

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Métropole

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : **3 h 30** – Coefficient : **8**

L'usage des calculatrices **EST** autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-
chimie pour le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I - DE L'EFFET DOPPLER À SES APPLICATIONS (6 points)

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

1.1.1) La fréquence f_0 correspond au nombre de bips sonores par seconde.

1.1.2) La source S et le détecteur sont fixes, leur position ne varie pas au cours du temps. Ainsi, tous les bips sonores mettent le même temps à atteindre le détecteur, et sont espacés du même intervalle de temps lorsqu'ils quittent la source que lorsqu'ils arrivent au détecteur. Ils ont donc la même période temporelle $T=T_0$.

1.2) De manière intuitive, plus on rapproche la source du détecteur, moins la distance à parcourir est importante, donc plus les bips sonores vont arriver « tôt » au détecteur. Donc plus on va se rapprocher du détecteur, plus on entendra des bips sonores rapprochés.

Cela se démontre de la manière suivante :

L'énoncé nous donne la formule suivante : $T' = T_0(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$ (1)

Sachant que f_0 et f' sont définies par $f_0 = \frac{1}{T_0}$ et $f' = \frac{1}{T'}$, on peut réécrire l'équation (1) en fonction de f_0 et f' . $f_0 = f'(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$. On nous dit que $v_s < v_{son}$ donc $\frac{v_s}{v_{son}} < 1$ puis

$(1 - \frac{v_s}{v_{son}}) < 1$, ce qui implique que $f_0 < f'$.

Remarque : Il s'agit de la caractérisation de l'effet Doppler.

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

2.1) Pour répondre à cette question, utilisons la formule fournie dans l'énoncé avec les valeurs correspondantes : $v = \frac{v_{ultrason}}{2\cos\theta} \cdot \frac{\Delta f}{f_E} = \frac{1,57 \cdot 10^3}{2 \cdot \cos(45)} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 0,167 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \sim 17 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$

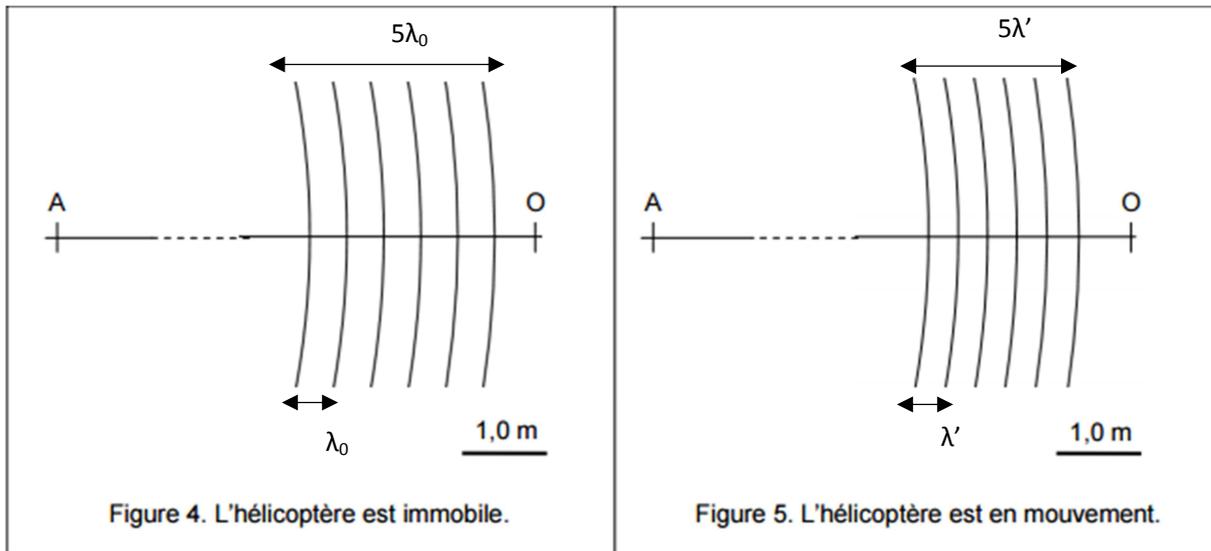
En se reportant au graphique de la Figure 2 montrant l'évolution de la vitesse de l'écoulement sanguin dans différents vaisseaux, on en déduit que la valeur trouvée pour v correspond à des artérioles ou à des veines.

