

## Devoir de vacances Physique-Chimie

**A rendre à la rentrée au professeur de Sciences Physiques avec votre auto-correction faite en vert.**

### Introduction :

Ce devoir de vacances va vous permettre de retravailler les notions essentielles du programme de 1<sup>ère</sup> Spé qui doivent être maîtrisées pour pouvoir commencer sereinement le programme de spécialité Physique-chimie en T<sup>ale</sup>.

Il contient **11 exercices**. Pour chaque exercice les notions-clés sont indiquées pour vous permettre de les réviser éventuellement avant de faire l'exercice. Une durée estimée par exercice est aussi indiquée. L'ensemble représente **entre 8h et 10h de travail**.

Présentez ce travail le plus **soigneusement** possible. Faites attention à la **rédaction et à la présentation** (numérotation des questions, calcul littéral avant l'application numérique, chiffres significatifs, réponse mise en évidence ...).

Lorsque vous avez terminé un (ou plusieurs exercices), et seulement lorsque vous l'avez terminé, demandez la correction à vos parents afin d'en faire une **auto-correction en vert**.

A partir de cette auto-correction, révisez sérieusement les notions et chapitres que vous ne maîtrisez visiblement pas assez au regard des exigences de ce devoir.

**Derniers conseils** pour que ce devoir de vacances vous soit le plus profitable :

- évitez de faire ce travail très tôt ou très tard pendant les vacances : il faut vous laisser le temps « d'oublier » pour pouvoir faire un réel effort de mémoire en le faisant, et il faut aussi vous laisser du temps pour d'éventuelles révisions préparatoires à la rentrée ;
- évitez aussi de le faire intégralement en un seul jour.
- ne vous auto-corrigez pas le jour-même où vous avez fini.

### Exercice 1 : Photographie argentique (Optique, oxydoréduction, stœchiométrie ; 1h environ)

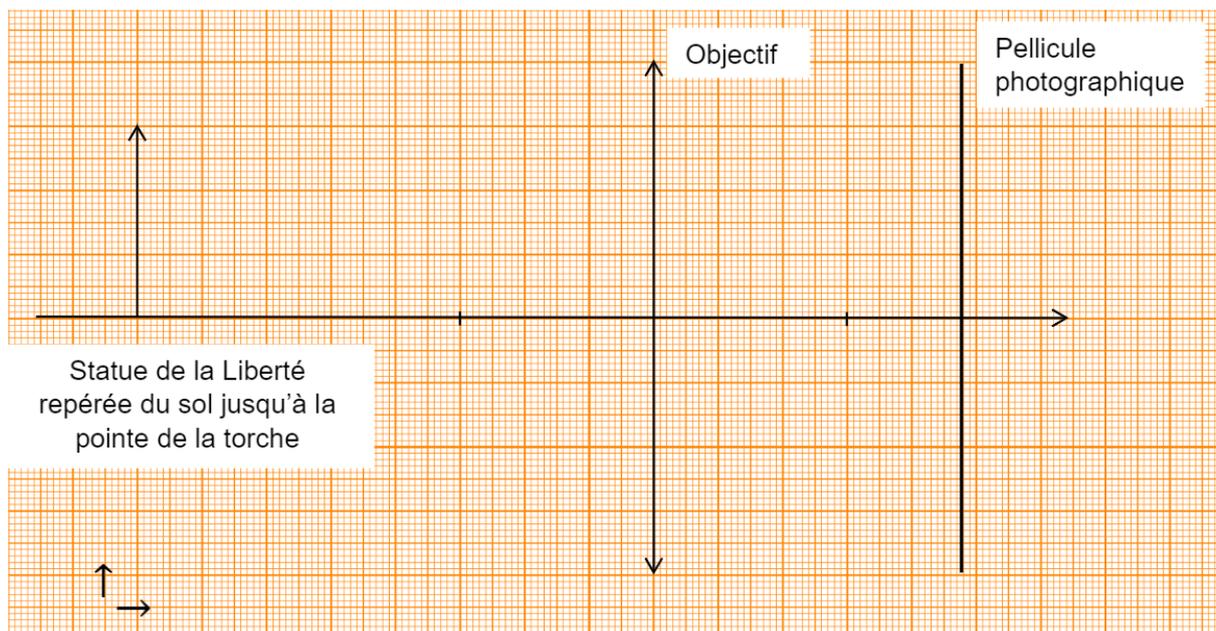
La photographie ci-contre représente la statue de la Liberté, l'un des monuments les plus célèbres des États-Unis. Cette statue est située à New York sur l'île Liberty Island. Le monument, mesurant 93,0 mètres du sol jusqu'à la pointe de la torche, fut construit en France et offert par le peuple français, en signe d'amitié entre les deux nations, pour célébrer le centenaire de la Déclaration d'indépendance américaine.



#### **Partie 1 : distance de prise de vue et taille de l'image**

L'appareil photographique qui a réalisé le cliché ci-dessus est constitué d'une pellicule photosensible dont la zone exposée à la lumière a pour dimensions (24,0 mm × 36,0 mm) et d'un objectif équivalent à une lentille convergente de distance focale image  $f' = 5,00$  cm. Le photographe se situe à 250 m de la statue de la Liberté. On peut modéliser la prise de vue à l'aide du schéma de situation présenté à la page suivante. On précise que ce schéma n'est pas à l'échelle.

- 1.1 Identifier sur ce schéma le foyer image  $F'$ , le foyer objet  $F$  et le centre optique  $O$ .
- 1.2 Compléter ce schéma en construisant l'image  $A'B'$  de la statue de la Liberté modélisée par  $AB$ , à l'aide d'au minimum deux rayons lumineux particuliers.
- 1.3 Citer deux adjectifs appropriés qui qualifient l'image.
- 1.4 Montrer, à l'aide de la relation de conjugaison, qu'en réalité l'image de la statue de la Liberté se forme au voisinage immédiat du foyer image de la lentille.
- 1.5 Vérifier, par le calcul, que le grandissement vaut  $- 2,00 \times 10^{-4}$ .
- 1.6 Expliquer si la statue de la Liberté peut apparaître en entier sur la pellicule.  
*Vous êtes invité à présenter votre raisonnement de manière claire et ordonnée.*



## Partie 2 : révélation de la pellicule photosensible

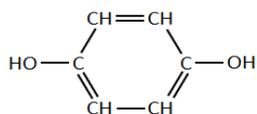
La pellicule photographique utilisée pour ce cliché contient quelques milligrammes de microcristaux de bromure d'argent  $\text{AgBr}_{(s)}$ , constitués d'ions  $\text{Ag}^+_{(aq)}$  et  $\text{Br}^-_{(aq)}$ . Lors d'une prise de vue, sous l'effet de la lumière, des ions bromure  $\text{Br}^-_{(aq)}$  cèdent des électrons à des ions argent  $\text{Ag}^+_{(aq)}$ , ce qui conduit la formation de quelques atomes d'argent  $\text{Ag}_{(s)}$  et contribue à un noircissement localisé de la pellicule constituant ainsi l'image latente. Cette dernière reste invisible, même au microscope, car le nombre d'atomes d'argent formés est trop faible.

La révélation consiste à multiplier le nombre d'atomes d'argent pour donner naissance au négatif en noir et blanc. L'un des révélateurs les plus utilisés est une solution aqueuse d'hydroquinone. Lors de la révélation, l'hydroquinone dissoute  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_{2(aq)}$  est transformée en benzoquinone  $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_{2(aq)}$ .

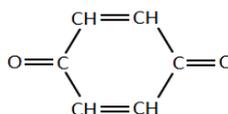
Ensuite, la pellicule ainsi traitée est plongée dans un bain d'arrêt qui a pour but de stopper la révélation, puis dans un fixateur qui stabilise l'image en la rendant insensible à la lumière par l'élimination du bromure d'argent qui n'a pas réagi.



