

**CONCOURS DE RECRUTEMENT DE
PROFESSEURS DE LYCEE PROFESSIONNEL AGRICOLE**

SESSION 2007

Concours : **EXTERNE**

Section : Mathématiques – Sciences physiques

ÉPREUVE N° 2

COMPOSITION DE PHYSIQUE CHIMIE

(Coefficient : 2 - Durée : 4 heures)

L'utilisation des instruments de calcul est autorisée, notamment celle des calculatrices de poche à condition qu'elles soient à fonctionnement autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

La composition comporte un problème de physique et un problème de chimie. 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.

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

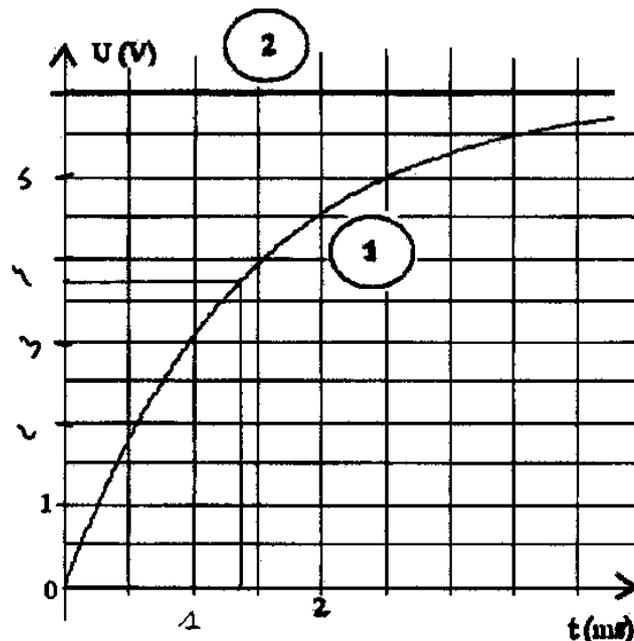
PHYSIQUE (20 points)

De l'oscillateur électrique aux oscillateurs mécaniques

1. Étude d'un condensateur

Un générateur idéal de tension notée E , alimente un condensateur de capacité C monté en série avec un conducteur ohmique de résistance R . Le condensateur C est initialement déchargé. On souhaite visualiser, à l'oscilloscope numérique, la tension aux bornes du générateur sur la voie A et la tension aux bornes du condensateur sur la voie B, lors de la fermeture du circuit.

- 1.1. Donner la définition d'un générateur idéal de tension.
- 1.2. Représenter le schéma du montage en y faisant figurer les flèches des tensions visualisées ainsi que les branchements de l'oscilloscope.
- 1.3. L'oscillogramme obtenu est représenté sur le graphique ci-dessous.



- 1.3.1. Indiquer, en justifiant les réponses, à quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune des courbes 1 et 2.
En déduire la valeur de la tension E délivrée par le générateur.
- 1.3.2. Lors de la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique de résistance R , la loi générale qui régit l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur s'écrit :

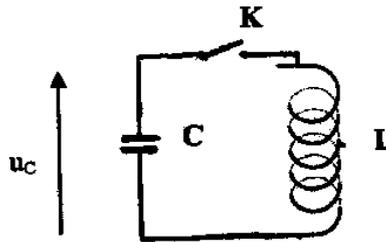
$$u_C(t) = A + B e^{\lambda t} \quad \text{où } A, B \text{ et } \lambda \text{ sont des constantes}$$

Donner les expressions et les unités de A , B et λ .

- 1.3.3. Nommer la grandeur physique représentée par la constante $\tau = RC$.
Indiquer ce que caractérise cette grandeur.
Déterminer graphiquement sa valeur en expliquant la méthode utilisée.

