

Exercice n°1 : (10 pts)

Le vin est obtenu par fermentation du jus de raisin.

Lors de la fermentation alcoolique, le glucose présent dans le raisin est dégradé en éthanol et en dioxyde de carbone CO_2 . Lorsque la vinification est terminée, on détecte généralement dans le vin la présence de CO_2 à raison de 200 à 700 mg par litre.

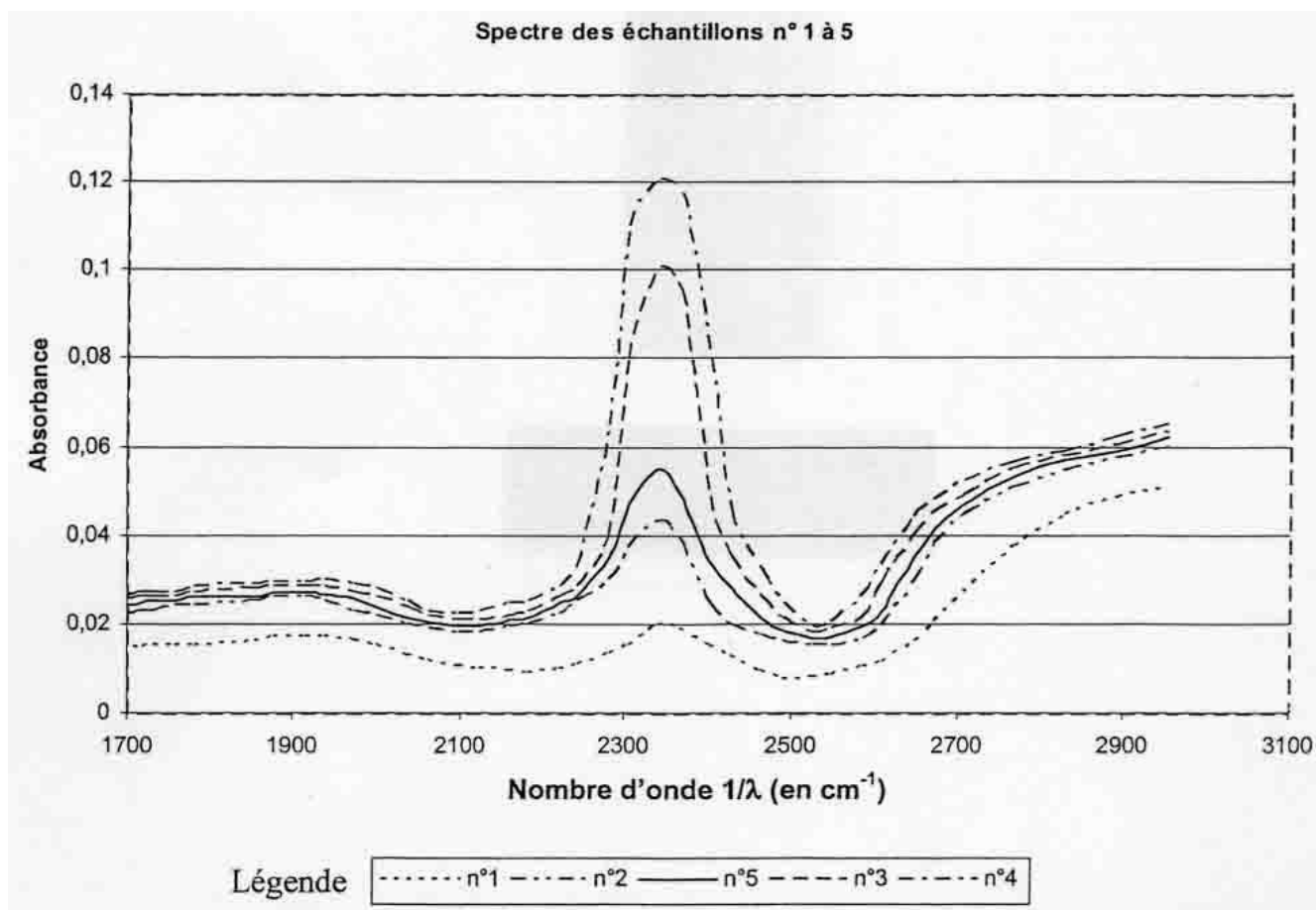
Pour déterminer la concentration en CO_2 d'un vin, les laboratoires d'œnologie analysent, par spectrophotométrie, les échantillons que leur fournissent les viticulteurs.