Négatif obtenu après révélation de la pellicule exposée à la lumière



hydroquinone



benzoquinone

- 2.1 À l'aide d'un raisonnement qualitatif faisant intervenir notamment les ions argent, expliquer la raison pour laquelle les nuances de gris sont inversées entre le négatif noir et blanc et le paysage d'origine.
- 2.2 Quel type de formule est utilisé pour représenter l'hydroquinone et la benzoquinone ?

On modélise la révélation par une réaction chimique.

- 2.3 Écrire la demi-équation électronique qui traduit la transformation de l'hydroquinone en benzoquinone.
- 2.4 Préciser, en justifiant la réponse, s'il s'agit d'une oxydation ou bien d'une réduction de l'hydroquinone.
- 2.5 Vérifier que l'équation de la réaction d'oxydoréduction modélisant la révélation s'écrit :



On s'intéresse à la révélation de la pellicule de dimensions  $24,0 \text{ mm} \times 36,0 \text{ mm}$  qui a permis d'obtenir la photographie de la statue de la liberté. On estime que la pellicule comporte initialement  $2,00 \text{ mg}$  d'ions argent par  $\text{cm}^2$ . Une fois la prise de vue réalisée, on fait tremper la pellicule dans un volume  $V = 50,0 \text{ mL}$  de bain révélateur. L'observation du négatif noir et blanc permet d'estimer que 40% de la surface de la pellicule a noirci pendant la révélation. On considère que les atomes d'argent qui constituent l'image latente sont négligeables par rapport à la quantité d'ions argent contenus dans la pellicule.

- 2.6 Montrer que la quantité de matière d'ions argent  $n_{\text{Ag}^+}$  qui réagissent pendant la révélation pour obtenir le négatif vaut de l'ordre de  $6 \times 10^{-5} \text{ mol}$ .
- 2.7 Quelle doit être la concentration minimale  $c$  en hydroquinone dans le révélateur pour atteindre cet objectif ?

**Données :** masse molaire atomique de l'argent :  $M = 107,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

## Exercice 2 : Allantoïne (chimie organique : familles, synthèse, rendement ; polarité et géométrie des molécules ; 1h environ)

L'allantoïne est un composé chimique azoté, de formule brute  $C_4H_6N_4O_3$ , découvert par Louis-Nicolas Vauquelin. On le trouve en particulier dans l'urine de veau ou la bave d'escargot, cependant aujourd'hui, il est synthétisé à grande échelle à partir de l'acide glyoxylique  $C_2H_2O_3$  et de l'urée  $CH_4N_2O$  pour l'utiliser dans l'industrie cosmétique, car ce composé possède des propriétés adoucissantes et apaisantes. On le trouve principalement dans les produits de soins de la peau et les produits de maquillage, mais aussi dans les dentifrices, shampoings, crèmes à raser, rouges à lèvres, etc.

D'après <https://fr.wikipedia.org/wiki/Allantoïne>

L'objectif de l'exercice est d'étudier l'acide glyoxylique et l'urée, puis un protocole de synthèse de l'allantoïne au laboratoire.

### Données :

• Données physiques de quelques espèces chimiques :

Espèce chimique	Masse molaire (g/mol)	Température de fusion (°C)	Solubilité dans l'eau
Urée	60,0	134	Très soluble : 1360 g/L à 20°C
Acide glyoxylique	74,0	98	Très soluble
Allantoïne	158,1	238	Peu soluble, 150 g/L si eau bouillante 5 g/L si eau très froide
Acide sulfurique	98,1	734	Très soluble

• Masse volumique de la solution d'acide glyoxylique à 50 % en masse :  $\rho = 1,3 \text{ g.mL}^{-1}$

• Valeurs d'électronégativité de quelques atomes :

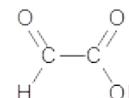
H : 2,20      C : 2,55      N : 3,04      O : 3,44

• Numéros atomiques de quelques éléments :

Z(H) = 1    Z(C) = 6    Z(N) = 7    Z(O) = 8

### **Partie 1 : À propos de l'acide glyoxylique.**

L'acide glyoxylique est un solide, très utilisé dans l'industrie, de formule semi-développée :



- 1.1 Recopier la formule semi-développée de la molécule d'acide glyoxylique et identifier les groupes caractéristiques qui la composent. Préciser les familles correspondantes.
- 1.2 Représenter le schéma de Lewis de la molécule.
- 1.3 Donner, en justifiant, la géométrie de cette molécule autour de l'un ou l'autre des atomes de carbone.

### **Partie 2 : À propos de l'ammoniac et urée**

L'urée est un composé organique de formule chimique :  $H_2N - CO - NH_2$

L'urée naturelle fut découverte en 1773 par le pharmacien Hilaire Rouelle. Formée dans le foie, à partir de l'ammoniac,  $NH_3$ , provenant de la dégradation d'acides aminés, l'urée naturelle est éliminée au niveau des reins par l'urine.

En 1828, le chimiste allemand Friedrich Wöhler réussit à synthétiser en laboratoire l'urée, molécule dite « organique » à l'époque, à partir d'ammoniac. On considérait avant cette synthèse que les molécules « organiques » ne pouvaient provenir que de constituants ou de dérivés d'organismes vivants habités par la « force vitale » (*vis vitalis*). Cette date, gravée dans l'histoire, est retenue comme étant celle fondatrice de la chimie organique.

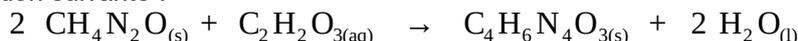
D'après <http://www.societechimiquedefrance.fr/uree.html>

2.1. Donner la configuration électronique de l'azote N et de l'hydrogène H. En déduire la géométrie de la molécule d'ammoniac.

2.2. Justifier le caractère polaire de la molécule d'ammoniac.

### **Partie 3 : Synthèse de l'allantoïne**

Une voie de synthèse de l'allantoïne s'effectue à partir d'urée et d'acide glyoxylique et peut être modélisée par une réaction chimique d'équation suivante :



Le protocole expérimental d'une synthèse de l'allantoïne, réalisée au laboratoire, est décrit ci-après :

- a Placer un barreau aimanté dans un erlenmeyer de 100 mL puis, à l'aide d'un entonnoir à solide, verser 13,6 g d'urée et 10,0 mL de solution aqueuse d'acide glyoxylique à 50% en masse. Agiter jusqu'à l'obtention d'une solution limpide. Introduire lentement 1,5 mL d'acide sulfurique concentré, sous agitation magnétique. L'acide sulfurique a pour rôle d'accélérer la réaction. Adapter un réfrigérant ascendant.
- b Placer l'erlenmeyer dans un bain-marie. Maintenir l'agitation, le chauffage et l'ébullition de l'eau du bain-marie pendant 45 minutes. Le milieu réactionnel se trouble au bout de 15 à 20 minutes avec l'apparition d'un précipité blanchâtre.
- c Plonger ensuite le bécher dans de la glace pendant quelques minutes. Récupérer le solide à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide de type Büchner.
- d Laver avec suffisamment d'eau glacée. Sécher à l'étuve le temps nécessaire.
- e Peser le solide obtenu.

- 3.1 Associer aux différentes étapes (a, b, c, d, e) mises en œuvre les différentes étapes d'un protocole de synthèse : transformation, séparation, purification, analyse.
- 3.2 Expliquer l'apparition progressive du précipité blanchâtre.
- 3.3 Justifier l'utilisation de la glace dans l'étape c.
- 3.4 Justifier l'intérêt de laver à l'étape d du protocole, le solide obtenu avec suffisamment d'eau glacée.
- 3.5 Dresser un tableau d'avancement de la réaction de synthèse. Vous y ferez apparaître uniquement les expressions littérales des quantités de matière à l'état initial et à l'état final.
- 3.6 A l'aide du tableau d'avancement, déterminer le rendement de la synthèse ainsi effectuée, sachant que la masse d'allantoïne sèche obtenue vaut  $m = 8,60$  g.

**Exercice 3 : Menthone (chimie organique : familles, nomenclature, synthèse, extraction, rendement, spectroscopie IR ; 1h environ)**

Le menthol et la menthone sont deux espèces chimiques organiques présentes dans certaines espèces de menthe.