2.2) « Pour les mêmes vaisseaux sanguins et dans les mêmes conditions de mesure » peut se traduire par « pour la valeur de vitesse trouvée précédemment et en gardant les mêmes valeurs de θ et de $v_{ultrason}$ ». Ainsi, dans la formule utilisée à la question 2.1), le seul paramètre susceptible de varier (en dehors de f_E que l'on augmente déjà) est Δf .

En réécrivant donc la formule en fonction de Δf , on obtient : $\Delta f = \frac{2\cos\theta \cdot v \cdot f_E}{v_{ultrason}}$. Or si f_E augmente, Δf augmente également.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

3.1) Pour déterminer ces différentes longueurs d'onde, nous allons nous aider des figures 4 et 5.



Sur la figure 4 on mesure $5\lambda_0 = 2,5\text{ cm}$, donc $\lambda_0 = \frac{2,5}{5} = 0,5\text{ cm}$

Sur la figure 5, on mesure $5\lambda' = 2,1\text{ cm}$, $\lambda' = \frac{2,1}{5} = 0,42\text{ cm}$

En tenant compte de l'échelle, nous obtenons alors :

$$\lambda_0 = \frac{1,0}{1,2} \cdot 0,5 = 0,42\text{ m}$$

$$\lambda' = \frac{1,0}{1,2} \cdot 0,42 = 0,35\text{ m}$$

1,0 m	λ_0, λ'
1,2 cm	0,5/0,42 cm

3.2) La célérité c du son est définie par : $c = \lambda_0 \cdot f_0 = 0,42 \times 8,1 \cdot 10^2 = 3,4 \cdot 10^2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Cette valeur est très proche de celle que l'on connaît de la célérité du son dans l'air, à savoir $340\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (très proche car les valeurs utilisées dans les calculs ont été arrondies à plusieurs reprises).

Remarque : Les éventuelles différences entre la célérité calculée et celle que l'on connaît peuvent venir des erreurs commises en effectuant nos mesures graphiquement.

3.3) L'énoncé nous indique que « la célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence », on peut donc réutiliser la valeur de c obtenue à la question précédente.

Ainsi, on calcule la fréquence du son perçue par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en

mouvement : $f_H = \frac{c}{\lambda'} = \frac{3,4 \cdot 10^2}{0,35} = 9,714 \cdot 10^2\text{ Hz} \approx 1,0 \cdot 10^3\text{ Hz}$

Ainsi, on remarque que $f_H > f_0$. Aux basses fréquences, les sons sont graves et aux hautes fréquences, les sons sont aigus. La fréquence f_H étant plus élevée que f_0 , le son produit par l'hélicoptère sera donc plus aigu.

3.4) Le cas étudié dans cette partie est en réalité le même que celui de la partie 1), la source étant ici l'hélicoptère, et le récepteur étant l'observateur. On peut donc réutiliser l'équation (1) qui suit : $T' = T_0(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$ avec v_s étant la vitesse de l'hélicoptère et T' la période du son perçu par l'observateur de l'hélicoptère en mouvement.

