

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

## EXERCICE 1 (30 POINTS)

## 1. Ionisation par LASER

7 POINTS

1.1. Les ondes de longueur d'onde $\lambda_1$ appartiennent au <u>domaine Ultra-Violet</u> car $\lambda_1 < 400 \text{ nm}$ .	1 pt
1.2. L'énergie $E_p$ des photons est donnée par $E_p = \frac{hc}{\lambda_1}$ .	1 pt
Application numérique : avec $\lambda_1 = 3,37 \times 10^{-7} \text{ m}$ , $E_p = 5,89 \times 10^{-19} \text{ J}$ .	1 pt
1.3. L'énergie d'une impulsion est $E_i = \tau N E_p$ .	1 pt
Application numérique : $\tau = 4,00 \times 10^{-9} \text{ s}$ donc $E_i = 3,00 \times 10^{-4} \text{ J} = 300 \mu\text{J}$ .	1 pt
1.4. La puissance P est $P = N E_p$ . Application numérique : $P = 7,50 \times 10^4 \text{ W} = 75,0 \text{ kW}$ .	2 pts

## 2. Accélération des ions

14 POINTS

2.1. Les ions positifs sont soumis à la seule force électrostatique (frottements et poids négligés) $\vec{F} = q\vec{E}$ . Cette force est <b>dans le sens du mouvement</b> puisque la relation fondamentale de la dynamique donne $\vec{F} = m \vec{a}$ . Comme $q > 0$ , $\vec{E}$ est dans <b>le même sens</b> , soit de A vers B.	2 pts (0,5*4)
2.2. On a $E = \frac{U}{d}$ . Application numérique : $E = 1,4 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$ .	2 pts
2.3. On applique le théorème de l'énergie cinétique entre A et B : $E_{C(B)} - E_{C(A)} = W_{AB}$ ( $\vec{F}$ ) Or $E_{C(B)} = \frac{1}{2}mv^2$ et $E_{C(A)} = 0 \text{ J}$ donc $E_{C(B)} = \frac{1}{2}mv^2 = q E d$ , c'est-à-dire $E_{C(B)} = q U$ .	3 pts (1+0,5+1+0,5)
2.4. D'où $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ .	0,5 pt
2.5. Application numérique : $q = e$ car les trois ions monovalents donc $v_H = 3,66 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ ; $v_C = 1,05 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ et $v_M = 9,15 \times 10^4 \text{ m.s}^{-1}$ .	3 pts (1*3)
2.6. Les conversions donnent $m_H = 1,0073 \text{ u}$ ; $m_C = 12,098 \text{ u}$ et $m_M = 16,129 \text{ u}$ .	1,5 pt
On identifie donc les pics des ions $H^+$ , $C^+$ et $CH_4^+$ sur les schémas 2 a) et 2b).	2 pts (0,5*4)

## 3. Vol des ions

9 POINTS

3.1. Sans champ $\vec{E}$ , <b>aucune force ne s'exerce sur les ions</b> et le principe de l'inertie dans le référentiel galiléen du laboratoire (ou 1ère loi de Newton) permet de dire que le vecteur vitesse est constant et <b>le mouvement est rectiligne et uniforme</b> . Le point C est donc sur la droite (AB), à l'intersection avec la grille $G_3$ .	3 pts (1 +1 +1)
3.2. Le temps de vol est $t = \frac{L}{v}$ .	1 pt
3.3. On en déduit $t = L \sqrt{\frac{m}{2eU}}$ . Donc $t^2 = L^2 \frac{m}{2eU}$ et $t^2$ augmente linéairement avec m.	2 pts (1+1)
3.4. AN : $L = 2,30 \times 10^{-1} \text{ m}$ ; $t_H = 4,40 \times 10^{-4} \text{ s}$ ; $t_C = 1,52 \times 10^{-3} \text{ s}$ et $t_M = 1,75 \times 10^{-3} \text{ s}$ .	3 pts

