

EXERCICE 1 : COMMUNICATION ENTRE LES INSECTES : LES PHÉROMONES (04,5 points)

Le transfert d'informations par signaux chimiques entre individus, d'espèces différentes ou de même espèce est courant chez les êtres vivants.

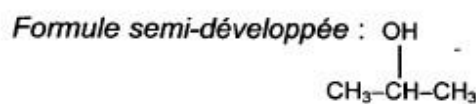
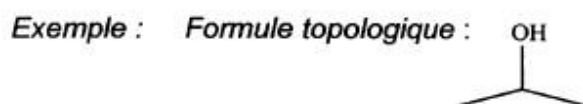
Une phéromone est une substance (ou un mélange de substances) qui, après avoir été sécrétée en quantité très faible à l'extérieur par un individu (émetteur), est perçue par un individu de la même espèce (récepteur) chez lequel elle provoque une réaction comportementale spécifique, voire une modification physiologique. Le mot phéromone vient des mots grecs anciens pherein « transporter » et homân « exciter ».

Certaines phéromones sont des signaux d'alarmes, d'autres permettent le marquage d'une piste, enfin certaines (attractives ou aphrodisiaques) attirent les insectes du sexe opposé en vue de la reproduction.

Quelques exemples de phéromones :

Phéromone	Formule topologique
Phéromone d'alarme de l'abeille Molécule A (C₇H₁₄O₂)	
Phéromone de piste de la fourmi coupeuse de feuilles : Atta texana Molécule B : M_B = 139 g/mol	
Phéromone sexuelle d'un insecte nuisible pour les conifères Molécule C : C₈H₁₆O	

N.B. : Dans l'écriture topologique d'une formule chimique on ne représente pas les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène liés à un atome de carbone.



- Écrire les formules semi-développées des molécules A et C et les nommer.
- Donner la formule brute de la molécule B et préciser les fonctions chimiques présentes dans cette molécule.
- La phéromone d'alarme A peut-être synthétisée à partir de l'acide éthanoïque et d'un alcool D.
 - Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool D.
 - Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation chimique de synthèse de la phéromone A, à partir de l'acide éthanoïque et de l'alcool D. Comment appelle-t-on cette réaction chimique ? Préciser ses caractéristiques.
- La synthèse de A peut aussi être réalisée en remplaçant l'acide éthanoïque par de l'anhydride d'acide. Quels sont les effets de ce changement de réactif sur la transformation ?
- On réalise l'hydrolyse basique (à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium), de la phéromone B de la fourmi coupeuse de feuilles. Écrire l'équation de la réaction associée à cette transformation chimique. Préciser les caractéristiques de cette réaction.
- Les phéromones peuvent être utilisées par l'homme pour piéger les insectes nuisibles en les attirant, soit loin des cultures que l'on veut protéger, soit vers des pièges très sélectifs. Ainsi il suffit de 10⁻¹⁵ g par litre de solution de la

molécule C (appelée aussi sulcatol car libérée par le *Gnatotricus Sulcatus*) pour attirer les insectes vers les forêts non exploitées.

a) Calculer la concentration molaire de cette solution.

b) Au vu des renseignements fournis sur les phéromones dans cet exercice, citer deux avantages des phéromones utilisées comme insecticide par rapport aux insecticides classiques utilisés dans l'agriculture.

Masses molaires atomiques : $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

EXERCICE 2 : ÉTUDE DE LA MOLECULE D'ACIDE LACTIQUE (04 points)

Le lait est un produit biologique fragile. L'homme a su exploiter la tendance qu'ont ses composants à se séparer afin de le conserver. Pour faire du beurre, on recueille la matière grasse, mais pour obtenir du fromage ou du yaourt, on attend que les protéines du lait coagulent.

L'acide lactique, de formule $C_xH_{2x}O_3$ a un pourcentage massique en oxygène égal à 53,33%. Il est l'un des composants essentiels du lait. Dans la molécule de l'acide lactique il y a un groupe hydroxyle (-OH) sur l'atome de carbone porteur d'un atome d'hydrogène.

Données en g/mol : $M(H) = 1$; $M(C) = 12$; $M(O) = 16$.

1. Donner la formule semi-développée et le nom en nomenclature officielle de l'acide lactique.

2. En solution aqueuse, l'acide lactique, que l'on notera HA, a des propriétés acido-basiques. Sa base conjuguée est l'ion lactate.

a) Le pH d'une solution aqueuse d'acide lactique de concentration molaire $C = 1,4 \text{ mmol/L}$ est égal à 3,4.

