

Exercices d'entraînement

1. 1. a. Les pertes par effet Joule dans un matériau supraconducteur sont nulles.

b. $P = RI^2 = \rho \times \frac{L}{S} \times I^2$

A.N. $P = 1,75 \times 10^{-8} \times \left(\frac{5786}{6,0 \times 10^{-6}} \right) \times 500^2 = 4,2 \text{ MW.}$

c. Ce matériau qui est si avantageux à l'état supraconducteur puisque l'effet Joule y est nul, redevient résistif dès qu'il n'est plus supraconducteur : l'effet Joule peut alors provoquer la fusion des filaments. Le rôle du cuivre est donc d'offrir une dérivation au courant électrique lors de cet « accident ».

2. a. Les objets en fer ou en nickel (clés, pièces de monnaie, outils ...) subissent des forces d'attraction magnétique quand ils sont placés dans un champ magnétique.

b. La valeur donnée en début de texte est $B = 4,65 \text{ T}$. C'est une valeur très forte, en comparaison, par exemple du champ magnétique terrestre qui vaut moins de 10^{-4} T , soit 50 000 fois plus grand.

3. L'environnement ambiant et l'écran transmettent de l'énergie par rayonnement ; les supports apportent de l'énergie par conduction ; le vide évite des transferts par conduction mais sans toutefois annuler le transfert par rayonnement.

L'air résiduel transmettrait de l'énergie par convection : moins il y a d'air, moins il y a de pertes.

4. a. La résistance thermique est définie par :

$$R_{\text{th}} = \frac{\Delta T}{\Phi}$$

(connaissance exigible de TS spécifique) avec $\Delta T = (273 + 20) - 4,2 = 289 \text{ K}$ et le flux thermique $\Phi = 0,1 \text{ W}$. On trouve :

$$R_{\text{th}} = 2,9 \times 10^3 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

b. On déduit de la relation entre R_{th} et les dimensions du matériau isolant, la valeur de l'épaisseur e :

$$e = R_{\text{th}} \times \lambda \times S = 2,9 \times 10^3 \times 10^{-2} \times 1 = 29 \text{ m}$$

Cette valeur est évidemment irréalisable et justifie la construction de l'écran thermique décrit dans le texte.

2. a. L'énergie de première ionisation d'un atome de silicium :

$$\mathcal{E}_i = \frac{786,3 \times 10^3}{6,02214 \times 10^{23}} = 1,3057 \times 10^{-18} \text{ J}$$

Conversion en eV :

$$\mathcal{E}_i = \frac{1,3057 \times 10^{-18}}{1,60218 \times 10^{-19}} = 8,149 \text{ eV}$$

Il ne faut conserver que 4 chiffres significatifs 8,149 eV comme dans 786,3.

b. Fréquence du rayonnement associé :

$$\nu_1 = \frac{1,3057 \times 10^{-18}}{6,62607 \times 10^{-34}} = 1,9705 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

Sa longueur d'onde dans le vide :

$$\lambda_{01} = \frac{2,99792458 \times 10^8}{1,9705 \times 10^{15}} = 1,5214 \times 10^{-7} \text{ m} = 152 \text{ nm}$$

c. Pour l'énergie de bande interdite :

$$E_g = 1,11 \text{ eV} = 1,11 \times 1,60218 \times 10^{-19} = 1,7784 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\nu_1 = \frac{1,7784 \times 10^{-19}}{6,62607 \times 10^{-34}} = 2,684 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{02} = 1,117 \text{ }\mu\text{m}$$

d. Domaines du spectre des ondes E.M. :

$\lambda_{01} = 152 \text{ nm}$ est dans l'ultraviolet ;

$\lambda_{02} = 1,117 \text{ }\mu\text{m}$ est dans l'infrarouge.

Le courant électrique créé par la cellule est dû à l'agitation thermique acquise sous l'effet du rayonnement solaire qu'il soit infrarouge ou situé dans un domaine de longueur d'onde inférieure (visible ou UV).

3. a. Les « creux » dans la courbe du **document 1**, correspondent à l'absorption du rayonnement solaire par l'atmosphère.

b. Sur le **document 2**, le rayonnement diffus est le rayonnement dû aux nuages notamment (et aussi aux autres particules en suspension dans l'atmosphère).

