Polynésie septembre 2005 **Calculatrice autorisée**

EXERCICE II : FERMENTATION DANS LE VIN (6,5 points)

« *Le vin est une boisson provenant exclusivement de la fermentation du raisin frais ou du jus de raisin frais* ».
Telle est la définition légale du vin mais derrière le terme « fermentation » se cachent des transformations que les chimistes ont mis des années à découvrir.

Dans les années 1960, on commença à s'intéresser à une autre fermentation qui se produit généralement après la fermentation alcoolique et à laquelle on n'attachait pas trop d'importance jusqu'alors car on pensait qu'il s'agissait d'un achèvement de la fermentation alcoolique.
Il s'agit de la fermentation malolactique qui consiste en une transformation totale de l'acide malique présent dans le jus de raisin en acide lactique sous l'action de bactéries.

Cette fermentation, longtemps ignorée, a une influence reconnue sur la qualité gustative de certains vins à condition de la conduire convenablement. .

Les techniques actuelles de suivi de ces fermentations se font par dosage enzymatique ; elles consistent essentiellement à doser l'alcool contenu dans le vin.

Principe du dosage :

Étape 1 : On effectue une distillation du vin de telle façon que l'on recueille une solution incolore contenant tout l'éthanol présent dans le vin.

Étape 2: L'éthanol est oxydé par la nicotinamide-adénine-dinucléotide (NAD^+) dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite (NADH) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :

$$CH_3CH_2OH + NAD^+ = CH_3CHO + NADH + H^+ \quad (1).$$

Étape 3 : On mesure l'absorbance de la NADH par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 340 nm lors du dosage.

A – PREMIERE PARTIE: DETERMINATION DU DEGRE ALCOOLIQUE D'UN VIN

« On appelle degré alcoolique d'une boisson alcoolisée, le volume (exprimé en mL) d'éthanol contenu dans 100 mL de cette boisson, les volumes étant mesurés à 20°C. »
On l'exprime en % vol.

I - Questions préliminaires

1. Montrer que la réaction (1) est bien une réaction d'oxydo-réduction en faisant apparaître le transfert d'électrons entre les deux couples donnés.
Couples d'oxydo-réduction: CH_3CHO / CH_3CH_2OH NAD^+ / NADH

2. Quel est le rôle du catalyseur ?

II - Étalonnage du spectrophotomètre

On réalise une gamme de quatre solutions étalons; chaque solution étalon contient :

- NAD^+ en excès,
- Le catalyseur,
- Une solution de concentration massique connue en éthanol.

On mesure l'absorbance de chaque solution étalon et on obtient les résultats suivants :

Solution étalon	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration massique C_m en éthanol en $mg.L^{-1}$	50	100	200	300
Absorbance : A	0,08	0,16	0,32	0,48

1. Lors du réglage initial, quelle valeur doit-on donner à l'absorbance de la solution de référence avant toute mesure ?

2. Tracer la courbe A en fonction de la concentration massique.

3. Montrer que la représentation graphique est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = kC_m$. Déterminer la valeur de k en $L.mg^{-1}$.

III - Préparation et dosage de l'éthanol contenu dans le vin

On distille 20 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 200 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée D.
On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant :

- 1 mL de solution D,
- Le catalyseur,
- NAD^+ en excès,

dans une fiole jaugée de 50 mL que l'on complète avec de l'eau distillée.
L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut: $A_e = 0,30$.

1. Montrer que l'échantillon préparé correspond à une dilution au $1/50^e$ de la solution D.

2. Par une méthode de votre choix à préciser, déterminer à partir de l'absorbance mesurée A_e la concentration massique en éthanol de l'échantillon étudié.

3. En déduire la concentration massique en éthanol :

a) de la solution D.
b) du vin.

4. Déterminer alors le degré alcoolique du vin.

Donnée: - Masse volumique de l'éthanol supposée constante dans le domaine de concentration considéré: 0,80 $kg.L^{-1}$

B – DEUXIEME PARTIE: CINETIQUE DE LA FERMENTATION MALOLACTIQUE

L'équation de la fermentation malolactique est :

$$\underset{\text{Acide malique}}{COOH\text{-}CH_2\text{-}CHOH\text{-}COOH} = \underset{\text{Acide lactique}}{CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH} + CO_2$$

Le dosage enzymatique de l'acide malique restant dans le vin a donné les résultats suivants pour une température de fermentation maintenue à 20°C

Concentration massique $C_m(t)$ en acide malique ($g.L^{-1}$)	3,5	2,3	1,6	0,8	0,5	0,27	0
Date t (en jours)	0	4	8	12	16	20	28

1. Montrer que la concentration molaire en acide malique restant dans le vin à l'instant t s'exprime par: [acide malique] (t) = $\frac{C_m(t)}{134}$.
En déduire la quantité de matière d'acide malique $n_{\text{acide malique}}$ (t = 0) initiale dans un litre de vin.