Montrer que l'acide lactique est un acide faible. Ecrire l'équation-bilan de sa réaction avec l'eau.

b) En faisant des approximations judicieuses, montrer que la constante d'acidité du couple acide lactique/ion lactate est donnée par la relation $K_a \approx \frac{[H_3O^+]^2}{C}$. En déduire le pKa du couple acide lactique/ion lactate.

c) Le pH d'un lait frais se situe autour de 6,5. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide lactique/ion lactate ? Justifier la réponse.

3. Un lait frais n'est que très légèrement acide, mais cette acidité peut se développer assez vite pour des raisons diverses :

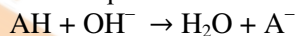
- le lactose présent en quantité notable (50 g/L environ) se transforme en acide lactique sous l'action des bactéries ;
- d'autres acides tels que l'acide oléique se forment à partir des corps gras présents dans le lait ;
- le dioxyde de carbone dissous contribue également à l'acidité du lait.

L'industrie laitière vérifie l'état de conservation d'un lait en mesurant son acidité en équivalent d'acide lactique exprimée en degré Dornic (°D). Un lait frais doit avoir, selon les normes en vigueur, une acidité inférieure à 18°D. (1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait).

Protocole de titrage d'un lait

On verse 10 mL de lait dans un erlenmeyer et on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine. On procède au titrage de l'échantillon de lait par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,11 mol/L appelée « soude Dornic ».

Un lait est dosé en suivant ce protocole. L'équation de la réaction chimique support du titrage est :



La persistance d'une coloration rose est observée pour un volume du titrant versé de 1,4 mL.

En exploitant le résultat du titrage, déterminer si le lait analysé est frais selon les normes en vigueur.

4. Une molécule d'acide lactique peut, dans certaines conditions, réagir sur une autre molécule d'acide lactique pour former une molécule de chaîne plus longue, à six atomes de carbone. A son tour, cette dernière peut réagir avec une autre molécule d'acide lactique pour donner une molécule encore plus longue et ainsi de suite. On obtient ainsi une molécule polymère appelée acide polylactique, reproduisant régulièrement le même motif d'atomes. L'acide polylactique est un polymère biodégradable : l'action de l'eau peut le détruire en régénérant l'acide lactique.

Protocole de synthèse de l'acide polylactique

- Introduire environ 10 mL d'acide lactique dans un bécher ;
- Ajouter délicatement quelques gouttes d'acide sulfurique à l'aide des gants et de lunettes de protection ;
- Chauffer à 110°C en agitant régulièrement ;

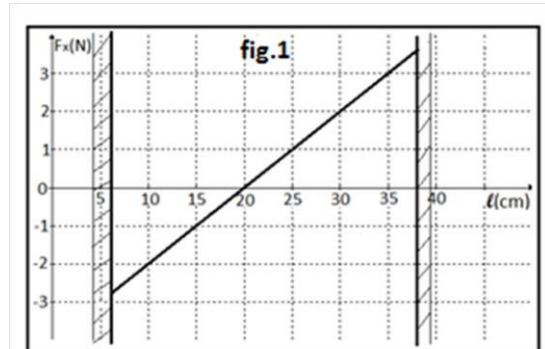
- Au bout d'environ trente minutes, laisser refroidir le mélange qui se solidifie mais reste transparent : il s'agit de l'acide polylactique.

- Écrire l'équation de polymérisation de l'acide lactique. S'agit-il d'une réaction de polyaddition ou de polycondensation ?
- La polymérisation de l'acide lactique est-elle lente ou rapide ? Justifier.
- Citer un paramètre influençant l'évolution temporelle de cette réaction chimique.

EXERCICE 3 : MÉCANIQUE (05,5 points)

Un ressort de masse négligeable est enfilé sur une tige horizontale. Une de ses extrémités A est fixe, l'autre extrémité O est libre. Soit un axe $x'x$ de même direction que la tige, orienté positivement de O vers A. A l'aide d'un appareil à force constante, on applique à l'extrémité O du ressort une force constante mais réglable \vec{T} . La caractéristique statique du ressort est la représentation graphique de la coordonnée F_x sur l'axe $x'x$ de la force de rappel \vec{F} exercée par le ressort sur l'appareil à force constante en fonction de la longueur ℓ du ressort (*figure 1*)

- Le ressort peut-il travailler en compression ? en dilatation ?
 - Quelle est la longueur ℓ_0 du ressort détendu (non déformé) ?
 - Calculer la constante de raideur statique k du ressort.
 - Pourquoi la caractéristique est-elle limitée à gauche et à droite ?