Le rayonnement total est la somme du rayonnement direct du Soleil et du rayonnement diffus.

c. Pour le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque, tout rayonnement susceptible de fournir de l'énergie de par son spectre, intervient : donc c'est le rayonnement total qu'il faut prendre en compte.

d. Au cours d'une journée, l'angle solaire avec le zénith croît du lever du Soleil à midi, heure solaire (heure à laquelle le Soleil culmine) ; l'angle solaire avec le zénith décroît de midi au coucher du Soleil.

Il est intéressant d'étudier la courbe du **document 2** pour l'implantation des cellules photovoltaïques, car il permet de déterminer les régions de la Terre où cette implantation est susceptible de permettre un fonctionnement rentable des cellules photovoltaïques.

e. Pour une utilisation en extérieur, on placera des cellules au silicium amorphe, même si elles ont un moins bon rendement (6 à 8 %), d'autant plus que ces photopiles sont les moins onéreuses. Tandis que, pour une utilisation à l'intérieur ou dans des conditions extrêmes (peu d'accessibilité) ou pour produire de l'électricité pour le réseau, on préférera des cellules au silicium cristallin ayant un large spectre et un meilleur rendement (12 à 16 %).

4. a. Les forces de Van der Waals sont des forces attractives faibles de nature électrostatique qui s'exercent entre molécules et qui ne se manifestent qu'à très courte distance.

b. Les poils des pattes de gecko sont qualifiés de « nanopils » car ils ont un diamètre de 200 nm. Le gecko possède des poils les plus fins possible pour se rapprocher le plus possible des surfaces, ce qui permet de maximiser les interactions électrostatiques au niveau moléculaire.

c. Les nanopils possèdent des extrémités en forme de spatule. Cette forme particulière permet un bon contact entre les poils du gecko et la surface.

d. Le gecko possède 2 milliards de nanopils qui exercent chacun une force de 15 nN.

Calcul de la force d'attraction créée par les pattes d'un gecko :

$$F = 2 \times 10^9 \times 15 \times 10^{-9} = 30 \text{ N}$$

e. Calcul du poids d'un gecko :

$$P = m \times g = 0,200 \times 9,8 = 2,0 \text{ N}$$

f. Un gecko peut se déplacer sur un plafond car la valeur de son poids est largement compensée par les forces de Van der Waals qui s'exercent entre les nanopils de ses pattes et le plafond.

g. Un adhésif imitant les pattes de gecko serait très puissant et repositionnable à volonté. Les chercheurs doivent recréer des poils artificiels extrêmement fins et résistants avec une orientation qui puisse être contrôlée.

5. a. Une émulsion est un de deux liquides non miscibles rendu stable grâce un troisième constituant, appelé émulsifiant.

Les exemples d'émulsion évoqués dans le texte sont : la crème, la mayonnaise, le beurre blanc et le chocolat Chantilly.

b. Le tensioactif, ou émulsifiant, permet à la matière grasse de se stabiliser sous forme de gouttelettes de petite taille qui se dispersent dans un milieu aqueux.

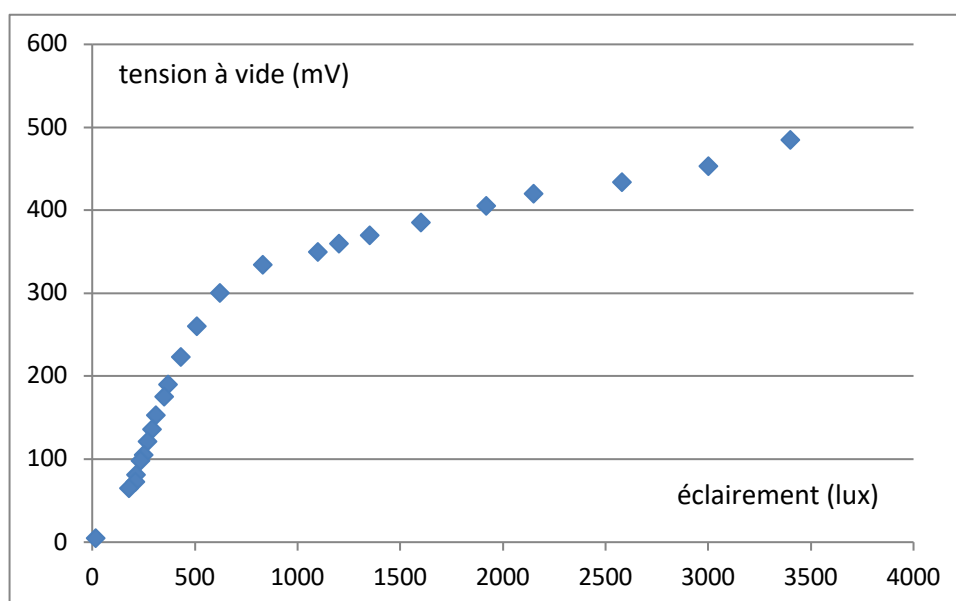
c. Une mousse est un mélange contenant des bulles d'air.