Le menthol (2-isopropyl-5-méthylcyclohexan-1-ol) est utilisé fréquemment dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

La menthone (2-isopropyl-5-méthylcyclohexan-1-one) entre dans la composition de certains parfums et arômes naturels ; elle est obtenue par oxydation, en milieu acide, du menthol.

Dans cet exercice, on s'intéresse à la synthèse de la menthone à partir du menthol, réalisable au laboratoire du lycée.

**Données :**

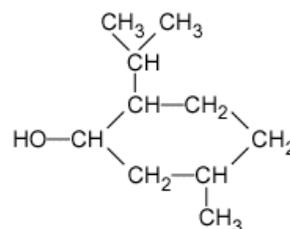
	<b>Menthol</b>	<b>Menthone</b>
Couleur	Blanche	Incolore
Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	156	154
Température de fusion (°C)	43	- 6,5
Température d'ébullition (°C)	212	209
Masse molaire (en g.mol <sup>-1</sup> )	156	154

<b>Solvant</b>	<b>Dichlorométhane</b>	<b>Cyclohexane</b>	<b>Ethanol</b>	<b>Eau</b>
Densité	1,33	0,78	0,79	1
Miscibilité avec l'eau	Non miscible	Non miscible	Miscible	
Miscibilité avec l'éthanol	Non miscible	Non miscible		Miscible
Solubilité du menthol à 25°C	Très soluble	Peu soluble	Soluble	Non soluble
Solubilité de la menthone à 25°C	Très soluble	Très soluble	Soluble	Non soluble

• Tableau de données de spectroscopie infrarouge (IR) :

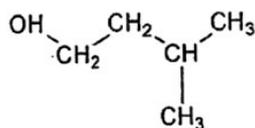
Liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	Intensité
O-H libre	3500 - 3700	Forte, fine
O-H liée	3200-3400	Forte, large
O-H acide carboxylique	2500-3200	Forte à moyenne, large
C-H	2800-3000	Forte
C=O aldéhyde et cétone	1650-1730	Forte
C=O acide carboxylique	1680-1710	Forte
C=C	1640-1680	Moyenne

1 a. La formule semi-développée du menthol est représentée ci-contre:



Justifier le fait que le menthol fasse partie de la famille des alcools.

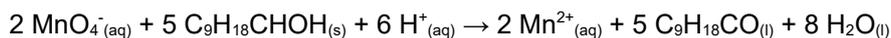
b. Une autre molécule faisant partie de la famille des alcools a la formule semi-développée ci-dessous:



Nommer cette molécule.

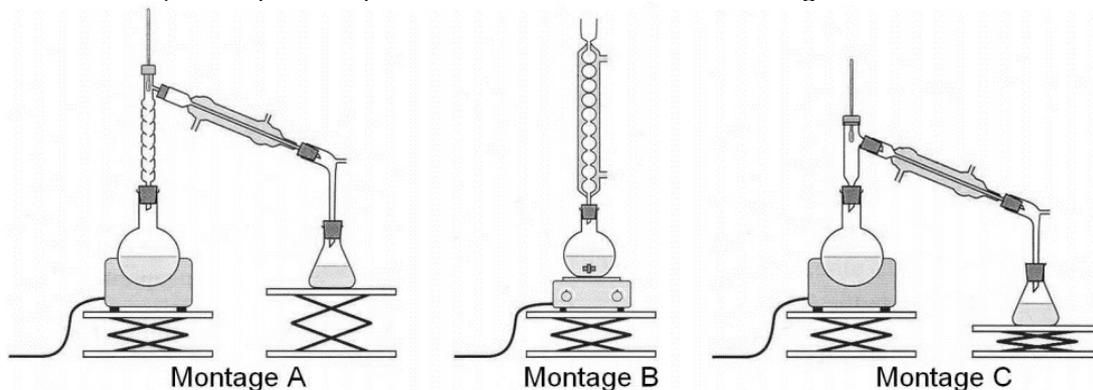
2 Sachant que lors de l'oxydation ménagée du menthol en menthone seul le groupe caractéristique est modifié et que la menthone appartient à la famille des cétones, représenter la formule semi-développée de la molécule de menthone.

3 L'oxydation du menthol en menthone s'effectue en milieu acide par l'ion permanganate  $MnO_4^-$  (aq) qui appartient au couple oxydant-réducteur  $MnO_4^-$  (aq) /  $Mn^{2+}$  (aq). Cette oxydation est modélisée par une réaction dont l'équation est la suivante :



Justifier le fait que le menthol subit une oxydation.

4 On réalise, au laboratoire du lycée, l'oxydation d'une masse  $m = 15,6 g$  de menthol par un volume  $V = 200 mL$  d'une solution aqueuse acide permanganate de potassium dont la concentration en ions permanganate est  $c = 0,50 mol \cdot L^{-1}$ . Le mélange est acidifié par quelques millilitres d'acide sulfurique concentré (les ions  $H^+$  sont alors considérés en excès). Le dispositif expérimental utilisé est celui du chauffage à reflux.



4.1. Parmi les montages A, B et C ci-dessus, indiquer celui qu'il convient de choisir pour réaliser le chauffage à reflux. Nommer les deux autres montages.

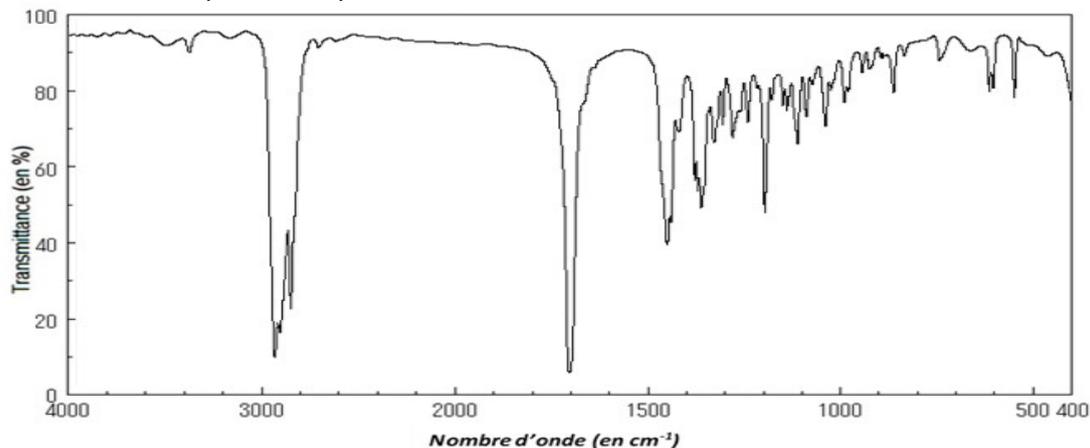
4.2. Justifier l'appellation de montage « de chauffage à reflux ».

4.3. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, montrer que, lors de cette oxydation, le menthol est le réactif limitant.

4.4. Déterminer la masse théorique maximum  $m_{th}$  de menthone que l'on peut obtenir.

5 On transvase le contenu du ballon dans une ampoule à décanter et on y ajoute 20 mL d'un solvant extracteur. On agite puis on laisse reposer. On observe la séparation de 2 phases, la phase organique surnageant. Déterminer quel solvant, parmi le dichlorométhane, le cyclohexane, l'éthanol et l'eau, a été utilisé pour extraire la menthone du mélange réactionnel. Justifier.

6 La séparation de la menthone du solvant extracteur se fait en réalisant une distillation. En fin d'opération on obtient une masse  $m_{exp} = 10,3$  g de distillat que l'on considère être de la menthone pure. On réalise le spectre infrarouge du distillat ; il est reproduit ci-après.