2. Étude de l'association condensateur – bobine

On réalise le montage suivant :



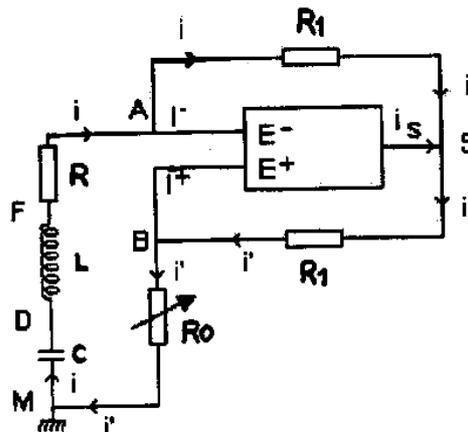
Le condensateur C est initialement chargé sous une tension continue U_0 . La bobine d'inductance L est telle que la résistance du circuit est considérée comme négligeable.

- 2.1. Établir l'équation différentielle que vérifie la tension u_C aux bornes du condensateur C après la fermeture de l'interrupteur K.
- 2.2. Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur. Le début de l'enregistrement est synchronisé avec la fermeture de K. Décrire la tension observée et donner les expressions littérales de ses grandeurs caractéristiques : pulsation ω , période T et fréquence f. Calculer les valeurs de ces grandeurs pour $L = 50 \text{ mH}$ et $C = 1,0 \mu\text{F}$.
- 2.3. On désigne respectivement par E_C , E_L et E_0 les énergies emmagasinées dans le condensateur C, dans l'inductance L et dans le circuit LC à l'instant t. Décrire l'évolution de ces différentes énergies lorsque t varie de $t = 0$ à $t = T$.
- 2.4. En réalité la résistance R du circuit est faible mais non négligeable. En déduire la conséquence du point de vue énergétique. Qualifier le régime de l'oscillateur dans ces conditions.

3. Des oscillations électriques à la cuve à ondes

Pour étudier des ondes progressives à la surface de l'eau, on utilise une cuve à ondes. Un vibreur génère des ondes planes rectilignes ou circulaires de fréquence f à la surface de l'eau. Un système de rétroprojection permet d'observer le phénomène sur un écran vertical. L'éclairage de la cuve peut se faire sous stroboscopie, ce qui permet de "figer" l'observation faite sur l'écran. La fréquence du vibreur peut être réglée grâce à un oscillateur électrique entretenu.

- 3.1. Le montage représenté ci-dessous permet d'entretenir des oscillations quasi-sinusoidales dans le circuit RLC.



- 3.1.1. L'amplificateur opérationnel, dont l'alimentation n'est pas représentée sur le schéma, est supposé parfait et fonctionne en régime linéaire.
Écrire les relations qu'induisent ces propriétés.
- 3.1.2. En régime linéaire, le circuit est parcouru par un courant i ($i = -i'$) vérifiant l'équation :

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R - R_0}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0$$

En déduire la condition pour que des oscillations entretenues s'installent.

- 3.1.3. Nommer ce type de montage et justifier son nom en expliquant succinctement son principe de fonctionnement.
- 3.1.4. Expliquer comment l'amplificateur opérationnel pourrait atteindre sa saturation.
Indiquer les conséquences d'un tel régime sur les oscillations.
- 3.2. Dans le plan vertical d'une cuve à ondes, le vibreur anime, d'un mouvement périodique de fréquence f , une réglette. Celle-ci génère des vagues rectilignes parallèles se propageant sur l'eau de la cuve à la célérité v . La profondeur h de l'eau est faible et constante.
Pour deux fréquences de vibration différentes, on obtient les résultats suivants :

Fréquence en Hz	8,0	17
Longueur d'onde en cm	2,3	1,6

- 3.2.1. Calculer la célérité de l'onde pour chacune des fréquences.
- 3.2.2. Indiquer comment la célérité des ondes varie avec la fréquence.
Qualifier ce phénomène physique.
- 3.2.3. Décrire une expérience permettant d'observer ce phénomène avec des ondes lumineuses.
- 3.2.4. En optique, la réfraction résulte du passage d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2 .
Expliquer comment on peut modéliser le phénomène de réfraction avec la cuve à ondes.

