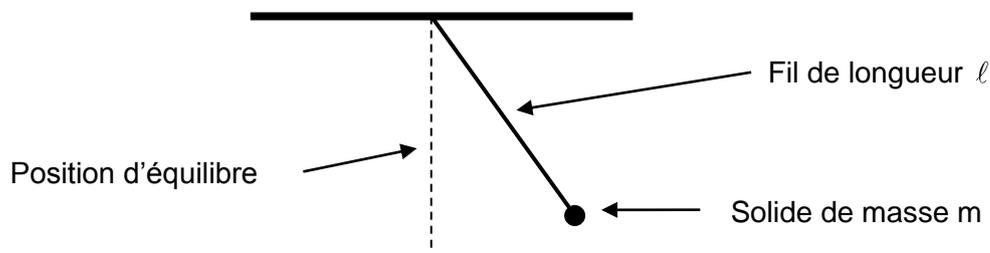


## Devoir du samedi 26 septembre 2015

Il sera tenu compte de façon très importante de la clarté de la rédaction succincte mais complète pour chaque raisonnement et de la présentation des résultats numériques dans l'évaluation finale du travail rendu.

### Problème n°1 : le pendule simple pour la mesure du temps (11 points, 60 min)

Un pendule simple est constitué d'un objet ponctuel solide de masse  $m$  accroché à l'extrémité d'un fil de longueur  $\ell$  sans masse et inextensible dont l'autre extrémité est fixe. Le pendule, déplacé correctement de sa position d'équilibre et lâché sans vitesse initiale se met à osciller dans un plan vertical.



Écarté de sa position d'équilibre un pendule simple oscille périodiquement après avoir été lâché. La période des oscillations s'exprime, théoriquement, par la relation :  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$

#### **Données :**

Intensité moyenne de la pesanteur sur Terre :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

Une coudée vaut 0,57 m.

### **I Les pendules de Galilée**

#### **Document 1**

##### ***Discours concernant deux sciences nouvelles – Galilée (1638)***

*J'ai pris deux boules, l'une en plomb et l'autre en liège, celle-là au moins cent fois plus lourde que celle-ci, puis j'ai attaché chacune d'elles à deux fils très fins, longs tous deux de quatre coudées ; les écartant alors de la position perpendiculaire, je les lâchais en même temps [...] ; une bonne centaine d'allées et venues, accomplies par les boules elles-mêmes, m'ont clairement montré qu'entre la période du corps pesant et celle du corps léger, la coïncidence est telle que sur mille vibrations comme sur cent, le premier n'acquiert sur le second aucune avance, fût-ce la plus minime, mais que tous les deux ont un rythme de mouvement rigoureusement identique. On observe également l'action du milieu qui, en gênant le mouvement, ralentit bien davantage les vibrations du liège que celles du plomb, sans toutefois modifier leur fréquence ; même si les arcs décrits par le liège n'ont plus que cinq ou six degrés, contre cinquante ou soixante pour le plomb, ils sont traversés en des temps égaux.*

- 1) Citer deux expressions employées dans le texte pour désigner une oscillation.
- 2) Comment Galilée désigne-t-il la position d'équilibre du pendule ?
- 3) Répondre aux trois questions suivantes en justifiant à partir du document 1.
  - a) La masse  $m$  de la boule suspendue a-t-elle une influence sur la période du pendule ?
  - b) Le pendule en plomb est-il plus, moins ou autant sensible aux frottements que le pendule en liège ?
  - c) La période des oscillations dépend-elle des frottements ?
- 4)
  - a) Pourquoi la définition fournie d'un pendule simple en fait-il un objet virtuel ?
  - b) Quelles propriétés des pendules décrits dans le texte font qu'ils se rapprochent de pendules simples ?
- 5) Calculer la valeur de la période des pendules de Galilée.

## II Horloge et latitude

1) A l'équateur,  $g_{\text{équateur}} = 9,78 \text{ m.s}^{-2}$ . En déduire la longueur au mm près d'un pendule simple afin que celui-ci « batte la seconde », c'est-à-dire qu'une demi oscillation dure exactement une seconde.

