Problème I-5 : Etude de la destruction de la couche d'ozone

Enoncé

La présence d'un "trou d'ozone" dans l'atmosphère terrestre a fait prendre conscience du rôle fondamental joué par cette molécule comme bouclier contre le rayonnement ultra-violet particulièrement dangereux pour les organismes vivants. Cette molécule, formée de trois atomes d'oxygène, a été l'objet de nombreuses recherches, tant sur le plan structural que du point de vue de sa réactivité chimique. ***On supposera, dans tout le problème, que les gaz ont un comportement de gaz parfaits.***

Le cycle de formation et de destruction de l'ozone dans la haute atmosphère peut être compris sur la base d'un modèle réactionnel reposant sur 4 processus élémentaires simultanés de constantes de vitesses j_a, k_b, j_c, k_d :

$$O_2 \longrightarrow O^\bullet + O^\bullet \qquad j_a$$

$$O^\bullet + O_2 + N_2 \longrightarrow O_3 + N_2 \qquad k_b$$

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O^\bullet \qquad j_c$$

$$O^\bullet + O_3 \longrightarrow O_2 + O_2 \qquad k_d$$

Dans tout le problème, on adoptera impérativement les conventions suivantes pour les différentes concentrations :

n_1, n_2, n_3 et n_N respectivement les quantités par unité de volume d'oxygène (atomes cm^{-3}), de dioxygène (molécules cm^{-3}), d'ozone (molécules cm^{-3}) et de diazote (molécules cm^{-3})

NB : Quelle que soit l'altitude où les mesures sont effectuées (0 ou 15 km), les expériences donnent les résultats suivants :

- les concentrations en atomes d'oxygène O et en molécules d'ozone O_3 sont négligeables devant celle de molécules de dioxygène O_2 ;
- la concentration en dioxygène reste indépendante des réactions chimiques qui interviennent ;
- le rapport des concentrations en dioxygène O_2 et diazote N_2 reste égal à 0,25, rapport indépendant des réactions chimiques qui interviennent et de l'altitude.

1- Situer l'oxygène et l'azote dans le tableau périodique.

2- Donner la formule de Lewis du dioxygène et les formes mésomères les plus probables de l'ozone.

 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 5 pages.

3- Quelle est la concentration de dioxygène (en $\text{molécule} \cdot \text{cm}^{-3}$) dans l'atmosphère au niveau de la mer à 300K en appliquant la loi des gaz parfaits ?

4- Est-il fréquent de rencontrer des réactions trimoléculaires telles que (b) ? Pourquoi ?

5- Etablir les lois de vitesse donnant l'évolution des dérivés de n_1, n_2, n_3 par rapport au temps, à une altitude donnée (15 km), en fonction des concentrations et des constantes de vitesse.

Par la suite, tous les calculs seront effectués pour le système chimique envisagé à cette altitude.

6- Quel est le rôle du diazote dans la réaction (b) ?

7- Ce modèle cinétique complexe ne peut être résolu de façon exacte que par des méthodes d'intégration numériques. A partir des observations atmosphériques et des mesures effectuées en laboratoire, il est cependant possible d'introduire une série d'approximations qui permettent d'arriver à un résultat significatif. Que peut-on dire des ordres de grandeurs des variables n_1, n_2, n_3 ?

8- Par ailleurs les expériences de laboratoire indiquent que :

- les contributions des réactions (a) et (d) à la loi de vitesse donnant l'évolution de l'oxygène atomique peuvent être négligées ***<u>en première approximations</u>*** devant celles des réactions (b) et (c), c'est-à-dire que $j_a\, n_2 \ll j_c\, n_3$;
- $k_d\, n_3 \ll k_b\, n_2\, n_N$ et de plus la concentration d'oxygène atomique atteint sa valeur d'équilibre quasi-instantanément.

En déduire l'expression de n_1 en fonction de j_c, n_3, k_b et n_2.

9- Montrer que le fait d'éliminer les réactions (a) et (d) conduirait à des résultats erronés. Pour s'en rendre compte, établir le bilan chimique et montrer que les réactions (a) et (d) doivent être conservées.

10- On considère maintenant le système complet avec les 4 actes élémentaires. Ecrivez la relation donnant la somme des variations des concentrations des composants mineurs, n_1 et n_3 en fonction du temps.

On suppose que n_1 atteint sa valeur d'équilibre quasi-instantanément : en déduire une expression simple de la loi d'évolution de la concentration en ozone n_3 en fonction du temps.

Montrer qu'elle tend vers une valeur limite dont vous donnerez l'expression en fonction de j_a, j_c, k_b, k_d et n_2 (on supposera que la concentration d'ozone est nulle au temps $t = 0$).

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 5 pages.