

DM n° 2

Pour le jeudi 19 septembre 2024
MPSI2 – 2024/2025

Consignes

- ▷ Réfléchissez aux exercices proposés, puis soignez le travail de rédaction.
- ▷ Travailler avec cours et TD ouverts est possible : il s'agit d'un entraînement, pas d'une évaluation. En cas de besoin, n'hésitez pas à me poser des questions, à la fin d'un cours ou par mail.
- ▷ On portera une attention particulière à la présentation des copies. Les numéros des questions doivent être mis en évidence et les résultats encadrés. On veillera au respect des chiffres significatifs.

Exercice 1 : Synthèse du dihydrogène

Un mode de préparation du dihydrogène met en jeu la réaction en phase gazeuse du méthane avec l'eau (vapeur) pour former le monoxyde de carbone et du dihydrogène.

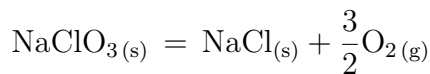
1. Écrire l'équation de la réaction.
2. La réaction se déroule sous une pression $P = 10$ bar. La constante d'équilibre de la réaction est de 15. Initialement, le système contient 10 moles de méthane, 10 moles d'eau, 5 moles de monoxyde de carbone et 15 moles de dihydrogène.
 - (a) Exprimer le quotient de réaction en fonction des pressions partielles des constituants.
 - (b) Exprimer les pressions partielles en fonction des quantités de matières des différentes espèces et de la pression P .
 - (c) En déduire la valeur du quotient de réaction à l'état initial.
 - (d) Dans quel sens évolue la réaction ? Justifier.
3. On considère une situation où les produits ne sont initialement pas présents : le système contient $n = 15$ moles de méthane et $n = 15$ moles d'eau. On garde $P = 10$ bar.
 - (a) Déterminer l'expression du taux de conversion $\tau = \xi/n$ à l'équilibre chimique en fonction de K , P et p° . Faire l'application numérique.
 - (b) La valeur de τ obtenue est-elle compatible avec la réponse à la question 2.d) ? Justifier.

Exercice 2 : Alice, Bob et les bougies à oxygène

Alice et Bob sont en stage dans la marine nationale. Ils ont été affectés en tant qu'ingénieur stagiaire dans un sous-marin. Il y a en effet dans ces navires de nombreux défis techniques à relever : maintenir la température et la pression constante dans un environnement fermé ainsi que régénérer l'air respiré. Il faut pour cela recréer du dioxygène et absorber le dioxyde de carbone émis.

Nous nous intéressons dans ce problème à la création du dioxygène. Il y a pour cela deux principales façons de procéder. Le système principal utilise le principe de l'électrolyse de l'eau. Les sous-marins de la marine française disposent d'un réacteur nucléaire à bord leur permettant de générer énormément d'électricité sans consommer du dioxygène (au contraire d'un générateur diesel ou essence). On utilise alors une partie de cette électricité pour faire l'électrolyse de l'eau de mer et le tour est joué !

En cas d'urgence, comme par exemple un incendie à bord qui aurait consommé beaucoup de dioxygène, il faut être capable de recréer du dioxygène plus rapidement. On utilise pour cela ce que l'on appelle une bougie à oxygène. Il s'agit d'un conteneur en acier contenant entre autres du chlorate de sodium ($\text{NaClO}_{3(s)}$). Cette espèce chimique se décompose spontanément à haute température suivant la réaction équilibrée suivante :



Comme cette réaction est très exothermique, elle suffit à maintenir la température élevée. Cela signifie qu'une fois la « bougie » allumée, il n'est plus possible de l'éteindre. Elle va « brûler » entièrement en libérant du dioxygène jusqu'à la fin de la réaction. Le processus est rapide : une bougie de quelques kg brûle généralement en moins d'une demi-heure ce qui permet de produire rapidement du dioxygène dans le sous-marin.

Bien évidemment, les choses ne se passent pas comme prévu avec Alice et Bob dans le coin ! Ce dernier, alors qu'il transportait une bougie à oxygène l'a cogné contre un mur, ce qui l'a allumé ! Il est maintenant un peu en panique et se demande s'il a mis en danger tout le monde à bord. Vous aller donc devoir l'aider à faire les calculs pour savoir si le sous-marin court un danger.

Alice arrive en courant, elle vient d'aller consulter la documentation du sous-marin. Elle vous communique les informations suivantes :

- La réaction de décomposition du chlorate de sodium a pour constante d'équilibre $K_1 = 1,9$.
- La bougie contient $m = 5$ kg de chlorate de sodium.
- La salle technique dans laquelle sont stockées les bougies fait un volume $V_s = 20 \text{ m}^3$. Elle est chauffée à 20°C et remplie d'un mélange 20/80 dioxygène/diazote sous 1,0 bar permettant d'y respirer. Cette salle est fermée hermétiquement car elle contient d'autres produits chimiques dangereux.
- La pression totale dans n'importe quelle salle du sous-marin ne doit pas excéder 2 bars : cela pourrait provoquer la mort des matelots.

Elle a également déjà réfléchi un peu au problème et a donc préparé une liste de question qu'elle vous demande de résoudre. (Elle a mieux à faire, comme aider Bob à gérer la bougie brûlante dans ses mains !)

1. D'après la valeur de K_1 , peut on supposer la réaction quantitative (c'est-à-dire très avancée) ?
2. Que vaut le quotient de réaction initial de la réaction ? En déduire si la réaction va bien démarrer.
3. Déterminer l'avancement de la réaction à l'équilibre.
4. Montrer que pour une masse m inférieure à une certaine masse m_0 que l'on explicitera, l'équilibre n'est pas atteint et ainsi la réaction de décomposition du chlorate de sodium est totale.
Indice : Demandez-vous si l'équilibre chimique a toujours lieu.
5. Que se passe-t-il pour $m > m_0$?
6. En déduire la courbe de la pression à l'état final en fonction de la masse de chlorate consommée $P_f = f(m)$.
7. Conclure sur le danger de la situation.
8. Pour plus de sécurité : si jamais Bob devait annoncer qu'il a jeté sa bougie dans le stock de bougies et qu'il a donc allumé les 200 bougies stockées à bord, y aurait-il danger ?