

# **BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Session 2018**

## **PHYSIQUE-CHIMIE**

**Série S**

**Enseignement de Spécialité**

**Durée de l'épreuve : 3h30 – Coefficient : 8**

**L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.**

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.**

**Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.**

**La feuille d'annexe (page 14/14)  
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.**

<b>EXERCICE I : NUISANCES SONORES SOUS-MARINES (8 points)</b>
---

La mer, monde du silence ? Poétique, mais faux. L'environnement marin est empli de bruits naturels provenant des vagues, du vent et de la pluie, ainsi que des sons émis par les organismes vivants. Auxquels s'ajoutent, et de manière croissante, les sons d'origine humaine. Une véritable pollution sonore dont les conséquences peuvent être dramatiques pour les mammifères marins, et contre laquelle se mobilise un nombre croissant de scientifiques et d'environnementalistes.

D'après le site [www.lemonde.fr](http://www.lemonde.fr)

### 1. Paramètres influençant la vitesse du son dans l'eau de mer

Les sons se propagent environ cinq fois plus rapidement dans l'eau que dans l'air. Toutefois les particularités physico-chimiques du milieu peuvent modifier de façon non-homogène la célérité des sons. La vitesse de propagation d'un son en milieu aquatique pourra en effet varier d'un point à un autre sous l'influence de la température, de la salinité, de la profondeur et de la pression.

#### 1.1. Étude de la salinité de l'eau de mer.

La salinité, notée  $S$ , d'une eau de mer est proportionnelle à la chlorinité notée  $Cl$  :

$$S = 1,80655 \times Cl$$

La chlorinité de l'eau de mer peut être considérée comme étant la masse de chlore (exprimée en g) présente dans 1 kg d'eau de mer.

#### Données :

- Densité de l'eau de mer à 25°C :  $d = 1,023$ .
- Masses molaires atomiques :  $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .
- La conductivité  $\sigma$  exprimée en  $\text{S.m}^{-1}$  d'une solution est donnée par la relation :

$$\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$$

où  $\lambda_i$  est la conductivité molaire ionique exprimée en  $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$  de l'ion  $X_i$  et  $[X_i]$  sa concentration molaire exprimée en  $\text{mol.m}^{-3}$

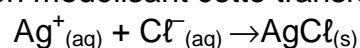
- Conductivités molaires ioniques à 25°C :

Ion	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ag}^+$	$\text{NO}_3^-$
$\lambda$ (en $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$ )	5,01	7,63	6,19	7,14

On prépare 50,0 mL d'eau de mer diluée au dixième. On appelle  $S_{\text{mer}}$  cette solution. On réalise le titrage conductimétrique de 10,0 mL de la solution  $S_{\text{mer}}$  par une solution titrante de nitrate d'argent de formule chimique ( $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration molaire  $c_1 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Lorsqu'on met en présence des ions argent  $\text{Ag}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , il se produit une réaction de précipitation rapide et totale conduisant à la formation de particules solides de chlorure d'argent.

