

**SESSION 2008**

Concours : INTERNE  
Section : Physique et Chimie

**ÉPREUVE ÉCRITE D'ADMISSIBILITÉ**

**Composition de physique et de chimie avec applications**  
-----

*(Coefficient 1 : - Durée : 4 heures)*

**Rappel** : Au cours de l'épreuve, la calculatrice est autorisée pour réaliser des opérations de calcul, ou bien élaborer une programmation, à partir des données fournies par le sujet.  
Tout autre usage est interdit.

*Les compositions de physique et de chimie sont impérativement à rendre sur des copies séparées*

Les candidats sont invités à **respecter l'ordre des questions** avec leur numérotation exacte. En cas de non-réponse, il suffit **de laisser un espace après le numéro de la question** pour indiquer clairement que celle-ci n'a pas été traitée.

La barème indiqué correspond à une notation sur 80 points, la note définitive est ensuite ramenée à 20 points.

*Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.*

*Les correcteurs tiendront le plus grand compte des qualités de soin et de présentation*

# PHYSIQUE (40 points)

## PREMIÈRE PARTIE Travail rédactionnel d'explication d'expériences présentées dans deux textes scientifiques à caractère historique (16 points)

Les deux textes ci-après portent sur l'étude des oscillations pendulaires.

### Texte de Galilée

Dans le texte suivant tiré des *Discours concernant deux sciences nouvelles* (1638), Galilée décrit une de ses deux premières expériences sur l'étude des oscillations pendulaires :

" J'ai pris deux boules, l'une de plomb et l'autre de 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 lâchai 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 deux ont un rythme de mouvement rigoureusement identique. On observe également que 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 en effet traversés en des temps égaux."

### Texte de Foucault

En 1851, Foucault fit une communication sur les expériences d'oscillations pendulaires qu'il réalisa au Panthéon :

"au moyen d'un grand pendule dont le fil attaché au sommet de la coupole descend jusqu'au niveau de la rampe (*grande circonférence de bois de 6 m de diamètre*) et porte à son extrémité inférieure une boule formée d'une enveloppe de cuivre renfermant une masse de plomb qui la remplit complètement. Le fil a 67 m de long ....., la boule pèse 28 kg ... Quand il est au repos, le pendule marque le centre de la rampe .....

Si on éloigne de sa position d'équilibre la masse du pendule et si on l'abandonne à l'action de la pesanteur sans lui communiquer aucune impulsion latérale, son centre de gravité repassera par la verticale et en vertu de la vitesse acquise, il s'élèvera de l'autre côté de la verticale à une hauteur presque égale à celle d'où il est parti. Parvenu à ce point, sa vitesse expire, change de signe, et le ramène, en le faisant passer encore par la verticale, un peu en dessous de son point de départ. Ainsi l'on provoque un mouvement oscillatoire de la masse pendulaire suivant un arc de cercle dont le plan est nettement déterminé et auquel l'inertie de la masse assure une position invariable dans l'espace.

Ce pendule, le plus grand qui ait été construit jusqu'ici, donne une oscillation de huit secondes ; il lui faut seize secondes pour aller et venir. Quoique ces oscillations diminuent d'amplitude assez rapidement, au bout de cinq ou six heures, elles sont encore assez grandes .....

Pour lancer le pendule, on écarte la boule jusqu'au bord de la rampe et on le lâche sans vitesse initiale ... et pour voir comment il marche, on place sur le rebord de la rampe deux tas de sable humide alignés selon la course du pendule. Celui-ci pratique, en passant sur chacun d'eux, une petite brèche qui s'élargit de plus en plus vers la gauche de la personne qui regarde vers le centre, tant que les oscillations dépassent la rampe...."

### **Données**

- Dans toutes les expressions littérales, on notera  $l$  la longueur du fil,  $m$  la masse de la "boule".
- Pour les applications numériques on prendra  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

## Travail à effectuer par le candidat

### 1. Texte de Galilée

- 1.1. Donner le sens actuel des expressions soulignées dans les textes de manière à ce qu'elles deviennent scientifiquement correctes.
- 1.2. Énoncer la principale propriété des mouvements pendulaires qui est mise en évidence dans le texte de Galilée.
- 1.3. Proposer une expérience complémentaire qui permettrait d'étendre cette étude à d'autres propriétés des mouvements pendulaires.