A l'aide d'un spectrophotomètre, l'absorbance de cet échantillon est mesurée pour une gamme de longueurs d'onde données (situées de part et d'autre du maximum d'absorption dû à la présence de CO_2). Ces mesures sont ensuite reportées sur un graphe constituant le spectre d'absorption de l'échantillon pour la gamme de longueurs d'onde choisie.

Dans tout cet exercice on considèrera que dans la gamme de longueurs d'onde choisies, seul le CO_2 absorbe. Un élève cherche à déterminer la concentration en CO_2 d'un échantillon de vin. Il dispose pour cela de quatre autres échantillons de vin de concentration en CO_2 connues :

Échantillon n°1	$C_1 = 4,5 \text{ mmol.L}^{-1}$
Échantillon n°2	$C_2 = 10,4 \text{ mmol.L}^{-1}$
Échantillon n°3	$C_3 = 24,3 \text{ mmol.L}^{-1}$
Échantillon n°4	$C_4 = 29,5 \text{ mmol.L}^{-1}$
Échantillon n°5	C_5 à déterminer

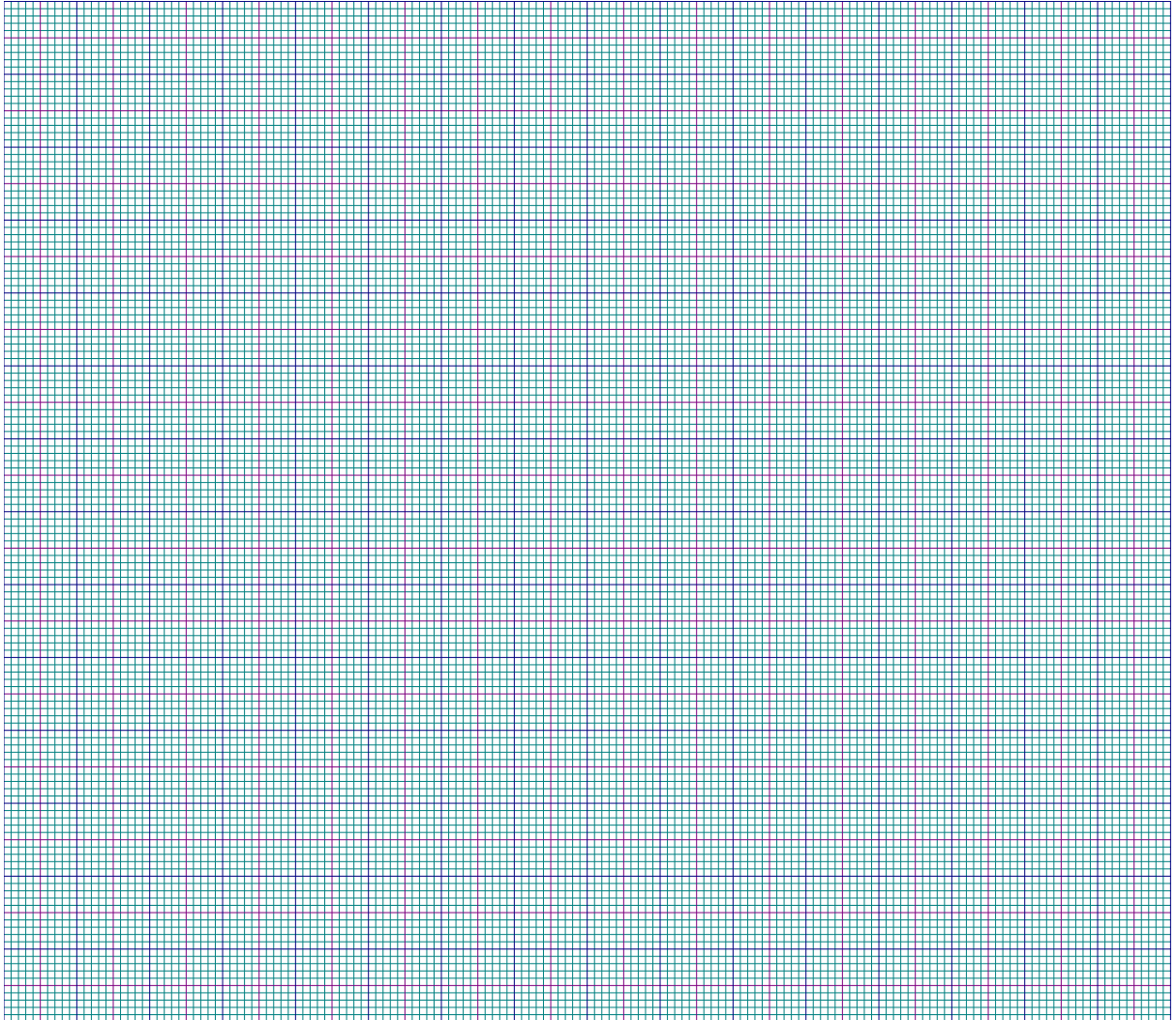
Il réalise le spectre d'absorption de chacun de ces échantillons et obtient le graphe de l'absorbance en fonction de l'inverse de la longueur d'onde (le nombre d'onde $1/\lambda$) donné ci-dessous :