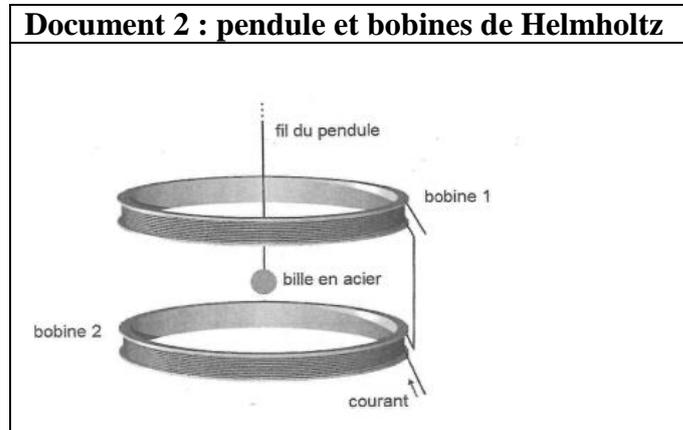
2) De quelle valeur faut-il modifier la longueur du pendule si celui-ci est apporté au pôle nord où  $g_{\text{pôle}} = 9,84 \text{ m.s}^{-2}$  ?

3) Pourquoi la définition du mètre, en 1790, indiquant que l'étalon de mesure des longueurs correspondait à la longueur du fil d'un pendule simple battant la mesure, imposait-elle de se placer à une latitude précise ( $45^\circ$ ) ? Quel inconvénient majeur cette définition engendrait-elle ?

## III Un pendule dans un champ magnétique

Pour vérifier l'influence de l'intensité de la pesanteur sur la période d'un pendule simple tout en restant dans le même laboratoire, il est relativement simple de placer un pendule, constitué d'un fil et d'une bille en acier, à l'intérieur d'un dispositif créant un champ magnétique uniforme dans une zone suffisamment large pour englober la totalité de la trajectoire de la bille du pendule pendant ses oscillations. Ce dispositif peut être constitué par des bobines de Helmholtz.

*Lorsque l'axe des bobines est vertical, le passage du courant électrique crée un champ magnétique uniforme vertical dans la zone cylindrique située entre les deux bobines. Une bille en acier située dans cette zone est soumise à une force magnétique verticale.*



1) Expliquer pourquoi ce dispositif expérimental permet de simuler une variation de l'intensité  $g$  de la pesanteur. On pourra faire figurer le poids  $\vec{P}$  d'un objet de masse  $m$  ( $\vec{P} = m \times \vec{g}$ ) et la force  $\vec{F}$  magnétique s'appliquant à la bille sur un même schéma.

2) Comment doit être orientée la force magnétique exercée sur la bille pour simuler un accroissement de la pesanteur ? Justifier.

3) Comment peut-on simuler un affaiblissement de l'intensité de la pesanteur ?

4) Si le dispositif a été correctement installé pour simuler un accroissement de la pesanteur, comment cela se traduit-il sur l'évolution de la période du pendule ? Justifier.

