Lycée Français International

Hong Kong

**Devoir Surveillé**

Physique – Chimie

Spécialité

Samedi 9 Mai 2015

Durée : 3 h 30

**L’usage de la calculatrice électronique est autorisé**

**Le sujet contient 10 pages avec 3 exercices indépendants sur un total de 20 points.**

**Exercice 1 : (10 points)**

**Exercice 2 : (5 points)**

**Exercice 3 : (5 points)**

*Utiliser une copie différente par exercice*

*et noter votre nom sur chaque feuille*

**Exercice I – La chimie au service de la protection des plantes (10 points)**

**CHAQUE EXERCICE DOIT ETRE REDIGE SUR UNE COPIE DIFFERENTE**

Les plantes sont à la base de l'alimentation sur Terre.

Aujourd'hui, une des missions du chimiste est de proposer des produits naturels ou de synthèse permettant de protéger les plantes des insectes et des maladies tout en associant efficacité et respect de l'environnement.

Au-delà de leur mode d'obtention, il s'agit également d'utiliser ces produits de façon raisonnée en respectant les doses conseillées pour inscrire les pratiques agricoles dans une démarche de développement durable.

**1. Chimie et lutte contre les insectes nuisibles pour certaines plantes**

|  |
| --- |
| **Document 1. Les produits phytosanitaires**  Les pesticides sont des substances chimiques destinées à repousser ou à combattre les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages aux denrées alimentaires, aux produits agricoles, au bois et aux produits ligneux.  Un pesticide est une substance répandue sur une culture pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides, les parasiticides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux « mauvaises herbes » et aux vers parasites.  Sont également inclus les régulateurs de croissance des plantes, les défoliants, les dessicants, les agents réduisant le nombre de fruits ou évitant leur chute précoce, et les substances appliquées avant ou après récolte pour empêcher la détérioration des produits pendant leur stockage ou leur transport.  Mal utilisés (en termes de quantités) et en raison de leur faible pouvoir de dégradation, les pesticides peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire et/ou contaminer les milieux naturels.  www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire environnement. |

|  |
| --- |
| **Document 2. Les insecticides**  Au début de la Seconde Guerre mondiale, le DDT (ou dichlorodiphényltrichloroéthane) est rapidement devenu l'insecticide le plus utilisé.  Dans les années 60, des études accusent le DDT d'être cancérigène et reprotoxique (il empêche la bonne reproduction des oiseaux en amincissant la coquille de leurs œufs). Son usage pour l'agriculture est désormais interdit dans la plupart des pays développés, et remplacé par des produits naturels ou de synthèse moins persistants mais plus chers tels que l'acide benzylique de formule chimique très proche du DDT ou des phéromones.  *D'après wikipedia*  Les phéromones, espèces chimiques ayant des propriétés odorantes agissant à grande distance et à dose infime, sont un moyen de communication chez les insectes.  Les phéromones sexuelles sont les premières qui ont été les mieux étudiées, conduisant à des applications pratiques en agriculture comme l'emploi de «pièges à phéromones » pour lutter contre les insectes. Ces pièges sont composés d'un attractif, un analogue de synthèse de la phéromone naturelle de la femelle de l'insecte à éliminer, et d'un système assurant la capture des mâles. Ils sont actuellement utilisés dans la lutte contre certains lépidoptères.  Par exemple, l'acide 9-hydroxydec-2-éneoïque est une phéromone secrétée par des insectes et utilisée dans certains« pièges à phéromones ». Sa formule topologique est la suivante: |

|  |
| --- |
| **Document 3. Mécanisme modélisant, à l'échelle microscopique, la réaction de synthèse de l'acide benzylique** |

|  |
| --- |
| **Document 4. Mécanisme de reconnaissance biologique**  Tous les mécanismes de reconnaissance entre molécules biologiques se font selon le modèle «clé-serrure» : pour qu'une molécule ait un effet biologique, elle doit interagir avec un site récepteur particulier de l'organisme. |

**Donnée:** Comparaison des électronégativités de quelques éléments : χ(H) ≈ χ(C) et χ(C) < χ(O)

**Autour de l'acide benzylique :**

1.1. Recopier la formule de la molécule d'acide benzylique, entourer les deux groupes caractéristiques et indiquer le nom de la fonction organique associée.

1.2. Recopier l'étape (a) du mécanisme réactionnel de la synthèse de l'acide benzylique et la compléter par le tracé des flèches courbes nécessaires. Justifier.

1.3. Dans l'étape (b) du mécanisme réactionnel de la synthèse de l'acide benzylique, identifier le réactif A et préciser la nature de cette réaction. Justifier votre réponse.