I.1. On se place, pour chaque échantillon, au maximum d'absorption dû au CO_2 .

I.1.a. Déterminer graphiquement et précisément la valeur de l'absorbance pour le maximum d'absorption de chaque échantillon.

I.1.b. Tracer la courbe d'étalonnage $A = f(C)$ représentant l'absorbance de la solution en fonction de la concentration en CO_2 de l'échantillon en utilisant le papier millimétré ci-dessous.



I.1.c. Quelle est l'allure de la courbe tracée à la question **I.1.b.** ? Sans aucun calcul que peut-on en déduire ?

I.2. La loi de Beer-Lambert, pour des solutions homogènes diluées, a pour expression $A = k.C$, où C est la concentration molaire de l'espèce absorbante.

I.2.a. La courbe obtenue à la question **I.1.b.** vous semble-t-elle en accord avec cette loi ?

I.2.b. Utiliser cette courbe pour déterminer la valeur du coefficient k .

I.3.

I.3.a. A l'aide de la courbe, $A = f(C)$, déterminer la concentration en CO_2 de l'échantillon inconnu n°5. Expliciter clairement la démarche suivie.

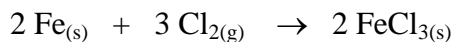
I.3.b. Montrer que la concentration massique en CO_2 de l'échantillon n°5 est de 590 mg/L.

I.3.c. Le vin contenu dans cet échantillon entre-t-il dans la catégorie des vins cités dans le texte (en ce qui concerne sa teneur en CO_2) ?

Données : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Exercice n°2 : (10 pts)

La paille de fer $\text{Fe}_{(s)}$ réagit avec le dichlore $\text{Cl}_{2(g)}$ pour former du chlorure de fer (III) $\text{FeCl}_{3(s)}$ selon l'équation suivante :



C'est une masse $m = 11,2 \text{ g}$ de fer qui réagit avec une quantité de matière $n = 0,25 \text{ mol}$ de dichlore.

II.1. Montrer que la quantité de matière à l'état initial de paille de fer est $n_1 = 0,201 \text{ mol}$.

II.2. Compléter le tableau d'évolution décrivant la transformation chimique en privilégiant l'écriture littérale des expressions.

