double vitrage.
- En déduire la valeur du flux thermique à travers la surface vitrée totale de l'appartement dans le cas du simple et du double vitrage.
- Évaluer l'économie effectuée lors d'une journée d'hiver.

II. Remplacement du chauffe-eau électrique

Le ballon d'eau chaude électrique déjà présent a une capacité de 300 L.

On considère que les 300 L d'eau sont chauffés de 10 °C à 60 °C en 6 h et cela 1 fois par jour en moyenne.

3 Panneaux solaires thermique et chauffe-eau



1. Déterminer les différents modes de transferts thermiques mis en jeu dans à la surface du capteur solaire, au niveau des serpentins en cuivre et au niveau de l'eau circulant dans les tuyaux.
2. Calculer l'énergie thermique reçue par l'eau du ballon du chauffe-eau électrique en une journée.
3. En déduire la puissance électrique minimale du chauffe-eau.
4. Évaluer l'économie effectuée par le remplacement de ce chauffe-eau par un modèle relié à un panneau solaire thermique lors d'une journée ensoleillée.

Conseils

2. Calculer la résistance thermique des vitres simple vitrage et celle des vitres double vitrage.
4. Calculer l'énergie transférée par les vitres simple vitrage en une journée et celle transférée par les doubles vitrages.

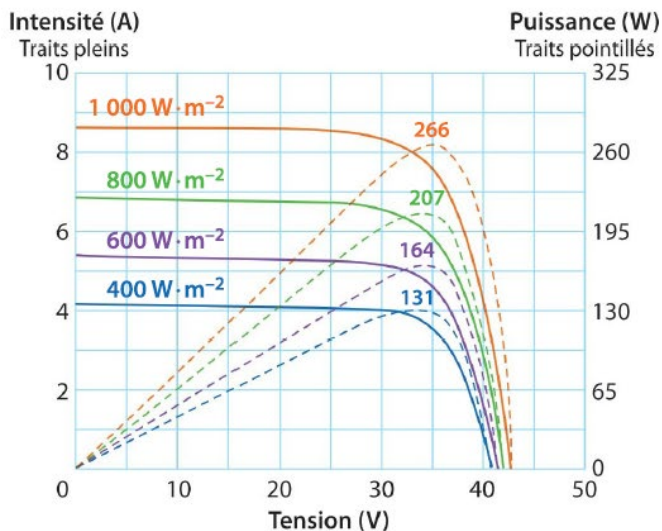
10 Focus MÉTHODE 2

Déterminer le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque

Énoncé Un panneau solaire photovoltaïque de surface $1,6 \text{ m}^2$ est installé à Nancy.

Donnée : À Nancy, quand il y a du Soleil, la puissance lumineuse par unité de surface est estimée à $600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

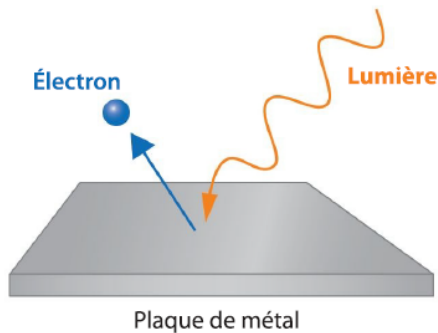
1. Déterminer la puissance électrique maximale délivrée par le panneau solaire.
2. Déterminer l'intensité du courant électrique ainsi que la tension électrique délivrée par le panneau solaire.
3. Calculer le rendement du panneau solaire installé.