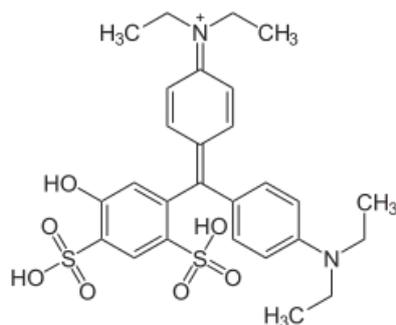
Source : Spectral database for organic compounds ([https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/cre\\_index.cgi](https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/cre_index.cgi))

6.1. Justifier que le spectre précédent est compatible avec celui de la menthone.

6.2. Déterminer le rendement de cette synthèse. Conclure.

#### **Exercice 4 : Bleu patenté (Dosage spectrophotométrique, dilution ; 30 minutes environ)**

Pour se désaltérer, il peut être de coutume de consommer du sirop de menthe glaciale ; ce dernier contient plusieurs colorants dont le bleu patenté V (E131) de couleur bleue.



Bleu patenté



Étiquette de sirop de menthe glaciale

#### **DJA du bleu patenté V**

Les colorants alimentaires font l'objet de contrôles sanitaires par l'Union Européenne (UE).

Un de ces contrôles, réalisé par l'EFSA (autorité européenne de sécurité des aliments), consiste à déterminer la dose journalière admissible (DJA) qui est la quantité d'une substance qu'une personne peut ingérer quotidiennement tout au long de sa vie sans risque appréciable pour sa santé.

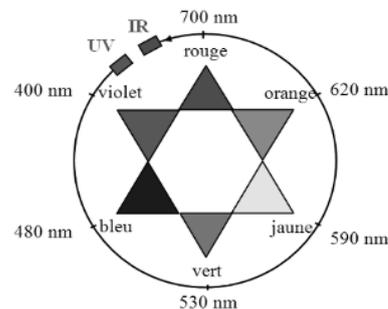
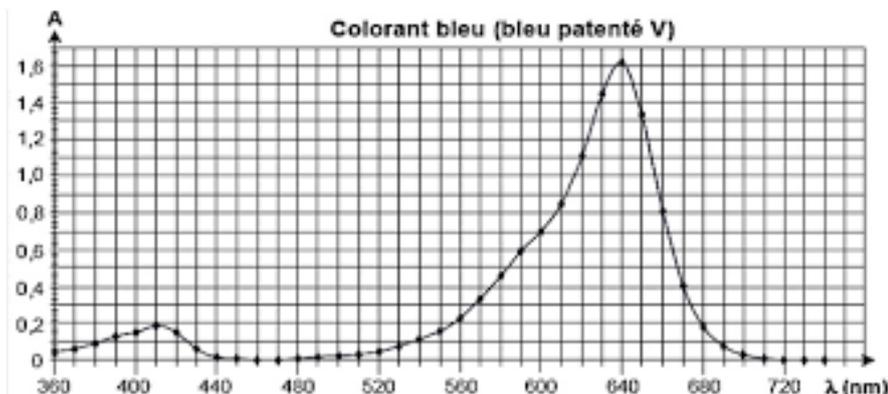
La DJA du bleu patenté est de 2,5 mg de produit absorbable par kg de masse corporelle et par jour.

d'après le site : <http://www.efsa.europa.eu/>

Le but de cet exercice est de déterminer le nombre de verres de sirop de menthe que l'on peut boire sans dépasser la dose journalière admissible en bleu patenté V.

**Données :**

- masse molaire du bleu patenté :  $560,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;
- spectre d'absorption d'une solution aqueuse de bleu patenté V et cercle chromatique :



1. Justifier la couleur bleu du « bleu patenté » d'après le spectre d'absorption de cette espèce chimique.

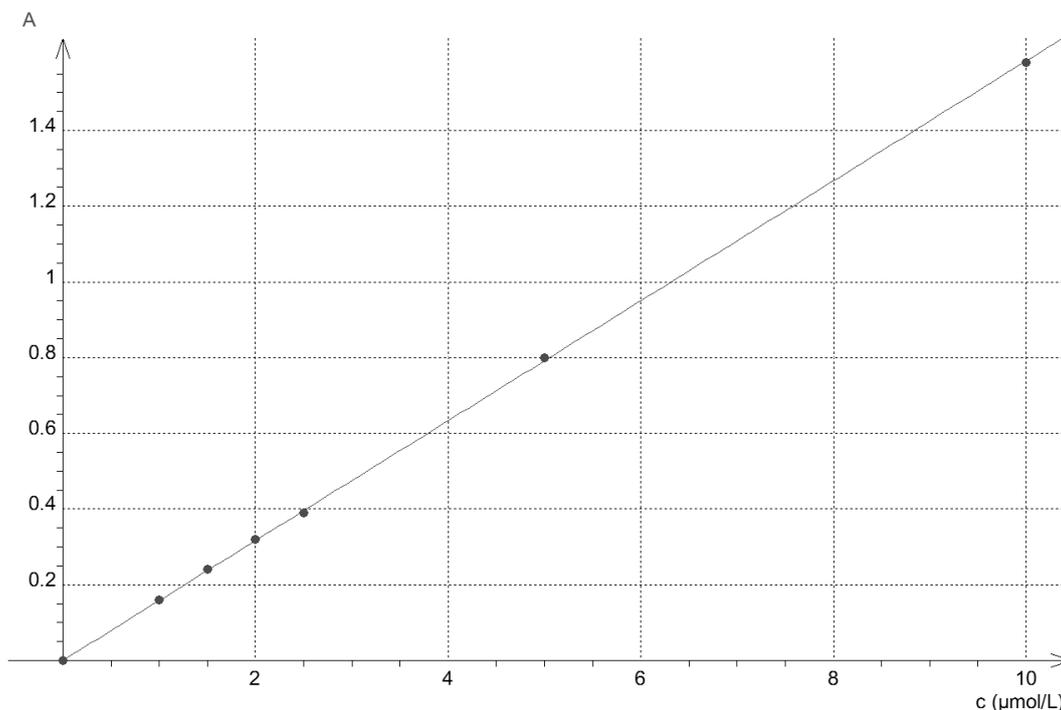
On se propose de déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de bleu patenté dans un sirop de menthe d'une bouteille commerciale à partir d'un dosage par étalonnage utilisant des mesures d'absorbance de solutions de concentrations connues.

On réalise à partir d'une solution aqueuse mère de bleu patenté V (notée  $S_0$ ) une échelle de teintes constituée de cinq solutions diluées  $S_1, S_2, S_3, S_4$  et  $S_5$  versées dans des cuves identiques.

Par ailleurs, on dilue dix fois le sirop de menthe contenu dans la bouteille commerciale et on note S la solution aqueuse obtenue à l'issue de cette dilution. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Solution $S_i$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	S
Concentration en quantité de matière C (en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	10	5,0	2,5	2,0	1,5	1,0	.....
Absorbance A	1,6	0,80	0,39	0,32	0,24	0,16	0,75

Les mesures sont reportées sur le graphe ci-contre représentant l'évolution de l'absorbance A de la solution aqueuse de bleu patenté en fonction de la concentration c en quantité de matière de bleu patenté.



2. Rédiger le protocole de dilution mis en œuvre pour préparer 100,0 mL de solution  $S_2$  à partir de la solution  $S_0$ .

3. L'allure du graphe  $A = f(c)$  obéit-il à la loi de Beer-Lambert ? Justifier.

4. Déterminer le nombre de verres de sirop de menthe que peut boire au maximum une personne adulte sans dépasser la dose journalière admissible (DJA) en bleu patenté V. Commenter.

*Vous êtes invité à prendre des initiatives, à estimer notamment la valeur du volume d'un verre de sirop de menthe, de la dilution employée lors de sa préparation, de celle de la masse d'une personne adulte, et à présenter le plus clairement possible a démarche suivie.*

## Exercice 5 : Teneur en fer (Oxydoréduction, dosage par titrage, précision verrerie, incertitudes ; 1h environ)

Les feuilles de certaines plantes comme celles des vignes, des rosiers, des pêchers peuvent parfois jaunir tout en gardant des nervures bien vertes. C'est le signe que ces plantes souffrent de chlorose ferrique. Le fer, comme le magnésium, le manganèse ou le zinc sont essentiels à la synthèse de la chlorophylle, et les plantes les puisent dans le sol. Lorsque ces éléments manquent, la chlorophylle n'est plus synthétisée et les feuilles perdent leur couleur verte.