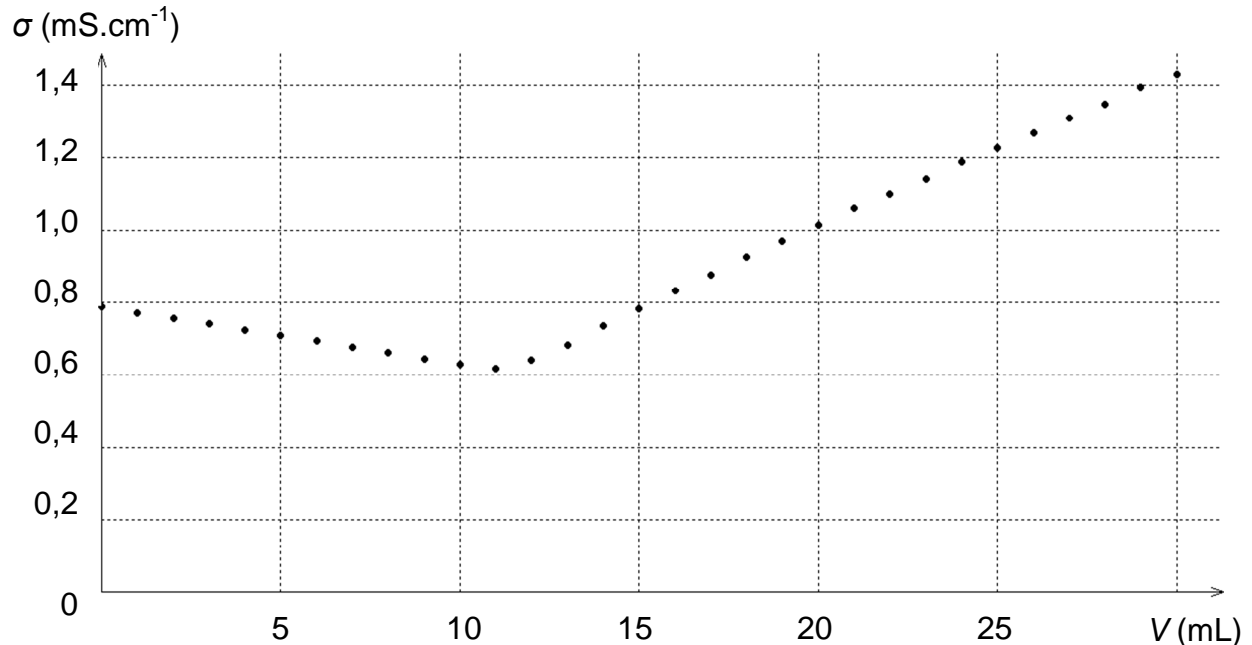
L'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique s'écrit :



On ajoute à la prise d'essai de 10,0 mL de solution  $S_{\text{mer}}$ , un volume  $V = 100$  mL d'eau distillée.

Après chaque ajout de 1 mL de réactif titrant, on relève la valeur de la conductivité  $\sigma$ , exprimée en  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Le graphe ci-dessous montre l'évolution de la conductivité  $\sigma$  du mélange réactionnel en fonction du volume  $V$  de solution de nitrate d'argent versé.



1.1.1. Proposer un protocole de préparation de 50,0mL de solution  $S_{\text{mer}}$ .

1.1.2. Interpréter qualitativement le changement de pente observé sur le graphe  $\sigma = f(V)$ .

1.1.3. Vérifier que la salinité de l'échantillon étudié est voisine de  $35 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

1.2. Mesure de la vitesse du son à une profondeur donnée.

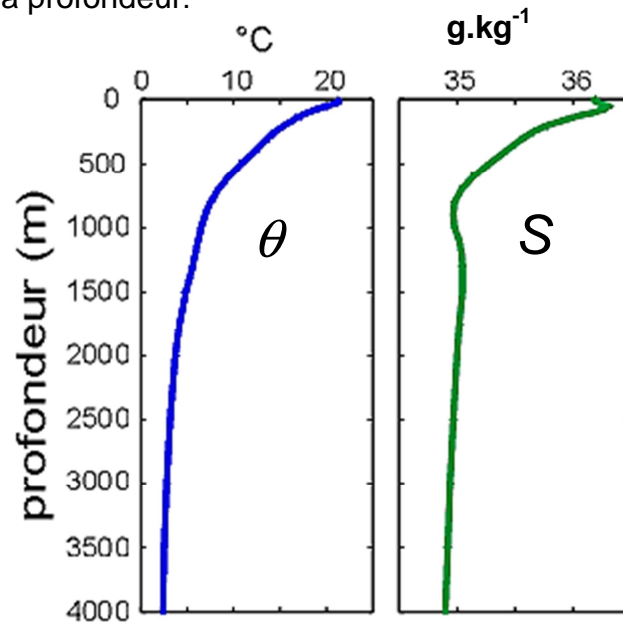
Une approximation de la valeur de la vitesse de propagation du son  $v$  dans l'eau de mer s'écrit ainsi :

$$v \text{ (en m/s)} \approx 1410 + 4,21\theta - 0,037\theta^2 + 1,10 S + 0,018 P$$

où  $\theta$  est la température en degrés Celsius,  $S$  la salinité en  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , et  $P$  la profondeur en mètres.

**Données :**

- Vitesse de propagation du son dans l'air  $\approx 3.10^2 \text{ m.s}^{-1}$ .
- Évolution de la température  $\theta$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) et de la salinité  $S$  (en  $\text{g.kg}^{-1}$ ) en fonction de la profondeur.