En passant en fréquences, on a $f_0 = f'(1 - \frac{v_s}{v_{son}})$, puis en isolant v_s :

$$\frac{f_0}{f'} = 1 - \frac{v_s}{v_{son}} \quad \rightarrow \quad 1 - \frac{f_0}{f'} = \frac{v_s}{v_{son}}$$

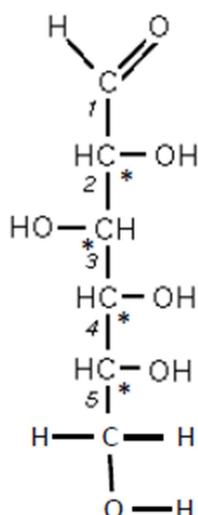
$$v_s = v_{son} \left(1 - \frac{f_0}{f'}\right) = 3,4 \cdot 10^2 \left(1 - \frac{8,1 \cdot 10^2}{9,714 \cdot 10^2}\right) = 56,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pour revenir à une unité plus commune comme les $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, on multiplie le résultat par 3,6 ce qui nous donne $v_s = 203,36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ce qui est très réaliste.

EXERCICE II - DE LA BETTERAVE SUCRIÈRE AUX CARBURANTS (9 POINTS)

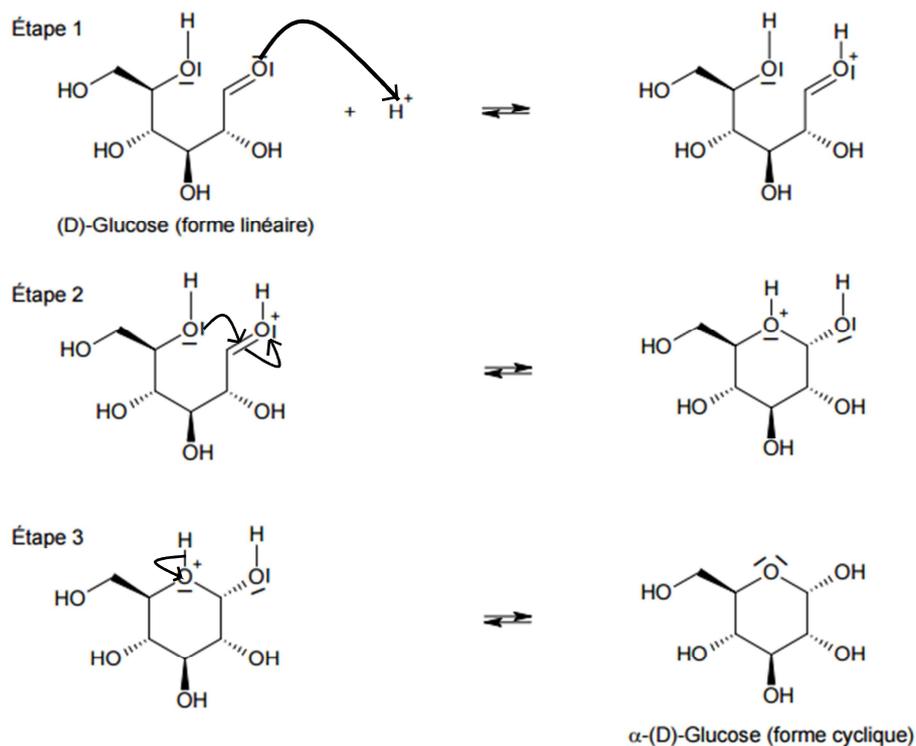
1. Étude de la structure du saccharose

1.1) Dessinons la formule développée de la forme linéaire du D-Glucose :

