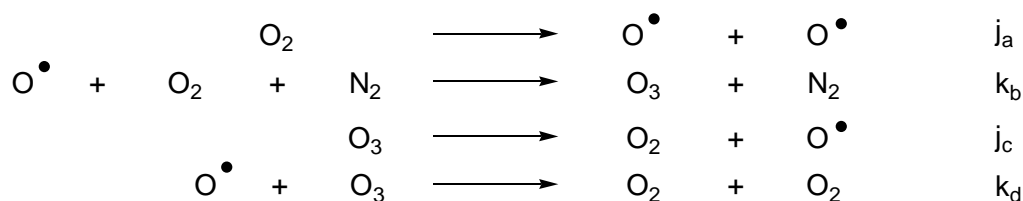


**Problème I-5 : Etude de la destruction de la couche d'ozone**

**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  $\text{cm}^{-3}$ ), de dioxygène (molécules  $\text{cm}^{-3}$ ), d'ozone (molécules  $\text{cm}^{-3}$ ) et de diazote (molécules  $\text{cm}^{-3}$ )

**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  $\text{O}_3$  sont négligeables devant celle de molécules de dioxygène  $\text{O}_2$  ;
- la concentration en dioxygène reste indépendante des réactions chimiques qui interviennent ;
- le rapport des concentrations en dioxygène  $\text{O}_2$  et diazote  $\text{N}_2$  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  $t = 0$ ).