### 2. Texte de Foucault

- 2.1. Expliquer pourquoi l'expérience décrite par Foucault apporte une preuve expérimentale de la rotation de la Terre sur elle-même.
- 2.2. Pour cette célèbre expérience, Foucault avait lancé une invitation à venir "voir tourner la Terre".  
Rectifier l'expression utilisée par Foucault en lui donnant son véritable sens.
- 2.3. Calculer la période d'oscillation d'un pendule simple ayant les mêmes caractéristiques que le pendule de Foucault.  
Indiquer alors si le pendule de Foucault peut être assimilé à un pendule simple.  
Expliquer l'intérêt présenté par la grande longueur du pendule de Foucault.

3. À Paris, la période  $T$  de rotation du pendule de Foucault dans le référentiel terrestre est d'environ 32 heures. Son expression est donnée par  $T = T_0 / \sin Z$ .  
Donner la signification des grandeurs  $T_0$  et  $Z$ .  
Indiquer quelle serait la valeur de  $T$  aux pôles et à l'équateur.

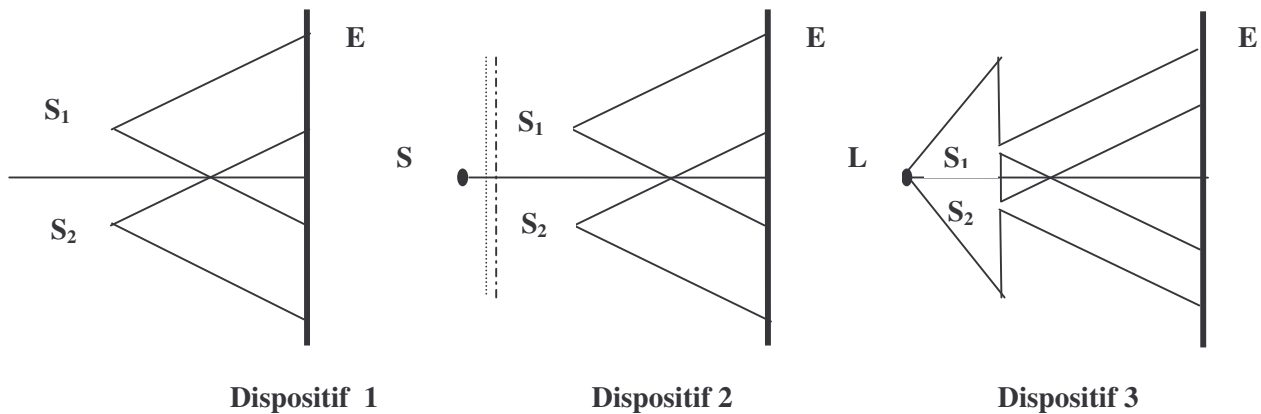
4. Donner la définition d'un système énergétiquement isolé.  
Préciser, en justifiant la réponse, si le pendule utilisé par Foucault peut être considéré comme énergétiquement isolé.

### Question ponctuelle à caractère didactique

5. Le texte scientifique à caractère historique peut constituer un support didactique intéressant.  
Citer deux autres exemples de textes scientifiques considérés comme importants dans l'histoire des sciences.  
L'étude de ce type de texte en classe vise à faire acquérir aux élèves certaines compétences.  
Donner deux de ces compétences.

## DEUXIÈME PARTIE      **Interférences et laser (12 points)**

On envisage de réaliser des expériences de mise en évidence d'interférences lumineuses en utilisant chacun des trois dispositifs suivants :



Dans tous les cas, les sources  $S_1$  et  $S_2$  sont assimilables à des sources ponctuelles et l'écran E reçoit de la lumière en provenance des deux sources.

**Dispositif 1** : les sources  $S_1$  et  $S_2$  sont des lampes à incandescence munies chacune d'un filtre monochromatique.

**Dispositif 2** : les sources  $S_1$  et  $S_2$  sont deux sources secondaires obtenues, à l'aide d'un dispositif optique non représenté, à partir d'une source monochromatique unique S qui n'est pas un laser.