[www.lecalve.univ-tln.fr](http://www.lecalve.univ-tln.fr)

Montrer que l'approximation « Les sons se propagent environ cinq fois plus rapidement dans l'eau que dans l'air » est justifiée lorsqu'on se trouve dans l'eau à une profondeur de 1000 m.

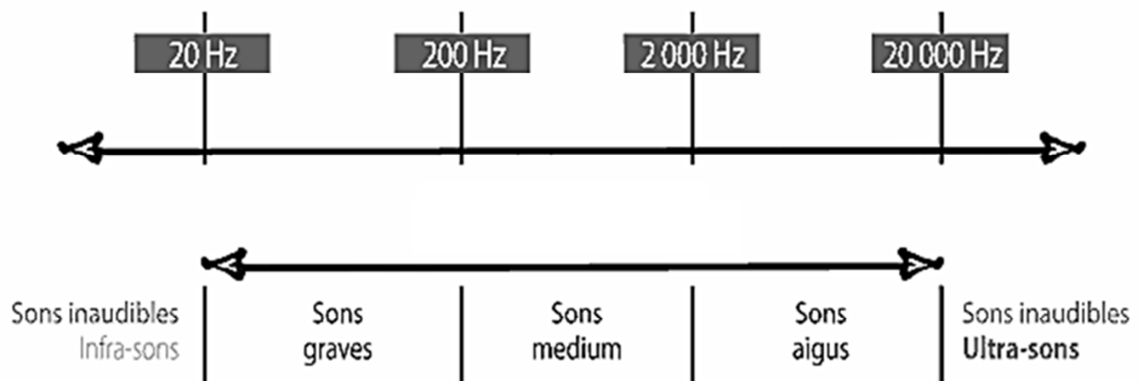
**2. Risques auditifs pour les dauphins**

Dans la suite de l'exercice, on considère que la valeur de la vitesse du son dans l'eau de mer vaut  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

Pour communiquer, les dauphins bleus et blancs produisent des sifflements dont la fréquence peut varier entre 1,1 kHz et plus de 24 kHz et qui peuvent posséder jusqu'à 11 harmoniques.

**Données :**

- Domaine d'audibilité de l'oreille humaine



- Seuil d'audibilité à la fréquence 1 kHz pour l'être humain :  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

- D'après l'Ifremer, le seuil de risque auditif pour les cétacés, dont les dauphins, est de 220 dB à 3kHz.

## 2.1. Signaux émis par les dauphins

- 2.1.1. Les ondes émises par les dauphins sont des ondes progressives mécaniques : que signifient ces deux derniers termes ?
- 2.1.2. Les sifflements des dauphins sont-ils audibles par l'homme ? Justifier.
- 2.1.3. Déterminer la longueur d'onde de l'onde ultrasonore correspondant à un sifflement de fréquence 24,9 kHz émis par un dauphin.
- 2.1.4. Calculer la valeur de la fréquence des trois premières harmoniques de ce sifflement.

## 2.2. Impact du son émis par un sonar

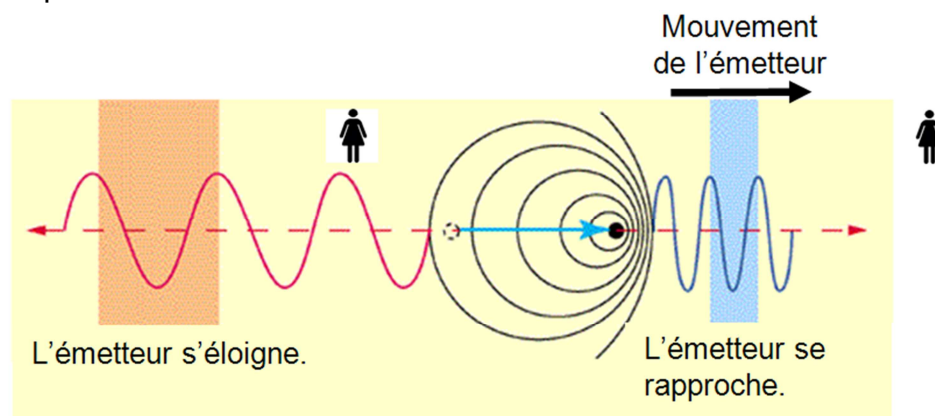
Lors d'exercices en mer, certains bateaux militaires utilisent des sonars de forte puissance qui peuvent, par exemple, émettre des signaux d'intensité sonore de  $3,2 \times 10^{11} \text{ W.m}^{-2}$  pour une fréquence égale à 3kHz.

