Exercice 3 : Détermination de la concentration en dioxyde de soufre de l'air d'une grande agglomération (4 points)

On se propose d'étudier dans cet exercice une des méthodes permettant de déterminer la concentration en dioxyde de soufre dans l'air : la fluorescence ultraviolet (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 λ_1 = 214 nm et provenant d'une lampe à vapeur de zinc (figure 1). 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 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.

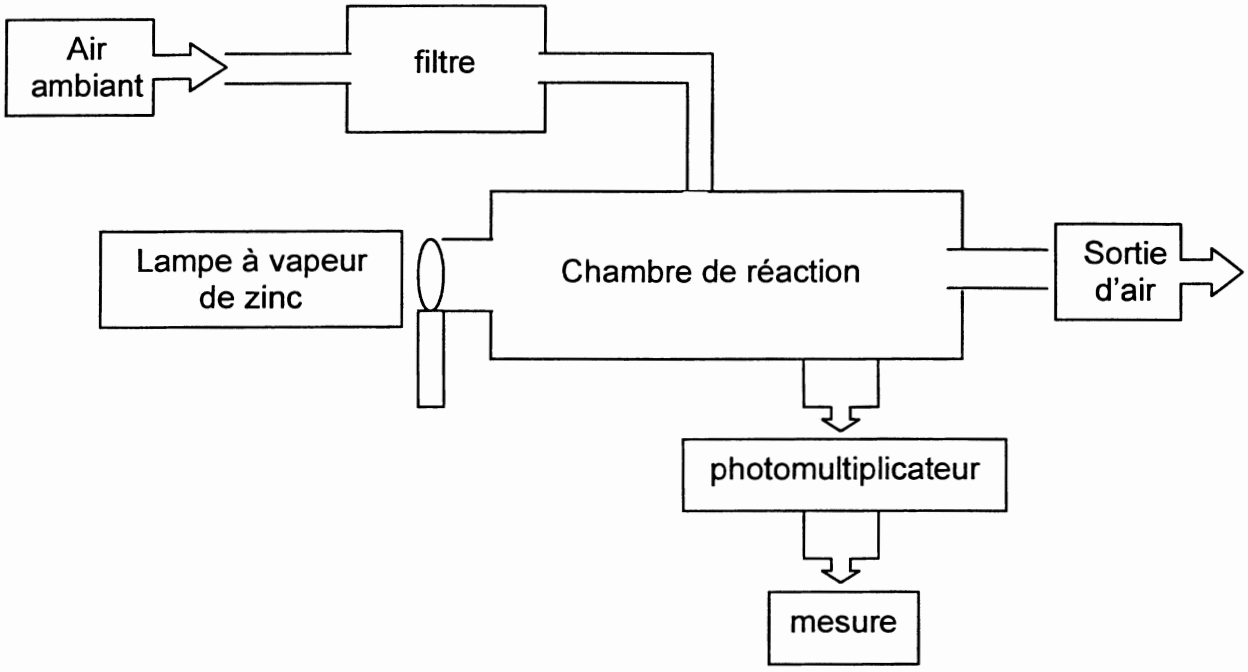

Figure 1 : schéma simplifié d'un analyseur de fluorescence ultraviolet

Données :

- $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s
- $c = 3{,}00\times10^{8}$ m.s^{-1}
- 1 eV = $1{,}60\times10^{-19}$ J
- 1 ppbv (partie par milliard en volume) = 2,66 µg.m^{-3} pour le dioxyde de soufre

1. Étude du diagramme simplifié des niveaux d'énergie.

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

1.2 En vous aidant du texte, placer sur le diagramme **en annexe, page 12, à rendre avec la copie**, les états d'énergie E_0, E_1 et E_2, en justifiant la démarche.

2. Étude de la transition entre les états d'énergie E_0 et E_1.

2.1 Cette transition correspond-elle à une émission ou une absorption de lumière ? Justifier la réponse.

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

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

3. 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 ΔE_2 = 3,65 eV.

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

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

4. Détermination de la concentration en dioxyde de soufre dans l'air de la grande agglomération.

4.1 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 V. On effectue une mesure pour l'air d'une grande agglomération, on trouve U_1 = 0,15 V.
Déterminer la concentration $[SO_2]_1$ en dioxyde de soufre pour l'air de la grande agglomération en ppbv.

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

Exercice II : Annexe à rendre avec la copie

Question 3.1.3 et 3.3

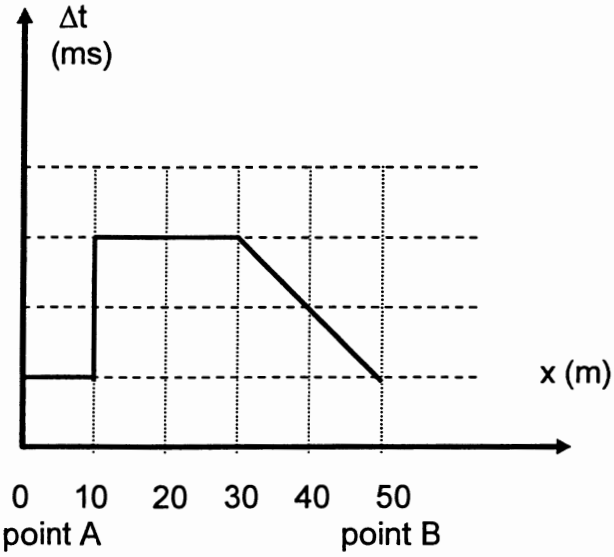

figure 3

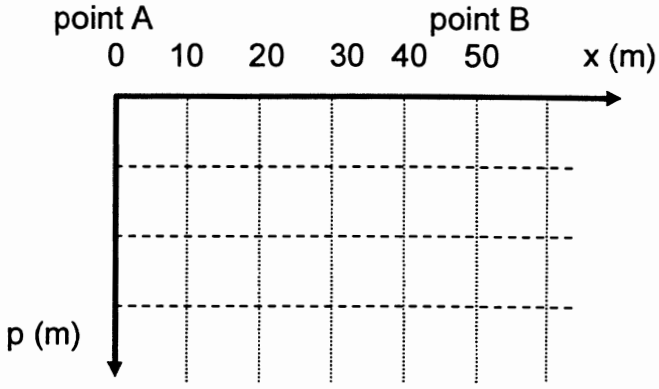

figure 4

Exercice III : Annexe à rendre avec la copie
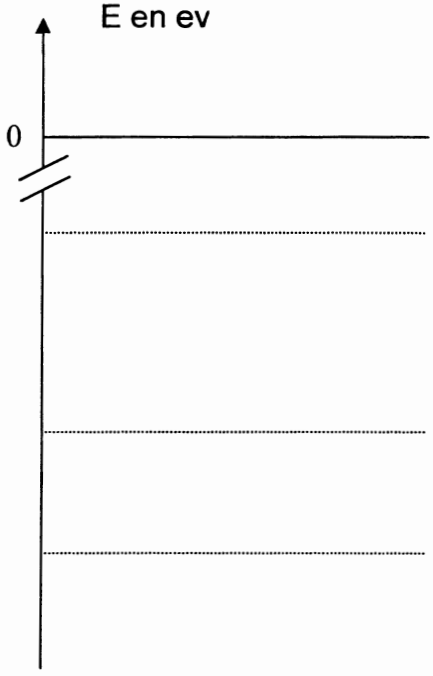
Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de la molécule de dioxyde de soufre sans considération d'échelle