d. Les tensioactifs permettent de stabiliser les bulles d'air d'une mousse.

6. ECE

a. Le luxmètre mesurant l'éclairement doit être placé rigoureusement à la même place que celle occupée par la cellule photovoltaïque lors de la mesure de la tension à vide.

b. Le tracé obtenu avec un tableur est le suivant :



c. Pour un éclairement notable supérieur à 700 lux, la tension est proportionnelle à l'éclairement :

$$U \text{ (mV)} = 0,057 \times E \text{ (lux)} + 290$$

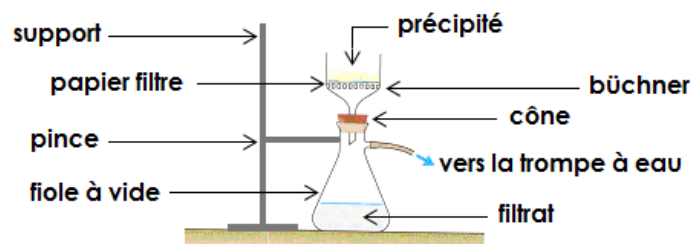
7. ECE

1. a. Pour réaliser la précipitation des protéines, on doit utiliser un bécher de 250 mL, une plaque chauffante, un agitateur en verre, un thermomètre, une éprouvette graduée de 100 mL et du papier pH.

b. La précipitation a lieu en milieu acide car le vinaigre est une solution d'acide éthanoïque.

2. a. Pour réaliser la filtration sous vide de la caséine, on doit utiliser du papier filtre, une trompe à eau, une fiole à vide, un bûchner, un cône en caoutchouc, une pince, un support.

b.



c. La filtration sous pression réduite est plus efficace qu'une filtration simple.

d. Le lavage du précipité à l'eau permet d'éliminer les impuretés restantes comme les vitamines et les sels minéraux. Le lavage du précipité à l'acétone permet d'éliminer les matières grasses.

e. On place la caséine à l'étuve pour éliminer les traces d'eau.

f. Un litre de lait contient en moyenne 36 g de protéines, donc 100 mL de lait contient 3,6 g de protéines. 80 % des protéines du lait sont de la caséine.

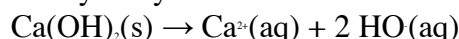
Calcul de la masse théorique de caséine :

$$3,6 \times \frac{80}{100} = 2,9 \text{ g}$$

g. Calcul du rendement : $r = \frac{2,2}{2,9} = 0,76$.

Le rendement est de 76 % à cause des pertes de matière lors des étapes de précipitation et de filtration.

3. a. Équation de dissolution de l'hydroxyde de calcium :



Équation de dissolution du carbonate de sodium :



b. La synthèse de la colle nécessite des réactifs aux propriétés basiques. Les ions responsables de la basicité sont l'ion hydroxyde HO⁻ et l'ion carbonate CO₃²⁻.

c. L'hydroxyde de calcium est corrosif et le carbonate de calcium est nocif ou irritant. Pour réaliser la synthèse, il faut porter gants, lunettes et blouse fermée.