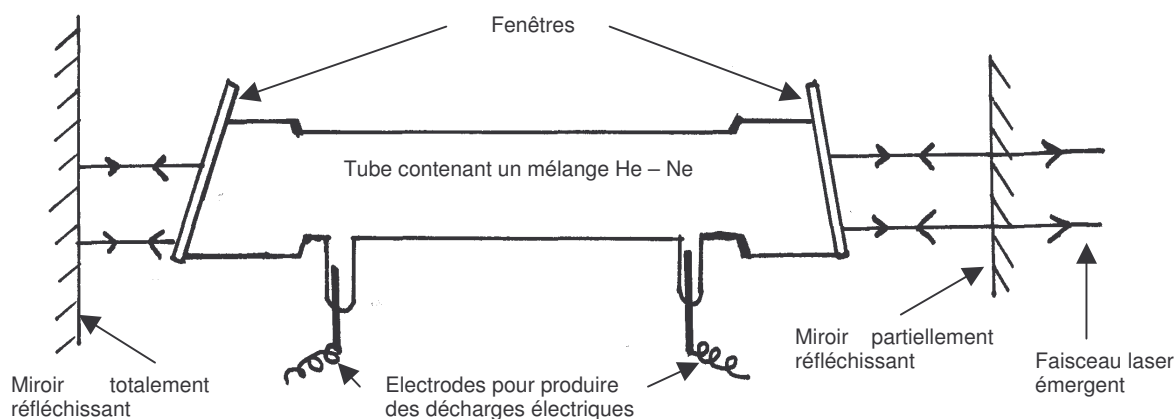
**Dispositif 3** : les sources  $S_1$  et  $S_2$  sont deux trous de très petit diamètre convenablement éclairés par un laser unique L.

## 1. Étude des trois dispositifs

- 1.1. Indiquer, en justifiant la réponse, si pour chacun des trois dispositifs proposés, on pourra observer des interférences.
- 1.2. Décrire le phénomène observé sur l'écran lorsque les interférences existent.
- 1.3. Préciser quel avantage présente le laser par rapport à une source monochromatique ordinaire.

## 2. Principe du laser

La figure ci-dessous représente le schéma d'un laser hélium-néon.



- 2.1. Expliquer en 5 à 6 lignes le principe de fonctionnement de ce laser.
- 2.2. L'espace compris entre les deux miroirs porte le nom de cavité résonnante. Préciser le rôle de ce dispositif.
- 2.3. La lumière émise par ce laser à une longueur d'onde de 632 nm. Indiquer à quel domaine d'ondes électromagnétiques correspond cette longueur d'onde. Calculer l'énergie, exprimée en eV, associée à un photon de la lumière émise.

2.4. Les lasers peuvent avoir de nombreuses applications dans des domaines extrêmement variés de la vie courante.

Citer deux de ces applications.

**Données :**

- Célérité de la lumière :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- Charge élémentaire :  $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

### TROISIÈME PARTIE Étude d'un système d'irrigation (12 points)

Un système d'irrigation est constitué :

- d'un moteur thermique qui entraîne une pompe ;
- d'une conduite de distribution de l'eau comportant deux parties AB et BC de même longueur L mais de sections  $S_1$  et  $S_2$  différentes. Les deux parties AB et BC sont en polyéthylène. La conduite ABC est horizontale.

Le système est représenté sur le schéma ci-dessous.



Moteur    Pompe

#### 1. Étude de la pompe

**Données :**

- Vitesse de rotation de la pompe  $n = 1200 \text{ tr/min}$
- Débit volumique de la pompe  $Q_V = 72 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pression en sortie de pompe  $p = 8,0 \text{ bars}$
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Déterminer la cylindrée de la pompe.

Exprimer le résultat en litres.

Calculer sa puissance hydraulique  $P_H$ .

#### 2. Étude de la vitesse de l'eau dans les parties AB et BC de la conduite

**Données :**

- $S_1 = 100 \text{ cm}^2$
- $S_2 = 20 \text{ cm}^2$

Calculer la vitesse d'écoulement  $v_1$  de l'eau dans la partie AB de la conduite pour un débit de  $72 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Écrire l'équation de conservation du débit et en déduire la vitesse d'écoulement  $v_2$  de l'eau dans la partie BC.

#### 3. Étude de la pression dans les parties AB et BC de la conduite

**Données :**

- Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Pression dans la portion AB de la conduite :  $p_1 = 8,0 \text{ bars}$

Appliquer le théorème de Bernoulli entre les états 1 (partie AB) et 2 (partie BC).  
En déduire la valeur de la pression  $p_2$  dans la portion BC de la conduite.

#### 4. Étude des pertes de charge

On prend en compte les pertes de charges dans les parties AB et BC de la conduite.

