

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.

Le sujet est composé de trois exercices indépendants les uns des autres.
Le candidat doit traiter les trois exercices.

EXERCICE I. La rifamycine (4 points)

La rifamycine est une molécule isolée dans les années 1950 et principalement utilisée pour traiter la tuberculose.

C'est aussi un antibiotique permettant d'agir localement sur certaines infections de l'œil dues à des bactéries : conjonctivites, kératites (inflammation de la cornée d'origine bactérienne) et ulcères de la cornée.

L'étude de cet exercice portera sur un collyre vendu en pharmacie, « rifamycine Chibret® », dont un extrait de la boîte figure ci-contre.



D'après le laboratoire, la mention 1 000 000 UI% portée sur l'emballage signifie un million d'unités de rifamycine pour 100 mL de collyre et 1 UI de rifamycine correspond à une masse de 0,001127 mg de rifamycine.

La notice précise :

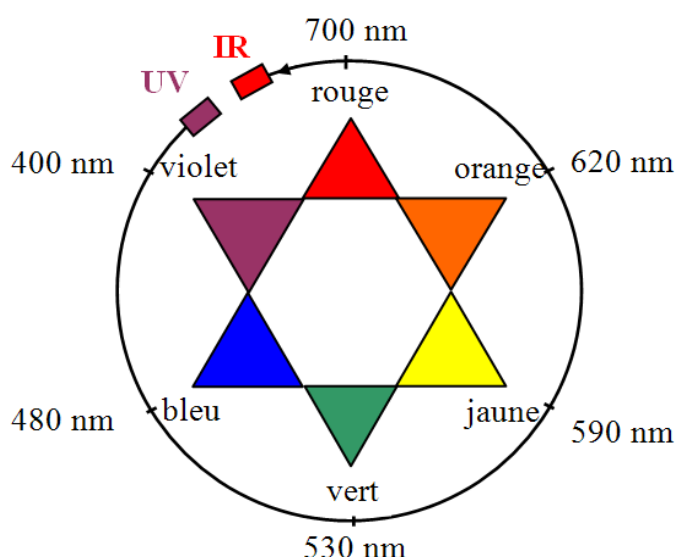
« La durée de conservation après ouverture est de 15 jours. À conserver à une température ne dépassant pas 25°C et à l'abri de la lumière. »

L'objectif de l'exercice est de vérifier quelques indications concernant ce médicament.

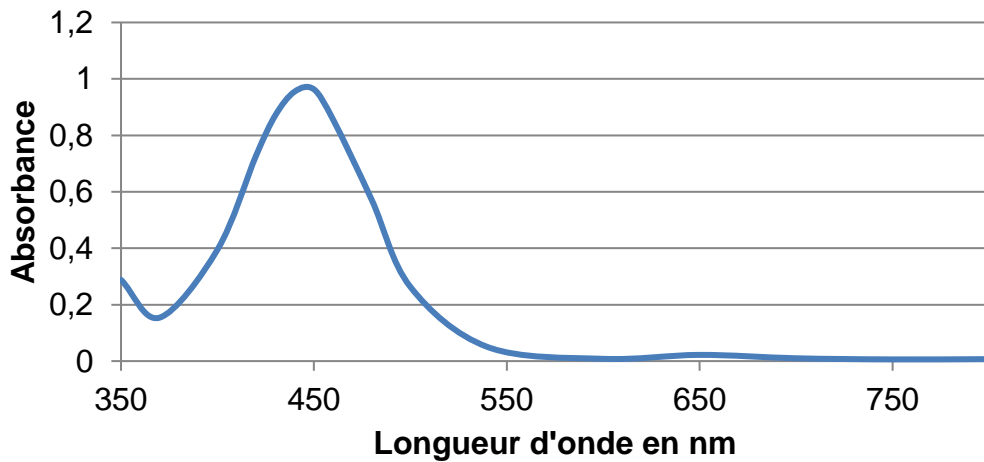
Données

Masse molaire de la rifamycine : $720,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

Cercle chromatique



Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de rifamycine :



On se propose de vérifier l'indication du laboratoire concernant la quantité de rifamycine dans le collyre cité précédemment.

On dilue 500 fois le collyre. La solution aqueuse obtenue à l'issue de cette dilution est appelée solution S.