2. Un mobile S de masse $m = 150$ g peut se déplacer sans frottement sur la tige horizontale comme l'indique la *figure 2*. Le ressort est accroché en son extrémité inférieure en un point P et en son autre extrémité au point mobile G, centre d'inertie du mobile S. On note G_0 la position de G située à la verticale de P telle que $PG_0 = L$. La position de G est repérée sur l'axe $x'x$ horizontal d'origine O confondu avec G_0 . On notera x l'abscisse de G.

2. 1. a) Exprimer le cosinus de l'angle $\theta = (\vec{G_0GP}) = (\vec{GG_0}, \vec{GP})$ en fonction de x et L (x étant l'abscisse de G).

b) Exprimer l'énergie potentielle élastique E_{pe} du ressort en fonction de x , k , L et ℓ_0 .

2. 2. On étudie le cas où $L > \ell_0$.

a) Faire le bilan des forces s'exerçant sur le mobile S. En déduire l'existence d'une position d'équilibre et discuter sa stabilité.

b) Tracer l'allure des variations de E_{pe} en fonction de x .

c) On écarte G d'une distance d par rapport à la position G_0 et on lâche le mobile sans vitesse initiale.

c₁) En appliquant le théorème du centre d'inertie, montrer que l'équation différentielle caractéristique du mouvement de G est :

$$m\ddot{x} + kx \left(1 - \frac{\ell_0}{\sqrt{x^2 + L^2}} \right) = 0.$$

c₂) Que devient cette équation si $x \ll L$? Donner alors l'équation horaire du mouvement de G en fonction de d , L , m , k , et ℓ_0 .

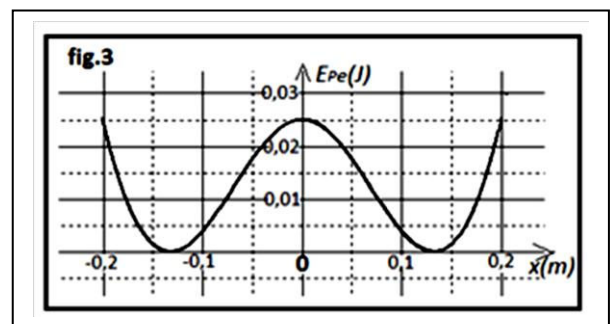
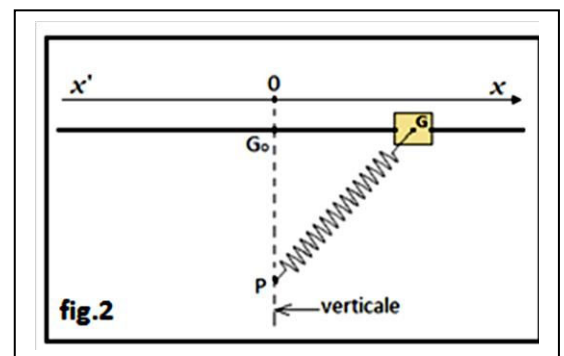
2. 3. On étudie maintenant le cas où $L < \ell_0$.

a) En faisant un bilan des forces s'exerçant sur S, déduire l'existence de trois positions d'équilibre et leur stabilité.

b) On fixe $L = 15$ cm et on écarte G de $d = 20$ cm par rapport à la position G_0 et on lâche le mobile S sans vitesse initiale. La référence de l'énergie potentielle de pesanteur est prise au niveau de la tige.

b₁) L'allure de la courbe représentant les variations de E_{pe} en fonction de x est donnée sur la *figure 3*. Montrer qu'elle est en accord avec les résultats de la question 2.3. a).

b₂) Reproduire la *figure 3* et tracer l'allure des courbes représentant les variations des énergies cinétique E_C et mécanique E_m .



EXERCICE 4 : OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES FORCÉES (06 points)

On associe en série un condensateur de capacité C , une bobine d'inductance L et un résistor de résistance $R_0 = 81,5 \Omega$. L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence (GBF) délivrant à ses bornes une tension sinusoïdale $u(t)$ d'amplitude $U_m = 6 \text{ V}$ et de fréquence N réglable. (**Figure 4**).