- 2.2.1. Montrer que le signal du sonar correspond à un niveau d'intensité sonore de 235 dB.
- 2.2.2. Le son est atténué de  $0,16 \text{ dB.km}^{-1}$  dans l'eau de mer. Estimer la distance minimale à laquelle un dauphin peut se trouver sans subir de risques auditifs. Que penser de ce résultat ?
- 2.2.3. Lorsque l'émetteur d'une onde de fréquence  $f_E$  se déplace par rapport au récepteur à une vitesse  $v_E$ , la fréquence  $f_R$  de l'onde reçue par le récepteur est différente : le décalage Doppler est donné par la relation

$$f_R - f_E = \pm \frac{v_E}{v} f_E$$

dans le cas où la vitesse de déplacement est faible par rapport à la vitesse de propagation  $v$  des ondes.

Le signe est positif dans la relation précédente lorsque l'émetteur s'approche du récepteur et négatif lorsque l'émetteur s'éloigne du récepteur.



Le sous-marin envoie une onde acoustique de 3kHz en direction du dauphin. Le sous-marin se rapproche du dauphin à la vitesse  $v$  égale à  $22,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

- a) Le son perçu par le dauphin est-il plus grave ou plus aigu ? Justifier la réponse à partir des données.
- b) On considère que le sonar du sous-marin et le dauphin se situent tous les deux à la même profondeur.  
Calculer la valeur du décalage Doppler. Commenter le résultat obtenu.

## EXERCICE II : LE KIIKING, SPORT EXTRÊME EN ESTONIE (7 points)

Le kiiiking est un sport extrême inventé en 1996 en Estonie. Il s'agit, pour le sportif, de faire un tour complet sur des structures métalliques spécifiques. Debout, ses pieds sont attachés à une planche reliée à des câbles en acier, le tout formant un ensemble rigide.

Le sportif de l'extrême fixe la longueur des tiges avec lesquelles il va tenter de faire un tour complet.



Le record inscrit dans le livre Guinness, réalisé en 2015 par l'actuel champion de la discipline, correspond à une longueur de tige égale à 7,15 m.

D'après le site [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)

Toute l'étude mécanique est effectuée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On considèrera les forces de frottement comme négligeables.

### Données :

- Valeur du champ de pesanteur :  $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$ .
- Dans le cadre d'oscillations libres de faible amplitude, d'angle inférieur à environ  $20^\circ$ , la période  $T_0$  (en s) des oscillations d'un pendule simple se calcule par la relation :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

où  $L$  est la longueur du pendule (en m) et  $g$  la valeur du champ de pesanteur (en  $\text{m.s}^{-2}$ ).

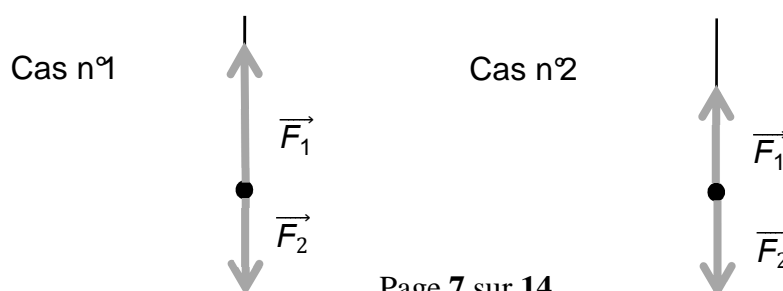
### 1. Modélisation du mouvement de la structure

Le système est constitué du sportif et de la planche sur laquelle il est fixé. Pour simplifier, on l'assimilera à un point matériel de masse  $m = 80 \text{ kg}$  relié à une tige est de longueur  $L = 7,15 \text{ m}$ . Le système, modélisé comme un pendule simple, est écarté de sa position d'équilibre d'un angle  $\theta_i$  et abandonné sans vitesse initiale.