1. Justifier la couleur jaune-orangé de la solution de rifamycine.

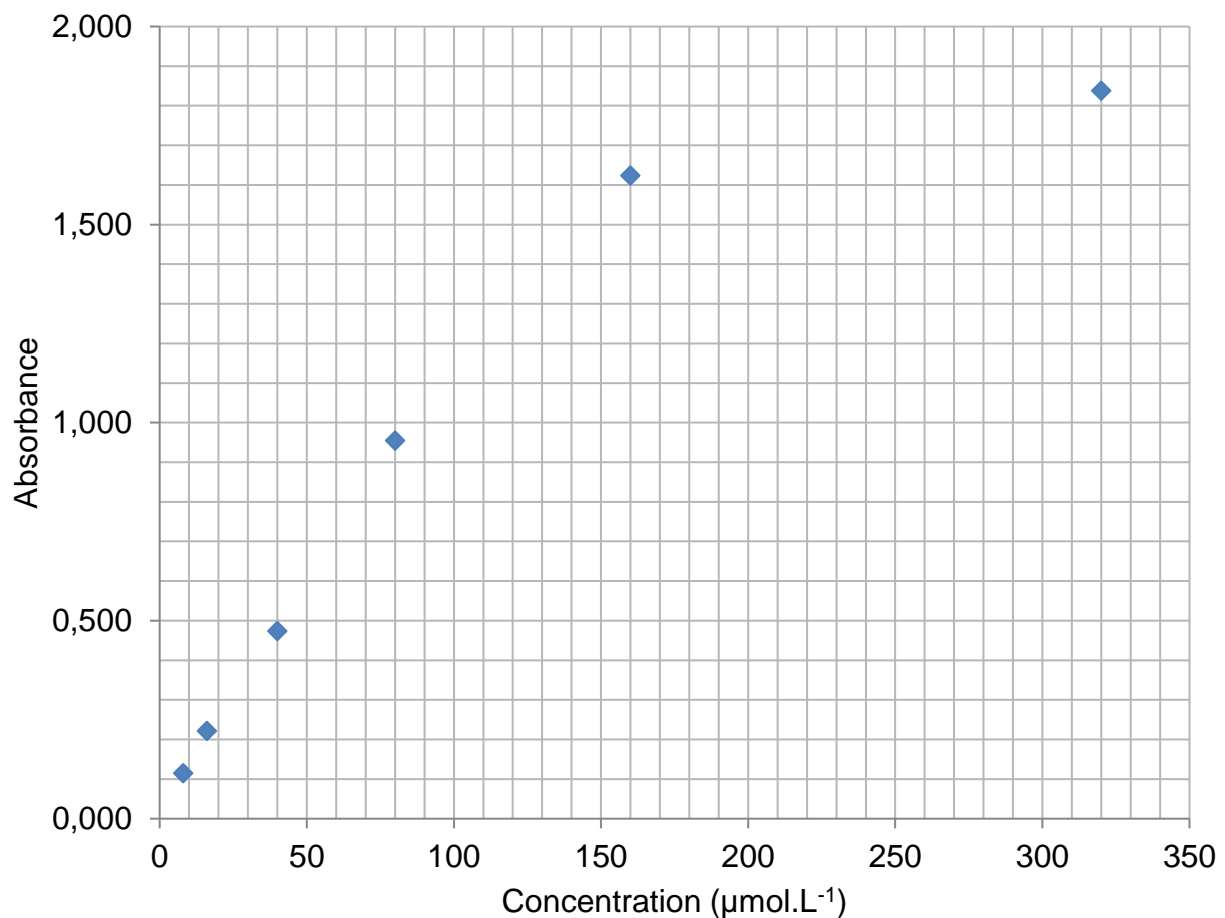
On réalise à partir d'une solution mère de rifamycine S_1 une échelle de teintes constituée de 5 solutions diluées S_2 , S_3 , S_4 , S_5 et S_6 versées dans des cuves identiques.

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S
Concentration C ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	320	160	80	40	16	8	
Cuves							

2. Quelle verrerie est nécessaire à la préparation de 100,0 mL de la solution S_3 à partir de la solution S_1 ?
3. Estimer la concentration molaire en rifamycine de la solution S en justifiant votre réponse.

Cette méthode étant peu précise, on effectue des mesures spectrophotométriques reportées sur le graphe ci-dessous.

On mesure également l'absorbance de la solution S : $A = 0,350$.