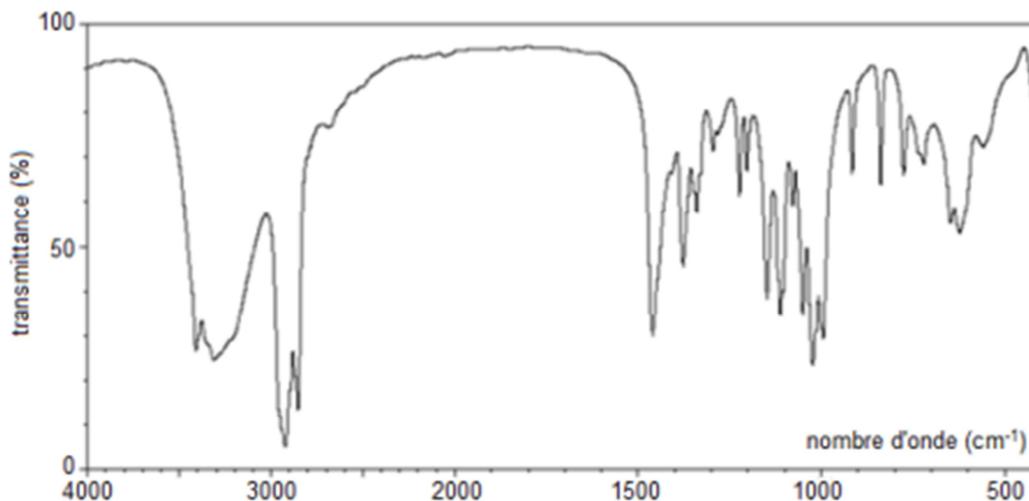


Le D-Glucose possède 4 carbones asymétriques, notés comme la convention le veut par un astérisque « * ».

1.2)



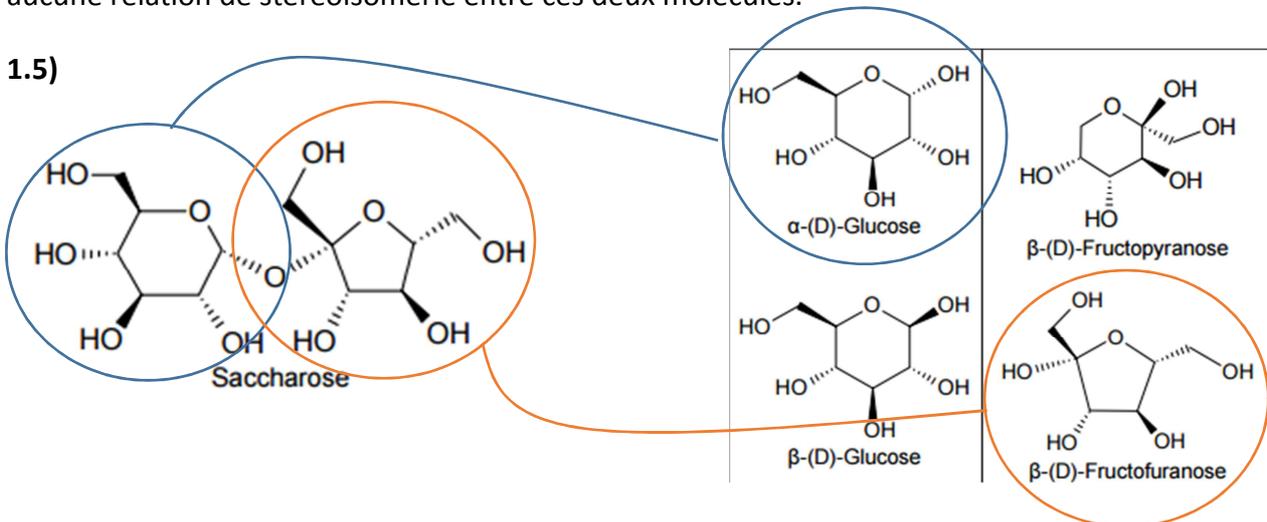
1.3)



Étudions le spectre IR ci-dessus. Dans la forme linéaire du D-Glucose, on observe la présence d'un groupe C=O, absent dans la forme cyclique : il devrait donc apparaître un pic caractéristique autour de la valeur correspondante à ce groupe, c'est-à-dire autour de 1650 – 1750. On remarque que ce n'est pas le cas, ce qui veut dire que la forme linéaire du D-Glucose est soit présent en très faible quantité, soit complètement absent.