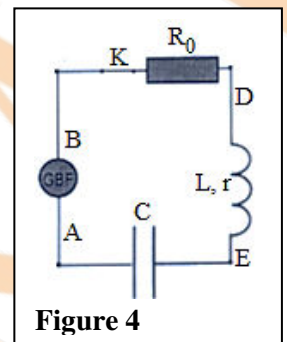


Figure 4

- Préciser parmi les points A et B du circuit celui auquel on doit relier la masse du GBF afin de visualiser simultanément la tension d'alimentation $u(t)$ et la tension u_{R_0} aux bornes du résistor, sur l'écran de l'oscilloscope bicourbe.
 - Reproduire le schéma de la **figure 4** en y indiquant les branchements effectués à l'oscilloscope.
- Pour une valeur N_1 de la fréquence N du GBF, on obtient les oscillogrammes (1) et (2) de la **figure 5** avec les réglages suivants :
Base de temps : $0,5 \text{ ms/div}$; voie utilisée pour visualiser $u(t)$: 2 V/div ;
voie utilisée pour visualiser $u_{R_0}(t)$: 1 V/div .
 - Identifier parmi les oscillogrammes (1) et (2) celui représentant $u(t)$.
 - Déterminer graphiquement la fréquence N_1 et l'amplitude I_m de l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit.
- Calculer l'impédance Z du circuit RLC série.
 - Déterminer graphiquement le déphasage entre $u(t)$ et $i(t)$.
En déduire que la bobine a une résistance interne r qu'on calculera.
- Pour étudier le comportement de l'oscillateur à une autre fréquence N_2 du GBF, on visualise simultanément avec $u(t)$, la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.
 - Préciser le point du circuit auquel on doit relier la masse du GBF à cette fin.
 - Reproduire de nouveau le schéma de la figure 4 tout en indiquant les nouveaux branchements effectués à l'oscilloscope.
 - En fermant le circuit, on obtient les oscillogrammes de la figure 6 avec une sensibilité horizontale de 1 ms/div et une même sensibilité verticale de 2 V/div pour les deux voies Y_1 et Y_2 .
Identifier l'oscillogramme représentant $u_C(t)$.
 - Déterminer graphiquement la fréquence N_2 et le déphasage de $u_C(t)$ par rapport à $u(t)$.
 - Montrer que l'oscillateur RLC série est en résonance d'intensité et calculer le facteur de surtension.
Sa valeur présente-elle un danger ? Justifier.
 - Calculer L et C .

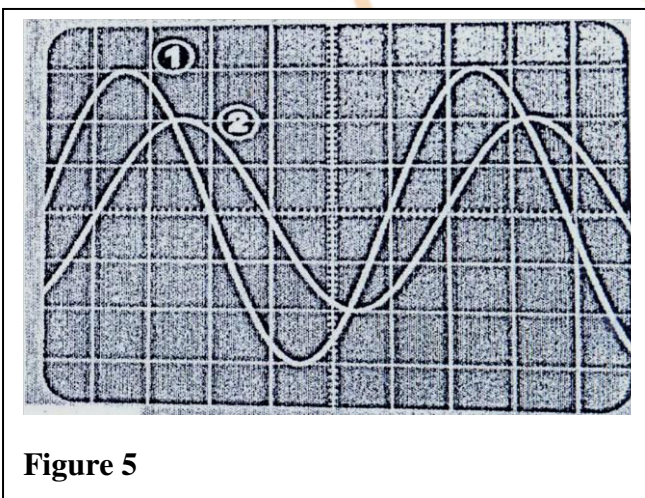


Figure 5

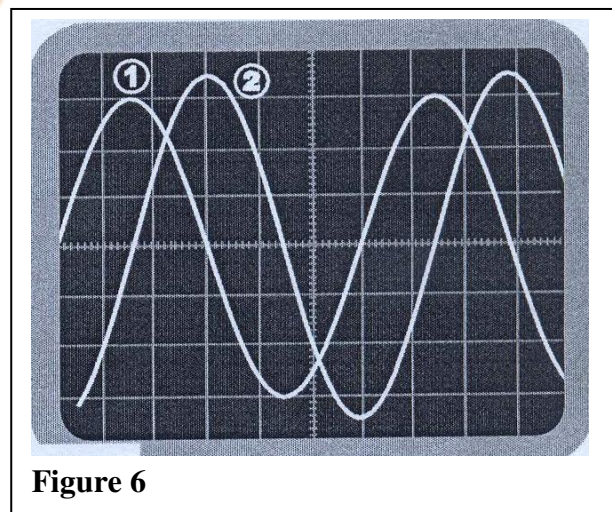


Figure 6