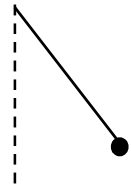
1.1. Le schéma ci-dessous représente le système à deux instants distincts : position au repos et passage par la position d'équilibre.

Nommer les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  qui s'exercent sur le système.

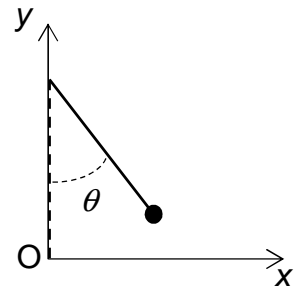
Attribuer une légende aux cas n°1 et n°2. Justifier à l'aide d'une loi de Newton que l'on énoncera.



- 1.2. Recopier le schéma ci-contre représentant le système dans une position quelconque.  
Représenter les deux forces qui s'exercent sur celui-ci.  
Que peut-on dire du vecteur vitesse du système lors du mouvement de celui-ci ?

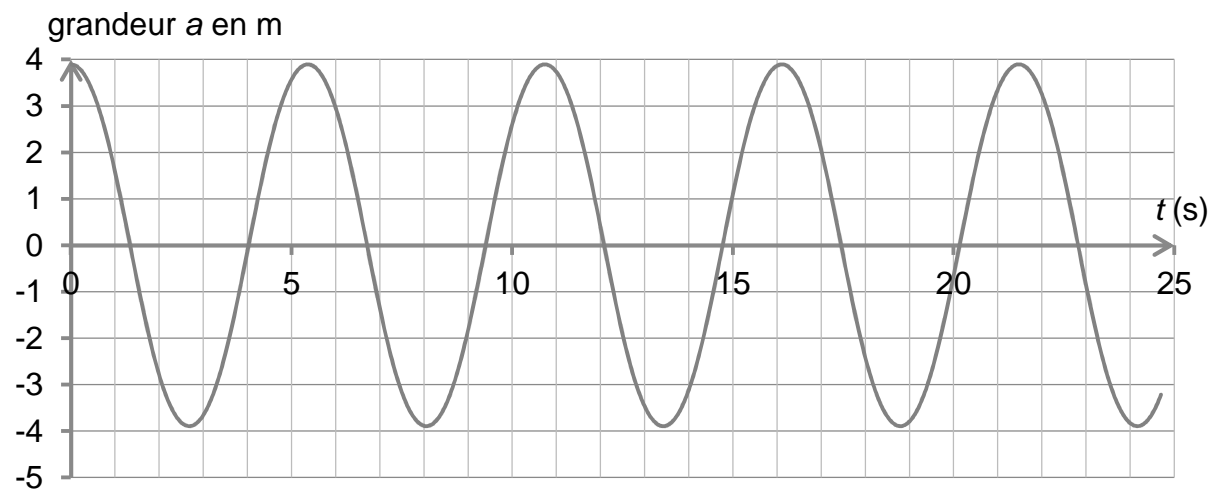


On définit un repère  $(O, x, y)$  où l'origine  $O$  est la position d'équilibre du système.