**Données :**

$L = 250$  m

	Pertes de charge en bar pour 100 m de conduite
Partie AB	0,4
Partie BC	0,6

- 4.1. Donner les deux paramètres qui influent sur la différence de pertes de charge entre les parties AB et BC de la conduite.
- 4.2. Calculer la pression  $p_C$  en C.

#### 5. Étude du régime d'écoulement

Le régime d'écoulement dans la conduite est déterminé par un nombre sans dimension qui est fonction de 3 paramètres.

Nommer ce nombre.

Citer ces 3 paramètres.

## CHIMIE (40 points)

### PREMIÈRE PARTIE À Propos d'un exercice de baccalauréat (19 points)

L'annexe figurant ci-dessous reproduit l'énoncé d'un exercice de chimie proposé au baccalauréat S : dosage de la caféine.

Prendre connaissance de cet énoncé puis répondre aux questions suivantes :

1. Réaliser le corrigé type de cet exercice.
2. La troisième partie de l'exercice fait référence à l'absorbance mesurée par spectrophotométrie.
  - 2.1. Donner le nom et l'expression de la loi associée à ce phénomène.
  - 2.2. Préciser les conditions de validité de cette loi.

### ANNEXE PREMIERE PARTIE CHIMIE

11/2003 Nouvelle Calédonie

Terminale S Spécialité.

#### EXERCICE I. DOSAGE DE LA CAFÉINE

*Selon la légende, le café fut remarqué pour la première fois quelques 850 ans avant notre ère : un berger du Yémen nota que ses brebis étaient dans un état d'excitation inhabituel lorsqu'elles consommaient les baies d'un arbre des montagnes... On considère que c'est la caféine contenue dans les grains de café de ces baies qui était l'espèce responsable de cette excitation.*

*Plus la teneur en caféine d'une tasse de café est importante, plus l'excitation du consommateur sera grande.*

Le but de l'exercice est de déterminer la concentration en caféine dans deux tasses de café de provenances différentes, (notées boisson 1 et boisson 2) pour déterminer celui qui est le plus excitant. (question 3.2)

On extrait la caféine des feuilles de thé et, avec la caféine purifiée, on prépare des solutions de caféine de différentes concentrations.

A l'aide d'un spectrophotomètre, on mesure ensuite l'absorbance  $A$  de ces solutions de caféine.

### 1. Extraction de la caféine

Le thé contient environ 5 % de caféine, mais il contient aussi d'autres substances comme des sucres, des pigments, des graisses, ....

Données :

	Dans le dichlorométhane	Dans l'eau à 25°C	Dans l'eau à 65°C
Solubilité de la caféine	importante	faible	très importante

- Le dichlorométhane a pour densité 1,30 et se trouve à l'état liquide dans les conditions de l'expérience.

- Le dichlorométhane n'est pas miscible à l'eau.

L'extraction de la caféine se fait en quatre étapes :

Étape 1 :

- dans un ballon surmonté d'un réfrigérant, on introduit des feuilles de thé et de l'eau distillée. Le chauffage et l'agitation durent 2 heures.

Étape 2 :

- la phase aqueuse précédente est refroidie et mélangée à du dichlorométhane. Seule la phase organique est recueillie.

Étape 3 :

- la phase organique est mélangée à du sulfate de magnésium anhydre puis filtrée.

Étape 4 :

- après évaporation du solvant, on obtient une poudre blanche qui contient principalement de la caféine.

1.1. Dans l'étape 1, quel est le rôle du réfrigérant? Le schématiser surmontant le ballon sans oublier la circulation d'eau.

1.2. En utilisant les données, justifier le chauffage dans cette première étape.

1.3. Pour l'étape 2, dessiner le dispositif permettant de recueillir la phase organique et indiquer la position des phases aqueuse et organique. Dans quelle phase se trouve la quasi-totalité de la caféine extraite (justifier) ?

1.4. Dans l'étape 2, quelle technique est mise en œuvre ?

1.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

1.6. Il est possible de purifier un solide tel que la caféine extraite. Nommer une technique de purification d'un solide.

### 2. Préparation de solutions de caféine de différentes concentrations

Avec la caféine extraite que l'on a purifiée, on fabrique une solution de caféine dans le dichlorométhane de concentration  $32 \text{ mg.L}^{-1}$ .