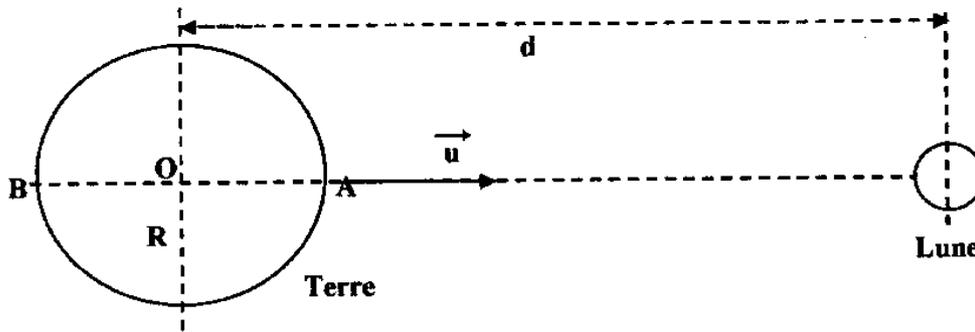
De la cuve à ondes à l'océan : étude des marées

Les marées sont une manifestation de la loi de gravitation universelle appliquée au système formé par la Terre, le Soleil et la Lune. L'observation du rythme des marées montre que la Lune joue un rôle majeur dans le phénomène des marées.

Données

- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I.
- Intensité de la pesanteur sur la Terre : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Distance moyenne Terre - Lune : $d = 384\,000 \text{ km}$
- Distance moyenne Terre - Soleil : $D = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$
- Masse de la Lune : $M_L = 7,30 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
- Masse du Soleil : $M_S = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- Masse de la Terre $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- Rayon terrestre : $R = 6380 \text{ km}$
- Période de révolution de la Lune autour de la Terre : $T_L \approx 28 \text{ jours}$
- Période ou cycle d'une marée : $T_{\text{marée}} = 12 \text{ h } 25 \text{ min.}$
- On admettra que les orbites des planètes sont circulaires.

- 4.1. Les bases de la première explication scientifique du phénomène des marées ont été posées par Newton. Le modèle envisagé est celui d'une Terre immobile qui subit uniquement l'attraction de la Lune. Par souci de simplification, on se place dans le cas où la Lune se situe dans le plan équatorial de la Terre et à une distance d de son centre.



\vec{u} : vecteur unitaire

On désigne par \vec{H} le champ gravitationnel de la Lune.

Écrire les expressions littérales de \vec{H}_A , \vec{H}_O et \vec{H}_B , aux points A, O et B de la Terre.

En déduire l'expression de l'intensité la force de gravitation F_O qu'exerce la Lune sur un objet de masse m situé en O. Calculer F_O pour une masse $m = 1,0$ kg.

- 4.2. Selon le modèle de Newton, l'eau des océans serait attirée par la Lune en formant un bourrelet orienté dans sa direction. Comme la Terre fait un tour sur elle-même en 24 heures, ce bourrelet se déplacerait d'est en ouest à la surface des océans en provoquant une marée par jour.

Donner deux raisons montrant que ce schéma ne traduit pas la réalité.

- 4.3. Le modèle dynamique proposé par Laplace se rapproche d'un schéma assez réaliste du phénomène des marées. Ce modèle montre que la force génératrice des marées \vec{F}_m est la résultante de la force d'attraction gravitationnelle notée \vec{F}_g et d'une autre force \vec{F}_C telle que $\vec{F}_C = -\vec{F}_g$ au centre de la Terre.

Nommer \vec{F}_C et décrire ses caractéristiques.

Expliquer alors sommairement le phénomène des marées selon ce modèle.

- 4.4. On appelle force de marée la force générée par la différence de la valeur de la gravitation entre deux points d'un objet qui ne sont pas à la même distance du corps attracteur. Comme la Lune attire la Terre de façon non homogène, la force de marée f_m définie ici est égale à la différence d'attraction que subit un objet de masse m entre les points A et O de la Terre.

4.4.1. Montrer que l'expression de f_m en A (ou en B) est en $1/d^3$.

Calculer f_m pour une masse $m = 1,0$ kg.