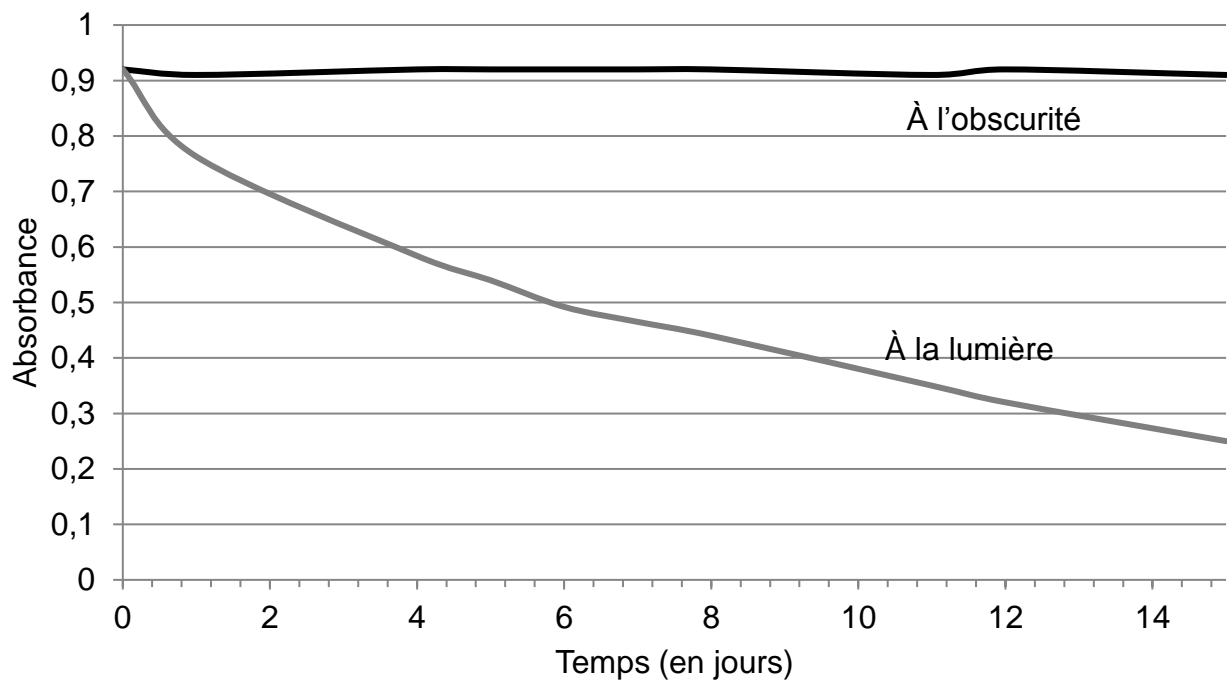


Évolution de l'absorbance d'une solution de rifamycine en fonction de la concentration

4. Les résultats des mesures d'absorbance effectuées sur les solutions S_i peuvent-ils être modélisés par la loi de Beer-Lambert ? Justifier.
5. Déterminer la concentration molaire de la solution S de la rifamycine dans ce collyre pharmaceutique.
6. La valeur trouvée expérimentalement est-elle en accord, à 10% près, avec l'indication du laboratoire ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Des études expérimentales ont permis de tracer le graphe ci-après.



Évolution de l'absorbance d'une solution diluée de rifamycine, à l'obscurité et à la lumière

7. Quelle indication de la notice est illustrée par ce document ? Justifier.

EXERCICE II. À propos des éclipses solaires (11 points)

Les deux parties A et B sont indépendantes.

Partie A. L'éclipse du 21 août 2017

Les Américains l'ont baptisée "*The Great American Eclipse*" (la grande éclipse américaine). Le 21 août 2017, l'ombre de la Lune traversa les États-Unis du Pacifique jusqu'en Atlantique. Outre-Atlantique, l'événement a soulevé pendant plusieurs mois un enthousiasme extraordinaire.

D'après www.sciencesetavenir.fr

Données

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse de la Lune : $M_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Diamètre de la Lune supposée sphérique : $D_L = 3\,474 \text{ km}$

Diamètre de la Terre supposée sphérique : $D_T = 12\,742 \text{ km}$

Distance moyenne du centre de la Lune au centre de la Terre : $d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$

Latitudes et longitudes de quelques villes américaines

	Salem	Columbia	Charleston
Latitude	44,94° Nord	38,94° Nord	32,78° Nord
Longitude	123,04° Ouest	92,33° Ouest	79,93° Ouest

1. Rotation de la Terre

Dans le référentiel géocentrique, la Terre accomplit un tour sur elle-même en environ 23 heures et 56 minutes (durée du jour sidéral). On se place dans ce référentiel pour répondre aux questions ci-dessous.

