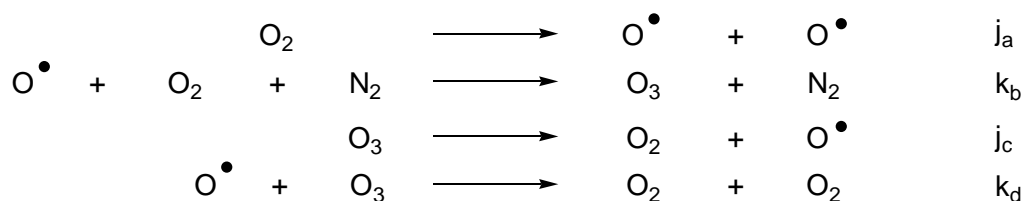


Problème I-5 : Etude de la destruction de la couche d'ozone

Énoncé

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 :



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.

- 3- Quelle est la concentration de dioxygène (en 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 en première approximations 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 $t = 0$).