## EXERCICE 2 (30 POINTS)

### 1. Viscosité du diazote liquide

13 POINTS

1.1.1. Pour un fluide rhéofluidifiant $n < 1$ .	1,5 pt
1.1.2. Pour un fluide newtonien $n = 1$ .	1,5 pt
1.2.1. La dimension de M est, en équation aux dimensions : $[M] = \frac{[h][\omega][R_1^3]}{[R_2 - R_1]} [\eta] = L^3 T^{-1} [\eta] = L^3 T^{-1} \times M L^{-1} T^{-1} = M L T^{-2} \times L$ soit en N.m.	2 pts
1.2.2. On peut écrire : $M = \left[ 2\pi h \omega \frac{(R_2)^5}{R_2 - R_1} \right] \eta$ donc $M = K \eta$ avec $K = 2 \pi h \omega \frac{R_2^5}{R_2 - R_1}$ .	1 pt
AN : $h = 8,00 \times 10^{-3} \text{ m}$ ; $R_1 = 5,50 \times 10^{-3} \text{ m}$ ; $R_2 = 6,00 \times 10^{-3} \text{ m}$ ; $K = 1,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .	1 pt
1.2.3. Des relations $M_{O_2} = K \eta_{O_2}$ et $M_{N_2} = K \eta_{N_2}$ , on déduit $\eta_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_{O_2}} \eta_{O_2}$ .	2 pts
Application numérique : $\eta_{N_2} = 1,90 \times 10^{-4} \text{ Pa.s}$ .	1 pt
1.2.4. La viscosité dynamique diminue lorsque la température augmente	1 pt

### 2. Équilibre liquide/vapeur du diazote

17 POINTS

#### 2.1. Étude graphique

2.1.1. Le point critique est le point où il n'y a plus de distinction entre liquide et gaz.	1 pt
Le point critique X est au sommet de la courbe de saturation en annexe 2.	1 pt
2.1.2. Le point de rosée R est à l'intersection entre la courbe de rosée (côté vapeur) et l'isotherme horizontale à $T_1 = 104 \text{ K}$ , pour laquelle $P_s = 10,00 \text{ bar}$ d'après le document 3. Le point d'ébullition E est à l'intersection de cette isotherme et de la courbe d'ébullition (coté liquide).	3 pts
2.1.3. On relève par exemple à $T_1 = 104 \text{ K}$ : $u_L = 0,0015 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ et $u_V = 0,024 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . On complète le tableau-réponse, annexe 1.	2 pts (0,5*4)
2.1.4. En ce point les volumes massiques $u_L$ et $u_V$ sont égaux.	1 pt

#### 2.2. Étude énergétique

2.2.1. La relation de Clapeyron donne $L_v = T \frac{dP_s}{dT} (u_V - u_L)$	2 pts
T est en K ; la pente $\frac{dP_s}{dT}$ en $\text{Pa} \cdot \text{K}^{-1}$ ; les volumes massiques $u_V$ et $u_L$ en $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ; $L_v$ en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .	1 pt (0,25*4)
2.2.2. Conversion de la pente : pour $T_1 = 104 \text{ K}$ , $\frac{dP_s}{dT} = 0,6543 \text{ bar} \cdot \text{K}^{-1} = 6,543 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{K}^{-1}$ . On complète alors le tableau-réponse en annexe 1.	2 pts (1*2)
2.2.3. La chaleur latente au point critique X est nulle. Aucune énergie n'est plus à échanger puisque il n'y a plus de changement d'état.	2 pts
2.2.4. La chaleur latente $L_v$ diminue lorsque la température augmente.	2 pts

