Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air d'une grande agglomération

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Comment appelle-t-on l'état d'énergie E_1 de la molécule de dioxyde de soufre ?

L'état E_0 est l'état fondamental, le plus stable. L'état E_1, d'énergie plus élevée et instable, est atteint après absorption du rayonnement ultraviolet.

E_1 est un **état excité** de la molécule.

1.2 Placer sur le diagramme en annexe les états d'énergie E_0, E_1 et E_2, en justifiant la démarche.

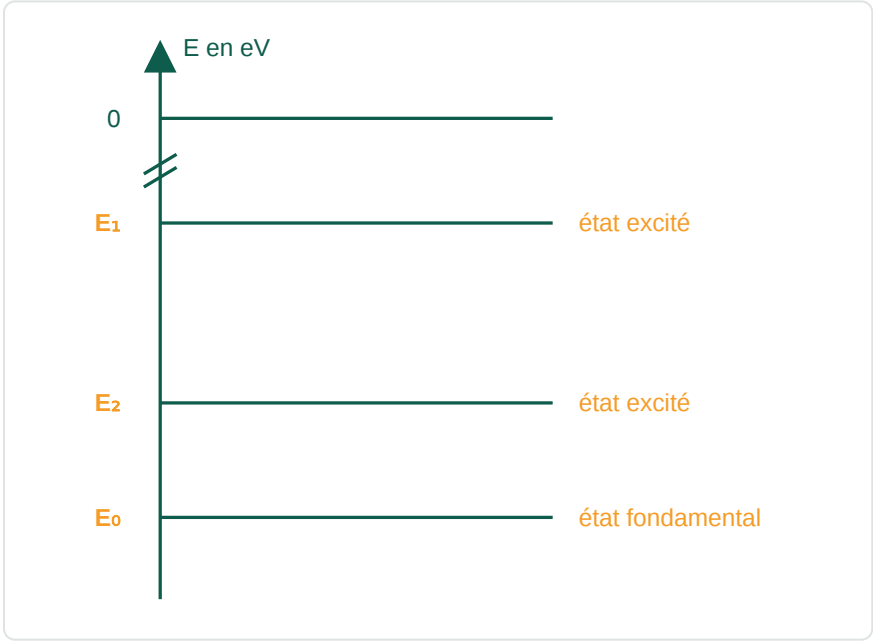
L'état fondamental est celui de plus basse énergie : E_0 est le niveau le plus bas.

En passant de E_1 à E_2, la molécule émet un rayonnement : elle perd de l'énergie, donc $E_2 < E_1$.

Le rayonnement émis a une longueur d'onde $\lambda_2 > \lambda_1$: l'énergie libérée $E_1 - E_2$ est plus petite que l'énergie absorbée $E_1 - E_0$, donc $E_2 > E_0$ (le texte précise d'ailleurs que E_2 diffère de E_0).

$E_0 < E_2 < E_1$: de bas en haut, E_0, E_2, puis E_1.

COMPRENDRE
Toutes ces énergies sont négatives : le zéro, placé en haut de l'axe, correspond à la molécule ionisée. Plus un niveau est bas, plus l'état est stable.



1.2 · Annexe complétée : les trois niveaux d'énergie

2.1 La transition entre les états E_0 et E_1 correspond-elle à une émission ou à une absorption de lumière ? Justifier.

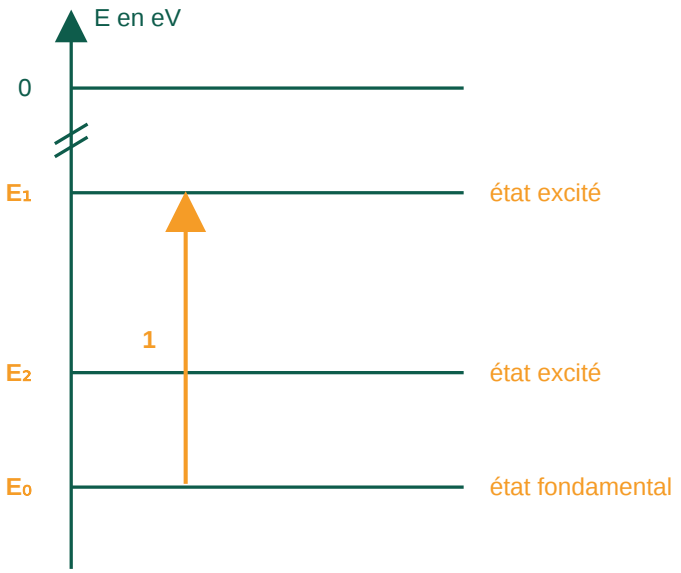
La molécule passe de l'état fondamental E_0 à l'état E_1 d'énergie supérieure : elle gagne de l'énergie. Cette énergie lui est fournie par le rayonnement de la lampe à vapeur de zinc.