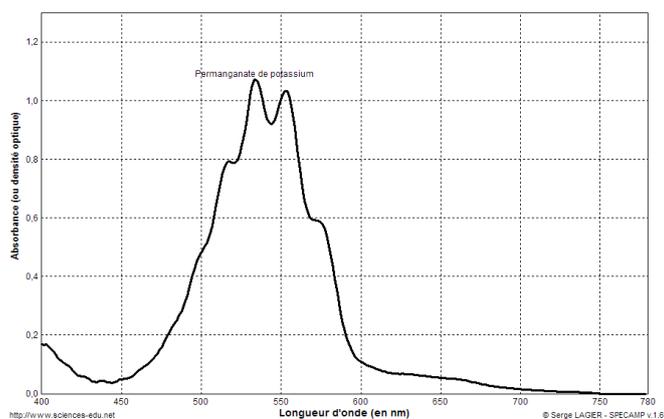
Il est possible de lutter contre la chlorose ferrique grâce à des moyens biologiques ; l'utilisation d'un purin d'ortie peut y contribuer par exemple.

Il est aussi possible d'utiliser des produits phytosanitaires commerciaux. La teneur en fer d'un produit phytosanitaire anti-chlorose est indiquée sur son emballage : 6,0 % en masse, équivalent dans ce cas à 6,0g.L<sup>-1</sup>.

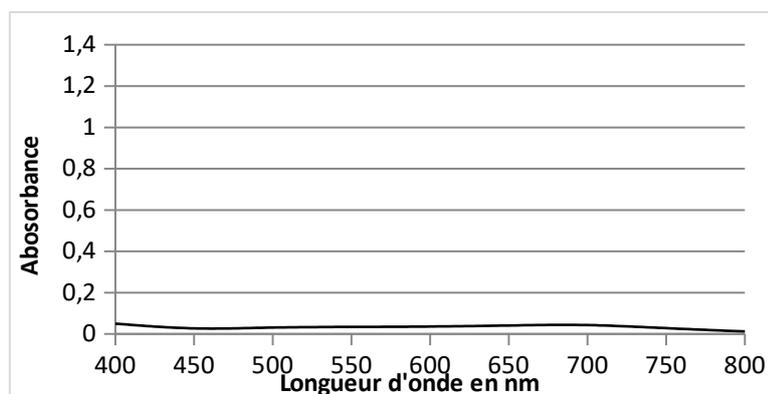
L'objectif de cet exercice est de réaliser un titrage du produit phytosanitaire afin de réaliser un contrôle de qualité de ce produit.

### Données :

- Masse molaire atomique du fer :  $M_{\text{Fe}} = 56,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Couples oxydant/réducteur :  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  (incolore) ;  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-}$  (incolore) ;  $\text{Fe}^{3+}$  (orange pâle)/ $\text{Fe}^{2+}$  (vert pâle)

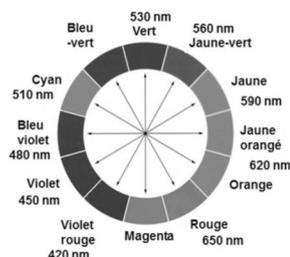


Spectre d'absorption d'une solution de permanganate à  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$



Spectre d'absorption d'une solution de peroxydisulfate de potassium de concentration  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

- Cercle chromatique



- Tests caractéristiques des ions  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

ions	couleur	Ajout de quelques gouttes de solution d'hydroxyde de sodium
$\text{Fe}^{2+}$	Vert à peine perceptible	Précipité vert d'hydroxyde de fer II
$\text{Fe}^{3+}$	Rouille à peine perceptible	Précipité rouille d'hydroxyde de fer III

### ➤ Choix du réactif titrant.

Pour réaliser le titrage des ions ferreux,  $\text{Fe}^{2+}$ , contenus dans un produit phytosanitaire destiné à lutter contre la chlorose ferrique, on dispose de deux solutions titrantes possibles :

- Une solution de peroxydisulfate de potassium acidifiée ( $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- Une solution de permanganate de potassium acidifiée ( $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}_4^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les ions peroxydisulfate comme les ions permanganate réagissent en solution aqueuse avec les ions  $\text{Fe}^{2+}$ . Un test avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, après réaction entre les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  ou  $\text{MnO}_4^-$ , conduit au même précipité rouille d'hydroxyde de fer III.

1. Préciser la nature de la transformation chimique qui se produit quand on mélange des ions  $\text{Fe}^{2+}$  et des ions peroxydisulfate  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  d'une part ou permanganate  $\text{MnO}_4^-$  d'autre part, que le test avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium met en évidence.
2. Écrire les équations des réactions modélisant les transformations chimiques mettant en jeu :
  - 2.a. les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  d'une part,
  - 2.b. les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions  $\text{MnO}_4^-$  d'autre part.
3. Définir l'équivalence d'un titrage.
4. Montrer, en vous référant à la couleur de chaque solution titrante possible, qu'il est plus judicieux de choisir la solution de permanganate de potassium pour réaliser le titrage des ions ferreux contenus dans le produit phytosanitaire, la coloration due aux ions ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ou ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en solution aqueuse étant très peu perceptible.

➤ **Mise en œuvre du titrage**



*Verrerie disponible*

5. La solution de permanganate de potassium étant trop concentrée, il est nécessaire de la diluer 5 fois avant de l'utiliser pour le titrage. Choisir, dans la liste de matériel proposé (photographie ci-dessus), la verrerie adaptée à cette dilution. Justifier.
6. Expliquer pourquoi certaines verreries sont associées à des capacités notées 100 mL, 50 mL, 10 mL, et d'autres à des capacités de 100,0 mL, 50,0 mL, 10,0 mL.
7. Le produit phytosanitaire se présente sous la forme d'une poudre. Afin de réaliser le titrage, on dissout 100,0 g de produit dans de l'eau et on complète avec de l'eau de façon à obtenir 1,0 L de solution.
  - 7.a. On prélève 10,0 mL de cette solution qu'on introduit dans un erlenmeyer. Dans la liste de matériel proposée ci-dessus, choisir la verrerie utilisée pour prélever ces 10,0 mL. Justifier
  - 7.b. Schématiser et légénder le montage utilisé afin de réaliser le titrage.

➤ **Exploitation du résultat du titrage**

8. Le titrage est réalisé plusieurs fois. On note  $V_E$ , le volume de solution de permanganate de potassium versé pour atteindre l'équivalence pour chaque titrage réalisé. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_E$ en mL	11,0	10,6	10,4	10,6	10,8	10,5	10,7	10,9	11,2	11,0

8.a. L'incertitude-type  $u(V_E)$ , de type A, sur cette série de mesures est égale à 0,08 mL. Écrire le résultat de la mesure pour  $V_E$ .

8.b. Une autre méthode de détermination de l'incertitude-type sur le volume équivalent aurait pu être prise en compte. Préciser sa nature.

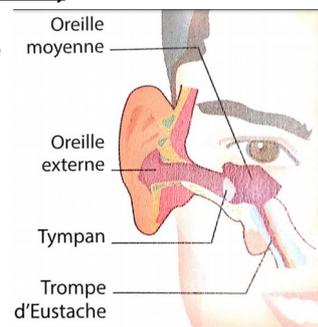
9. A l'aide des résultats du titrage déterminer la concentration en masse d'ions ferreux présente dans l'échantillon de 10,0 mL de solution titrée prélevé. Conclure sur le contrôle de qualité de ce produit.

### Exercice 6 : La manœuvre de VALSALVA (Pression, statique des fluides ; 25 minutes environ)

Lorsqu'on s'immerge, la pression de l'eau au niveau de l'oreille externe augmente. Elle devient supérieure à la pression de l'air dans l'oreille moyenne qui est égale à la pression atmosphérique. Le tympan se déforme ce qui provoque une douleur vive.

Pour pallier ce problème, il existe la manœuvre de VALSALVA. Elle consiste à souffler par le nez tout en le pinçant et en maintenant la bouche fermée. La trompe d'Eustache s'ouvre et de l'air entre dans l'oreille moyenne. Les pressions entre les oreilles externe et moyenne s'équilibrent alors.