**Autour d'une phéromone:**

1.4. Sans les représenter, montrer, en argumentant, que l'exemple de phéromone utilisée dans les pièges comporte des énantiomères et des diastéréoisomères.

1.5. Parmi les énantiomères possibles de cette phéromone, un seul est efficace et utilisé dans la constitution des « pièges à phéromones ». Proposer une explication.

**Comparaison des modes de protection:**

1.6. Quels sont les critères à prendre en compte pour choisir un mode de protection des plantes contre les insectes ? Lequel pourrait être le mieux adapté parmi ceux proposés. Justifier votre réponse.

**2. Chimie et lutte contre les maladies de certaines plantations agricoles**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Document 5. La chlorose des végétaux**  http://altervino.free.fr/images/chlorose%20ferrique2.jpg  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(lI) qu'il convient de pulvériser directement sur les plantes et les sols.  Quelques noms commerciaux et caractéristiques des produits « anti-chlorose »   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Nom du produit commercial** | **Teneur en fer (g.L−1)** | **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(lI) que la solution contient en suivant le protocole décrit dans le document 6.

|  |
| --- |
| **Document 6. Protocole de titrage des ions fer(lI) dans une solution « anti-chlorose »**   * Diluer 30 fois une solution « anti-chlorose » S contenant les ions Fe2+ de concentration molaire volumique c à déterminer. La solution ainsi obtenue est appelée S' ; * Introduire dans un erlenmeyer un volume *V1* = 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 *c2* = 5,0×10−3 rnol.L−1 en ions permanganate MnO4−.   L'équation de la réaction support du titrage s'écrit:  MnO4−(aq) + 5 Fe2+(aq) + 8 H+(aq) 🡪 Mn2+(aq) + 5 Fe3+(aq) + 4 H2O(l)  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 MnO4− qui donnent au liquide une couleur violette. |

**Donnée:** Masse molaire atomique du fer : *M*(Fe) = 56 g.rnol−1

2.1. En quoi l'usage d'une telle solution peut permettre de lutter contre la chlorose des végétaux ?

2.2. Lors du titrage réalisé, l'équivalence est obtenue pour un volume versé *VE* = 9,5 mL de la solution de permanganate de potassium. Comment cette équivalence est-elle repérée ?

2.3. 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.

2.4. 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 Fe2+ 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.

2.4.1. Indiquer dans quel sens chacune de ces deux erreurs de manipulation modifie la valeur expérimentale du volume *VE* de solution titrante versée à l'équivalence. Justifier chaque réponse.

2.4.2. Si l'on admet qu'une seule erreur de manipulation est la cause de la valeur très élevée de la concentration en ions Fe2+, laquelle a été commise ? Justifier votre réponse.

**Exercice II – Le sauna (5 points)**

**CHAQUE EXERCICE DOIT ETRE REDIGE SUR UNE COPIE DIFFERENTE**

La pratique du sauna est une tradition finlandaise vieille de plus de deux mille ans. À l’origine, il s’agissait de s’installer dans une petite cabane en bois dont on chauffait l’atmosphère avec des pierres brûlantes. De nos jours, la pratique du sauna peut avoir lieu dans une pièce équipée d’un poêle électrique (figure 1) dans laquelle on prend un bain de vapeur sèche. Parmi ses nombreuses vertus, on peut citer la stimulation de la circulation sanguine et l’élimination de la fatigue.

Un particulier souhaite installer un sauna\* chez lui. Il achète un poêle électrique spécifique et s’intéresse au matériau nécessaire à la construction de la pièce de dimensions 2,0 m x 2,0 m x 3,0 m. Le poêle est constitué d’une résistance chauffante. Des pierres sont posées sur l’appareil : elles ont pour but de générer de la vapeur lorsqu’on y verse de l’eau.

*\*le terme « sauna » qualifie également la pièce dans laquelle est pratiquée cette tradition ancestrale.*

**Extraits de la notice du poêle électrique fournie par le constructeur (traduits du suédois) :**

|  |  |
| --- | --- |
| **L’aération du sauna :**  L’air frais est dirigé directement de l’extérieur par un tuyau d’environ 100 mm de diamètre placé 500 mm au dessus du poêle (a) vers le sauna. L’air frais peut aussi être envoyé sous le poêle près du sol (b). Dans l’alimentation en air frais, il est essentiel de veiller à ce que celui-ci se mélange le plus efficacement possible à l’air chaud et à la vapeur du sauna. L’air évacué est dirigé vers l’extérieur par une trappe située sous les banquettes (c), le plus loin possible de l’arrivée d’air frais.  **Durée du préchauffage du sauna :**  La durée de préchauffage du sauna est le laps de temps nécessaire pour chauffer le sauna à la température souhaitée pour la séance. Ce temps dépend notamment de la température voulue (la position de réglage de la température), de la quantité de pierre, du volume du sauna, et des matériaux constituant les parois du sauna. Moins on utilise de pierre, plus le sauna chauffe vite. Cependant, une plus petite quantité de pierre ne donne pas autant de vapeur. La durée de préchauffage varie en général entre 40 et 70 minutes. | **HAUT**  figure sauna.jpg**BAS**  **Vue en coupe verticale du sauna** |