8. Voir le site national <http://www.supraconductivite.fr/fr/index.php>

a. La liquéfaction de l'hélium a permis d'obtenir des températures extrêmement basses, or les supraconducteurs n'existent qu'à ces faibles températures (quelques kelvins).

b. L'effet Meissner est la propriété que possède un matériau d'expulser les champs magnétiques.

c. L'expérience consiste à faire léviter un petit aimant au-dessus d'un supraconducteur immergé dans de l'azote liquide ; on peut déplacer l'aimant : le supraconducteur est « piégé » ; inversement, on peut déplacer le supraconducteur et l'aimant le « suit ».

d. La création de champ magnétique intense a permis l'imagerie médicale par résonance magnétique (IRM).

e. L'effet Joule est la cause des pertes lors du transport de l'électricité.

f. Prix Nobel attribués pour des travaux sur la supraconductivité :

- K Onnes obtint le prix Nobel en 1913.
- En 1935, des théories incomplètes bien que puissantes furent proposées par les frères London puis, en 1950, par V. Ginzburg et L. Landau. Abrikosov et Ginzburg ont reçu le prix Nobel en 2003 pour avoir expliqué les propriétés macroscopiques des supraconducteurs.

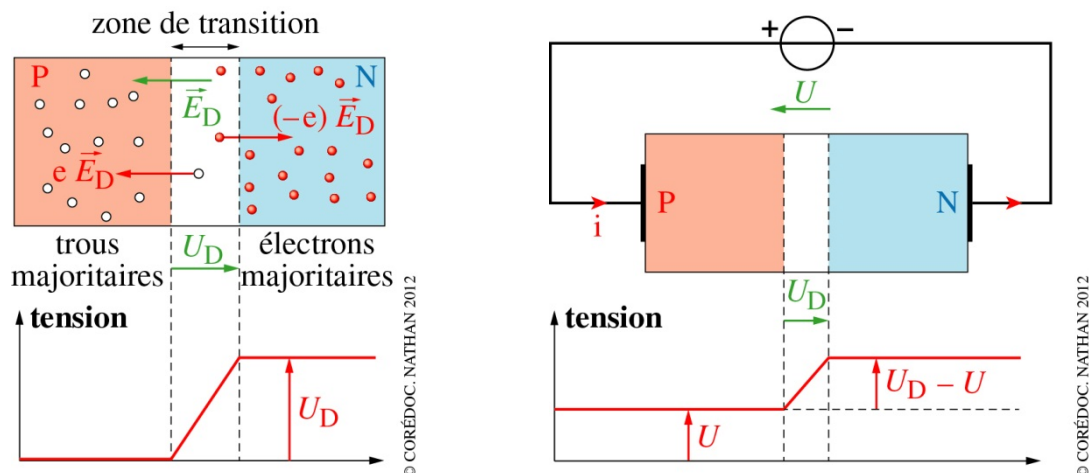
- En 1957, apparut la théorie B.C.S, du nom de ses découvreurs John Bardeen, Leon Cooper et John Schiffer, théorie de la supraconductivité ; le prix Nobel leur fut attribué en 1972.
 - Brian Josephson prédit en 1962 les effets quantiques qui portent son nom et sont utilisés en détection ultrasensible des champs magnétiques ; Josephson, Esaki Leo et Giaever ont reçu le prix Nobel en 1973.
 - En 1985, K von Klitzing eut le prix Nobel pour la détermination de la nature quantique de la résistance.
 - En 1987, J G Bednor et K A Müller eurent le prix Nobel pour la mise en évidence de supraconducteurs à haute température.
 - En 1998, Robert B Laughlin, Horst L Stormer, Daniel C Tsui reçurent le prix Nobel pour la réalisation d'une nouvelle forme de fluide quantique, le condensat de Bose-Einstein.
- g.** En 1986, le seuil de température atteint fut 100 K, alors que jusque-là on ne connaissait que des supraconducteurs dont la température seuil était de l'ordre de 5 à 20 K.
- h.** Notre vie quotidienne pourrait être modifiée par l'apparition de supraconducteurs à température ambiante :
- les câbles électriques du transport de l'électricité ;
 - la lévitation des trains ;
 - le stockage de l'énergie électrique ;
 - la consommation des ordinateurs.