Equation de la réaction				
Etat d'avancement du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière présentes (mol)		
initial	$x=0$			
en cours de transformation	x			
final	$x=x_{\text{max}}$			

II.3. Utiliser le papier millimétré ci-après pour tracer l'évolution des quantités de matière de Fe, de Cl_2 , et de FeCl_3 qui apparaissent dans l'état en cours de transformation du tableau d'avancement, en fonction de x .

II.4. Déterminer prioritairement à partir du graphique sinon en utilisant le tableau d'avancement :

- la nature du réactif limitant,
- la valeur de l'avancement maximal x_{max}
- la composition du système à l'état final.

Sans oublier d'argumenter votre réponse.

II.5. Déduire du résultat précédent la masse de chlorure de fer III obtenue.

Données : $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Papier millimétré de l'exercice 2

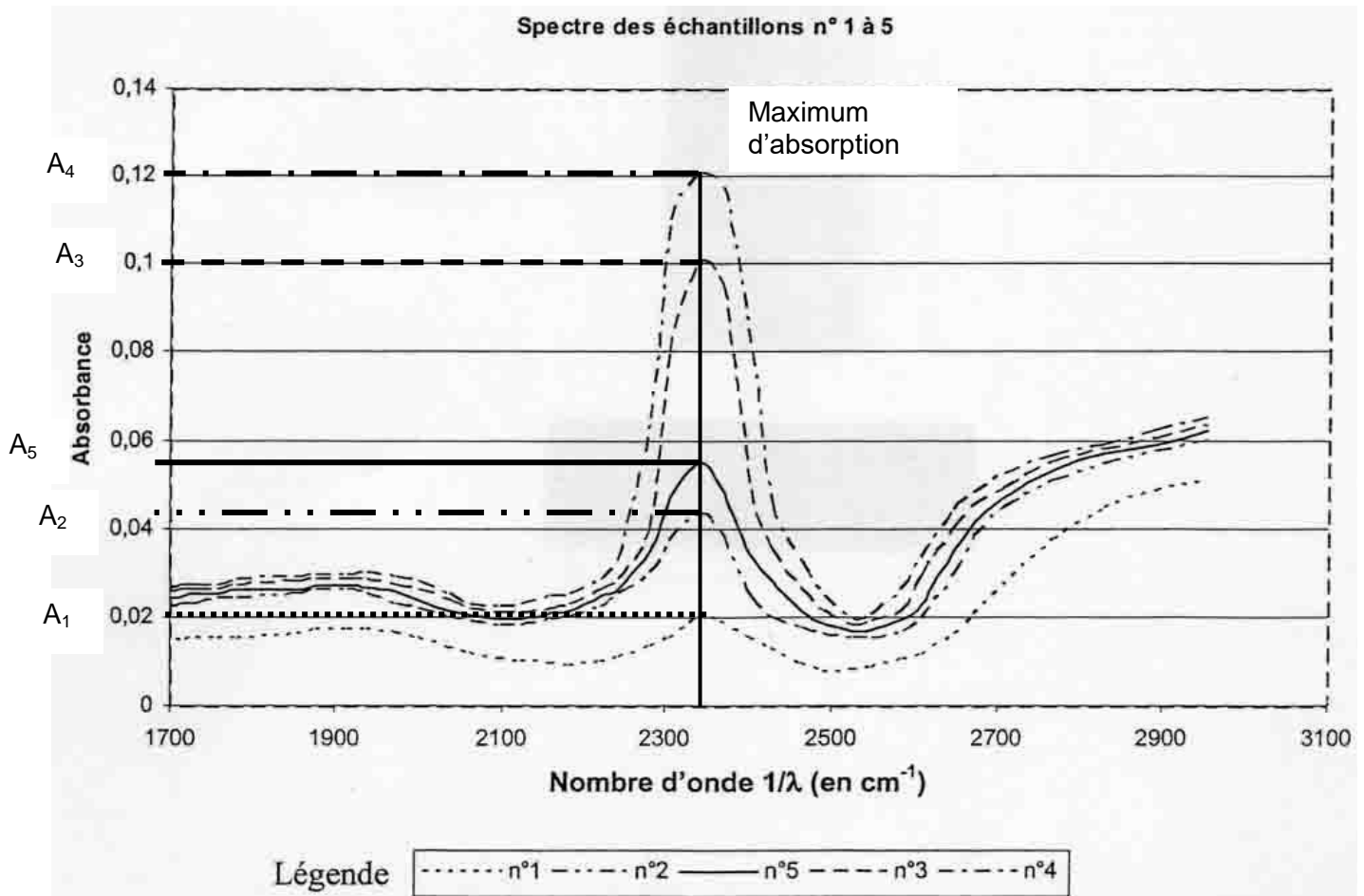


Correction de l'exercice n°1 :

1)a) On commence par déterminer l'échelle de la figure : $0,14 \rightarrow 8,6 \text{ cm}$
 $? \rightarrow 1 \text{ cm}$

soit 1 cm représente $\frac{0,14}{8,6}$.

On mesure la hauteur des pics d'absorption, on calcule l'absorbance A.