4.4.2. Comparer cette valeur à celle de la force de pesanteur terrestre.

Commenter le résultat

Justifier alors l'existence des marées.

(On peut considérer que R est très petit devant d et utiliser les approximations :

$$\frac{1}{(1-\epsilon)^2} \approx 1 + 2\epsilon \quad \text{ou} \quad \frac{1}{(1+\epsilon)^2} \approx 1 - 2\epsilon \quad \text{pour } \epsilon \ll 1$$

- 4.5. Les forces mises en jeu dans le phénomène des marées induisent théoriquement des amplitudes inférieures au mètre.

Expliquer pourquoi on observe parfois des amplitudes de plus de 16 mètres (Baie de Fundy au Canada ou Baie du Mont Saint – Michel en France).

- 4.6. Déterminer la valeur de l'angle dont se déplace la lune sur son orbite pendant une rotation de la Terre sur elle-même.
En déduire pourquoi la marée accuse un "retard journalier" de 50 min.
- 4.7. L'effet de marée de la Lune est environ 2,2 fois supérieur à celui dû au Soleil.
- 4.7.1. Indiquer pourquoi la Lune a plus d'effet sur les marées que le Soleil, alors que la force de gravitation de ce dernier est 200 fois supérieure à celle de la Lune.
- 4.7.2. Montrer, par le calcul, que le rapport des effets de marée de la Lune et du Soleil est d'environ 2,2.
- 4.7.3. La prise en compte de la conjonction ou de l'opposition de ces deux effets conduit à l'observation de phénomènes dont la périodicité est de 14 à 15 jours.
Nommer ces phénomènes.

CHIMIE (20 points)

1. Chimie générale

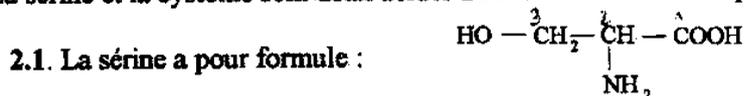
- 1.1. Donner la configuration électronique de l'oxygène ($Z_O = 8$) et du soufre ($Z_S = 16$) dans leur état fondamental.
- 1.2. Indiquer le nombre d'électrons de valence ainsi que la valence maximale pour chacun de ces deux éléments.
- 1.3. En déduire le schéma de Lewis des ions ou molécules suivantes :
- dioxyde de soufre SO_2
 - ion sulfate SO_4^{2-}
 - trioxyde de soufre SO_3
 - ion sulfite SO_3^{2-}
- 1.4. Préciser la géométrie de ces entités.
- 1.5. Représenter 4 formes mésomères pour le trioxyde de soufre. Préciser leurs effets sur la molécule.
- 1.6. Le tableau ci-dessous fournit des informations concernant des composés hydrogénés constitués par des éléments de la colonne 16 de la classification périodique :

	H_2O	H_2S	H_2Se	H_2Te
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	18	34	81	130
Température d'ébullition ($^{\circ}C$) (sous la pression normale)	100	- 61	- 42	- 2

Expliquer et commenter la variation des données fournies.
Expliquer le comportement particulier de l'eau.

2. Acides aminés et protéines

La sérine et la cystéine sont deux acides aminés constitutifs des protéines.



- 2.1.1. Donner son nom en nomenclature systématique et dessiner la L-sérine en représentation de Fischer.

2.1.2. On réalise l'oxydation ménagée de la L-sérine par un excès de dichromate de potassium en milieu acide.

2.1.2.1. Écrire l'équation de la réaction.

2.1.2.2. Nommer le composé organique obtenu et préciser s'il possède des propriétés optiques.

2.2. La cystéine a pour formule :

$$\text{HS} - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\text{CH}} - \text{COOH}$$

2.2.1. Représenter la L-cystéine selon Cram.

Indiquer s'il s'agit de l'isomère R ou S.

2.2.2. On réalise l'oxydation ménagée de la cystéine par le diiode.

Représenter et nommer la molécule obtenue.