On désire préparer des solutions de concentrations  $4 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $8 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $12 \text{ mg.L}^{-1}$  et  $16 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Parmi le matériel suivant, indiquer celui utilisé pour préparer la solution de caféine de concentration  $16 \text{ mg.L}^{-1}$ . Justifier le choix.

Matériel à disposition :

- béchers de 100 mL et 200 mL
- fioles jaugées de 5,0 mL ; 10,0 mL et 50,0 mL
- pipettes jaugées de 2,0 mL et 5,0 mL
- éprouvette graduée de 5 mL

### 3. Mesure d'absorbance

On a tracé ci dessous (figure n°1) le spectre d'absorption de la caféine entre 220 nm et 320 nm pour une des solutions de caféine.

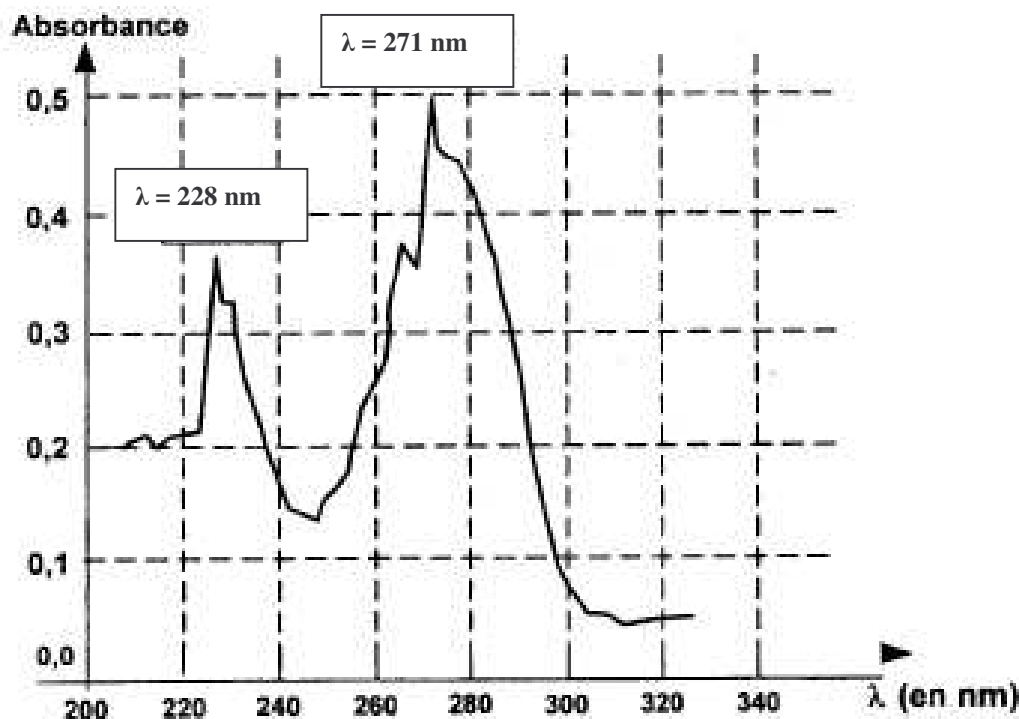


figure 1

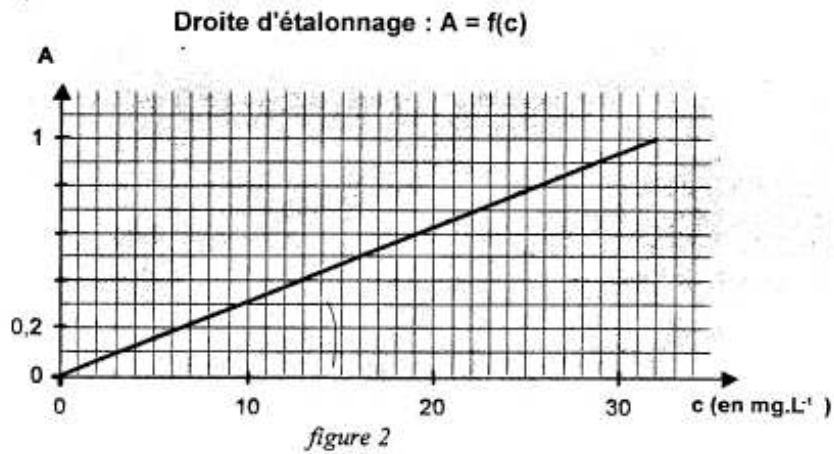
#### 3.1 À quel domaine appartiennent ces longueurs d'onde ?