2. A l'aide d'un tableau descriptif de l'évolution de la réaction, montrer que l'avancement à l'instant t de cette réaction pour un litre de vin se met sous la forme :

$$x(t) = 2,6 \times 10^{-2} - n_{\text{acide malique}}(t)$$

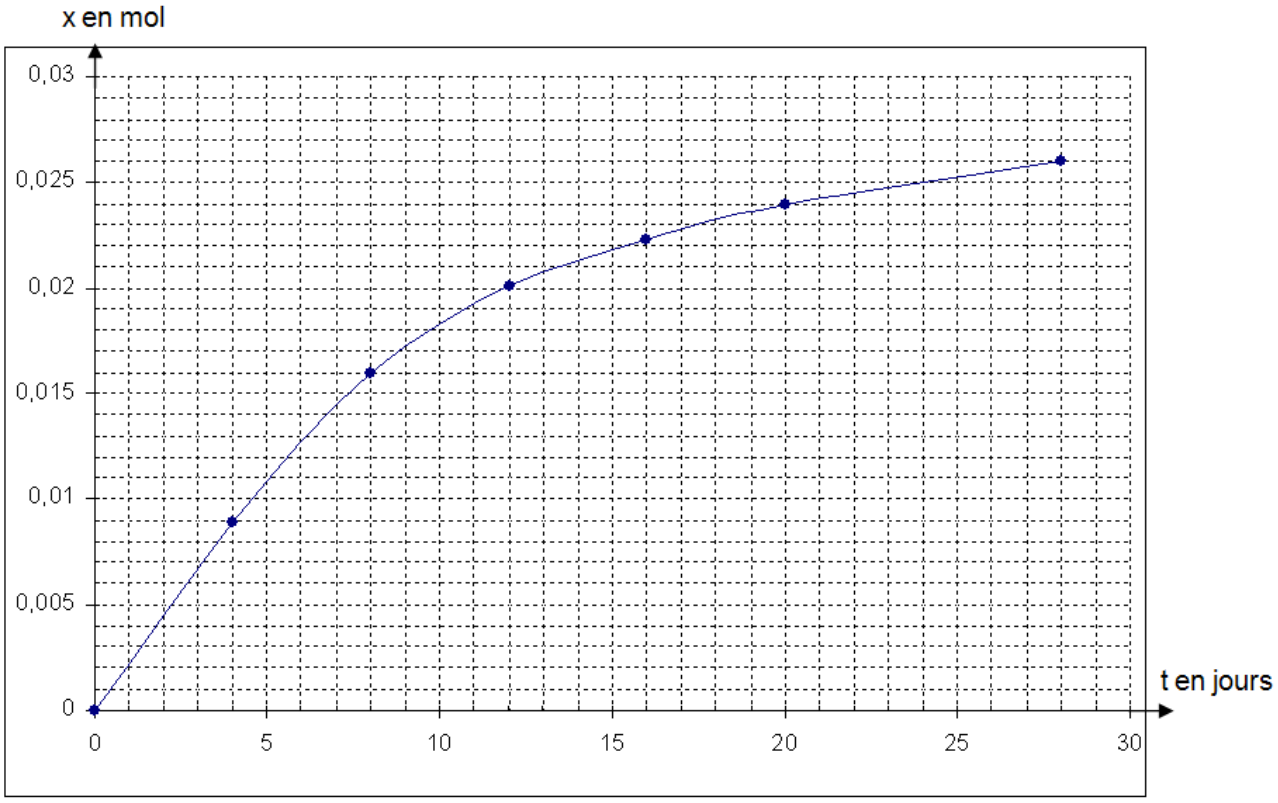
3. La courbe représentant les variations de x en fonction du temps t est donnée en annexe.
a) Comment peut-on, à partir du graphe, évaluer la vitesse volumique de réaction à l'instant t ? (aucun calcul n'est demandé).
b) Commenter l'évolution de la vitesse volumique de la réaction au cours du temps.

4. Définir et déterminer le temps de demi réaction.

Données: $M_C = 12\ g.mol^{-1}$; $M_O = 16\ g.mol^{-1}$; $M_H = 1,0\ g.mol^{-1}$

Annexe: Fermentation dans le vin x = f(t)

Évolution de l'avancement en fonction du temps



09/2005 Polynésie

EXERCICE III : LE POLONIUM (4 points)

Le Polonium est un élément métallique radioactif rare de symbole Po. Son numéro atomique est 84. Il a été trouvé dans un minerai, la pechblende, en 1898, par le chimiste français Pierre Curie, qui lui donna le nom de la patrie d'origine de son épouse : la Pologne. Le Polonium 210 est le seul isotope que l'on trouve dans la nature. La plupart des isotopes du Polonium se désintègrent en émettant des particules alpha. L'élément constitue donc une source de radiations alpha (α).

(d'après http://www.ac-creteil.fr).

Les notations α et $^{4}_{2}He$ sont équivalentes.