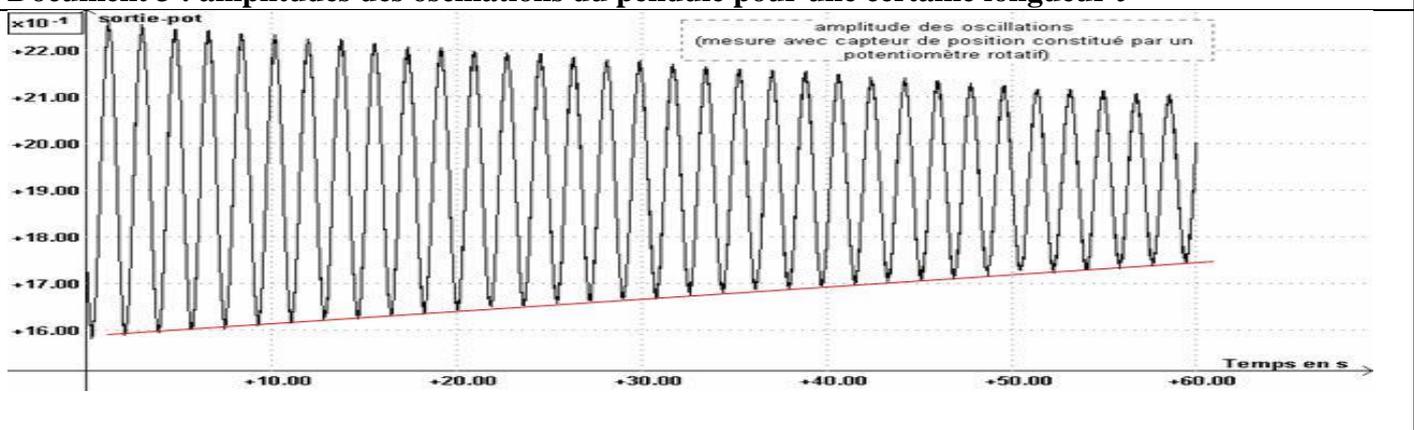
5) Le système utilisé ne permet pas de simuler une forte variation de la pesanteur mais il permet cependant de constater une variation de la période, à condition de choisir un protocole optimisant la précision de la mesure.

a) Proposer une méthode expérimentale pour obtenir une mesure la plus précise possible de la période.

b) Dans le cas d'un pendule de longueur  $0,50 \text{ m}$ , on mesure une période de  $1,5 \text{ s}$  lorsque les bobines sont parcourues par un courant électrique. Le dispositif simule-t-il un accroissement ou une diminution de la pesanteur ? Expliquer puis déterminer la valeur de l'intensité de la pesanteur apparente.

6) En enregistrant l'écart angulaire  $\theta$  par rapport à la position d'équilibre du pendule (grâce à un système électrique potentiométrique qui fournit une tension qui suit les variations de l'écart angulaire), on obtient la courbe du document 3 :

### Document 3 : amplitudes des oscillations du pendule pour une certaine longueur $\ell$



a) On appelle pseudopériode la durée entre deux maxima successifs. Que pouvez-vous dire de cette grandeur en fonction du temps ? Retrouve-t-on un résultat de Galilée formulé dans son texte ?

b) Déterminer la valeur de la pseudopériode.

b) Pourquoi l'amplitude des oscillations décroît-elle ? Comment sont qualifiées de telles oscillations ?

c) Avec le dispositif utilisant les bobines de Helmholtz, proposer un moyen permettant de contrer ce phénomène dissipatif.

## Problème n°2 : l'élément fer et les végétaux (9 points, 50 mn)



### I la chlorose des végétaux

La chlorose des végétaux est une décoloration plus ou moins prononcée des feuilles, due à un manque de chlorophylle. La chlorophylle permet la photosynthèse et donne aux feuilles leur couleur verte.

Le manque de chlorophylle peut provenir d'une insuffisance en magnésium, en fer, en azote, en manganèse ou en zinc, autant d'éléments chimiques indispensables à la synthèse de la chlorophylle.

Dans le commerce, on trouve des solutions dites « anti-chlorose » riches en ions fer (II) qu'il convient de pulvériser directement sur les plantes et les sols.

#### Document 4 : quelques noms commerciaux et caractéristiques des produits « anti-chlorose »

Nom du produit commercial	Teneur en fer (g.L <sup>-1</sup> )	Utilisation référencée
Fer A 400 LiquidoFer 400	40	Dépôt sur les sols
Fer Cler	25	Dépôt sur les sols
Fer Soni H39F	20	Dépôt sur les sols et pulvérisation sur les feuilles
FerroTonus	40	Dépôt sur les sols
PlantoFer 30	30	Dépôt sur les sols
FerMi H31	10	Dépôt sur les sols et pulvérisation sur les feuilles

Une solution inconnue « anti-chlorose » est à disposition d'un jardinier. Afin d'utiliser le plus efficacement possible ce produit, il doit retrouver le fournisseur du produit et ainsi consulter sur son site commercial la dose d'application nécessaire et suffisante pour traiter les rosiers.