25 Identification d'un métal

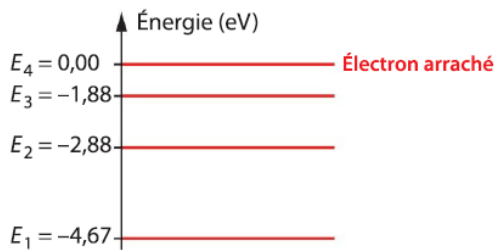
Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence

Un élève souhaite déterminer la nature d'une plaque de métal qu'il vient de retrouver, pour cela il l'éclaire avec une radiation de longueur d'onde 400 nm et il constate que des électrons sont arrachés de la plaque avec une vitesse maximale de $2,77 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Élément	Longueur d'onde maximale pour observer un effet photoélectrique
Calcium	431 nm
Sodium	537 nm
Or	242 nm
Silicium	1100 nm

1. Décrire la théorie de la lumière permettant d'interpréter l'effet photoélectrique.
2. Préciser quel métal, parmi ceux proposés, ne peut pas être celui qui compose la plaque.
3. Le diagramme énergétique de l'élément constituant la plaque est fourni ci-dessous :



Représenter la transition énergétique correspondant à l'extraction de l'électron lors de l'effet photoélectrique.

27 Régression linéaire et grandeurs caractéristiques

Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence

Lors d'une expérience, une plaque de sodium est éclairée avec une source lumineuse de fréquence variable et l'énergie cinétique des électrons arrachés est mesurée.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

ν ($\times 10^{15}$ Hz)	E_c ($\times 10^{-19}$ J)
0,60	0,24
0,80	1,59
1,00	2,89
1,20	4,20
1,40	5,55
1,60	6,89

1. Le travail d'extraction du sodium vaut $3,7 \times 10^{-19}$ J. Calculer la fréquence minimale du rayonnement incident pour observer l'effet photoélectrique.

2. Tracer le graphe de l'énergie cinétique en fonction de la fréquence.

3. Déterminer le coefficient directeur et l'ordonnée à l'origine de la droite obtenue.

4. Établir l'expression littérale de l'énergie cinétique en fonction de la fréquence f du rayonnement incident et du travail d'extraction W_e .

5. Justifier clairement à quelles grandeurs correspondent le coefficient directeur de la droite et son ordonnée à l'origine.

6. Montrer que la droite doit couper l'axe des abscisses pour une fréquence $f_0 = \frac{W_e}{h}$.

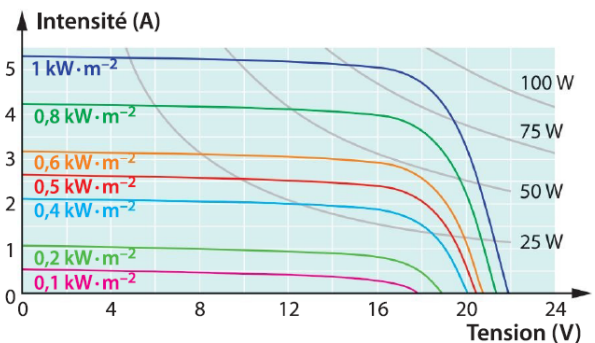
Vérifier que le graphe obtenu expérimentalement est cohérent avec la valeur du travail d'extraction donnée à la question 1.

31 Comparaison de deux centrales électriques

🕒 40 min

1 Panneaux photovoltaïques PW 850

Un constructeur donne la caractéristique courant-tension d'un panneau photovoltaïque au silicium de dimension $1\,200 \times 600$ mm pour différents éclairagements E (exprimés en $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$), ces panneaux ont été utilisés pour la centrale photovoltaïque de Toul (54).



La puissance fournie par un panneau photovoltaïque est en général insuffisante pour les applications domestiques et industrielles. De ce fait, les générateurs photovoltaïques sont réalisés par association d'un grand nombre de panneaux photovoltaïques.

2 Présentation de deux centrales installées en Lorraine

- Centrale de Toul-Rosières : Construite en 2011, elle est équipée de 1,4 millions de panneaux PW 850. Cette centrale permet de couvrir les besoins de 55 000 habitants.
- Centrale de Cattenom : À quelques dizaines de kilomètres de Metz, située dans la région Grand-Est, elle possède quatre réacteurs de 1 300 MW.