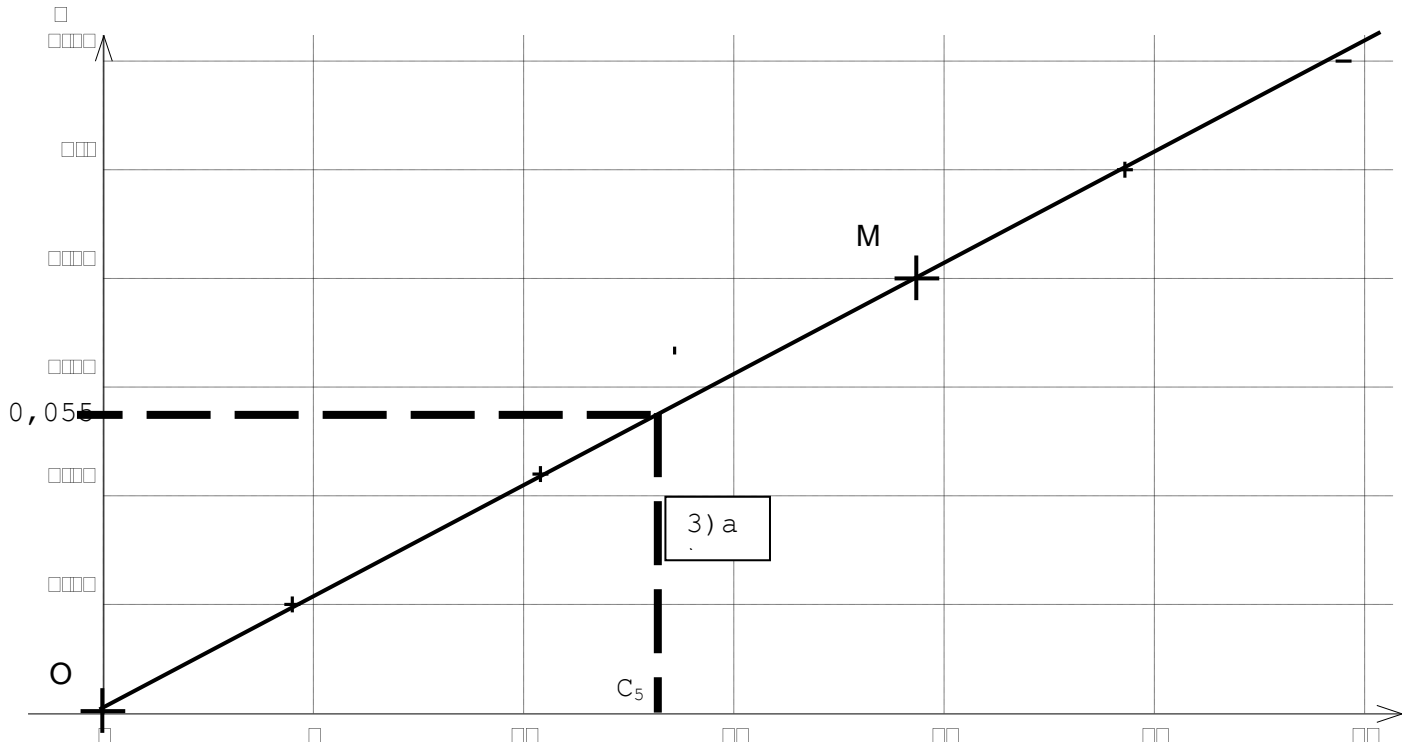


Échantillon	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5
Mesure en cm	1,25	2,7	6,2	7,45	3,4
Absorbance A	A₁ = 0,020	A₂ = 0,044	A₃ = 0,10	A₄ = 0,12	A₅ = 0,055
Concentration en mmol.L ⁻¹	C ₁ = 4,5	C ₂ = 10,4	C ₃ = 24,3	C ₄ = 29,5	à déterminer

On choisit le maximum d'absorption pour λ^{-1} proche de 2300 cm^{-1} quelque soit l'échantillon.

1. b)

Courbe d'étalonnage $A = f(C)$



On trace une droite moyenne, passant au plus près de tous les points.

1. c) La courbe tracée à la question 1.b) est une droite, passant quasiment par l'origine. On peut dire que l'absorbance est proportionnelle à la concentration.

2. a) k est constante donc A est proportionnelle à la concentration, ce qui est en accord avec la courbe obtenue en 1.b)

2. b) La droite a pour équation $A = k.C$ où k représente le coefficient directeur de la droite.

Déterminons ce coefficient directeur : on prend deux points sur la droite $O(C_N = 0, A_N = 0)$ et $M(C_M = 19,5 ; A_M = 0,080)$.

Exprimons la concentration molaire en mol.L^{-1} .

$$C_M = 19,5 \text{ mmol.L}^{-1} = 19,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$k = \frac{A_M - A_O}{C_M - C_O}$$

$$k = \frac{0,080 - 0}{19,5 \cdot 10^{-3} - 0} = 4,1 \text{ L.mol}^{-1}$$

3. a) Voir figure ci-dessus. On détermine l'abscisse du point d'ordonnée $A_5 = 0,055$.

