

DM4 : Cinétique chimique et régime sinusoïdal forcé

Le travail en groupe est fortement encouragé, vous rendrez une copie par groupe de 3. Attention, tous les membres du groupe doivent avoir fait tout le DM ! Il ne s'agit pas de partager le travail.

Exercice 1 : BOIRE OU CONDUIRE

Un homme boit 66 cl d'une bière forte. L'objet du problème sera de savoir combien de temps il devra attendre avant de reprendre sa voiture sachant qu'en France il n'est autorisé à conduire que si la teneur en alcool de son sang est inférieure à 0,5 g/ℓ.

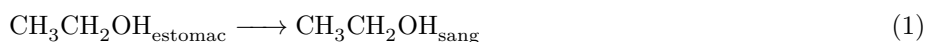
La cinétique de décomposition de l'alcool se fait en deux phases et peut être modélisée de la façon suivante :

- 1ère phase : passage de l'alcool à travers la paroi stomacale dans le sang.
- 2ème phase : oxydation de l'alcool dans le sang.

Nous allons étudier successivement ces deux phases avant d'en tirer les conclusions quant aux conseils à donner à cet automobiliste.

I — Passage de l'alcool à travers la paroi stomacale

La réaction peut se modéliser de la façon suivante :



On adopte les conventions suivantes :

- l'estomac est considéré comme un milieu réactionnel de volume constant V_1 égal pour chaque expérience au volume d'alcool absorbé ;
- on note $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{\text{estomac}}] = C_1 = C_0 - x$; C_0 étant la concentration initiale, c'est à dire au moment de l'absorption.

On réalise l'expérience suivante : un homme boit 250 ml d'un apéritif contenant 1 mole d'éthanol. On mesure la concentration C_1 de l'éthanol dans l'estomac en fonction du temps. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous

t (min)	0,00	1,73	2,80	5,50	18,0	22,0
C_1 (mol.ℓ ⁻¹)	4,0	3,0	2,5	1,6	0,2	0,1

- 1 Définir la vitesse volumique de disparition de l'alcool dans l'estomac. Cette vitesse sera notée v_1 .
- 2 Montrer que v_1 suit une loi cinétique d'ordre 1. Déterminer la valeur de la constante de vitesse k_1 (sans oublier son unité !)
- 3 Le sang et les autres liquides contenus dans le corps seront considérés comme un milieu réactionnel unique, dénommé "sang", de volume $V_2 = 40$ ℓ constant pour toutes les expériences. Calculer la concentration C_2 de l'alcool dans le sang à $t = 18$ min dans le cas où on admet qu'aucune oxydation de l'alcool ne s'est produite.
- 4 Démontrer que la vitesse volumique v_1 de disparition de l'alcool dans l'estomac et la vitesse volumique d'apparition, notée v , de l'alcool dans le sang sont reliées par la formule :

$$v = \frac{V_1}{V_2} v_1 \quad (2)$$

II — Oxydation de l'alcool dans le sang

On injecte directement une certaine quantité d'alcool dans le sang et on détermine la concentration en fonction du temps. (on suppose que l'injection est instantanée et que la concentration de l'alcool dans le sang est uniforme)

t (min)	0	120	240	360	480	600	720
C_2 (10 ⁻² mol/ℓ)	5,00	4,13	3,26	2,39	1,52	0,65	0,00

- 5 Définir la vitesse d'oxydation de l'alcool dans le sang (vitesse de disparition). Cette vitesse sera notée v_2 .
- 6 Montrer que l'oxydation suit une loi cinétique d'ordre 0, c'est à dire que $v_2 = k_2$. Déterminer k_2 (avec son unité !)

III — Boire ou conduire...

Pour déterminer le temps que la personne devra attendre avant de conduire, on est amené à étudier le phénomène absorption-oxydation de l'alcool dans son ensemble. On fait alors l'hypothèse simplificatrice que les lois de vitesse démontrées séparément restent valables.

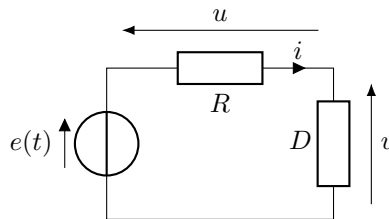
- 7 Calculer la concentration maximale, en mol/ ℓ , tolérée en France de l'alcool dans le sang. (La masse molaire de l'éthanol vaut 46 g/mol, et le taux maximal d'alcoolémie est fixé à 0,5 g/ ℓ).
- 8 Exprimer la vitesse volumique d'apparition de l'alcool dans le sang, $\frac{dC_2}{dt}$, en fonction des vitesses v et v_2 puis en fonction de la concentration C_1 de l'alcool dans l'estomac au temps t , des constantes k_1 et k_2 , des volumes V_1 et V_2 .
- 9 En déduire que $C_2 = C_0 \frac{V_1}{V_2} (1 - \exp(-k_1 t)) - k_2 t$.

En buvant ses deux bières à 8%, le sujet absorbe 66 cℓ et 0,9 mol d'alcool.

