

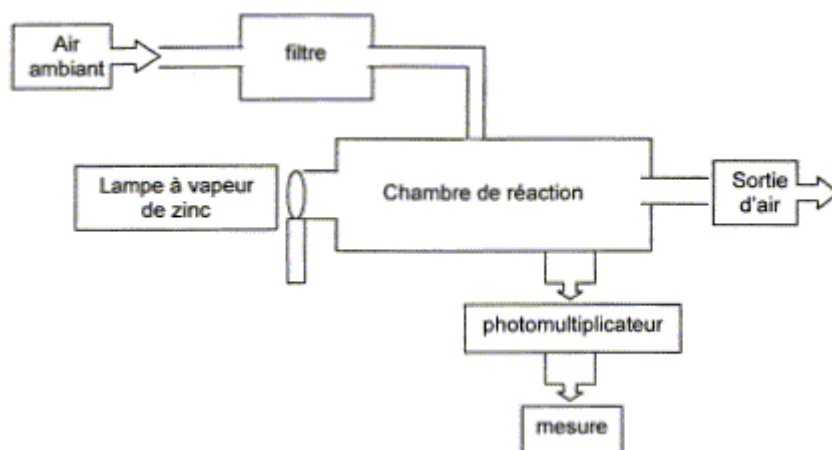
TS	Chimie	Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air dans une grande agglomération	Exercice résolu
----	--------	---	-----------------

Enoncé

Dans cet exercice, on se propose d'étudier l'une des méthodes permettant de déterminer la concentration en dioxyde de soufre dans l'air : la fluorescence ultraviolette (UV).

Principe de la méthode :

Dans l'air ambiant, les molécules de dioxyde de soufre SO_2 sont dans un état d'énergie "fondamental" stable E_0 . L'air ambiant est aspiré par un analyseur, filtré pour éliminer les éléments "parasites" pour la mesure, puis envoyé dans une chambre de réaction dans laquelle il est soumis à un rayonnement ultraviolet dont la longueur d'onde est $\lambda_1 = 214 \text{ nm}$ et provenant d'une lampe à vapeur de zinc. Les molécules de dioxyde de soufre de l'air sont ainsi portées dans un état d'énergie E_1 . Cet état



étant instable, le dioxyde de soufre de l'air se désexcite alors très rapidement et arrive dans un état d'énergie E_2 différent de E_0 en émettant un rayonnement UV de longueur d'onde λ_2 supérieure à celle du rayonnement d'excitation. Le rayonnement UV est reçu par un photomultiplicateur qui donne alors une tension de sortie U_s proportionnelle à la concentration en dioxyde de soufre présent dans la chambre de réaction.

Données :

- Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- Célérité de la lumière : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- $1,0 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Pour le dioxyde de soufre : $1,0 \text{ ppbv}$ (partie par milliard en volume) = $2,66 \mu\text{g.m}^{-3}$

A. Première partie : étude du diagramme simplifié des niveaux d'énergie

1. Comment qualifie-t-on l'état d'énergie E_1 de la molécule de dioxyde de soufre ?
2. En s'aidant du texte, placer sur le diagramme en annexe 3 les états d'énergie E_0 , E_1 et E_2 .

B. Deuxième partie : étude de la transition entre les états d'énergie E_0 et E_1

1. Cette transition correspond-elle à une émission ou une absorption de lumière ?
2. Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 1.
3. Donner l'expression littérale de l'énergie ΔE_1 correspondant à la transition en fonction des données. La calculer en eV.

C. Troisième partie : étude de la transition entre les états d'énergie E_1 et E_2

Au cours de cette transition les molécules échangent avec l'extérieur une quantité d'énergie $\Delta E_2 = 3,65 \text{ eV}$.

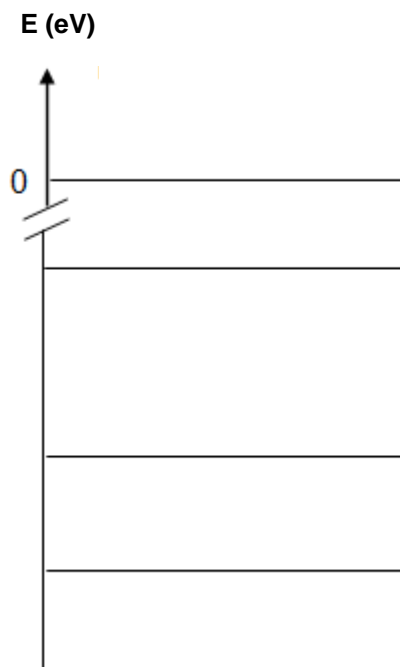
1. Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 2.
2. Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_2 de la radiation émise. Cette radiation est-elle bien dans le domaine de l'ultraviolet ?