## ANNEXE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

## Exercice 1

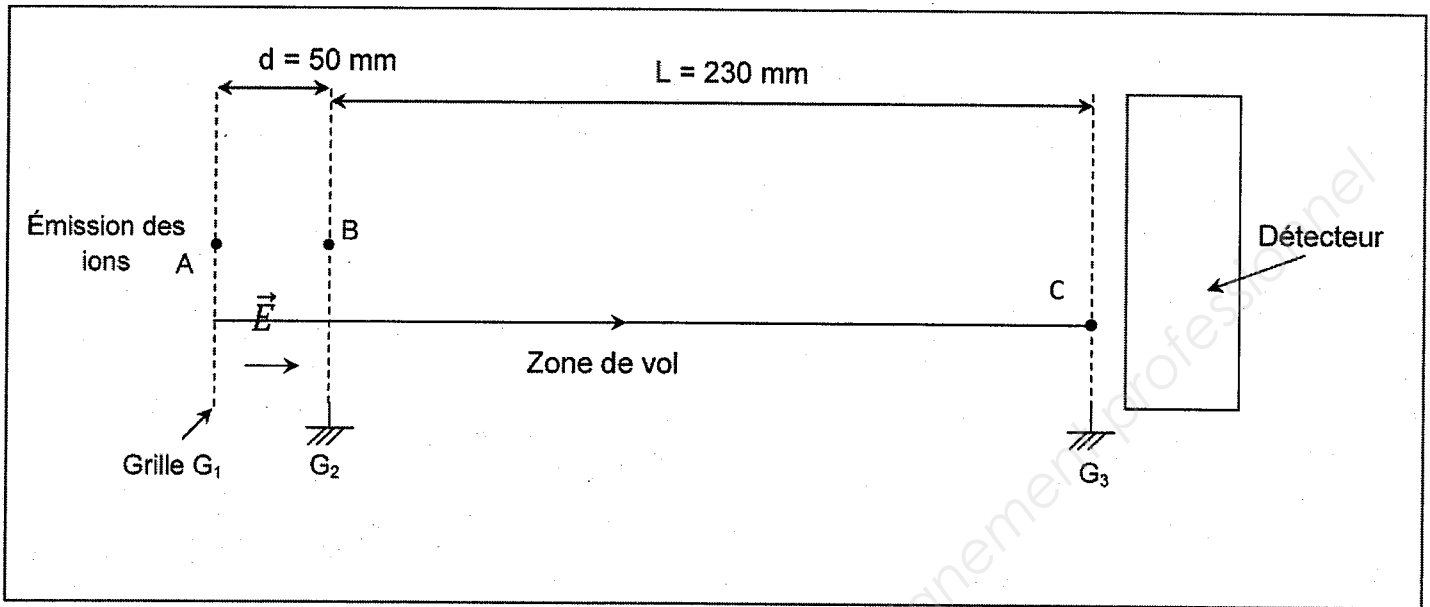
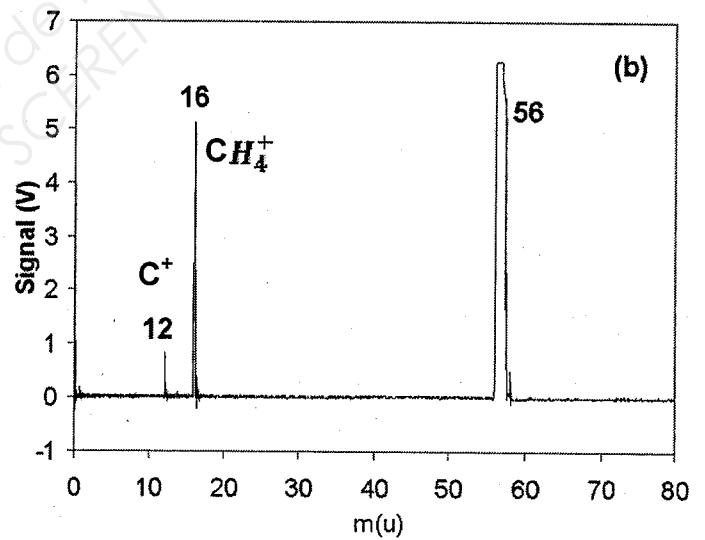
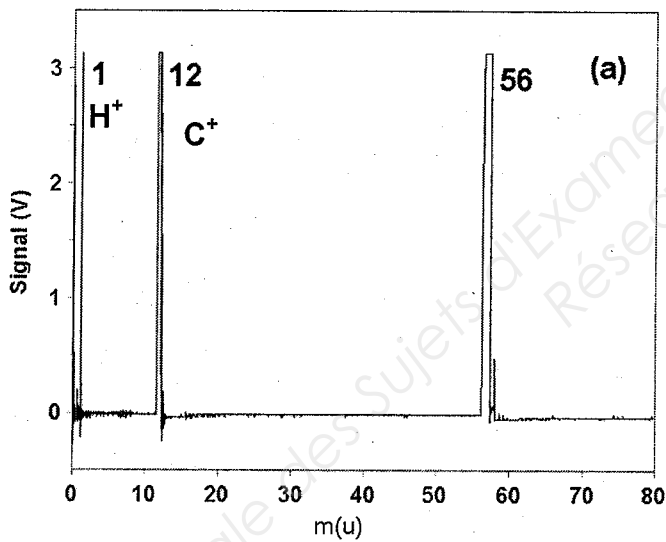