Voir aussi pour des applications plus ludiques : <http://www.supradesign.fr/>

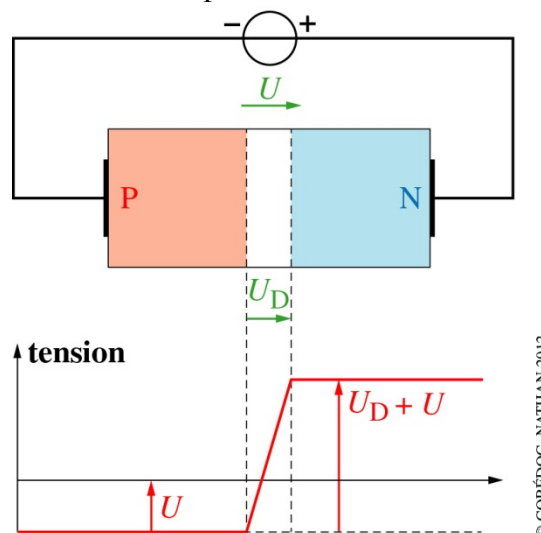
Cependant, découvrir des supraconducteurs à température ambiante représente un saut technologique énorme : il faudrait passer de 100 K à 300 K !

Objectif Bac

- 9. a.** Pour doper négativement un cristal de Si, on peut insérer un atome de phosphore qui comporte 5 électrons dans sa couche de valence.
- b.** Les électrons libres de la zone N sont repoussés par le champ électrique de la zone de transition car les électrons sont chargés négativement et le champ électrique est dirigé de la zone N vers la zone de transition.
- c.** Une jonction est dite « passante », quand la tension appliquée U diminue la barrière de potentiel U_D que les électrons doivent franchir pour participer à la conduction ; celle-ci devient alors $U_D - U$.

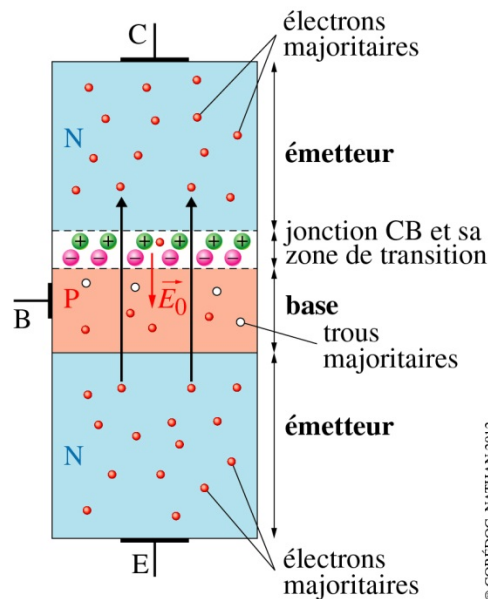


- d.** La jonction de la diode est bloquée quand les bornes du générateur sont inversées car la barrière de potentiel à franchir est très importante : $U + U_D$.



- e.** La conséquence de l'insertion d'une diode dans un circuit alimenté en courant alternatif est de ne laisser passer que la tension positive : on dit qu'une diode sert à redresser.
- f.** Un dipôle ne présentant que deux états (bloqué ou passant) permet de disposer d'un « interrupteur » ;
À l'état 1, la diode est passante c'est un interrupteur fermé ; à l'état 0, la diode est bloquée, c'est un interrupteur ouvert.
- g.** Les transistors règlent eux-mêmes leur courant de sortie puisque l'intensité dans la boucle émetteur-récepteur est pratiquement i_E et que i_E n'existe que si i_B existe.
- h.** L'électrode qui permet ce réglage est la base.

- i.** L'intensité du courant de collecteur est $i_c = i_b + i_e$. Comme $i_b \ll i_e$, sa valeur approchée est $i_c \approx i_e$.
- j.** Si aucun courant n'est envoyé sur l'électrode de commande le transistor est bloqué ($i_e = 0$).
- k.**



- l.** Un transistor bipolaire est commandé par un courant de base et un transistor à effet de champ est commandé par une tension.

10. a. Le champ électrique entre les zones dopées N et P est orienté de la zone N vers la zone P (**figure a** ci-dessous).

b. Les p cellules de la **figure b** doivent être associées en dérivation pour augmenter l'intensité du courant. Les n cellules de la **figure b** doivent être montées en série pour augmenter la tension délivrée par le panneau.