**Caractéristiques techniques du poêle :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Poêle modèle  SUPER 10 | Poêle  puissance  kW | Volume du sauna | | Poids sans pierre  kg | Quantité de pierres  (max)  kg | Dimensions du poêle | | |
| min  m3 | max  m3 | largeur  mm | profondeur  mm | hauteur  mm |
| DI 10 | 10,00 | 8,0 | 15,0 | 16 | 22 | Ø370 | 450 | 590 |

**Capacité thermique massique *c*, conductivité thermique *λ* et masse volumique** *ρ* **de quelques matériaux :**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Matériau | *c* en J.kg-1.K-1 | *λ* en W.m-1.K-1 | *ρ* en kg.m-3 |
| Béton | 1008 | 1,75 | 2200 |
| Sapin | 2400 | 0,15 | 450 |
| Plâtre | 1008 | 0,43 | 800 |
| Verre | 800 | 1,15 | 2530 |
| Stéatite | 980 | 6,4 | 2980 |

|  |
| --- |
| La **résistance thermique *Rth***(en K.W-1) d’une paroi a pour expression  *λ* : conductivité thermique en W.m-1.K-1  *e* : épaisseur de la paroi en m  *S* : surface de la paroi en m2  Le **flux thermique**  (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps. Si *ΔT* est l’écart de température de part et d’autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par : |

## Les transferts thermiques mis en jeu lors du chauffage

### Caractériser chacun des types de transferts thermiques principaux mis en jeu lors du chauffage par le poêle de l’air ambiant ou des pierres. Pour cela, recopier et compléter le tableau suivant :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Chauffage par le poêle de l’air de la pièce | Chauffage par le poêle des pierres |
| Mode de transfert thermique principal |  |  |
| Avec ou sans déplacement de matière |  |  |

### Que symbolisent les flèches représentées sur la figure de la notice du constructeur ?

### Donner une raison justifiant le choix de l’emplacement de l’entrée de l’air. Même question pour le choix de l’emplacement de la sortie de l’air.

### En s’appuyant sur les caractéristiques du poêle choisi, montrer que ce choix est adapté aux besoins du particulier.

## Les matériaux pour la construction de la pièce

Le particulier hésite entre le bois de sapin et le béton pour les parois de son sauna.

### Comparer le flux thermique traversant une paroi de bois de sapin et une paroi de béton sans effectuer de calcul numérique. Formuler un conseil au particulier.

### Quelle serait l’épaisseur d’une paroi en béton pour que, en termes d’isolation thermique, elle soit équivalente à une paroi en sapin de 5,0 cm d’épaisseur ?

## Les pierres posées sur le poêle

Les pierres utilisées sont souvent d’origine volcanique car elles n’éclatent pas sous les chocs thermiques. C’est le cas de la stéatite.

On fait l’hypothèse que lors du préchauffage, la puissance du poêle est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d’origine volcanique. À l’aide des caractéristiques électriques du poêle, déterminer la durée *Δt* nécessaire pour porter une masse *m* = 20 kg de pierre, de la température de 25°C à la température de 250°C atteinte par les pierres à l’issue du préchauffage.

### D’après la notice, l’hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.

**Exercice III – Effet piezoélectrique (5 points)**

**CHAQUE EXERCICE DOIT ETRE REDIGE SUR UNE COPIE DIFFERENTE**

La déformation, sous l’effet d’une action mécanique, de certains cristaux ou céramiques dits anisotropes, induit l’apparition d’une tension électrique *U ;* c’est l’effet piézoélectrique direct, découvert en 1880 par Pierre et Jacques Curie.

|  |
| --- |
| **Document 1 : Modélisation simplifiée de l’effet piézoélectrique au niveau microscopique**  Un cristal entier est constitué d’un empilement régulier de petits arrangements qui se répètent dans les trois directions de l’espace.  Considérons au niveau microscopique, un arrangement d’anions et de cations schématisé sur la figure 1, tel qu’il peut en exister dans un cristal.    Quand aucune contrainte mécanique n’agit sur le cristal, pour chaque arrangement élémentaire, le « centre » des charges électriques positives coïncide avec celui des charges électriques négatives (point G sur la figure 1). En revanche, dès que le cristal est comprimé, cette coïncidence disparaît, comme le montre le schéma de la figure 2 (points G+ pour les charges positives et G– pour les charges négatives). Cette compression est modélisée par deux forces opposées de même module *F ;* la séparation est d’autant plus importante que la compression est grande.    Cette dissymétrie des « centres » de charges électriques pour chaque arrangement élémentaire conduit à l’apparition de charges électriques sur les faces extérieures du cristal, générant ainsi un champ électrique. Une tension électrique *U*, mesurable, apparaît alors entre les deux surfaces extérieures du cristal. En pratique, ces surfaces sont métallisées pour permettre les connexions nécessaires à l’utilisation du cristal dans un circuit électronique. |