C'est une **absorption** : la molécule absorbe un photon de longueur d'onde λ_1.

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

Flèche 1 verticale, orientée vers le haut, du niveau E_0 au niveau E_1 .

PIÈGE
Le sens de la flèche compte : vers le haut pour une absorption. Elle part exactement d'un niveau et s'arrête exactement sur l'autre.



2.2 · Annexe : flèche 1, absorption du photon de longueur d'onde λ₁

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

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\lambda_1 = 214$ nm ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

L'énergie du photon absorbé est égale à l'écart entre les deux niveaux :

$$\Delta E_1 = E_1 - E_0 = \frac{h\,c}{\lambda_1}$$

$$\Delta E_1 = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{214 \times 10^{-9}} = 9{,}29 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

En électronvolts : $\Delta E_1 = \dfrac{9{,}29 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}}$

$$\Delta E_1 = 5{,}81\ \text{eV}$$

PIÈGE
Laisser λ_1 en nanomètres : la relation exige des mètres ($214\ \text{nm} = 214 \times 10^{-9}$ m). Pour passer des joules aux électronvolts, on divise par $1{,}60 \times 10^{-19}$.

COMPRENDRE
Toutes les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

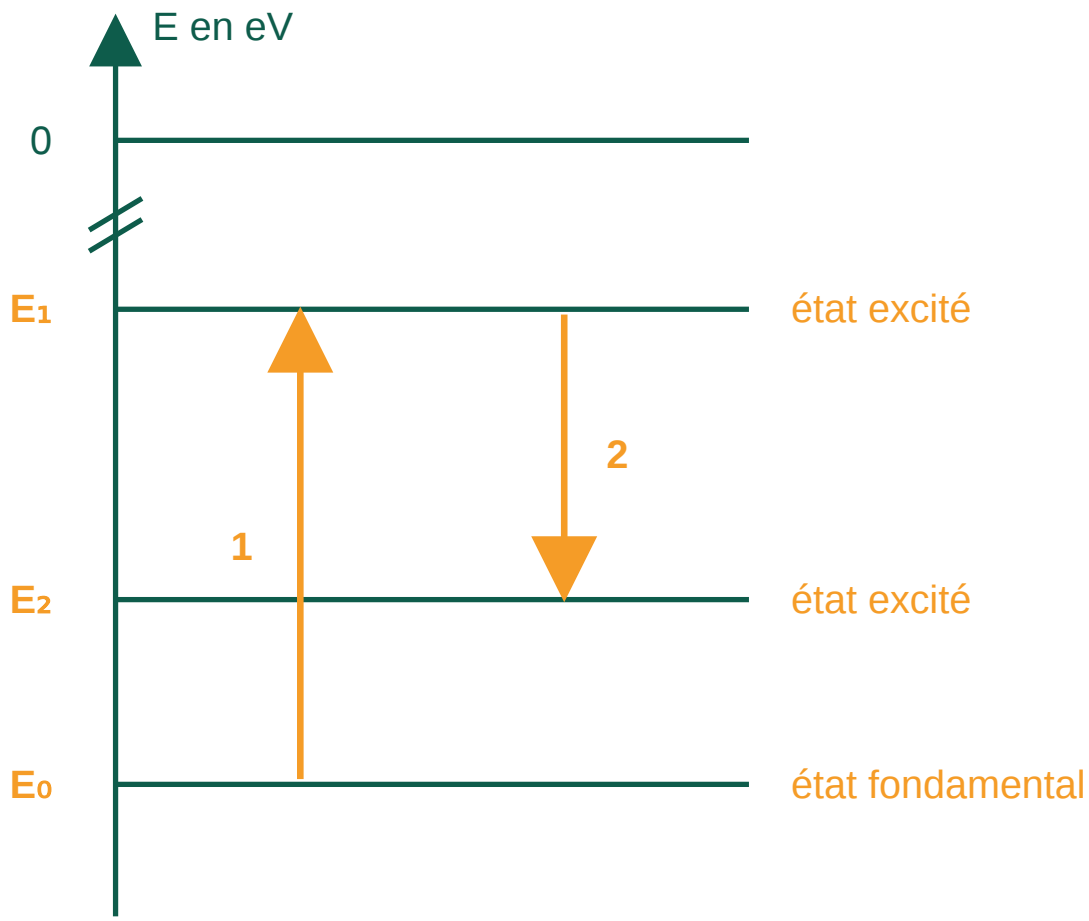
$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{214 \times 10^{-9}} \approx 9.294393 \times 10^{-19}$$