Les coordonnées verticales des positions sont repérées sur une axe Oz orienté vers le haut et dont l'origine est la surface de l'eau.



1. Un plongeur s'immerge et se stabilise en une position B à une profondeur de 10m. Calculer la pression  $P_B$  en utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides.
2. Calculer la valeur  $F$  de la force pressante exercée alors par l'eau sur le tympan du plongeur dont la surface est  $S = 80 \text{ mm}^2$ .
3. Représenter en indiquant l'échelle choisie la force pressante  $\vec{F}$  qui s'exerce sur le tympan.
4. On suppose que la trompe d'Eustache du plongeur ne s'ouvre pas lors de son immersion.
  - a) Calculer la valeur  $F'$  de la force pressante exercée par l'air de l'oreille moyenne sur le tympan avant d'effectuer la manœuvre de VALSALVA.
  - b) Justifier la déformation du tympan à l'origine d'une vive douleur.

#### Données :

- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Pression atmosphérique moyenne :  $P_{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$  .

### Exercice 7 : Ballon sonde (Ondes, forces et variation du vecteur-vitesse, loi de Mariotte ; 1h15 environ)

Le 17 mars 1898, le premier ballon-sonde météorologique français était lancé depuis l'observatoire de Trappes, en région parisienne. Il emportait, dans un panier d'osier, un « météorographe », destiné à enregistrer la pression et la température en altitude. Aujourd'hui, les ballons-sondes sont toujours utilisés (voir photo ci-contre). Ces radiosondages fournissent des informations sur l'état des premières couches de l'atmosphère (troposphère et stratosphère).

D'après : [meteofrance.com](http://meteofrance.com) 16/03/2018



Dans le cadre d'un atelier scientifique, des lycéens ont conçu un ballon-sonde constitué d'une enveloppe fermée remplie d'hélium et d'une nacelle contenant des appareils de mesure et un parachute.

Lors du lâcher, le ballon-sonde communique avec une station au sol. Des mesures de pression, température, position sont récoltées au cours de l'ascension.

L'objectif de cet exercice est de justifier le choix de valeur de la fréquence de télécommunication et de confronter certaines mesures réalisées à des modèles physiques.

#### Données :

- la valeur de la célérité  $c$  des ondes électromagnétiques dans le vide ou dans l'air est supposée connue
- masse(enveloppe) =  $3,2 \times 10^2 \text{ g}$  ;
- masse(nacelle) =  $3,6 \text{ kg}$  ;
- masse(hélium) =  $7,0 \times 10^2 \text{ g}$  ;
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;
- pression atmosphérique au niveau du sol :  $P_0 = 1,0 \times 10^3 \text{ hPa}$  ;
- volume initial du ballon :  $V_0 = 4,0 \text{ m}^3$  ;
- volume du ballon juste avant éclatement :  $V_{max} = 51 \text{ m}^3$ .

## Choix technique pour la télécommunication

Pour éviter les interférences avec d'autres systèmes, les lycéens doivent respecter les normes en vigueur. Leur ballon-sonde doit émettre des ondes électromagnétiques dans le domaine radioélectrique UHF (Ultra Hautes Fréquences), que l'union internationale des télécommunications a attribué au service de la météorologie. Les lycéens ont choisi de régler la valeur de la fréquence d'émission de leur ballon-sonde à 403,2 MHz.

VISIBLE	INFRAROUGE			ONDES RADIOÉLECTRIQUES											
	IR-A	IR-B	IR-C	EHF	SHF	UHF	THF	HF	MF	BF	TBF	UBF	SBF	EBF	TLF
	780 nm	1,4 μm	3 μm	1 mm	1 cm	10 cm	1 m	10 m	100 m	1 km	10 km	100 km	1 Mm	10 Mm	100 Mm

Longueur d'onde →

1. Citer un autre type d'ondes que les ondes électromagnétiques. En donner un exemple.
2. Exprimer la relation entre célérité  $c$ , longueur d'onde  $\lambda$  et fréquence  $\nu$ .
3. Déterminer la valeur de la longueur d'onde des ondes émises par le ballon-sonde. Commenter le choix effectué par les lycéens par rapport aux normes de télécommunication.

## Décollage du ballon-sonde

On considère le ballon juste après le décollage, étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements exercés par l'air.

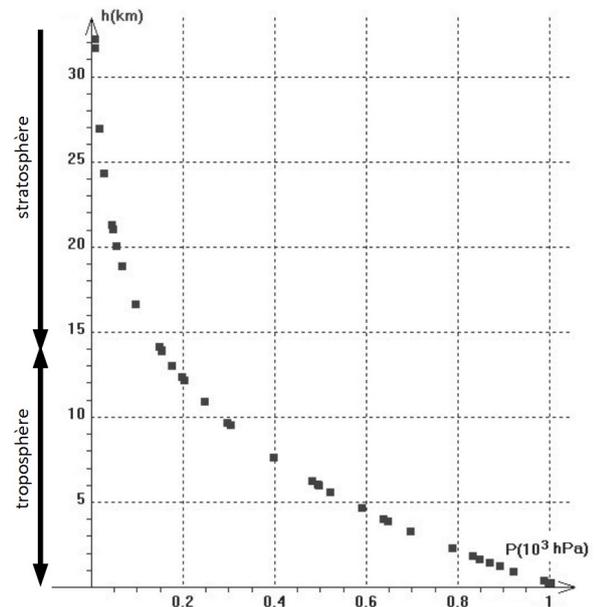
Le système {ballon + nacelle + hélium} est soumis à deux forces :

- son poids, noté  $\vec{P}$  ;
  - la poussée d'Archimède, notée  $\vec{A}$ , verticale, dirigée verticalement vers le haut telle que sa norme  $A = 50$  N.
4. Calculer la valeur de la masse  $m$  totale du système étudié.
  5. Calculer la valeur du poids du système {ballon + nacelle + hélium}.
  6. Représenter les forces exercées sur le système {ballon + nacelle + hélium} modélisé par un point matériel noté  $S$  (échelle : 10 N  $\leftrightarrow$  1 cm).
  7. En déduire le vecteur représentant la somme des forces appliquées sur le système et donner les caractéristiques de ce vecteur (direction, sens, norme).
  8. Le ballon possède une trajectoire verticale ascendante. Les lycéens ont calculé la vitesse du ballon-sonde à partir des mesures de positions. La vitesse est  $v_1 = 1,1$  m.s<sup>-1</sup> à  $t_1 = 1,0$  s et  $v_3 = 3,2$  m.s<sup>-1</sup> à  $t_3 = 3,0$  s. Calculer la variation de la valeur de la vitesse entre les instants  $t_1$  et  $t_3$ .
  9. En utilisant la relation approchée de la 2<sup>de</sup> loi de Newton, montrer que cette variation est cohérente avec les caractéristiques de la somme des forces appliquées sur le système.

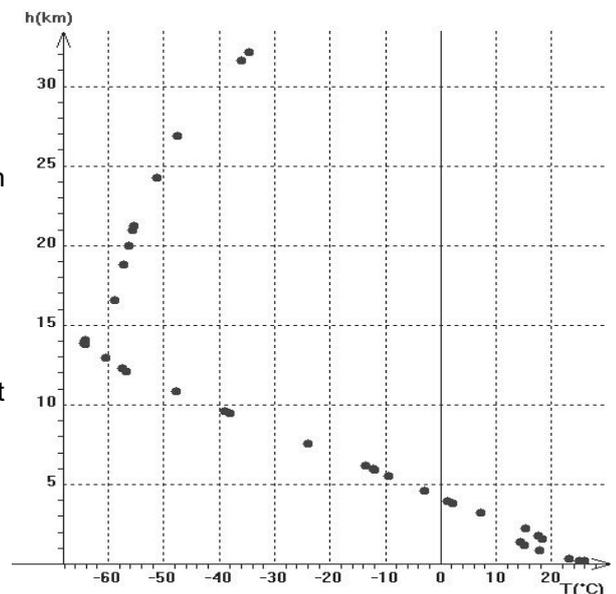
## Éclatement

Dans cette partie, on considère que l'enveloppe du ballon-sonde est parfaitement souple et extensible de sorte que la pression de l'hélium à l'intérieur est constamment égale à la pression atmosphérique.