D. Quatrième partie : détermination de la concentration en dioxyde de soufre

L'appareil est étalonné à l'aide d'un échantillon de concentration en dioxyde de soufre de 100 ppbv (partie par milliard en volume). La tension à la sortie du photomultiplicateur est $U_0 = 0,50 \text{ V}$. On effectue une mesure pour l'air d'une grande agglomération et on trouve $U_1 = 0,15 \text{ V}$.

1. Déterminer la concentration $[\text{SO}_2]_1$ (en ppbv) en dioxyde de soufre pour l'air de l'agglomération.
2. La limite admise $[\text{SO}_2]_{\text{max}}$ pour une personne étant de $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, l'air de la grande agglomération est-il respirable sans danger ?

Annexe



Corrigé

A. Première partie : étude du diagramme simplifié des niveaux d'énergie

1. Comment qualifie-t-on l'état d'énergie E_1 de la molécule de dioxyde de soufre ?

$E_1 > E_0$: pour passer de l'état fondamental à l'état d'énergie E_1 , la molécule de dioxyde de soufre absorbe de l'énergie. L'état d'énergie E_1 est donc un état excité.

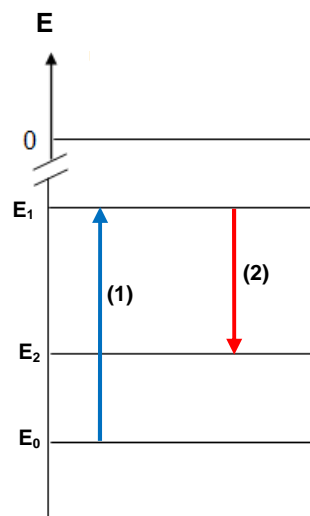
2. En s'aidant du texte, placer sur le diagramme en annexe 3 les états d'énergie E_0 , E_1 et E_2 .

L'état fondamental E_0 correspond à l'état de plus basse énergie.

L'état ionisé correspond à $E = 0$ eV.

Les deux états intermédiaires sont des états excités. Sachant que la molécule en l'état d'énergie E_1 peut se désexciter pour arriver à un état d'énergie E_2 différent de E_0 , on en déduit que $E_2 < E_1$.

Finalement : $E_0 < E_2 < E_1 < 0$

B. Deuxième partie : étude de la transition entre les états d'énergie E_0 et E_1

1. Cette transition correspond-elle à une émission ou une absorption de lumière ?

Il s'agit d'une absorption de lumière (d'un photon) car la molécule passe d'un état d'énergie E_0 à un état plus élevé E_1 .

2. Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 1.

Voir schéma plus avant.

3. Donner l'expression littérale de l'énergie ΔE_1 correspondant à la transition en fonction des données. La calculer en eV.

$$\Delta E_1 = E_1 - E_0 = h \cdot \nu_1$$

$$\text{Or : } \nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \Delta E_1 = \frac{h \cdot c}{\lambda_1} \quad \text{soit : } \Delta E_1 = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{2,14 \times 10^{-7}} = 9,29 \times 10^{-19} \text{ J ou } 5,81 \text{ eV}$$

C. Troisième partie : étude de la transition entre les états d'énergie E_1 et E_2

1. Représenter sur le diagramme cette transition par une flèche notée 2.

Il s'agit d'une émission de lumière car la molécule passe d'un état d'énergie E_1 à un état moins élevé E_2 (voir schéma plus avant).

2. Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_2 de la radiation émise. Cette radiation est-elle bien dans le domaine de l'ultraviolet ?

$$\Delta E_2 = E_1 - E_2 = h \cdot \nu_2$$

$$\text{Or : } \nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} \Rightarrow \Delta E_2 = \frac{h \cdot c}{\lambda_2} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = \frac{h \cdot c}{\Delta E_2}$$

$$\text{Soit : } \lambda_2 = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,65 \times 1,60 \times 10^{-19}} = 3,41 \times 10^{-7} \text{ m ou } 341 \text{ nm}$$

Il s'agit bien d'une radiation dans l'ultra-violet car $\lambda_2 < 400$ nm.

D. Quatrième partie : détermination de la concentration en dioxyde de soufre

1. Déterminer la concentration $[SO_2]_1$ (en ppbv) en dioxyde de soufre pour l'air de l'agglomération.

La tension de sortie U_s proportionnelle à la concentration en dioxyde de soufre présent dans la

chambre de réaction : $\frac{[SO_2]_1}{[SO_2]_0} = \frac{U_1}{U_0} \Rightarrow [SO_2]_1 = [SO_2]_0 \cdot \frac{U_1}{U_0}$ soit : $[SO_2]_1 = 100 \times \frac{0,15}{0,50} = 30$

ppbv ou $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

2. La limite admise $[SO_2]_{max}$ pour une personne étant de $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, l'air de la grande agglomération est-il respirable sans danger ?

$[SO_2]_1 > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$: la concentration en dioxyde de soufre est supérieure à la limite admise et l'air de la grande agglomération n'est pas respirable sans danger.