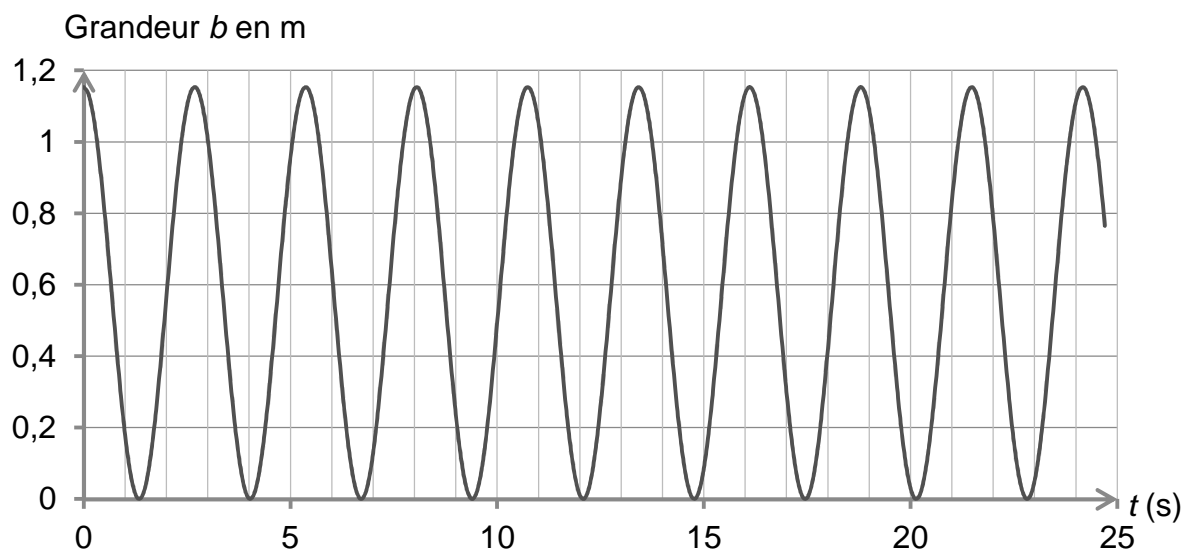


- 1.3. Les enregistrements indiquant les variations des coordonnées  $x$  et  $y$  en fonction du temps  $t$  sont reproduits ci-dessous :

### Courbe 1



### Courbe 2





1.3.1. Identifier, en justifiant, la coordonnée  $x$  ou  $y$  correspondant à la grandeur  $a$ , puis déterminer la période  $T_1$  de ses variations dans le temps.

Déterminer la période  $T_2$  des variations de l'autre coordonnée.

1.3.2. Calculer la période propre du pendule simple modélisant le système.

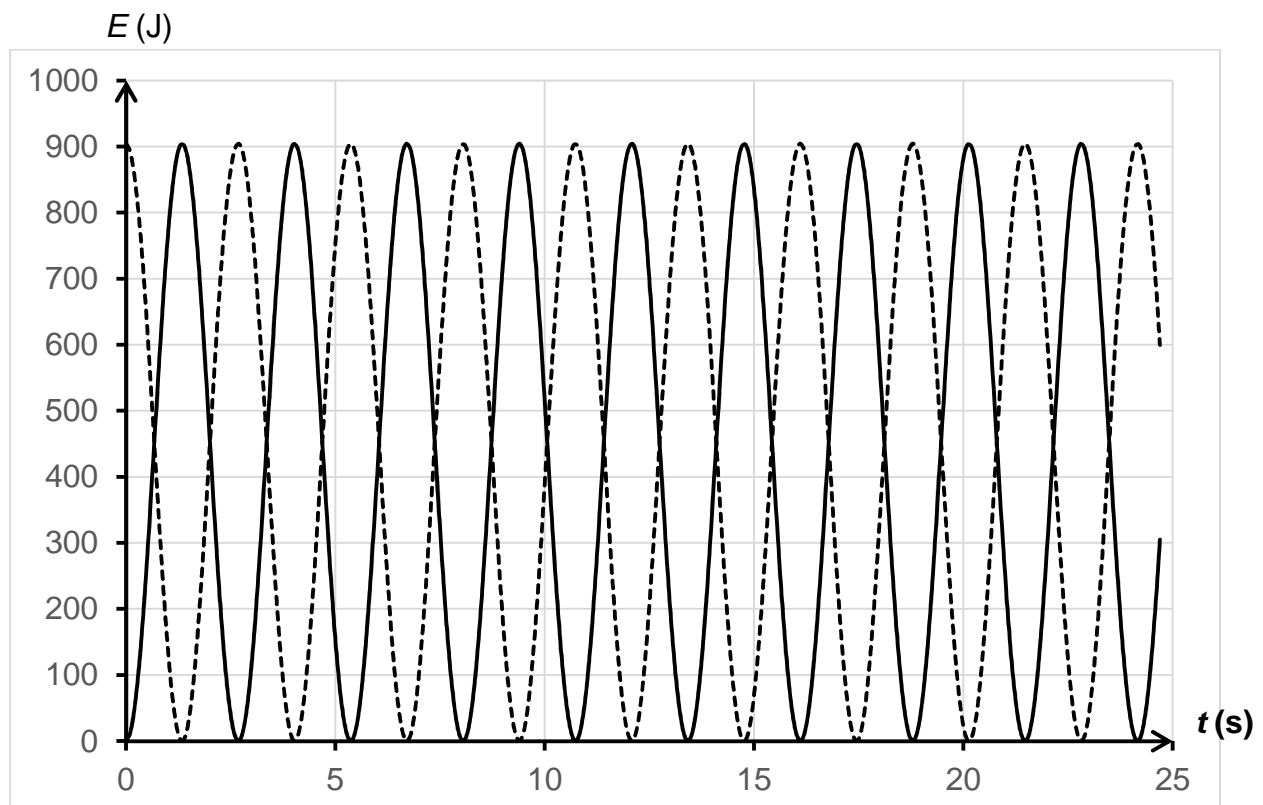
Laquelle des périodes  $T_1$  ou  $T_2$  correspond à la période d'oscillations de la structure ?