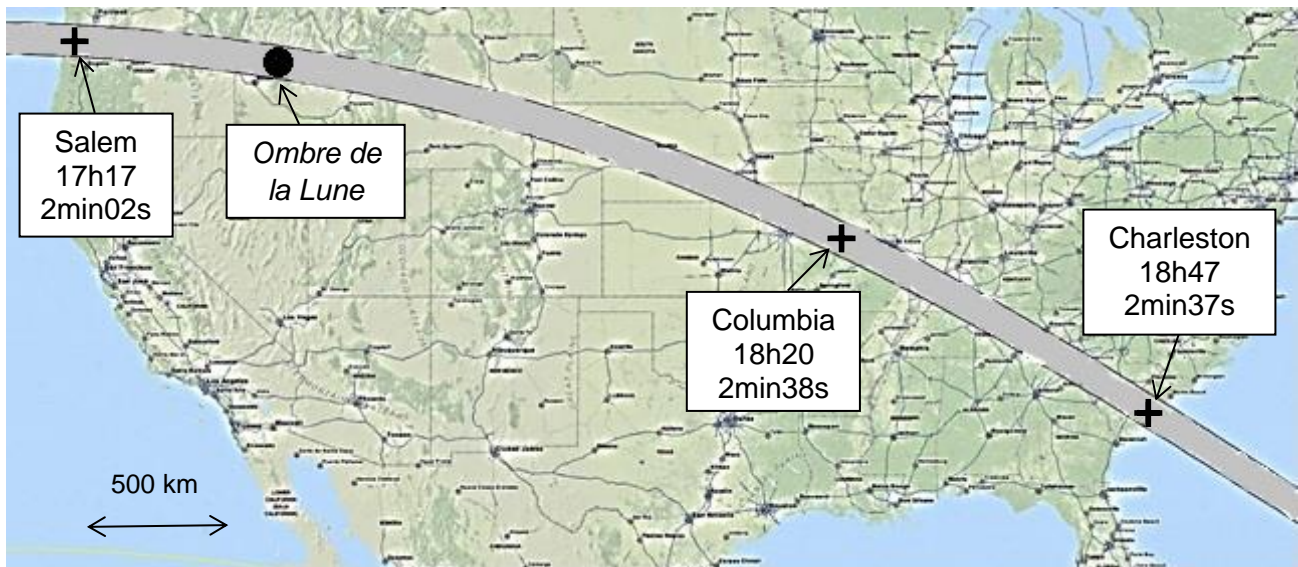
- 1.1. Quelle est la nature du mouvement d'un point situé sur l'équateur ?
- 1.2. Montrer que la valeur de la vitesse d'un point situé sur l'équateur est égale à 465 m.s⁻¹.

La vitesse V , en m.s⁻¹, d'un point de la surface de la Terre dépend de sa latitude α selon la relation :

$$V = 465 \times \cos(\alpha)$$

- 1.3. Quelle est la vitesse d'un point de la ville de Columbia ?

2. Vitesse de l'ombre de la Lune sur la Terre



Trajectoire, heures de passage (temps universel), et durée maximale de l'éclipse.

D'après Wolfgang Strickling — <https://commons.wikimedia.org/>

- 2.1. En exploitant ce document, montrer que dans le référentiel terrestre la vitesse moyenne V_0 de l'ombre de la Lune sur la Terre vaut environ 750 m.s^{-1} .
- 2.2. Compte tenu de la durée maximale de l'éclipse en un lieu de son passage, estimer le diamètre de l'ombre de la Lune sur la Terre lors de l'éclipse. Cette valeur est-elle pertinente au regard de la carte ci-dessus ?

3. Mouvement de la Lune autour de la Terre

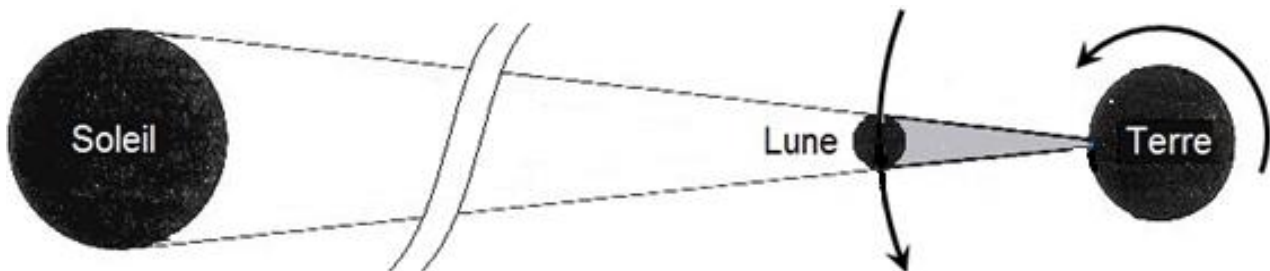


Schéma simplifié des positions de la Terre et de la Lune lors d'une éclipse.