10. À l'aide du doc 1, décrire comment varie la pression dans le ballon sonde lorsque l'altitude augmente.
11. Énoncer la loi de Mariotte relative au produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz pour une quantité de matière donnée et une température constante.
12. À l'aide de la loi de Mariotte, indiquer comment varie qualitativement le volume du ballon au cours de son ascension. Déterminer ensuite l'altitude maximale atteinte par le ballon au moment de l'éclatement.
13. En réalité le ballon a atteint une altitude de 31 km, elle est supérieure à celle prévue dans la question précédente. Proposer une explication.



Doc 1 : Relevé de pression dans la troposphère et la stratosphère



Doc 2 : Relevé de température dans la troposphère et la stratosphère

## Exercice 8 : Physique du parachutisme (Aspects énergétiques du mouvement ; 45 min environ)

L'ouverture d'un parachute modifie le mouvement d'un corps en chute.

Pour quantifier le processus de freinage, l'étude de la chute d'une boule de pétanque attachée à un petit parachute est conduite au laboratoire.

« Le parachute est un dispositif qui engendre une forte résistance de l'air, ce qui a pour effet de ralentir le mouvement d'un objet à travers l'atmosphère. Les parachutes sont constitués de matériaux légers comme la soie ou le nylon. Pour qu'un parachute soit efficace, il doit diminuer la vitesse limite d'au moi 75 % . »

D'après [https://fr.wikipedia/wiki/physique\\_du\\_parachutisme](https://fr.wikipedia/wiki/physique_du_parachutisme)

On considère le système {boule de pétanque + parachute}. L'étude est faite dans le référentiel terrestre, considéré galiléen. L'origine des altitudes ( $z = 0$ ) est choisie nulle au niveau du sol.

La masse de la boule étant très supérieure à celles des tissus utilisés pour fabriquer le parachute, on assimile la masse du système à la masse de la boule. On considère que la boule suit une trajectoire verticale.

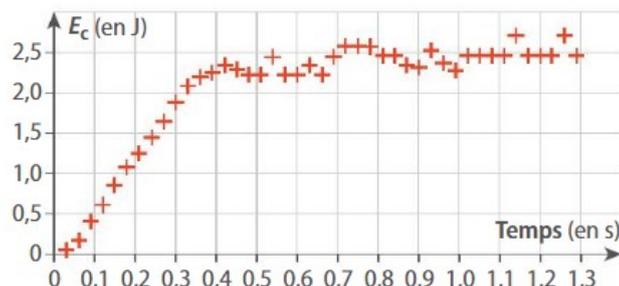
Le système est soumis :

- à l'action mécanique de la Terre modélisée par le poids  $\vec{P}$  du système ;
- à l'action mécanique exercée par l'air modélisée par une force de frottement  $\vec{f}$  verticale vers le haut.

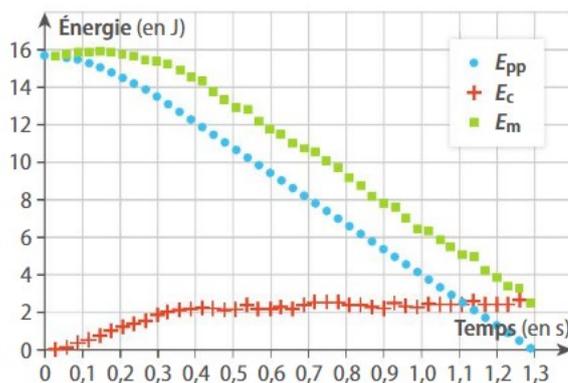
### Données :

- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Masse du système étudié :  $m = 400 \text{ g}$

Au laboratoire, pour étudier le mouvement de chute d'une boule de pétanque accrochée à un parachute, une vidéo a été réalisée à l'aide d'une webcam, puis traité en utilisant un logiciel de pointage d'images. On obtient les courbes énergétiques des documents 1 et 2.



Doc. 1 Évolution de l'énergie cinétique du système en fonction du temps.



Doc. 2 Évolutions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système en fonction du temps.

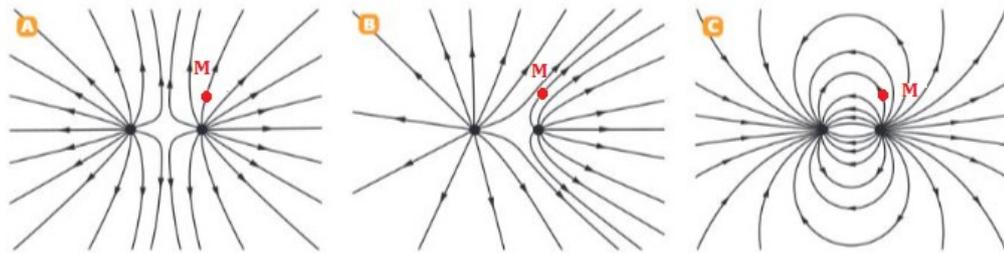
1. Comment évolue la vitesse du système lors de sa chute ? Justifier à l'aide du doc 1.
2. Estimer la valeur de la vitesse limite qui est la vitesse maximale atteinte par le système. Estimer à partir de quelle date  $t_0$  cette valeur est atteinte.  
On fait l'hypothèse que les frottements sont négligeables tant que la boule n'a pas atteint sa vitesse maximale.
3. En vous appuyant sur l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système, déterminer la valeur  $\Delta z$  de la variation d'altitude du système pendant la phase de mouvement uniforme (entre le début de la phase où la vitesse limite est atteinte et l'atterrissage).
4. Comment l'énergie mécanique du système varie-t-elle au cours du mouvement ? Que peut-on en conclure sur l'hypothèse concernant les forces de frottement exercées sur le système ?
5. Déterminer la valeur de la variation d'énergie mécanique pendant la phase de mouvement uniforme.
6. En déduire la norme de la force de frottement supposée constante pendant la phase de mouvement uniforme.
7. Conclure quant au bilan des forces pendant cette phase. Énoncer notamment la loi de la mécanique ainsi vérifiée.

### Exercice 9 : Lignes de champ (champ et force électrostatiques ; 30 minutes environ)

Deux charges électriques  $q_1 = 500 \text{ pC}$  et  $q_2 = 50 \text{ pC}$ , distantes d'une longueur  $d = 4,0 \text{ cm}$  engendrent deux champs électriques qui se superposent. (c'est-à-dire qu'ils s'ajoutent vectoriellement)

Données : Constante de Coulomb  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .

1. Calculer la force électrostatique qui s'exerce entre ces deux charges. Est-elle attractive ou répulsive ?
2. Modéliser, à l'échelle, chaque charge électrique par un point. A l'aide d'un compas, placer un point  $M$  respectivement à  $4,5 \text{ cm}$  de  $q_1$  et à  $2,0 \text{ cm}$  de  $q_2$
3. Calculer l'intensité des vecteurs champs électriques  $\vec{E}_1$  et  $\vec{E}_2$  au point  $M$  respectivement engendré par les charges électriques  $q_1$  et  $q_2$ .
4. Tracer les vecteurs champs électriques  $\vec{E}_1$  et  $\vec{E}_2$  au point  $M$  (échelle :  $1,0 \text{ cm} \longleftrightarrow 1,0 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ )
5. Le champ électrique produit est la superposition des deux champs électriques. Tracer le vecteur résultant  $\vec{E}$ .
6. Les trois figures ci-dessous représentent un ensemble de lignes de champ générées par deux charges électriques. Laquelle correspond à la situation de l'exercice ? Justifier.



### Exercice 10 : Rendement d'une source de tension (Aspects énergétiques en élec, Python ; 40 min environ)

Les chargeurs nomades (sources réelles de tension) sont très utilisés pour recharger les téléphones portables. Ils se comportent en fait comme une batterie externe à celle du téléphone, et vont permettre de recharger la batterie interne du téléphone.