Donnée : Travail d'extraction du silicium cristallin : $W_e = 1,12$ eV

1. Décrire le modèle de la lumière permettant d'interpréter l'effet photoélectrique en expliquant en quoi il consiste.

2. Calculer la fréquence seuil du silicium.

3. Calculer l'énergie des photons incidents de longueur d'onde 350 nm et indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique ils appartiennent.

4. Montrer que le rendement d'un panneau photovoltaïque installé à Toul est proche de 10 %.

5. Déterminer si la centrale photovoltaïque de Toul peut remplacer la centrale nucléaire de Cattenom. Commenter.

Énoncé Dans une installation de chauffage central, l'eau sort de la chaudière dans un tuyau intérieur de diamètre $d_1 = 20$ cm sous une pression $p_1 = 5,0 \times 10^5$ Pa, avec un débit volumique $D_v = 18$ L · min⁻¹.

- Calculer la pression de l'eau en un point d'un radiateur situé à $z_2 = 3,0$ m d'altitude au-dessus de la chaudière sachant que l'eau circule dans un tuyau de diamètre intérieur $d_2 = 5,0$ mm.

Données : Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Relation de Bernoulli : $\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g z_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g z_2 + p_2$

On suppose que les hypothèses nécessaires à son application sont satisfaites.



Données pour l'ensemble des exercices :

- La densité d d'un corps solide ou liquide est $d = \frac{\rho_{\text{corps}}}{\rho_{\text{eau}}}$ où ρ_{corps}

est la masse volumique du corps considéré, et ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau pure à 3,98 °C et à pression atmosphérique, prise égale à 1 000 kg · m⁻³.

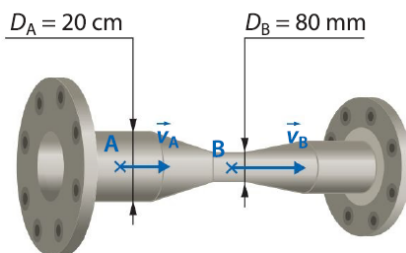
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$
- Masse volumique de l'air sec à 0 °C et à pression atmosphérique normale : $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Pression atmosphérique : $p_0 = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- On supposera que le fluide étudié vérifie les hypothèses nécessaires pour écrire la conservation de son débit et appliquer la relation de Bernoulli :

$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g z_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g z_2 + p_2$, axe (Oz) vertical vers le haut

- Loi fondamentale de la statique des fluides (axe (Oz) vertical vers le haut) : $p_2 - p_1 = \rho g(z_1 - z_2)$

24 Exploiter la relation de Bernoulli

Une dépression est réalisée par un générateur à effet Venturi en accélérant de l'eau dans une conduite horizontale schématisée ci-dessous.



v_A et v_B représentent les vitesses de l'eau dans les parties cylindriques de diamètres D_A et D_B .

1. Sachant que $v_A = 2,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, calculer la vitesse v_B .
2. La pression au point A est $p_A = 3,0 \cdot 10^5$ Pa. Calculer la pression p_B au point B.

28

« Eurêka ! Eurêka ! »

Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède



Le roi Hiéron II, tyran de Syracuse, ayant commandé une couronne d'or, soupçonna son orfèvre d'avoir mélangé de l'argent à l'or et demanda à Archimède de lui donner réponse sans abimer la couronne. Archimède mesura la masse de la couronne dans l'air $m = 982$ g et sa masse apparente dans l'eau $m_{\text{app}} = 922$ g.

Données : Poids apparent : $\vec{P}_{\text{app}} = \vec{P} + \vec{A}$

$d_{\text{Au}} = 19,3$ et $d_{\text{Ag}} = 10,5$ (Au : or, Ag : argent)

1. Calculer la densité du métal de la couronne. Conclure.
2. Établir la composition du métal de la couronne en masse et en volume.