- 3.1. Pourquoi ne tient-on pas compte du phénomène de diffraction des rayons lumineux par la Lune ? L'argumentation s'appuiera sur des valeurs numériques.

On se place maintenant dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen.
On étudie le système {Lune}, sans tenir compte de l'influence du Soleil.

- 3.2. Faire un schéma sur lequel apparaîtront la Terre ainsi que la Lune et son orbite, supposée circulaire. Représenter le vecteur $\vec{F}_{T/L}$ représentant la force modélisant l'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune, ainsi que le vecteur unitaire \vec{u} , orienté depuis la Lune vers la Terre.
- 3.3. Donner l'expression vectorielle de $\vec{F}_{T/L}$.
- 3.4. Établir l'expression vectorielle de l'accélération de la Lune, en fonction de G , M_T , d et du vecteur unitaire \vec{u} .
- 3.5. Montrer que la vitesse de la Lune sur son orbite s'exprime par la relation :

$$V_L = \sqrt{\frac{GM_T}{d}}$$

- 3.6. Calculer la valeur de cette vitesse.

Partie B. Étude de la couronne solaire

Les éclipses de Soleil ont joué un rôle important en astronomie car elles permettent d'étudier la couronne solaire. C'est au cours de l'une d'elles que l'hélium a été découvert.

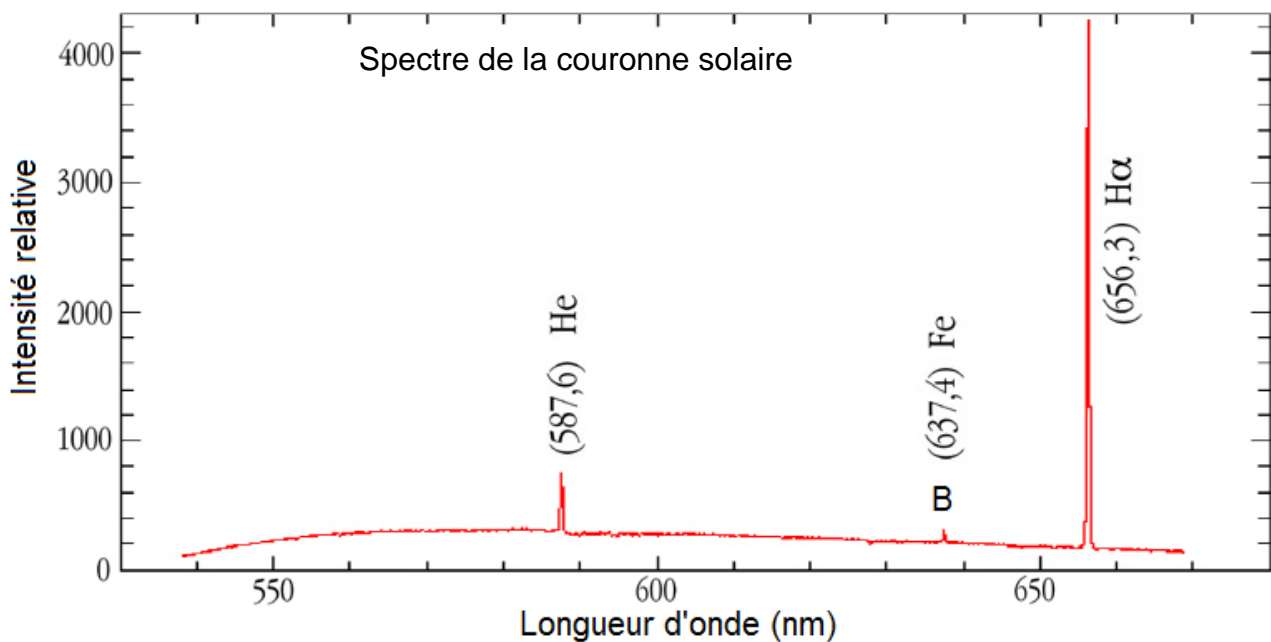
Données

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

1 eV = $1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Spectre de la couronne solaire :

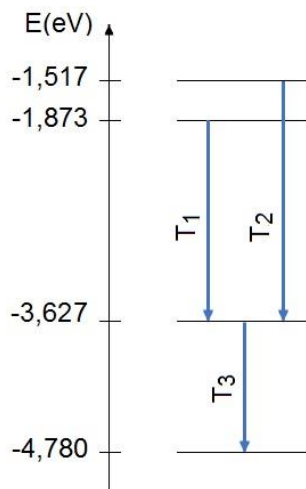


1. Découverte de l'hélium

Le 18 août 1868 l'astronome français Jules Janssen, en observant une éclipse totale de soleil, découvre par spectroscopie un gaz jusque-là inconnu dans l'atmosphère de cet astre. Il sera appelé hélium par référence au mot grec hélios (soleil).