$$\frac{\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{214 \times 10^{-9}}}{1.60 \times 10^{-19}} \approx 5.808995$$

3.1 Représenter sur le diagramme la transition entre les états E_1 et E_2 par une flèche notée 2.

La molécule se désexcite en émettant un rayonnement : elle descend du niveau E_1 au niveau E_2.

Flèche 2 verticale, orientée vers le bas, du niveau E_1 au niveau E_2.



3.1 · Annexe : flèche 2, émission du photon de longueur d'onde λ2

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

Données utiles $\Delta E_2 = 3{,}65$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Le photon émis emporte l'énergie $\Delta E_2 = \dfrac{h\,c}{\lambda_2}$, donc $\lambda_2 = \dfrac{h\,c}{\Delta E_2}$, avec ΔE_2 en joules.

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

Le domaine visible s'étend de 400 nm à 800 nm environ ; l'ultraviolet correspond aux longueurs d'onde inférieures à 400 nm.

$\lambda_2 = 341\ \text{nm} < 400\ \text{nm}$: la radiation émise est bien dans l'**ultraviolet**.

PIÈGE
Utiliser ΔE_2 en eV dans la formule : il faut d'abord la convertir en joules en multipliant par $1{,}60 \times 10^{-19}$.

COMPRENDRE
On retrouve $\lambda_2 > \lambda_1$, comme l'annonce le texte : l'énergie émise (3,65 eV) est inférieure à l'énergie absorbée (5,81 eV).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{3.65 \times 1.60 \times 10^{-19}} \approx 3.405822 \times 10^{-7}$$

4.1 Déterminer la concentration $[SO_2]_1$ en dioxyde de soufre pour l'air de la grande agglomération, en ppbv.

Données utiles étalonnage : $[SO_2]_0 = 100$ ppbv pour $U_0 = 0{,}50$ V ; mesure : $U_1 = 0{,}15$ V

La tension de sortie est proportionnelle à la concentration : $U_S = k\,[SO_2]$, avec le même coefficient k pour l'étalon et pour la mesure.

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{[SO_2]_1}{[SO_2]_0} \quad \text{donc} \quad [SO_2]_1 = [SO_2]_0 \times \frac{U_1}{U_0} = 100 \times \frac{0{,}15}{0{,}50}$$

$$\boxed{[SO_2]_1 = 30 \text{ ppbv}}$$

MÉTHODE
Étalonnage par un seul point : dès que la grandeur mesurée est proportionnelle à la concentration, un rapport de mesures donne le rapport des concentrations.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{100 \times 0.15}{0.50} \approx 30$$

4.2 La limite admise pour une personne étant de $50\ \mu g \cdot m^{-3}$ de gaz, l'air de la grande agglomération est-il respirable sans danger ?

Données utiles $[SO_2]_1 = 30$ ppbv (4.1) ; 1 ppbv $= 2{,}66\ \mu g \cdot m^{-3}$ pour le dioxyde de soufre

Conversion en concentration en masse : $[SO_2]_1 = 30 \times 2{,}66 = 80\ \mu g \cdot m^{-3}$ (deux chiffres significatifs, comme les tensions).

$80\ \mu g \cdot m^{-3} > 50\ \mu g \cdot m^{-3}$: la limite est dépassée, cet air n'est **pas respirable sans danger**.

PIÈGE
Comparer directement 30 ppbv à la limite de 50 : les deux valeurs ne sont pas dans la même unité. Il faut convertir avant de conclure.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$30 \times 2.66 \approx 79.8$$