32 En apnée...

Exploiter la conservation du débit pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible

À 110 m de profondeur, la fréquence cardiaque d'un apnéiste est 40 battements par minute. Dans ces conditions, chaque battement cardiaque envoie un volume égal à 70 mL de sang dans l'aorte de section $S = 2,5 \text{ cm}^2$.



1. Calculer le volume de sang circulant dans l'aorte chaque minute dans ces conditions.
2. Calculer le débit volumique sanguin D_v dans l'aorte.

3. En déduire la vitesse d'écoulement du sang dans l'aorte.

34 Détection et localisation d'un AVC

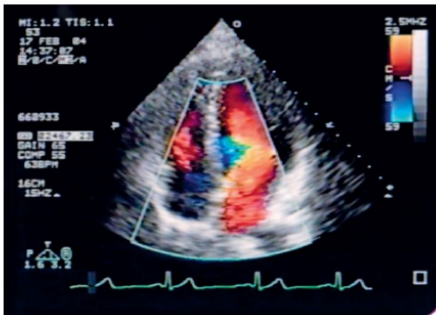
Exploiter la conservation du débit pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible

1 Qu'est-ce qu'un AVC ischémique ?

Un accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique ou infarctus cérébral survient lorsque le flux sanguin rencontre un obstacle (caillot sanguin) qui bloque son passage vers les différentes parties du cerveau.

2 Échographie Doppler

Lors d'une échographie Doppler en mode pulsé, une sonde émet des ondes ultrasonores qui sont réfléchies par les globules rouges : la mesure de la fréquence des ondes réfléchies permet de remonter à la vitesse des globules rouges.

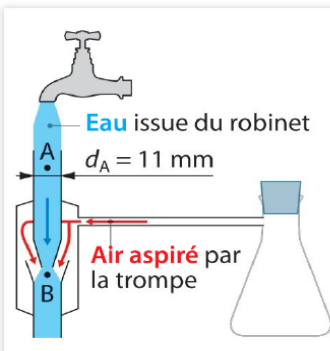


- Le rythme cardiaque d'un patient est de 80 pulsations par minute. Sachant qu'à chaque pulsation le cœur envoie 90 mL de sang dans l'aorte, déterminer le volume de sang circulant dans l'aorte du patient en 60 s.
- Le débit sanguin cérébral représente 15% du débit cardiaque. Déterminer le débit sanguin cérébral D_v du patient étudié.
- Déterminer et comparer les vitesses moyennes d'écoulement du sang dans :
 - une artère cérébrale saine de section $S_1 = 5,0 \text{ mm}^2$;
 - une artère partiellement obstruée de section $S_2 = 3,0 \text{ mm}^2$.
- Expliquer en moins de 10 lignes comment une échographie Doppler permet de localiser un AVC ischémique.

35 Trompe à eau

Exploiter la conservation du débit volumique, utiliser la relation de Bernoulli et expliquer l'effet Venturi

Une trompe à eau est un équipement de laboratoire qui permet de faire le vide dans une enceinte confinée, par exemple lors d'une distillation à pression réduite ou une filtration sur entonnoir Büchner. On donne les caractéristiques d'une trompe à eau de laboratoire :



Trompe à eau

Données pour une pression de circulation d'eau de 4,5 bars (absolus) et à température d'eau de 12 °C.

- Consommation d'eau : $340 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ env.
- Pression finale : 16 mbars.
- Pouvoir aspirant à pression atmosphérique : $950 \text{ L air} \cdot \text{h}^{-1}$

- Expliquer l'effet mis en jeu lors du fonctionnement de la trompe à eau.
- Calculer le diamètre d_B nécessaire pour répondre aux caractéristiques de cette trompe à eau.