Pour cela, il doit doser les ions fer (II) que la solution contient en suivant le protocole décrit dans le document 3.

#### Document 5 Protocole de titrage des ions fer (II) dans une solution « anti-chlorose »

- Diluer 30 fois une solution « anti-chlorose » S contenant les ions Fe<sup>2+</sup> de concentration molaire volumique c à déterminer. La solution ainsi obtenue est appelée S' ;
- Introduire dans un erlenmeyer un volume V<sub>1</sub> = 20,0 mL de solution S' et de l'acide sulfurique ;
- Réaliser le titrage à l'aide d'une solution titrante de permanganate de potassium de concentration c<sub>2</sub> = 5,0×10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup> en ions permanganate MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>.
- Couples oxydoréducteurs de la réaction support de titrage : MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>(aq)/Mn<sup>2+</sup>(aq) et Fe<sup>3+</sup>(aq)/Fe<sup>2+</sup>(aq)

On admet que toutes les espèces chimiques mises en jeu au cours de ce titrage sont incolores ou peu colorées, à l'exception des ions permanganate MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> qui donnent au liquide une couleur violette.

**Donnée:** Masse molaire atomique du fer : M(Fe) = 56 g.mol<sup>-1</sup>

- 1) En quoi l'usage d'une telle solution peut permettre de lutter contre la chlorose des végétaux ?
- 2) Déterminer l'équation support du titrage. Qui est oxydé en quoi ? Et par qui ? Qui est le réactif titré ?
- 3) Lors du titrage réalisé, l'équivalence est obtenue pour un volume versé V<sub>E</sub> = 9,5 mL de la solution de permanganate de potassium.
  - a) Qu'appelle-t-on exactement équivalence d'un titrage ?
  - b) Comment cette équivalence est-elle repérée ici ? Justifier.
  - c) À partir de ce titrage, le jardinier détermine le nom du produit commercial mis à sa disposition. Expliquer sa démarche, détailler ses calculs et donner le nom du produit commercial.
- 4) Pour estimer l'incertitude sur la valeur de la concentration obtenue par cette méthode de titrage, l'expérimentateur est amené à reproduire un grand nombre de fois la même manipulation dans les mêmes conditions.

Un des titrages réalisés donne une valeur de concentration très élevée en ions Fe<sup>2+</sup> par rapport aux autres. Il est possible d'identifier deux erreurs de manipulations :

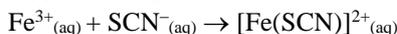
  - la solution titrante de permanganate de potassium a été diluée par mégarde ;
  - le volume de solution à doser a été prélevé en trop faible quantité.
    - a) Indiquer dans quel sens chacune de ces deux erreurs de manipulation modifie la valeur expérimentale du volume V<sub>E</sub> de solution titrante versée à l'équivalence. Justifier chaque réponse.
    - b) Si l'on admet qu'une seule erreur de manipulation est la cause de la valeur très élevée de la concentration en ions Fe<sup>2+</sup>, laquelle a été commise ? Justifier votre réponse.

## II Le fer dans le vin

Un vin blanc pétillant, en fin d'élaboration, est étudié dans un laboratoire afin de subir des contrôles de qualité. On se propose dans cet exercice de contrôler la teneur en fer dans ce vin qui en est un critère de qualité pour la prévention de la formation d'un précipité rendant le vin trouble (casse ferrique).

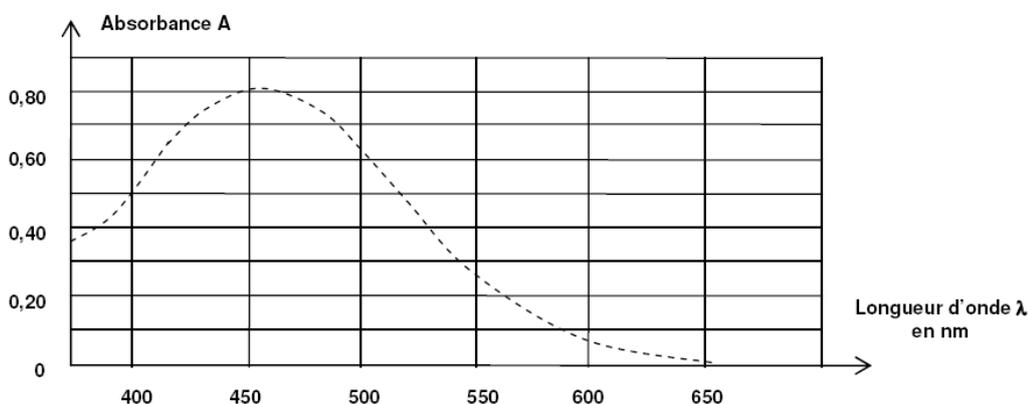
### Données :