1.3.3. Justifier qualitativement la relation simple existant entre  $T_1$  et  $T_2$ .

## 2. Étude énergétique du mouvement du système

Le document ci-dessous reproduit les enregistrements des deux formes d'énergie mises en jeu au cours des oscillations du système.

Variation des énergies en fonction du temps :



2.1. Les enregistrements débutent au moment du lâcher du système.

Identifier les courbes correspondant à chacune des formes d'énergie mises en jeu lors des oscillations en complétant l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. Justifier la réponse sur la copie.

2.2. Rappeler l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$  du système et tracer, sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la courbe  $E_m = f(t)$ .

Justifier l'allure de la courbe obtenue.

2.3. Montrer que l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  du système lors de son mouvement est  $E_{pp} = mgL(1 - \cos \theta)$ .

On considère que la valeur de l'énergie potentielle de pesanteur du système est nulle à la position d'équilibre stable.

L'angle  $\theta$  est l'angle formé par la tige et l'axe vertical (Oy).

2.4. Déterminer la valeur  $\theta_i$  de l'angle  $\theta$  au moment du lâcher.

La modélisation par un pendule simple est-elle pertinente dans ces conditions ?

### 3. Vitesse nécessaire pour effectuer un tour complet

Il faut une force considérable dans les jambes et les bras pour parvenir à effectuer un tour complet debout sur une telle structure.

3.1. Quelle vitesse minimale au point O est-il nécessaire d'atteindre pour effectuer un tour complet et réaliser le record de 2015 inscrit dans le livre Guinness ? Donner ce résultat en  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

3.2. Lors d'une chute libre de hauteur  $h$ , la vitesse atteinte au sol est  $v = \sqrt{2gh}$ . Vérifier que la vitesse obtenue à la question 3.1. correspond à celle atteinte lors d'une chute libre de la hauteur maximale atteinte par le sportif.

<b>EXERCICE III : LES FRESQUES DE BAMIIAN (5 points)</b>
--

Dans la région afghane de Bamiyan, des chercheurs japonais, américains et européens ont découvert des fresques particulièrement bien conservées, aux couleurs encore vives, datées du V<sup>ème</sup> au IX<sup>ème</sup> siècle après JC.

Des prélèvements, analysés par le synchrotron de Grenoble, ont révélé des traces d'huile de noix. L'étonnement fut grand car jusqu'à présent les historiens d'art faisaient remonter l'utilisation de la peinture à l'huile au XV<sup>ème</sup> siècle par les frères Van Eyck.



D'après le site [www.ledauphine.com](http://www.ledauphine.com)

Les huiles de lin et de noix sont siccatives, c'est-à-dire qu'elles peuvent former un film solide, continu, dur et résistant lorsqu'elles sont exposées à l'air en couche mince. Cette propriété est due à la présence de doubles liaisons dans les composés insaturés présents dans ces huiles.

La siccativité d'une huile est une caractéristique indiquant sa capacité à sécher. Elle est mesurée par l'indice d'iode de l'huile.

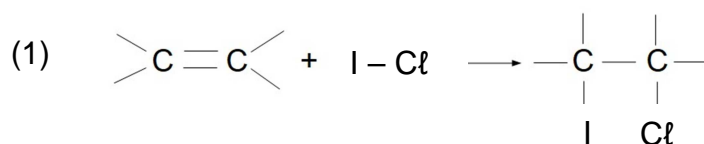
### Détermination expérimentale de l'indice d'iode d'une huile

Les triglycérides contenus dans les huiles présentent une ou plusieurs doubles liaisons qui sont susceptibles d'entrer en jeu lors de réactions d'addition.