39 Pommeau de douche économique 🕒 35 min

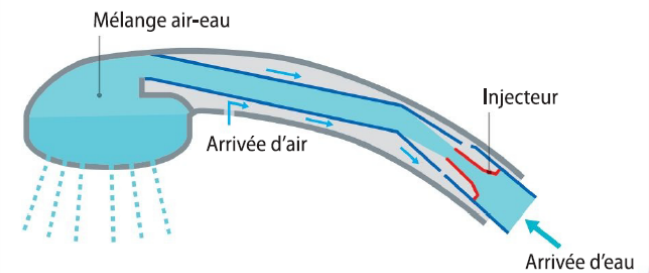
Les pommeaux de douche économiques permettent de s'épargner des dépenses d'eau grâce à un système d'injection d'air, sans diminuer le confort du lavage et du rinçage.

1 Caractéristiques d'un pommeau de douche économique

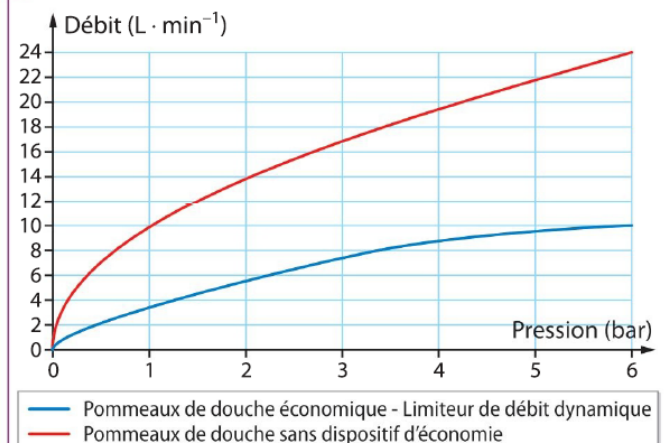
90 trous en silicone de forme tronconique et de diamètre 0,4 mm. Raccord standard de diamètre 1,27 cm.



2 Vue en coupe d'un pommeau de douche économique



3 Débit de différents pommeaux de douche



Donnée : Pression moyenne du réseau de distribution de l'eau : $p = 3,4$ bars, durée d'une douche : 5,0 min

1. Expliquer l'effet à l'origine de l'économie d'eau réalisée (**doc. 2**).

2. Estimer les vitesses dans le tuyau de douche et en sortie du pommeau économique (**docs 1 et 3**).

► Sachant que le prix moyen du m^3 d'eau est de 3,50 €, estimer l'économie d'argent réalisée par une famille de quatre personnes qui utilise un pommeau de douche économique plutôt qu'un pommeau classique.

Conseils

- Observer la forme de l'injecteur et justifier l'aspiration de l'air.
- Utiliser le **doc. 3** pour déterminer le débit volumique D_v et le **doc. 1** pour obtenir les valeurs des sections. Exploiter la conservation de D_v .
- Calculer le volume d'eau (m^3) dépensé chaque jour, puis en un an, par la famille, pour les deux types de pommeau (utiliser le **doc. 3** pour le pommeau classique).

Effet photoélectrique et panneaux photovoltaïques

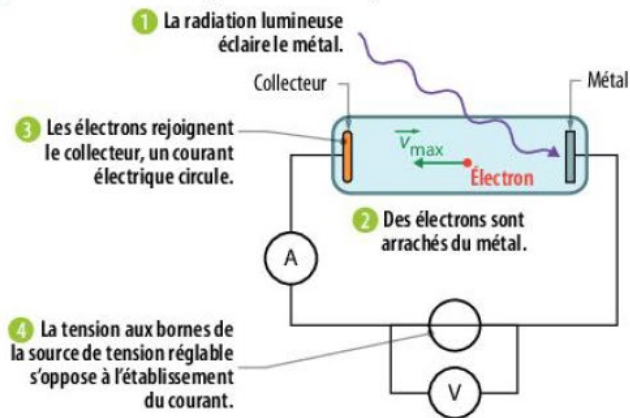
Exploiter des observations et des mesures ; effectuer des calculs.

D'après Concours GEPI, 2013

Partie I L'effet photoélectrique

L'effet photoélectrique (schéma A) a été découvert à la fin du XIX^e siècle.