Sur l'un de ces chargeurs nomades, on peut lire les caractéristiques suivantes :  
«  $5,0 \text{ V} - 2,1 \text{ A} ; 5000 \text{ mA} \cdot \text{h}$  »



1. L'indication «  $5000 \text{ mA} \cdot \text{h}$  » correspond à la charge maximale qu'a pu accumuler le chargeur nomade. Exprimer cette valeur en coulomb C.
2. On suppose que lorsque ce chargeur nomade se décharge pour alimenter la batterie interne du téléphone, il le fait avec un courant d'intensité égale à l'intensité nominale. Calculer la durée au bout de laquelle ce chargeur est complètement déchargé.
3. En mesurant la tension aux bornes du chargeur nomade lorsqu'il se décharge, on constate que la tension est en fait égale à  $4,7 \text{ V}$ . En utilisant la caractéristique d'un générateur réel, en déduire la résistance interne du chargeur nomade.
4. Calculer la puissance dissipée par effet Joule lorsque le chargeur nomade se décharge.
5. En déduire l'énergie dissipée, en J, pendant la décharge totale du chargeur nomade.

6. Pour réaliser un bilan de puissance d'une source de tension, un élève a conçu un programme en langage Python ci-contre dans lequel est notamment définie la fonction CALCUL\_PUISSANCE :

6.a. Comment faut-il compléter les lignes 11, 12, et 13 ?

6.b. Justifier l'intérêt de l'opérateur  $*100$  à la ligne 20.

6.c. Utiliser le programme complété pour calculer le rendement du chargeur nomade, et écrire le résultat obtenu dans votre copie (ou votre cahier).

```
1 # Demande à l'utilisateur d'entrer des informations concernant la source réelle de tension :
2 # Valeurs de la f.é.m, l'intensité débitée en fonctionnement et la résistance interne
3 E = float(input("Entrer la valeur, en V, de la tension à vide du générateur : "))
4 I = float(input("Entrer la valeur, en A, de l'intensité du courant débité par le générateur :"))
5 r = float(input("Entrer la valeur, en ohm, de la résistance interne du générateur :"))
6
7 # déclaration de la fonction permettant de faire un bilan de puissance de la source de tension
8 def CALCUL_PUISSANCE (E,r,I):
9     U = E-r*I
10    Pj = r*I**2
11    Pentrée = ... # ligne à compléter
12    Psortie = ... # ligne à compléter
13    rendement = ... # ligne à compléter
14    print ("La puissance en entrée vaut Pentrée = ",Pentrée,"W. \n")
15    print ("La puissance dissipée par effet Joule = ",Pj,"W. \n")
16    print ("La Puissance électrique en sortie vaut sortie = ",Psortie,"W.")
17    return rendement
18
19 # appel de la fonction pour permettre d'afficher son rendement
20 rendementsource = CALCUL_PUISSANCE(E,r,I)*100
21 print("Le rendement de cette source de tension est de : ",rendementsource," %")
```

## Exercice 11 : Tsunami (Ondes, Python)

« Tsunami » est le nom donné à certain type de vagues à la surface de la mer ou des océans. Ces vagues de très grande période sont provoquées par un brusque mouvement d'eau consécutif à un séisme ou glissement de terrain.

Ces vagues sont de faible amplitude en haute mer (seulement quelques dizaines de centimètres). Mais à l'approche des côtes, du fait du relèvement du sol sous-marin, leur amplitude peut atteindre plusieurs mètres et créer un raz-de-marée. *Tsunami* signifie vague de port en japonais. S'il se produit une dizaine de tsunamis par an dans le monde, seuls un ou deux ont des effets dévastateurs.

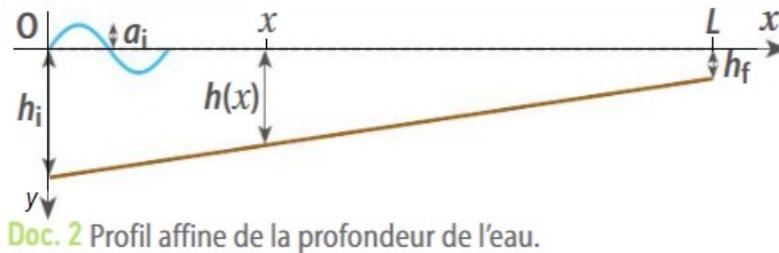
La modélisation physique des vagues prend en compte de nombreux paramètres. L'objectif de cet exercice est d'utiliser un modèle simplifié décrivant la propagation d'un tsunami.



Doc 1 : En septembre 2018, un tsunami a fait plus de 2000 victimes en Indonésie, une vague de 6m de haut a ravagé la ville de Palu

### Hypothèses :

- L'onde a une période  $T = 1,0 h$  ;
- Elle est créée à  $L = 5,0 \times 10^3 km$  d'une côte ;
- L'amplitude de la vague à sa création est  $a_i = 0,50 m$  (doc 2)
- Elle se propage en ligne droite dans une seule direction repérée par la coordonnée  $x$  ;
- La profondeur du fond de l'eau varie de  $h_i = 5,0 km$  à la création de l'onde à  $h_f = 10 m$  sur la côte et sera modélisé par une fonction affine de  $x$  entre les deux (doc 2), les ordonnées étant exceptionnellement orientées positivement vers le bas.
- La célérité  $v$  des vagues à la surface est liée à la profondeur  $h$  de l'eau par la relation  $v = \sqrt{g \cdot h}$  où  $g = 9,8 N \cdot kg^{-1}$  est la norme du champ de pesanteur.



### 1. Longueur d'onde

1.1. Rappeler la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$  d'une onde progressive périodique, sa période  $T$  et sa célérité  $v$ . Préciser les unités.

1.2. Calculer la longueur d'onde de l'onde à sa création, notée  $\lambda_i$ , et à son arrivée sur la côte, notée  $\lambda_f$ . Justifier que ces ondes soient qualifiées de « très grandes ondes ».

### 2. Propagation de l'onde.

2.1. Rappeler la définition d'une onde « mécanique progressive périodique ». Justifier que le tsunami est bien une telle onde.

2.2. Pourquoi ne peut-on pas déterminer la durée  $\tau$  de propagation de l'onde sur la distance  $L$  par la relation  $\tau = \frac{L}{v}$  ?

2.3. Le programme Python ci-dessous, incomplet, permet de calculer la durée mise par l'onde pour parcourir la distance  $L$ .

```

1 g = 9.8 #champ de pesanteur en N/kg
2 T = 3600 # période de l'onde en s
3 L = 5E6 # distance parcourue en m
4 hi = 5E3 # profondeur au large en m
5 hf = 10 # profondeur sur la côte en m
6 dx = 1E3 # variation possible de la valeurs des abscisses, en m
7 A = ... # à compléter
8 B = ... # à compléter
9
10 def h(x): # fonction permettant de calculer la profondeur selon l'abscisse
11     return A*x+B
12
13 #création et initialisation de la variable correspondant à la durée de propagation en s
14 temps = 0
15 #création et initialisation de la variable correspondant à la position en m
16 x = 0
17
18 while (x<L):
19     v = (g*h(x))**0.5
20     x = x+dx
21     temps = temps+dx/v # à expliquer
22
23 print("Durée du parcours :",round(temps/3600,1),"heures")

```

2.3.1. A l'aide du doc 2, et en analysant les lignes 10 et 11 du script, déterminer les expressions de A et B permettant le calcul par la fonction h(x) de la profondeur de l'eau.

2.3.2. Expliquer la ligne 21 du programme permettant le calcul de la grandeur temps, durée cumulée du parcours.

### 3. Amplitude

Un modèle simplifié prévoit que l'amplitude a d'une telle onde dépend de la profondeur  $h$  de l'eau par la relation

$$a = k \cdot h^{-1/4} \quad \text{où } k \text{ est une constante.}$$

Vérifier numériquement l'affirmation : « A l'approche des côtes, [...] leur amplitude peut atteindre plusieurs mètres ».