1.4) La stéréoisomérisie concerne l'isomérisie qui résulte uniquement de la position relative des atomes d'une molécule. Deux stéréoisomères ont donc la même molécule semi-développée, or ce n'est pas du tout le cas avec le D-glucose et le D-Fructose qui ont leur groupe C=O à des carbones différents (le carbone 1 pour le D-glucose et le 2 pour le D-fructose). Il n'y a donc aucune relation de stéréoisomérisie entre ces deux molécules.

1.5)



Comme le montre le schéma ci-dessus, on retrouve dans le Saccharose les deux molécules suivantes : le α -(D)-Glucose et le β -(D)-Fructofuranose.

1.6) La molécule de saccharose possède de nombreux groupements alcool O—H, or ces groupements sont par nature très polarisés et forment des liaisons hydrogène. La molécule ayant un caractère polaire, cela explique sa forte solubilité dans l'eau, elle-même étant une solution polaire.

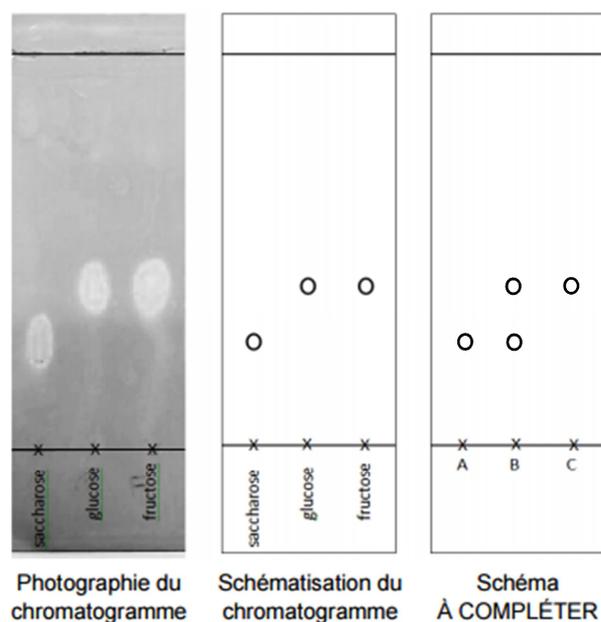
1.7) On remarque que les ions H^+ (l'acide introduit) n'apparaissent pas dans le bilan de l'équation de réaction ; ils n'ont pas de rôle à jouer dans la formation des produits. Il peut donc s'agir d'ions utilisés en tant que **catalyseurs**. Pour vérifier cette hypothèse il suffit de réaliser la même réaction sans introduire d'acide et de comparer les temps de réaction des deux expériences.

1.8) Avant hydrolyse du saccharose, le milieu réactionnel ne contient rien d'autre que cette molécule.

Au cours de l'hydrolyse, donc avant d'atteindre l'état d'équilibre, le mélange réactionnel présente du saccharose qui n'a pas encore réagi, ainsi que du glucose et du fructose, produits de l'hydrolyse.

Après l'hydrolyse, tout le saccharose a réagi (la transformation est totale) et il ne reste donc que les produits de l'hydrolyse à savoir le glucose et le fructose.

On obtient le chromatogramme suivant :



2. Du saccharose au bioéthanol

2.1) La formule semi-développée de l'éthanol est la suivante : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

2.2) Pour savoir quel spectre appartient à la molécule d'éthanol, regardons les multiplicités des atomes d'hydrogène de la molécule. Les hydrogènes portés par le carbone 1 sont voisins du carbone 2 qui comporte 2 hydrogènes. Ces hydrogènes sont donc de multiplicité 3 : on aura un triplet.

Ceux portés par le carbone 2 ont comme voisin le carbone 1 qui possède 3 hydrogènes ; ils sont donc de multiplicité 4 : on aura un quadruplet.

Enfin, l'hydrogène appartenant au groupe hydroxyle ne possède aucun voisin : on aura un singulet.

Le spectre qui correspond alors est le **numéro 2**.