- 1.1. Le spectre donné de la couronne solaire est-il un spectre d'émission ou d'absorption ? Justifier la réponse.
- 1.2. À quel domaine du spectre électromagnétique ce spectre appartient-il ? Justifier la réponse.

Extrait du diagramme énergétique de l'atome d'hélium



- 1.3. La radiation émise par l'hélium, observée dans le spectre de la couronne solaire, a permis son identification. À quelle transition T₁, T₂ ou T₃ correspond-elle ?
- 1.4. Historiquement, cette radiation a été confondue avec celles émises par le sodium de longueur d'onde : 589,0 nm et 589,6 nm.

L'utilisation d'un spectromètre dont l'incertitude relative est $\frac{U(\lambda)}{\lambda} = 10^{-3}$ permet-elle de discerner la radiation émise par l'hélium de celles émises par le sodium ?

2. Le mystère de la couronne solaire

La couronne solaire est formée par des jets de matière, principalement d'hydrogène et d'hélium, issus de la surface du Soleil.



Couronne solaire photographiée lors de l'éclipse du 3 septembre 2016 par Miloslav Druckmüller.

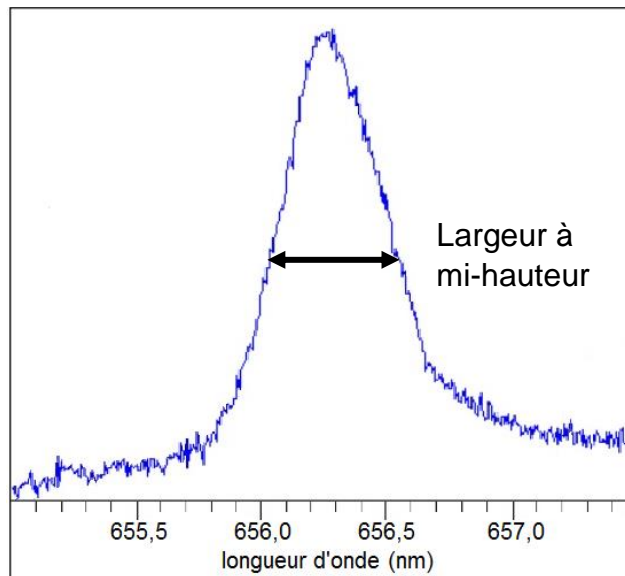
Les astrophysiciens disposent de plusieurs méthodes pour déterminer la température d'un corps dont la loi de Wien et l'élargissement des raies spectrales.

- Loi de Wien : le maximum d'intensité lumineuse d'un corps noir à la température T (K) est obtenu pour la longueur d'onde λ_{\max} telle que

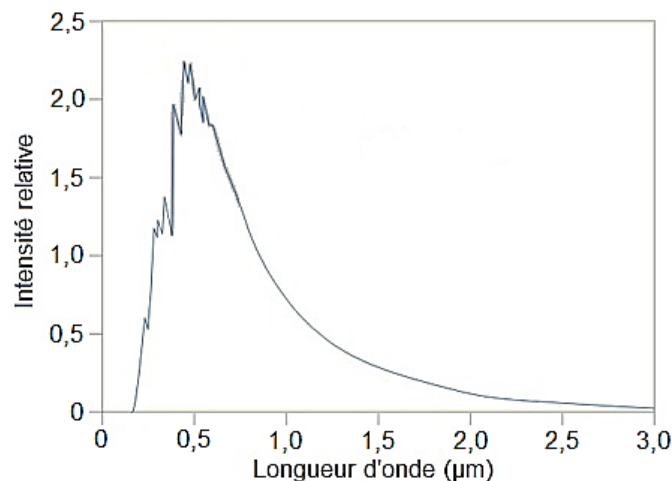
$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{T} \text{ (en m).}$$

- Élargissement des raies spectrales : la largeur des raies d'émission des éléments contenus dans un corps permet d'évaluer sa température T (K). En effet, du fait de l'agitation thermique, la longueur d'onde d'émission λ_0 change légèrement. On montre qu'à mi-hauteur pour l'élément hydrogène, la largeur d'une raie $\Delta\lambda$ est donnée par

$$\Delta\lambda = 7,2 \times 10^{-7} \times \lambda_0 \times \sqrt{T}.$$



Détail du spectre de la raie H α de l'hydrogène présent dans la couronne solaire.