On veut tracer la courbe d'étalonnage  $A = f(c)$  de la caféine à l'aide des différentes solutions précédemment préparées.

Pour cela, il faut régler le spectrophotomètre sur une longueur d'onde correspondant à un maximum d'absorption de la caféine.

On choisit de se placer à une longueur d'onde de 271 nm et l'on mesure les absorbances des 5 solutions de caféine. À l'aide de ces mesures, on obtient la courbe  $A = f(c)$  ci-dessous (figure 2).

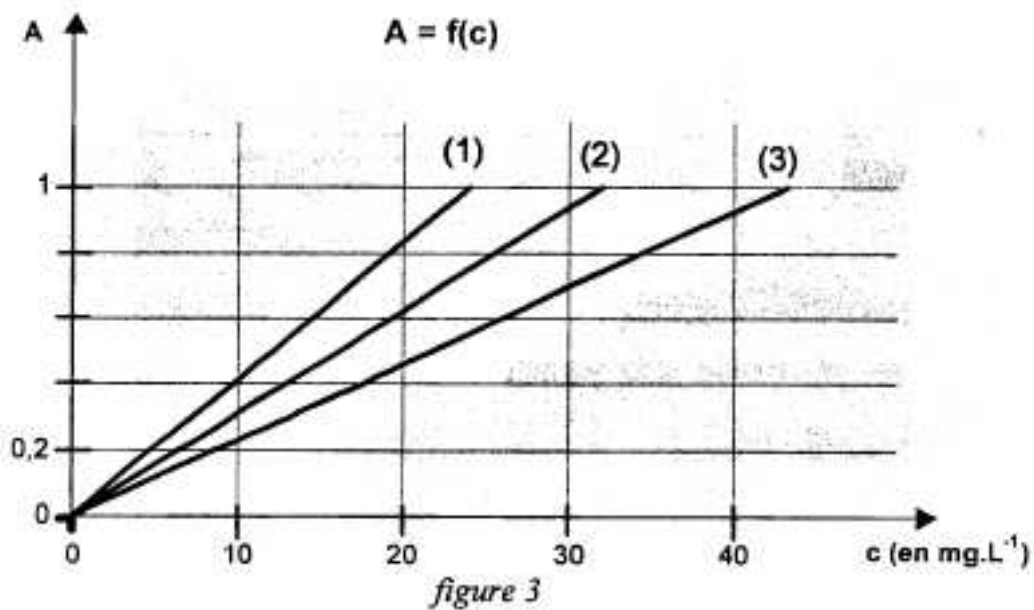




**3.2.** Sans changer les réglages du spectrophotomètre, on mesure les absorbances des boissons 1 et 2. On trouve  $A_1 = 0,17$  pour la boisson 1 et  $A_2 = 0,53$  pour la boisson 2. Quel est le café le plus excitant pour le consommateur?

**3.3.** À l'aide de la droite d'étalonnage, trouver quelle est la concentration de la solution qui a servi à faire le spectre d'absorption de la figure 1.

**3.4.** Parmi les 3 droites d'étalonnage de la figure 3, l'une correspond à l'étalonnage effectué à 228 nm. Sachant que la droite n°2 correspond à un étalonnage à 271 nm, en déduire celle qui correspond à l'étalonnage à 228 nm.

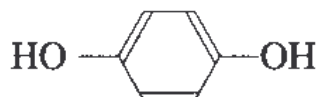


## DEUXIÈME PARTIE Étude de la vitamine C ou acide ascorbique (21 points)

### A) Rôle antioxydant de la vitamine C contre le noircissement des tissus végétaux

De nombreux tissus végétaux comme ceux des champignons et des fruits noircissent à l'air. Ce phénomène est dû à l'oxydation des composés phénoliques contenus dans ces substances. On peut éviter ce noircissement en ajoutant, par exemple, du jus de citron riche en vitamine C.

1. On assimile le comportement des composés phénoliques de certains végétaux à celui de l'hydroquinone (notée QH<sub>2</sub>) qui est oxydée en quinone (notée Q).