On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

Symbole	Th	Pb	Bi	Po	At
N° atomique	81	82	83	84	85

I - Première Partie :

1. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
2. Quelle est la composition du noyau de Polonium 210 ?
3. Écrire l'équation traduisant la désintégration de ce noyau, en indiquant les lois de conservation à respecter.

II - Deuxième partie :

Soit N(t) le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de Polonium, non désintégrés à la date t.

A t = 0 on note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initial.

Un détecteur de radioactivité α associé à un compteur à affichage numérique permet d'effectuer les mesures regroupées dans le tableau ci-dessous :

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N(t)}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30

1. Compléter la ligne 3 du tableau donné en **annexe à rendre avec la copie**.
2. Sur une feuille de papier millimétré, tracer la courbe $-\ln\left[\frac{N(t)}{N_0}\right] = f(t)$ en respectant l'échelle : En abscisse : 1 cm représente 20 jours
   En ordonnées : 1 cm représente 0,1.
3. Rappeler la loi de décroissance du nombre de noyaux non désintégrés d'un échantillon contenant initialement N_0 noyaux. Est-elle en accord avec la représentation graphique précédente ? Justifier la réponse.
4. Calculer la pente du graphe et déterminer λ constante de radioactivité caractéristique de l'isotope 210 du Polonium. Quelle est l'unité de λ ?
   En déduire la constante de temps τ. Quelle est son unité ? Donner l'expression de la durée de demi-vie de l'échantillon notée $t_{1/2}$ et la calculer.

ANNEXE

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N(t)}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln\left[\frac{N(t)}{N_0}\right]$							

09/2005 Polynésie

EXERCICE I : ÉTUDE D'UN OSCILLATEUR (5,5 points)

Notre objectif est d'étudier le mouvement d'une masse m attachée à un support immobile par un ressort horizontal de constante de raideur k.

I - L'OSCILLATEUR HARMONIQUE

Une masse est libre de se déplacer sans frottement sur un rail horizontal. Après avoir écarté la masse de sa position d'équilibre, on la libère sans vitesse initiale.

1. Représenter sur le schéma donné en **annexe 1 à rendre avec la copie** les forces agissant sur la masse m. Le point O donne l'abscisse du centre de gravité G à la position d'équilibre du système. Dans cette position le ressort n'est ni étiré ni comprimé.

2. En utilisant la deuxième loi de Newton, démontrer que l'équation différentielle du mouvement relative à l'abscisse x du centre de gravité G du mobile à l'instant t s'écrit :
$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \qquad \text{où} \qquad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$
On établira cette équation dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

3. Montrer que l'expression $x(t) = A.\sin(\omega_0 t + \varphi)$ est solution de cette équation différentielle.

4. On suppose qu'à l'instant initial t = 0 s, l'oscillateur possède une amplitude x_0 = 2 cm et une vitesse $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=0s}$ = 0. Déterminer les constantes A et φ qui correspondent à ces conditions initiales.

5. Exprimer la période propre To des oscillations de l'oscillateur en fonction de k et m.

II - ETUDE ÉNERGÉTIQUE

1. Établir l'expression du travail élémentaire δW d'une force extérieure appliquée à l'extrémité du ressort pour un allongement très petit δx. Déterminer par méthode graphique ou par intégration le travail effectué W par cette force pour un allongement x à partir de l'origine O.

2. Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du système {masse - ressort} en fonction de l'allongement x.

3. Donner l'expression de l'énergie cinétique de la masse m et de l'énergie totale du système.

4. Quelle est l'hypothèse qui permet d'affirmer, dans cet exercice, que l'énergie totale du système reste constante ? En déduire son expression en fonction k et de l'amplitude maximale x_0.

III - APPLICATION A LA MOLECULE DE CHLORURE D'HYDROGENE

Notre objectif est d'étudier le mouvement de vibration d'une molécule de chlorure d'hydrogène (HCl). Cette molécule peut-être modélisée par une masse m correspondant à l'atome d'hydrogène, un support immobile correspondant à l'atome de chlore, les deux parties étant reliées par un ressort de constante de raideur k qui représente la liaison entre les deux atomes.

1. Calculer la période propre T_0 pour la molécule de chlorure d'hydrogène sachant que la constante d'Avogadro N_A vaut 6,02 x 10^{23} mol^{-1}, que la masse molaire atomique M de l'hydrogène est de 1,00 $g.mol^{-1}$ et que la constante de raideur k vaut 510 $N.m^{-1}$.

2. Ce système peut fonctionner comme un résonateur, une onde électromagnétique de fréquence ν constituant son excitateur. Pour quelle valeur de la fréquence de l'onde observera-t-on le phénomène de résonance ?

3. Calculer la longueur d'onde dans le vide correspondant à cette fréquence et en déduire dans quel domaine de radiation est située l'onde excitatrice.
(Célérité de la lumière : c = 3,00 x 10^8 $m.s^{-1}$).

4. On remplace l'hydrogène par le deutérium noté ^2_1H de masse double par rapport à celle de l'hydrogène ; que devient la fréquence propre de vibration (ou d'oscillation) ?

ANNEXE