2.3) On nous dit dans l'énoncé que le « pourcentage massique moyen de saccharose dans la betterave : 19,5 % ». Exprimons alors la masse de saccharose contenue dans une betterave de

$$\text{masse } m = 1,25 \text{ kg} : m_{\text{saccharose}} = \frac{\text{pourcentage massique}}{100} \times m$$

$$\text{La quantité de matière de saccharose correspondante vaut alors : } n_{\text{saccharose}} = \frac{0,195 \times m}{M_{\text{saccharose}}}$$

D'après l'équation de la réaction, on en déduit la relation entre la quantité de matière du saccharose et de l'éthanol : $4n_{\text{saccharose}} = n_e$. Sachant que la quantité de matière de l'éthanol s'écrit $n_e = \frac{m_e}{M_e}$, on peut exprimer $m_e : m_e = n_e M_e$ d'où :

$$m_e = n_e M_e = 4n_{\text{saccharose}} \times M_e = 4 \times 0,195 \times m \times \frac{M_e}{M_{\text{saccharose}}}$$

$$= 4 \times 0,195 \times 1,25 \cdot 10^3 \times \frac{46}{342} = \mathbf{131 \text{ g}}$$

3. Et si on roulait tous au biocarburant ?

But n°1 : Montrer que la masse de betteraves sucrières qu'il faut pour produire ce volume de bioéthanol est de l'ordre de $2 \cdot 10^7$ tonnes.

Partons de l'unique donnée que nous avons : le volume de bioéthanol nécessaire $V = 3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

L'énoncé nous fournit la masse volumique de l'éthanol, on peut alors en déduire la masse d'éthanol correspondante : $\rho_e = \frac{m_e}{V}$ d'où $m_e = \rho_e \times V = 789 \cdot 10^3 \times 3 \cdot 10^6 = \mathbf{2,367 \cdot 10^{12} \text{ g}}$

Nous avons par ailleurs montré à la question 2.3) qu'avec 1,25 kg de betterave nous pouvons obtenir 131 g d'éthanol. En utilisant la proportionnalité et en utilisant un produit en croix selon le tableau ci-dessous, on peut en déduire la masse de betteraves sucrières qu'il faut :

1,25 kg de betterave	131 g d'éthanol
m_b de betterave	$2,367 \cdot 10^{12} \text{ g}$ d'éthanol

$$m_b = \frac{1,25 \cdot 10^3 \times 2,367 \cdot 10^{12}}{131 \cdot 10^3} = 2,26 \cdot 10^{13} \text{ g} = \mathbf{2,26 \cdot 10^7 \text{ tonnes} \approx 2 \cdot 10^7 \text{ tonnes}}$$

But n°2 : En déduire l'ordre de grandeur de la surface agricole nécessaire à cette production de betteraves sucrières. Comparer avec la surface agricole française cultivée de 2009.

D'après l'énoncé, le « rendement de la culture de betterave sucrière est de 74,8 tonnes par hectare ». Ainsi, pour une masse de betteraves sucrières de $2 \cdot 10^7$ tonnes, cela nous donne $\frac{2 \cdot 10^7}{74,8} = \mathbf{2,7 \cdot 10^5 \text{ hectares}}$

L'ordre de grandeur de la surface agricole nécessaire à cette production de betteraves sucrières est alors de $\mathbf{10^5 \text{ hectares}}$.

La surface agricole française cultivée est d'environ 10 millions d'hectares, ce qui est énorme en comparaison avec la surface que nous venons de calculer et qui vaut 0,27 millions d'hectares.

A la question « et si on roulait tous au biocarburant ? » la réponse pourrait être oui car la France peut produire assez de biocarburant sans avoir à en importer. Ce que nous ne savons pas en

revanche sont les coûts de production de ce biocarburant – si nous ne l'utilisons pas encore tous à ce jour, c'est certainement pour des raisons de coûts élevés de production.