|  |
| --- |
| **Document 2 : Caractéristiques du fonctionnement d’un capteur piézoélectrique au niveau macroscopique.**  Le capteur photographié sur la figure 3 possède un comportement un peu différent du cristal décrit en introduction.    En effet, les charges électriques apparaissent **sur** les faces soumises à l’action mécanique modélisée par les deux forces opposées de module *F*; une charge électrique *+Q* (*Q* > 0) apparaît sur la face supérieure tandis qu’une charge *–Q* apparaît sur l’autre face. Le module *F* de la force et la charge *Q* sont proportionnels ; le coefficient de proportionnalité *β* est appelé constante piézoélectrique.  *β* = 5 × 10 −5 C . N−1 pour le capteur de la figure 3.  La charge *Q* est également proportionnelle à la tension électrique *U* qui apparaît entre les deux faces : *Q = C.U* où la charge *Q* est exprimée en coulomb et la tension électrique *U* en volt.  *C* = 125 × 10−12 F (farad) pour le capteur de la figure 3. |

|  |
| --- |
| **Document 3 : Exemples de matériaux piézoélectriques et d’utilisations de ces matériaux**  Les cristaux naturels ne sont pas les seuls à présenter des propriétés piézoélectriques. Les céramiques dites techniques, qu’il ne faut pas confondre avec celles dédiées à la céramique d’art ou à la porcelaine, du type **z**irco**t**itanate de **p**lomb (PZT) en particulier ou des polymères, tel le **p**oly**v**inylidène **d**i**f**luoré (PVDF), présentent aussi d’excellentes propriétés piézoélectriques.  Toutefois, pour que ces propriétés apparaissent, ces matériaux nécessitent au préalable un traitement particulier.  Les utilisations des céramiques techniques et des polymères sont tellement nombreuses qu’il n’est pas possible ici d’en dresser la liste, d’autant que leurs propriétés ne se résument pas à la seule piézoélectricité. On peut néanmoins, de ce dernier point de vue, citer quelques exemples d’applications rassemblées dans le tableau suivant : |

**Résolution de problème**

On souhaite utiliser le capteur piézoélectrique de la figure 3, connecté aux bornes d’un voltmètre, pour mesurer des niveaux d’intensité sonore.

**Données :**

* Relation entre l’intensité sonore *I*, en un point M du milieu de propagation, et l’amplitude de la pression acoustique *p* en ce point :

*I* = 

Où *ρ* désigne la masse volumique du milieu de propagation et c la célérité de l’onde sonore dans ce milieu.

* Valeurs de l’intensité sonore de référence *I0* et de *p0* l’amplitude de la pression acoustique de référence liée à *I0*.

*I0*= 1,0 × 10 −12 W.m-2 ; *p0* = 2 × 10 −5 Pa.

* Niveaux d’intensité sonore :

|  |  |
| --- | --- |
| 130 dB | Seuil intolérable |
| 120 dB | Réacteur d’avion à 10 m |
| 110 dB | Atelier de chaudronnerie |
| 100 dB | Marteau-piqueur à 2 m |
| 90 dB | Atelier de tissage |
| 80 dB | Rue bruyante |
| 60 dB | Conversation vive |
| 50 dB | Musique douce |
| 40 dB | Conversation normale |
| 30 dB | Résidence tranquille |

D’après <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

**Questions préalables**

**1.** Représenter le champ électrique macroscopique généré par l’apparition des charges électriques sur les faces extérieures du cristal schématisées sur la figure 2.

**2.** Montrer que le niveau d’intensité sonore *L* et la pression *p* sont reliés par la relation :

L = 20 log 

**Problème.**

**3.** On connecte le capteur piézoélectrique de la figure 3 aux bornes d’un voltmètre.

Évaluer l’ordre de grandeur de la tension électrique *U* affichée par le voltmètre quand le capteur piézoélectrique est soumis à un son d’intensité sonore *L* = 50 dB, placé à 50 cm d’une source sonore ?

Peut-on prévoir d’utiliser ce capteur pour réaliser un sonomètre ?

*Remarque : Le candidat doit faire preuve d’initiatives. L’analyse des données, la démarche suivie et l’analyse critique seront évaluées. Elles nécessitent d’être correctement présentées.*