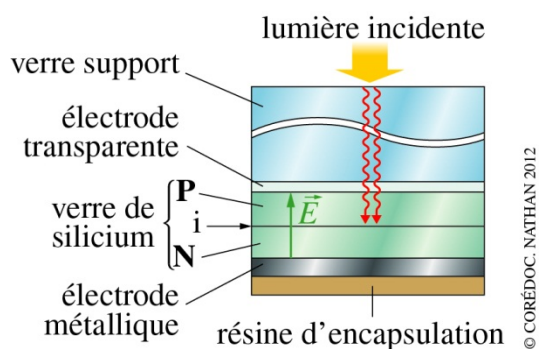


Figure a

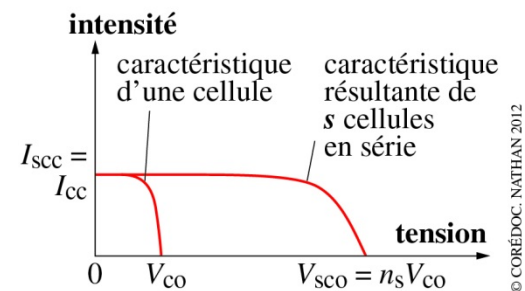
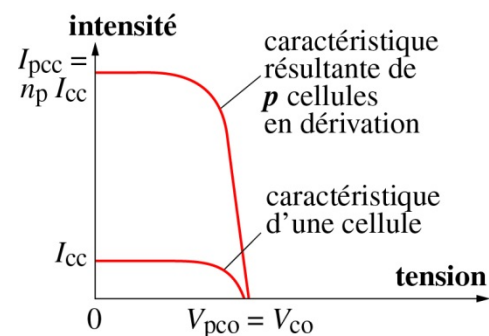


Figure b

- c.** Par lecture graphique sur le **document 2**, les valeurs de l'intensité et de tension sont :

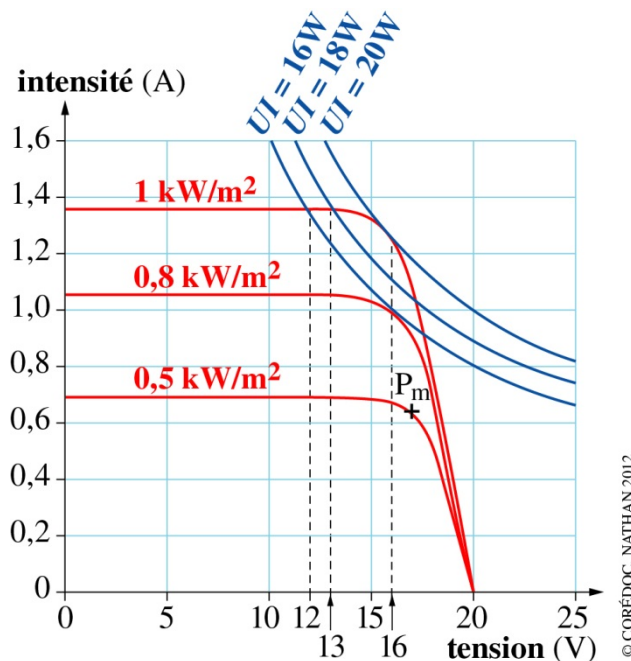
$$I = 2,5 \text{ A et } U = 0,34 \text{ V, d'où } P = U \times I = 0,9 \text{ W}$$

d. Une puissance de 20 W peut être obtenue avec un éclairement minimum de 1 kW/m². Cet éclairement correspond à la valeur de la puissance dont la courbe est tangente à la caractéristique $I = f(U)$.

e. D'après le **document 3**, pour un éclairement de 1 kW/m² :

- si la puissance est 16 W, l'intensité est $I = 1,35$ A et la tension $U = 12$ V ;
- si la puissance est 18 W, l'intensité est $I = 1,35$ A et la tension $U = 13$ V ;
- si la puissance est 20 W, l'intensité est $I = 1,30$ A et la tension $U = 16$ V.

f. Pour un éclairement de 0,5 kW/m² l'intensité est $I = 0,65$ A et la tension $U = 17$ V la puissance maximale est donc : $P_m = 15$ W.