Spectre de la surface du soleil.

- 2.1. Comparer les températures de la couronne solaire et de la surface du Soleil.
- 2.2. À quel problème sont confrontés les astrophysiciens dans l'estimation des températures ?

EXERCICE III. Du carburant à partir de l'eau de mer ! (5 points)

Produire du carburant pour avions en pleine mer, c'est possible.

Un procédé a été mis au point par les laboratoires de la marine américaine, Naval Research Laboratory (NRL) et ils ont même construit un prototype.

Pour améliorer l'autonomie des porte-avions qui assurent l'approvisionnement des avions embarqués, rien de tel que d'utiliser la matière première la plus abondante à proximité : l'eau des océans.



La fabrication du carburant à partir de l'eau de mer comporte deux étapes :

- 1^{ère} étape : extraire le dioxyde de carbone contenu dans l'eau de mer,
- 2^{ème} étape : faire réagir le dioxyde de carbone obtenu avec du dihydrogène pour synthétiser des hydrocarbures.

Les chercheurs ont mis au point une cellule électrochimique qui, en abaissant le pH de l'eau de mer, déplace les équilibres chimiques dans l'eau et récupère jusqu'à 92% du dioxyde de carbone (CO₂) que contient l'eau de mer. La cellule électrochimique fabrique simultanément du dihydrogène (H₂). Une unité pilote a été testée en Floride, en puisant de l'eau dans le golfe du Mexique.

Pour la 2^{ème} étape du procédé, NRL a mis au point un catalyseur qui transforme le dioxyde de carbone et le dihydrogène en un mélange d'hydrocarbures, en particulier des alcanes dont la chaîne carbonée est formée de 9 à 16 atomes de carbone (de C₉ à C₁₆). Ce mélange liquide peut être utilisé pour remplacer le carburant des avions, obtenu habituellement à partir du pétrole.

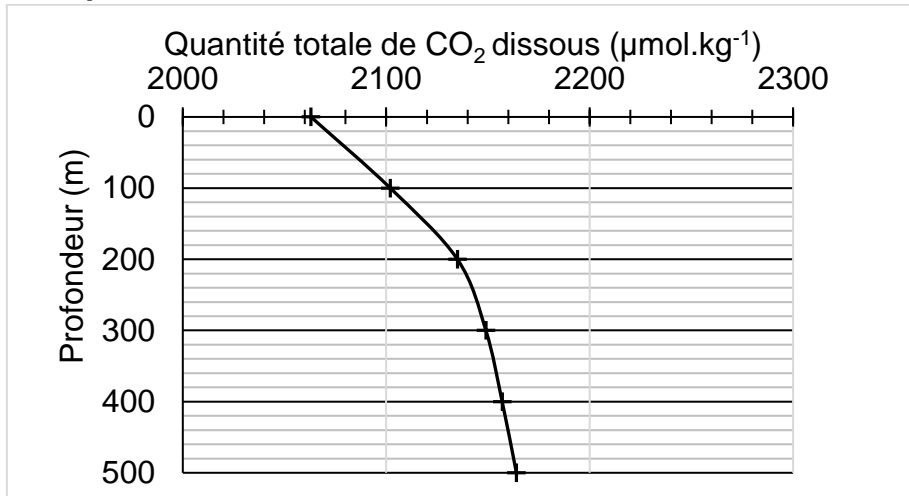
Cela semble trop beau pour être vrai !

Mais la synthèse de carburant à partir de l'eau de mer nécessite une très grande quantité d'énergie. Dans un navire militaire alimenté par des réacteurs nucléaires, cette énergie peut être apportée par ces réacteurs pour synthétiser à son bord, par ce processus, le carburant nécessaire à ses propres avions, ce qui solutionnerait les problèmes d'approvisionnement de ces navires.