On trouve $C_5 = 13,4 \text{ mmol.L}^{-1}$

3. b) Calculons la concentration massique en CO_2 de l'échantillon 5.

$$t_5 = M_{\text{CO}_2} \cdot C_5$$

$$t_5 = (12 + 2 \times 16) \times 13,4 = \mathbf{590 \text{ mg.L}^{-1}}$$

3. c) Avec une concentration massique de 590 mg/L , ce vin entre donc dans la catégorie des vins cités dans le texte, sa concentration massique étant comprise entre 200 et 700 mg.L^{-1}

Exercice 2

II.1. $n_1 = \frac{m}{M(\text{Fe})}$ A.N. : $n_1 \cong \frac{11,2}{55,8} \cong 0,201 \text{ mol}$.

II.2.

Equation de la réaction		$2 \text{ Fe}_{(s)} + 3 \text{ Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{ FeCl}_{3(s)}$		
Etat d'avancement du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière présentes (mol)		
initial	x=0	n_1	n	0
en cours de transformation	x	$n_1 - 2x$	$n - 3x$	2x
final	$x=x_{\text{max}}$	$n_1 - 2x_{\text{max}}$	$n - 3x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$

II.3.

D'après le tableau d'avancement dans la ligne "en cours de transformation" :

$n(\text{Fe}) = n_1 - 2x$; $n(\text{Cl}_2) = n - 3x$ et $n(\text{FeCl}_3) = 2x$.

Soit numériquement $n(\text{Fe}) = 0,201 - 2x$; $n(\text{Cl}_2) = 0,25 - 3x$ et $n(\text{FeCl}_3) = 2x$.

Voir papier millimétré pour tracé des droites.

II.3.



II.4.