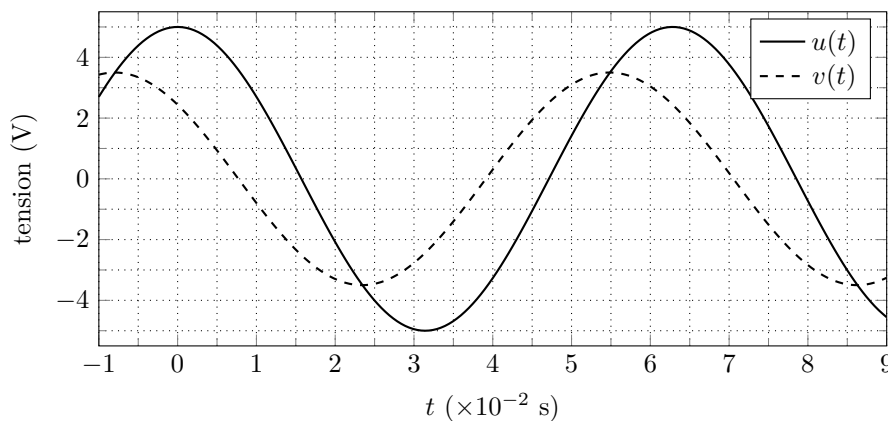
- 10 Déterminer l'instant t_{\max} pour lequel la concentration en éthanol est maximale dans le sang.
- 11 Calculer cette concentration. Peut-il conduire ?
- 12 On remarque que au delà de t_{\max} la courbe peut s'apparenter à une droite. Quelle est la pente de cette droite ? En déduire le temps au bout duquel l'automobiliste pourra reprendre sa voiture.

Exercice 2 : DIPÔLE INCONNU

Dans le montage suivant, le GBF délivre une tension $e(t)$ sinusoïdale de pulsation ω , R est une résistance et D un dipôle inconnu. On note $u(t) = U_m \cos(\omega t)$ et $v(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$ les tensions aux bornes respectivement de R et D .



On visualise à l'oscilloscope $v(t)$ et $u(t)$ et on obtient le graph suivant :



On cherche à utiliser ces résultats graphiques pour déterminer les caractéristiques de D sachant de $R = 100 \Omega$.

1. Déterminer les amplitudes U_m et V_m .
2. Déterminer la pulsation ω des signaux mesurés.
3. La tension v est-elle en avance ou en retard sur la tension u ? En déduire le signe de φ .
4. Déterminer graphiquement le décalage temporel Δt entre les tensions u et v . En déduire la valeur de φ .

On note $\underline{Z} = X + jY$ l'impédance complexe du dipôle D .

5. Exprimer l'intensité complexe \underline{i} en fonction de la tension complexe \underline{u} et de R .
6. Donner la relation entre la tension complexe \underline{v} , \underline{i} et \underline{Z} . En déduire l'expression de \underline{Z} en fonction des tensions complexes \underline{u} et \underline{v} et de R .

7. Montrer que le module et l'argument de \underline{Z} sont donnés par :

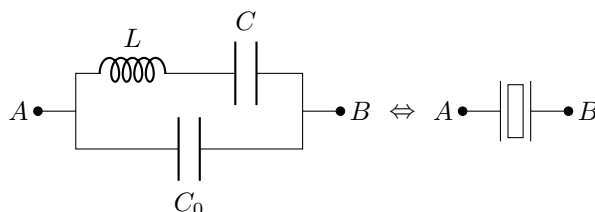
$$Z = |\underline{Z}| = \frac{RV_m}{U_m} \quad \text{et} \quad \arg(\underline{Z}) = \varphi$$

8. Exprimer X et Y en fonction de Z et de φ , en déduire les valeurs numériques de X et de Y . Quel(s) composants peut-on utiliser pour fabriquer le dipôle D ?

Exercice 3 : LE QUARTZ

Dans cette exercice on souhaite étudier un quartz piezo-électrique. C'est un dipôle électrique composé d'un morceau de cristal de quartz disposé entre deux surfaces conductrices. Lorsqu'une tension est appliquée entre les deux surfaces, le cristal de quartz se déforme, induisant une modification de l'impédance du dipôle. Comme le cristal de quartz possède une fréquence de résonance mécanique, le dipôle ainsi formé présente une résonance électrique qui permet de l'utiliser pour fabriquer des oscillateurs très précis utilisés par exemple dans les horloges.

On modélise le quartz par le dipôle électrique ci-dessous :



où on notera $C = aC_0$ avec a une constante. Dans la pratique $a \ll 1$. On donnera les réponses en fonction de L , C_0 , a et ω .

1. Quel est le composant équivalent au quartz en régime permanent ?
2. Montrer que l'impédance équivalente du quartz à la pulsation ω est :

$$\underline{Z} = j \frac{aLC_0\omega^2 - 1}{(a+1)C_0\omega - aLC_0^2\omega^3}$$

On pourra utiliser cette expression dans les questions suivantes même si elle n'a pas été démontrée.

3. Exprimer le module $Z = |\underline{Z}|$ et l'argument φ de \underline{Z} .
4. Donner les limites de Z lorsque $\omega \rightarrow 0$ et $\omega \rightarrow \infty$.
5. Exprimer la pulsation ω_1 pour laquelle Z est nulle et la pulsation ω_2 pour laquelle $Z \rightarrow \infty$. Montrer que $\omega_2 = \sqrt{1+a} \omega_1$. Comment se comporte le quartz pour $\omega = \omega_1$ et pour $\omega = \omega_2$?
6. Représenter graphiquement $Z(\omega)$.
7. Que vaut la phase φ de \underline{Z} dans les domaines suivants : $\omega < \omega_1$, $\omega_1 < \omega < \omega_2$ et $\omega > \omega_2$?
8. Représenter graphiquement $\varphi(\omega)$.