D'après <https://www.usinenouvelle.com/article/du-carburant-a-partir-d-eau-de-mer.N183495>

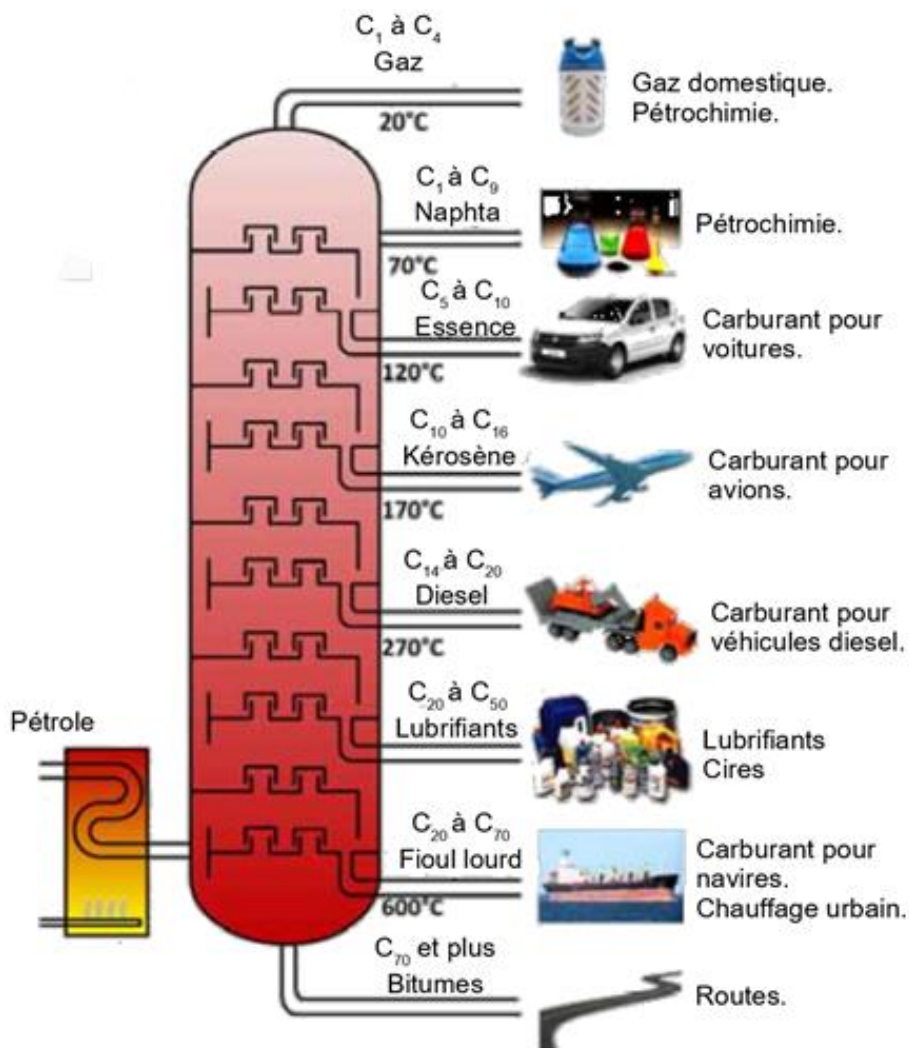
L'objectif de ce problème est d'estimer le volume d'eau de mer nécessaire pour produire un litre de carburant pour avion.

Évolution de la concentration de CO₂ dissous dans l'eau de l'océan atlantique Nord en fonction de la profondeur.



D'après : www.soest.hawaii.edu/oceanography/faculty/zeebe_files/Publications/ZeebeWolfEnclp07.pdf

Le raffinage du pétrole brut.



D'après : wikiminiforchem.blogspot.fr/2014/10/what-are-side-products-of-petroleum.html

Données

Masses molaires atomiques :

$$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}, M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}, M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1},$$

Masse volumique de l'eau de mer : $1,03 \text{ kg.L}^{-1}$

Données sur quelques alcanes linéaires :

Nom de l'alcane linéaire	Masse molaire (g.mol^{-1})	Nombre d'atome de carbone	Masse volumique (g/mL)
Nonane	128	9	0,718
Décane	142	10	0,730
Undécane	156	11	0,740
Dodécane	170	12	0,749
Tridécane	184	13	0,756
Tétradécane	198	14	0,763
Pentadécane	212	15	0,769
Hexadécane	226	16	0,773

Questions préalables

1. Justifier le fait que les alcanes synthétisés à partir de l'eau de mer par le procédé du Naval Research Laboratory peuvent être utilisés comme carburant pour les avions.
2. Modéliser la transformation intervenant dans la 2^{ème} étape du procédé en écrivant une équation de réaction de synthèse d'un alcane à partir de dioxyde de carbone et de dihydrogène, sachant qu'il se forme aussi de l'eau dans cette synthèse.

Problème

Estimer le volume d'eau de mer nécessaire pour fabriquer 1 L de carburant par le procédé mis au point par le Naval Research Laboratory, sans tenir compte de l'eau nécessaire à la production du dihydrogène H_2 .

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. L'analyse des données et des documents, ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.