Schéma n°1 (à compléter) : Spectromètre à temps de vol



Schémas n°2 a et b (à compléter) : Signaux détectés

## Exercice 2

T (K)	$T_1 = 104 \text{ K}$	$T_4 = 120 \text{ K}$
$\frac{dP_s}{dT}$ (bar.K <sup>-1</sup> )	0,6543	1,261
$u_L$ (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> )	0,0015	0,002
$u_V$ (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> )	0,024	0,008
$L_V$ (J.kg <sup>-1</sup> )	$1,6 \times 10^5$	$0,9 \times 10^5$

Tableau-réponse (à compléter)

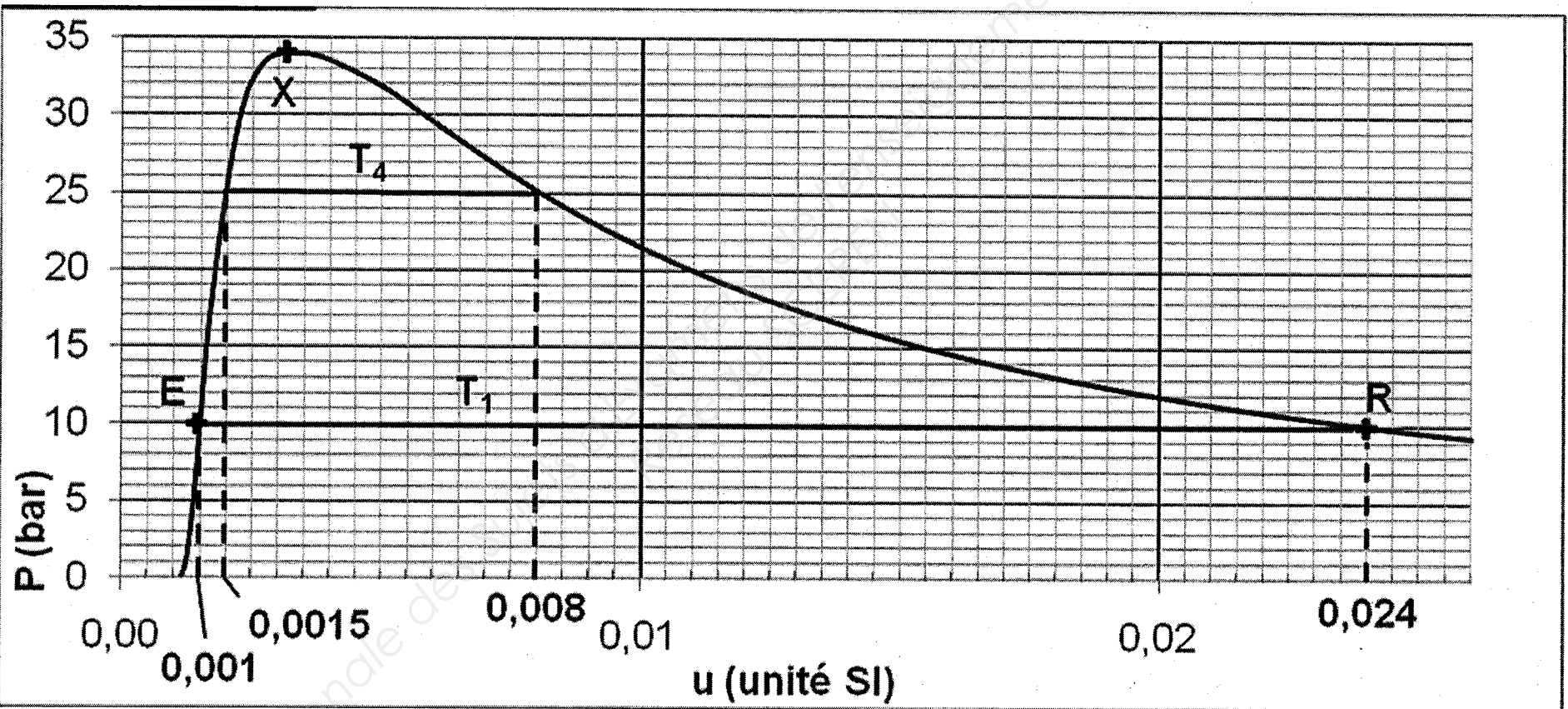


Schéma 3 (à compléter) : Courbe de saturation du diazote