A Étude de l'effet photoélectrique



La mesure de la tension annulant le courant électrique permet de calculer la valeur maximale de la vitesse des électrons extraits du métal.

1. Une radiation de longueur d'onde $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ permet d'extraire des électrons d'une cathode en potassium. Quelle est l'énergie d'un photon associé à cette radiation ?
2. Une radiation de longueur d'onde $\lambda_2 = 700 \text{ nm}$ ne permet pas d'extraire des électrons, même si on augmente l'intensité lumineuse reçue par la cathode ou la durée de l'éclairement. Comment expliquer cette observation ?
3. Pourquoi l'effet photoélectrique a-t-il remis en cause le modèle ondulatoire de la lumière ?

1. Représenter la chaîne énergétique d'une cellule photovoltaïque.
2. On s'intéresse à la situation dans laquelle l'éclairement est de $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
 - a. Quelle est la puissance maximale fournie par le panneau proposé par l'installateur ?
 - b. Quelle est la tension aux bornes du panneau lorsque la puissance fournie est maximale ?
 - c. Quelle est alors l'intensité du courant électrique ?
3. Dédurre des réponses précédentes le rendement maximal du panneau pour un éclairement de $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
4. L'installation doit produire 3,5 kWc (le kilowatt crête, kWc, est une unité de mesure de la puissance maximale produite lorsque l'éclairement est de $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).

4. Quelle est la valeur maximale de la vitesse d'un électron arraché à du potassium par une radiation de longueur d'onde $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$?
5. Reproduire le schéma A et indiquer la polarité de la source de tension permettant d'annuler le courant.

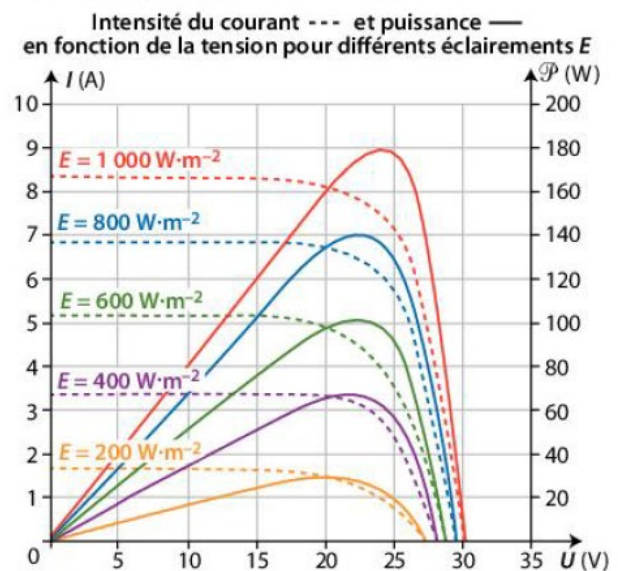
Partie II Installation de panneaux photovoltaïques

Un habitant de Lyon souhaite équiper le toit de sa maison de panneaux photovoltaïques. Un extrait de la notice technique d'un panneau proposé par l'installateur est donné ci-après.



B Extrait de la notice d'un panneau photovoltaïque

- Panneau de 48 cellules associées en série.
- Dimensions du panneau : $1\,318 \text{ mm} \times 994 \text{ mm}$.



- a. Combien de panneaux seront nécessaires ?
- b. En tenant compte du rendement des panneaux, mais aussi de leur orientation et des pertes électriques, l'installateur prévoit un rendement global de 10 %.

Quel revenu annuel cet habitant de Lyon pourra-t-il espérer de la vente de l'électricité produite ?

Données

- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
- Pour le potassium : $W_{\text{extraction}} = 2,29 \text{ eV}$.
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- Masse d'un électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.
- Prix de vente de l'électricité par ce particulier : $0,20 \text{ €/kW} \cdot \text{h}$.
- Énergie lumineuse par unité de surface reçue à Lyon cumulée sur une année : $1\,450 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$.