EXERCICE III - POMPAGE SOLAIRE DANS LE DÉSERT DU SAHEL (5 points)

Question 1)

L'énoncé nous fournit un document sous forme de tableau intitulé « Caractéristiques des cellules photovoltaïques utilisables pour la station de pompage » où les caractéristiques de 3 types de cellules photovoltaïques sont listées. Ce tableau recense de plus l'énergie de gap E_g dont la formule fait intervenir la longueur d'onde. On peut donc choisir la cellule en fonction de son énergie de gap qui, ici, est telle que $E_g = \frac{hc}{\lambda_c} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,0 \cdot 10^8}{1110 \cdot 10^{-9}} = 1,79 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Les énergies de gap sont exprimées dans le tableau en eV. Sachant que $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, on a

$$E_g = \frac{1,79 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{1,12 \text{ eV}}$$

Idéalement il faudrait donc choisir les cellules en silicium monocristallin car elles ont, en plus d'avoir la valeur de E_g adéquate, un très bon rendement. En revanche, leur coût est très élevé.

On choisira alors plutôt les **cellules en silicium polycristallin**, qui ont certes un rendement légèrement moins bon (rendement qui reste tout de même un « bon rendement » !), mais qui sont beaucoup plus abordables en termes de prix.

Question 2)

L'énergie nécessaire pour élever un volume V de $1,0 \text{ m}^3$ d'eau d'une hauteur H de 50 m est en fait l'énergie potentielle de pesanteur et vaut :

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot h = \rho \cdot V \cdot g \cdot h = 1,0 \cdot 10^3 \times 1,0 \times 9,8 \times 50 = 4,9 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Problème)

Estimer la surface totale des panneaux solaires permettant de satisfaire aux besoins en eau au cours d'un mois de l'année où ces besoins sont importants au Sahel malien.

Conformément à la réponse donnée à la question 1), nous allons utiliser des cellules en silicium polycristallin.

L'énoncé nous donne l'expression du rendement comme étant : $r = \frac{\text{Energie utile}}{\text{Energie reçue}} \times 100$

Ici, l'énergie utile est l'énergie qu'il faut fournir pour élever un volume de 35 m^3 d'eau d'une hauteur H de 50 m , à savoir E_{pp} précédemment calculé.

L'énergie reçue peut être déduite de l'autre relation que nous fournit l'exercice, à savoir $P_{reçue} = P_{surf} \cdot S$ car l'énergie n'est autre qu'une puissance multipliée par un temps. Ainsi, $E_{reçue} = P_{reçue} \times \Delta t = P_{surf} \times S \times \Delta t$.

C'est de cette relation que nous allons pouvoir extraire la surface S .

Les cellules étudiées ici ont un rendement faible en basse luminosité, il faut donc que l'intervalle de temps compris dans la journée représente le moment où il y a le plus d'éclairement. Le graphique représentant la puissance surfacique du rayonnement solaire en fonction des heures de la journée nous montre que globalement, les heures les plus ensoleillées se trouvent comprises entre 9h et 15h , soit un intervalle de temps de $6\text{h} = 21600 \text{ s}$.

Nous devons choisir un mois de l'année : faisons en sorte qu'il ne pleuve pas et prenons par exemple le mois de mars. Ce mois-ci, la puissance surfacique varie de 850 à $940 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ – en prenant la moyenne de ces deux valeurs on obtient $P_{surf} = 895 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

En reprenant la formule du rendement et en remplaçant par les nouvelles expressions que l'on a obtenues, nous trouvons :

$$r = \frac{\text{Energie utile}}{\text{Energie reçue}} \times 100 = \frac{E_{pp}}{E_{reçue}} \times 100 = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{P_{surf} \times S \times \Delta t} \times 100 \quad \text{d'où on peut déduire } S :$$

$$S = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{P_{surf} \times r \times \Delta t} \times 100 = \frac{1,0 \cdot 10^3 \times 35 \times 9,8 \times 50}{898 \times 5,2 \times 21600} \times 100 = \frac{17150000}{100863360} \times 100 = \mathbf{17 \text{ m}^2}$$

Il faut donc 17 m^2 de panneaux solaires.