2.2.3. On considère une protéine comportant plusieurs motifs cystéiniques.

Indiquer comment la structure spatiale de la protéine peut être modifiée en milieu oxydant.

2.3. La condensation de ces deux acides aminés conduit au composé SER - CYS.

2.3.1. Écrire la formule semi-développée du composé SER - CYS.

2.3.2. Entourer la liaison formée. Donner le nom de ce type de liaison.

2.3.3. Préciser la place de ce composé dans la classification des protides.

2.3.4. Indiquer, en justifiant chaque réponse, si ce composé donnera un résultat positif aux tests suivants : test à la ninhydrine, test au biuret et test xanthoprotéique.

3. Vin et SO_2

On donne : $\text{pK}_{A1} (\text{SO}_{2(aq)} / \text{HSO}_3^-) = 1,8$ et $\text{pK}_{A2} (\text{HSO}_3^- / \text{SO}_3^{2-}) = 7,2$

3.1. Représenter le diagramme de prédominance des espèces données en fonction du pH.

3.2. On ajoute du dioxyde de soufre dans le vin pour améliorer sa conservation. Le pH d'un vin est égal à 4. Indiquer sous quelle forme majoritaire se trouve le dioxyde de soufre dans le vin.

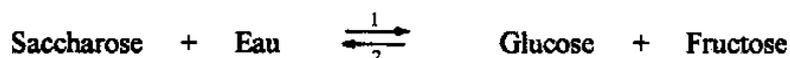
3.3. On dissout complètement $5,0 \cdot 10^{-2}$ mol de $\text{SO}_{2(aq)}$ dans 1,0 L d'eau.

3.3.1. Calculer le pH en ne tenant compte que de la première acidité. 7,2.

3.3.2. En déduire les concentrations des autres espèces présentes.
Justifier les hypothèses formulées ci-dessus.

4. Hydrolyse du saccharose

On étudie la réaction d'hydrolyse du saccharose :



4.1. Étude thermodynamique

4.1.1. Définir l'enthalpie molaire standard de formation d'un corps pur.

4.1.2. Énoncer la loi de Hess. En déduire l'enthalpie molaire standard de la réaction d'hydrolyse du saccharose à 298 K. Conclure.

4.1.3. Calculer l'enthalpie libre molaire standard de la réaction à 298 K.

4.1.4. En déduire la constante d'équilibre à cette température. Conclure.

Données à 298 K :

$$R = 8,314 \text{ SI}$$

L'entropie molaire standard de la réaction est $\Delta_r S^\circ = 84,2 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

	Saccharose	Eau	Glucose	Fructose
$\Delta_f H^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	-2 236,9	-285,8	-1 268,3	-1 258,0

4.2. Étude cinétique

On réalise l'expérience d'hydrolyse du saccharose à 25°C et à 37°C sur une solution dont la concentration initiale est $C = 350 \text{ g.L}^{-1}$. On mesure la concentration de saccharose restant à l'instant t par polarimétrie. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

t en minutes	0	30	60	90	130
$C(t)$ en g.L^{-1} à 298 K	350	315	282	253	220
$C(t)$ en g.L^{-1} à 310 K	350	196	110	61,5	28,4

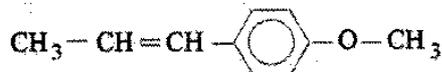
- 4.2.1. Montrer que la cinétique est d'ordre 1.
- 4.2.2. Déterminer les constantes de vitesse de la réaction à 25°C et à 37°C en prenant soin d'en préciser l'unité.
- 4.2.3. Donner la signification de l'énergie d'activation d'une réaction. Déduire de la question précédente la valeur de cette énergie d'activation pour la réaction d'hydrolyse.
- 4.2.4. On donne les pouvoirs rotatoires spécifiques des sucres concernés par la réaction :

Sucre	Saccharose	Glucose	Fructose
Pouvoir rotatoire spécifique en $^\circ \text{L.kg}^{-1}.\text{dm}^{-1}$	+66,5	+52,5	-92,4

- 4.2.4.1. Indiquer pourquoi la réaction est souvent appelée "inversion du saccharose". ←
- 4.2.4.2. Déterminer la concentration en saccharose restant lorsque le pouvoir rotatoire de la solution devient nul.
- 4.2.4.3. En déduire pour chaque température l'instant où ce phénomène se produit.