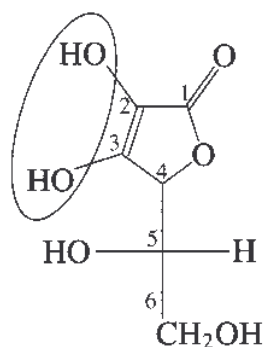


hydroquinone QH<sub>2</sub>

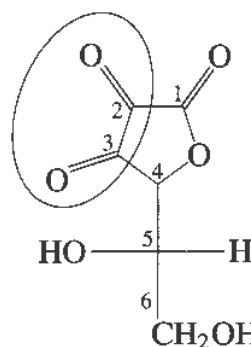


quinone Q

- 1.1. Écrire les équations des demi-réactions d'oxydoréduction correspondant aux couples O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O et Q/QH<sub>2</sub>.  
En déduire l'équation de la réaction du dioxygène sur l'hydroquinone.
  - 1.2. La constante d'équilibre de cette réaction est K<sub>1</sub> = 10<sup>18</sup>.  
Commenter la valeur de cette donnée et conclure.
2. La vitamine C ou acide ascorbique a pour formule brute C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>.  
Elle peut être oxydée en acide déhydroascorbique.



vitamine C  
(AscH<sub>2</sub>)



acide déhydroascorbique  
(Dha)

- 2.1. Écrire l'équation de la demi-réaction d'oxydoréduction correspondant au couple Dha /AscH<sub>2</sub>.  
En déduire l'équation de la réaction du dioxygène sur l'acide ascorbique.
- 2.2. La constante d'équilibre de cette réaction est K<sub>2</sub> = 10<sup>27</sup>.  
Expliquer pourquoi certains cuisiniers recommandent d'assaisonner une salade d'avocats avec du jus de citron pour l'empêcher de noircir.

### B) Structure et propriétés acides de la molécule

1. Définir un carbone asymétrique.

- Préciser si la molécule d'acide ascorbique possède un ou des atomes de carbone asymétriques.  
Si oui, indiquer leur numéro.
- Identifier, situer et nommer toutes les fonctions chimiques présentes dans la molécule d'acide ascorbique.
  - Comme son nom l'indique, la molécule d'acide ascorbique a des propriétés acides  
Indiquer en justifiant la réponse s'il s'agit d'un acide carboxylique.
  - En solution aqueuse, l'acide ascorbique est considéré comme un monoacide faible que l'on notera AH.  
Justifier le caractère acide de la molécule.
  - La constante d'acidité correspondant au couple acide-base de l'acide ascorbique est  $K_a = 8,9 \times 10^{-5}$ .  
Calculer, en justifiant les approximations effectuées, le pH d'une solution d'acide ascorbique de concentration  $C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

### C) Dosage de l'acide ascorbique par oxydoréduction

La méthode utilisée est un dosage en retour : on oxyde la solution d'acide ascorbique par une solution de diiode en excès puis on dose ensuite le diiode en excès par une solution de thiosulfate de sodium.  
On donne :

<b>Solution</b> →	<b>Acide ascorbique</b>	<b>Diiodé</b>	<b>Thiosulfate de sodium</b>
<b>Couple</b> →	$C_6H_6O_6 / C_6H_8O_6$	$I_2 / I^-$	$S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$
<b>Volume</b> →	Volume dosé : $V_1$	Volume ajouté : $V_2$	Volume versé à l'équivalence : $V_3$
<b>Concentration</b> →	$C_1$	$C_2$	$C_3$

$$M(C_6H_8O_6) = 176 \text{ g.mol}^{-1}$$

- Établir l'équation de la réaction qui a lieu entre l'acide ascorbique et le diiode.
- Établir l'équation de la réaction de titrage de l'excès de diiode par les ions thiosulfate.
- Montrer que la relation donnant la quantité de matière d'acide ascorbique dosé est donnée par  $n_1 = C_2 V_2 - \frac{1}{2} C_3 V_3$ .
- On dose par cette méthode la teneur en acide ascorbique (ou vitamine C) du jus d'orange contenu dans une ampoule pour bébé.  
Dans un bécher, on verse le contenu de l'ampoule de jus d'orange. On y ajoute 10,0 mL de solution de diiode de concentration  $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
On verse progressivement, à l'aide d'une burette graduée, une solution de thiosulfate de sodium de concentration  $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
L'équivalence est obtenue pour un volume de 11,0 mL de solution de thiosulfate versé.  
Déterminer la masse d'acide ascorbique contenue dans l'ampoule.