- Les ions  $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$  en solution aqueuse ont une couleur vert pâle.
- Les ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  en solution aqueuse ont une couleur orangée pâle.
- Les ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  peuvent réagir avec les ions thiocyanate  $\text{SCN}^{-}_{(\text{aq})}$  (incolore en solution aqueuse) selon une réaction rapide et totale conduisant à la formation d'une espèce appelée complexe, colorée de couleur rouge sang :

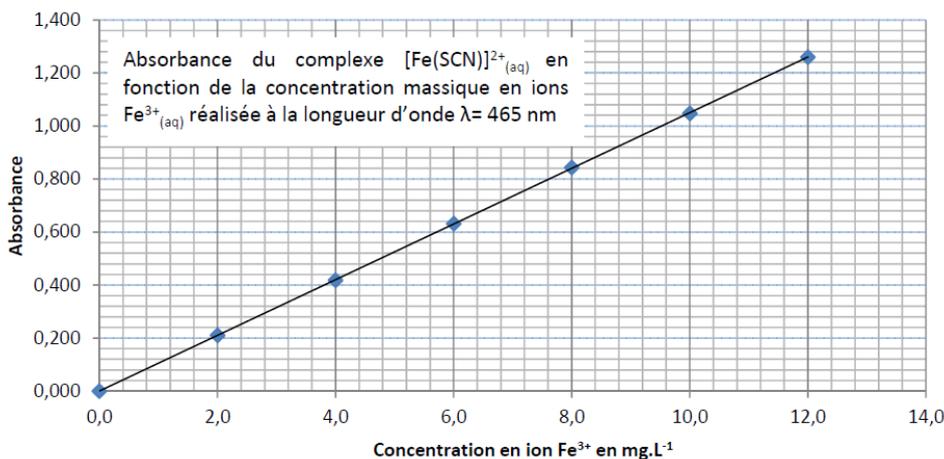


- Au-delà d'une concentration massique de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  en élément fer, la casse ferrique est probable et rend le vin trouble et donc peu attrayant.

Spectre d'absorption du complexe  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  en phase aqueuse



Au-delà de 650 nm, l'absorbance du complexe est nulle.



Afin de déterminer la concentration totale en ions  $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$  et  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  dans ce vin blanc, on prélève un volume  $V_{\text{vin}} = 200 \text{ mL}$  du vin. On oxyde les ions  $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$  présents dans cet échantillon en ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  à l'aide d'un volume de 20 mL de solution de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ , puis on dose la totalité des ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  par spectrophotométrie après les avoir fait réagir totalement avec un volume de 30 mL d'une solution aqueuse de thiocyanate de potassium. La mesure de l'absorbance du mélange obtenu pour une longueur d'onde  $\lambda = 465 \text{ nm}$  vaut  $A = 0,840$ .

- 1) Quelle opération est-il nécessaire de réaliser avant de mesurer l'absorbance de l'échantillon du mélange ?
- 2) Pourquoi est-il nécessaire de faire réagir les ions  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$  avec les ions thiocyanate avant de réaliser le dosage spectrophotométrique ?
- 3) Le complexe  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}_{(\text{aq})}$ 
  - a) Comment a été obtenu le spectre d'absorption du complexe ?
  - b) Justifier la couleur de ce complexe.
- 4) En utilisant les données et les résultats de cette analyse le plus précisément possible, indiquer si le phénomène de casse ferrique peut se produire pour ce vin blanc. Expliciter votre démarche.