5. Chimie organique : synthèse de l'anéthole

L'anéthole est une substance organique présente dans l'anis et le réglisse. Elle a pour formule :



- 5.1. On considère le phénol $\varphi - \text{OH}$ (φ = groupement phényle).
Comparer l'acidité du phénol à celle des alcools (on pourra s'appuyer sur l'ion phénolate).
- 5.2. On effectue sur le propane la réaction de monosubstitution suivante :

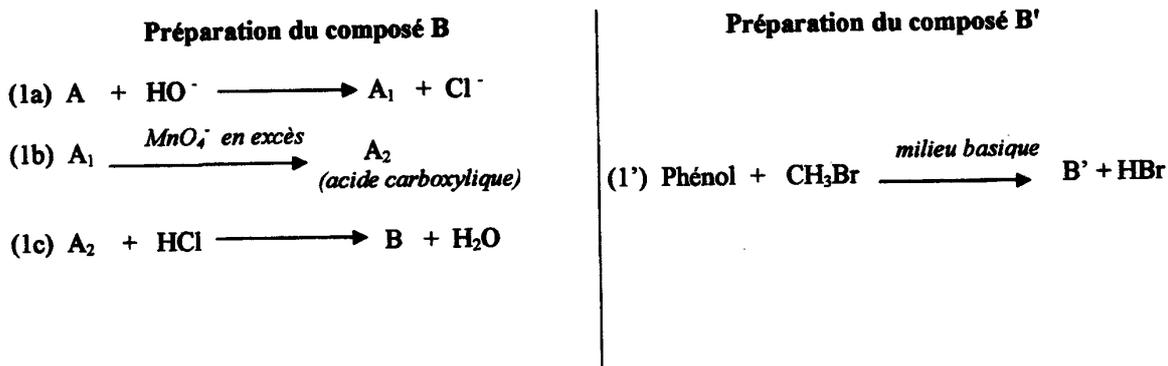


A et A' étant deux composés chlorés.

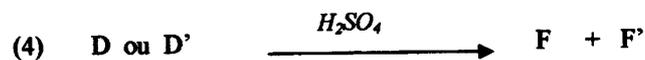
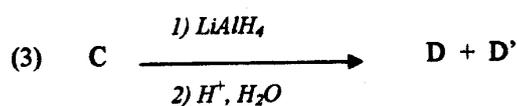
On précise, à 25°C, les réactivités relatives des atomes d'hydrogène reliés :
 - à un atome de carbone primaire : $R_I = 1$
 - à un atome de carbone secondaire : $R_{II} = 4$

- 5.2.1. Décrire le mécanisme de cette réaction.
- 5.2.2. Justifier les différences de réactivité des atomes d'hydrogène.
- 5.2.3. Déterminer les proportions des produits obtenus.
- 5.2.4. Identifier A et A' sachant que A' est le produit majoritaire.

5.3. La synthèse de l'anéthole s'effectue à partir du phénol et du composé A selon les étapes :



Puis :



- 5.3.1. Donner les noms des réactions (1a), (2), (3), (4).
- 5.3.2. Déterminer les formules semi-développées des composés B', A₁, A₂, B.
- 5.3.3. Détailler le mécanisme de la réaction (1a) si celle-ci est effectuée dans un solvant protique.
- 5.3.4. Indiquer l'influence du groupe substitué sur le noyau benzénique dans le composé B' vis-à-vis de l'étape (2). Déterminer alors la formule semi-développée de C.
- 5.3.5. Préciser si la réaction (3) est stéréosélective. Justifier.
Indiquer si le mélange obtenu (D et D') a des propriétés optiques.
- 5.3.6. Déterminer F et F' sachant que F est le composé le plus stable.