On appelle indice d'iode la masse de dihalogène, exprimée en grammes de diiode, qui pourrait se fixer sur 100 grammes de la substance étudiée.

Le diiode I<sub>2</sub> se fixant lentement sur les doubles liaisons, on le remplace par du chlorure d'iode ICl, appelé réactif de Wijs, qui permet d'augmenter la vitesse de la réaction d'addition. En effet, les éléments iode I et chlore Cl sont tous deux des halogènes.

En milieu non aqueux, le chlorure d'iode se fixe sur les doubles liaisons suivant la réaction :



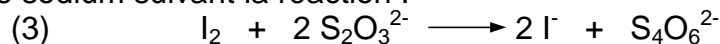
La quantité de matière de chlorure d'iode qui se fixe est égale à la quantité de matière de diiode qui se fixerait si le diiode était utilisé comme réactif.

Le réactif de Wijs est utilisé en excès : il reste du chlorure d'iode en fin de réaction.

Le chlorure d'iode restant est transformé totalement en diiode, par réaction avec les ions iodure apportés en excès par une solution d'iodure de potassium suivant la réaction :



Le diiode formé est alors titré par les ions thiosulfate apportés par une solution de thiosulfate de sodium suivant la réaction :



**Protocole expérimental de préparation de deux échantillons :****Échantillon E1**

- Dans un erlenmeyer sec de 250 mL, introduire dans l'ordre:
  - 0,30 g d'huile d'olive ;
  - 25 mL de cyclohexane à l'aide d'une éprouvette graduée ;
  - 10,0 mL de réactif de Wijs (chlorure d'iode) prélevé sous la hotte à l'aide d'une pipette jaugée.
- Boucher, agiter, placer à l'obscurité pendant 45 minutes avant traitement.

**Échantillon E2**

- Dans un erlenmeyer sec de 250 mL, introduire dans l'ordre :
  - 25 mL de cyclohexane ;
  - 10,0 mL de réactif de Wijs (chlorure d'iode) prélevé sous la hotte à l'aide d'une pipette jaugée.
- Boucher, agiter et traiter l'échantillon.

**Traitement des deux échantillons :**

- Dans chacun des deux échantillons, ajouter :
  - 100 mL d'eau distillée ;
  - 15 mL de solution d'iodure de potassium ( $K^+ + I^-$ ) en excès.
- Agiter, attendre quelques minutes à l'obscurité.
- Titrer chaque échantillon en agitant vigoureusement par une solution de thiosulfate de sodium ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ) ; ajouter l'empois d'amidon en fin de titrage pour repérer avec précision l'équivalence (disparition du diiode).
- Noter les volumes équivalents  $V_{E1}$  et  $V_{E2}$  versés pour chaque échantillon.

Le traitement de l'échantillon E2 permet de connaître la quantité de matière initiale de chlorure d'iode contenue dans 10,0 mL de réactif de Wijs.

**Résultats expérimentaux :**

Volumes équivalents :  $V_{E1} = 11,9$  mL et  $V_{E2} = 22,9$  mL.

**Données :**

- Classement des huiles

Type d'huile	Indice d'iode
Non siccativ	0 à 110
Semi-siccativ	110 à 150
Siccativ	>150

- Couples oxydant/réducteur :  $I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}$  et  $S_4O_6^{2-}_{(aq)} / S_2O_3^{2-}_{(aq)}$
- Masse molaire moléculaire du diiode :  $M(I_2) = 254 \text{ g.mol}^{-1}$
- Concentration de la solution de thiosulfate de sodium :  $c = 2,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

**Questions préalables :**

1. Montrer que la quantité de matière de diiode formée par la réaction (2) et titrée est égale à  $\frac{1}{2}cV_E$ .
2. Déterminer, à partir du traitement de l'échantillon E2, la quantité de matière initiale de chlorure d'iode contenu dans 10,0 mL de réactif de Wijs.

**Problème :**

L'olivier étant cultivé depuis la plus haute Antiquité, les peintres des fresques disposaient également d'huile d'olive. Auraient-ils pu remplacer l'huile de noix par de l'huile d'olive pour réaliser les fresques ?

## ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

## EXERCICE I : LE KIIKING, SPORT EXTREME EN ESTONIE

Questions 2.1. et 2.2.