11. Note : l'expérience est très facilement réalisable devant les élèves. On observe un léger rosissement de l'eau extérieure en très peu de temps. Si l'expérience est réalisée pendant une séance de TP, le changement de couleur est très notable au bout de deux heures. La concentration de la solution de permanganate de potassium n'est pas cruciale. La solution doit être assez foncée pour que l'effet se voie rapidement.

a. Le dichlorométhane est un solvant organique peu polaire et non miscible à l'eau. Il peut donc modéliser l'intérieur d'une bicouche lipidique, constituée de chaînes carbonées, donc peu polaire et non miscible à l'eau.

b. L'eau à l'intérieur du type creux solubilise les ions potassium K⁺ et permanganate MnO₄⁻ (rose). L'éther couronne soluble dans l'eau et le dichlorométhane, complexe les ions K⁺, et donc, pour des raisons d'électroneutralité, emporte avec lui des ions permanganate, ce qui colore dans un premier temps la phase organique. Cette phase organique est en contact avec la phase aqueuse extérieure : l'éther couronne complexé « relâche » les ions dans cette phase aqueuse.

c. Les points communs :

- les deux milieux sont constitués de trois zones différentes : deux phases aqueuses séparées par une phase organique ;
- les deux agents de transfert de phase (l'éther couronne et la protéine transmembranaire), complexes l'ion potassium grâce à six atomes d'oxygènes placés sur une zone circulaire ;
- dans les deux cas il y a transfert d'un ion potassium d'une phase aqueuse vers une autre phase aqueuse.

Les différences :

- différence d'échelle : le système modèle a une taille de l'ordre de la dizaine de centimètres alors que le système réel a une taille de l'ordre du micromètre ;
- dans le système réel, les deux phases aqueuses sont séparées uniquement par la phase organique (la bicouche) tandis que dans le système modèle, les deux phases aqueuses sont aussi séparées par une paroi de verre, mais celle-ci est totalement imperméable à la matière.

12. a. Les ions oxoniums sont un produit de la réaction : étudier leur concentration permet d'étudier l'avancement de la réaction.

b. Grâce à la première courbe, $t_{1/2} = 1,9$ min.

c. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,0 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ donc $\text{pH} = -\log 5,0 \times 10^{-5} = 4,3$.

d. En augmentant la température, le temps de demi-réaction diminue, donc il s'agit de la courbe 3 du **document 1**.

e. L'augmentation des concentrations des réactifs pourrait éventuellement diminuer les temps de demi-réaction.

f. Le graphique peut être modélisé par une droite. Lorsque la température passe de 10°C à 30°C , le temps de demi-réaction passe de 2,8 min à 1,2 min. On en déduit qu'une augmentation de température de 5°C diminue le temps de demi-réaction de 0,40 min.

13. a. Une bulle de savon est sphérique car la sphère est la forme géométrique qui permet d'avoir la surface la plus faible pour un volume donné et donc l'énergie de surface la plus faible.

b. Hydrophile : qui aime l'eau. Hydrophobe : qui n'aime pas l'eau.

Un film de savon est une couche d'eau entourée d'air (à l'intérieur et à l'extérieur). Les molécules de tensioactif contenues dans l'eau sont constituées d'une tête hydrophile qui est au contact de la couche d'eau et d'une queue hydrophobe qui se positionne loin de l'eau donc au contact de l'air.

c. L'utilisation d'eau savonneuse pour faire des bulles a plusieurs avantages. Les deux premiers sont évoqués dans le **document 1** : les molécules de tensioactifs permettent de rigidifier les films de savon et freinent l'évaporation de l'eau donc la destruction du film liquide. La bulle est ainsi plus stable et a une durée de vie plus longue.

Un troisième avantage de l'utilisation d'eau savonneuse, et non des moindres, est l'abaissement de la tension superficielle. Elle est à peu près divisée par trois par rapport à l'eau pure. D'après la loi de Laplace, présentée dans le **document 4**, la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la bulle est trois fois moindre, pour un rayon donné, avec une eau savonneuse qu'avec l'eau pure. Des bulles plus grosses peuvent donc plus facilement se former.
