
DM N°6

Thermochimie & statique des fluides

Lycée LANGEVIN - WALLON

4 octobre 2020

À lire attentivement...

Les candidats devront vérifier que le sujet comporte bien 4 pages numérotées 1/4, 2/4, ... 4/4.

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points. Les résultats numériques devront être donnés sous la forme appropriée.

Le sujet comporte :

- 1 exercice d'annale de physique.

Les diverses parties peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. Il prendra toutefois soin de bien numérotter les questions.



Fig. 1 – Carte mémoire de statique des fluides



Fig. 2 – Carte mémoire de thermochimie

L'EMPLOI DE LA CALCULATRICE OU DE TOUTE AUTRE AIDE ÉLECTRONIQUE,
NOTAMMENT PYTHON, EST AUTORISÉ.
LE TRAVAIL AVEC SON COURS SOUS LES YEUX EST RECOMMANDÉ.
LE PHOTO-COPILLAGE DU TRAVAIL D'UN CAMARADE SERA SANCTIONNÉ.
UN RÉSULTAT NON ENCADRÉ NE SERA PAS PRIS EN COMPTE.

Si au cours de la rédaction, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et poursuivra sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Ce sujet porte sur l'oxygène que l'on respire : les ressources et les moyens de les exploiter, ainsi que la mesure du taux de dioxygène. Les données numériques sont regroupées en fin d'énoncé.

1.1 L'oxygène : ressources, production

1.1.1

L'oxygène est présent dans l'atmosphère (où la fraction molaire en dioxygène est très proche de 21 %), dans les océans (il constitue 86,0 % de la masse de l'eau de mer) et dans la croûte terrestre dont il est le principal élément (voir données en fin de sujet).

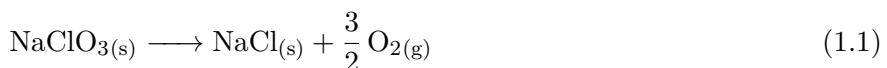
1. Que vaut le pourcentage massique en oxygène dans l'eau pure ?
2. En déduire la teneur globale, exprimée en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, de l'ensemble des autres constituants de l'eau de mer.
3. Citer, en donnant leur formule chimique, deux oxydes présents dans la croûte terrestre qui y expliquent la présence d'oxygène.

On se place dans un modèle d'atmosphère isotherme. On considère que la pression au niveau du sol vaut $P_0 = 1 \text{ bar}$ et que la composition de l'atmosphère ne varie pas avec l'altitude : l'air est considéré comme un gaz parfait de masse molaire $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

4. Déterminer l'expression de la pression $P(z)$ de l'atmosphère en fonction notamment de l'altitude z .
5. Évaluer la pression partielle en dioxygène à 11 km d'altitude (altitude de croisière typique pour un avion de ligne). On justifiera avec soin les valeurs numériques choisies intervenant dans cette évaluation.

1.1.2

L'oxygène peut être conditionné en bouteille sous forme gazeuse à une pression de 200 bar ; on le trouve également stocké sous forme liquide. Dans les avions de transport de passagers, les masques à oxygène peuvent être reliés à des générateurs chimiques contenant du chlorate de sodium solide, de formule NaClO_3 . Celui-ci se décompose en chlorure de sodium NaCl et en dioxygène. Le déclenchement de la réaction se fait par percussion mécanique. Pour maintenir une vitesse de réaction suffisante, le chlorate de sodium doit être porté à 300°C ; on ajoute donc du fer en poudre, dont l'oxydation produit la chaleur nécessaire. Les deux réactions s'écrivent :



Les enthalpies libres standard (en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) de ces réactions dans le cadre de l'approximation d'ELLINGHAM en fonction de la température (en K) sont respectivement $\Delta_r G_1^\circ = -45,6 - 0,275T$ et $\Delta_r G_2^\circ = -824 + 0,220T$.

6. Pour un volume donné de contenant, évaluer le rapport :

$$r = \frac{\text{masse de dioxygène gazeux à 200 bar}}{\text{masse de dioxygène liquide à 20 }^\circ\text{C}}$$

des masses de dioxygène contenu dans un même volume, suivant qu'il est liquide (à 20 °C) ou gazeux (à 200 bar et 20 °C). Commenter le résultat.

7. Les réactions 1.1 et 1.2 sont-elles endo ou exothermiques ? Justifier.
8. Quelle relation y-a-t-il entre la variation d'enthalpie Q_P du système réactionnel dans les conditions isothermes et isobares, l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^\circ$ et l'avancement de la réaction ξ ?
9. Rappeler l'expression de la constante d'équilibre d'une réaction en fonction de l'enthalpie libre standard de réaction et de la température.
10. Justifier que chacune des réactions 1.1 et 1.2 est totale dans les conditions d'utilisation des générateurs chimiques (on admettra qu'ils produisent une pression partielle de dioxygène de l'ordre de 0,7 bar).
11. On suppose que la chaleur Q_P dégagée par la réaction 1.1 à 300 °C permet de chauffer adiabatiquement à une température T_f du chlorate de sodium, initialement seul à 20 °C, en quantité égale à celle consommée par la réaction 1.2. Déterminer T_f . Conclure quant à l'utilisation du fer.
12. Un générateur chimique prévu pour 4 passagers permet de délivrer 84 litres de dioxygène sous une pression de 0,70 bar à 20 °C. Évaluer la masse minimale de chlorate de sodium que contient ce générateur.

1.2 Pressurisation et conditionnement d'air dans la cabine d'un avion

1.2.1 Pression dans la cabine

La cabine d'un avion est pressurisée : il s'agit, pendant le vol, de maintenir une pression supérieure à la pression rencontrée à 2500 m d'altitude dans l'« atmosphère standard ». Dans ce modèle, l'air est considéré comme un gaz parfait dont la composition chimique est indépendante de l'altitude et on considère que, dans la couche d'atmosphère située à moins de 11 km d'altitude, la température diminue de manière uniforme avec l'altitude au taux de 6,5 °C par kilomètre.

13. En considérant que la température vaut 20 °C à l'altitude 0 m, évaluer la pression partielle minimum en dioxygène dans la cabine d'un avion pendant le vol.
14. Il est couramment admis que l'air à la pression $P_0 = 1$ bar est « respirable » si sa fraction molaire en dioxygène est supérieure à 16 %. En déduire la pression partielle minimale en dioxygène qu'il faut assurer pour respirer confortablement et commenter le choix de pression de la question précédente.

Données

Composition de la croûte terrestre

Élément	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
Pourcentage en masse	46,7	27,7	8,1	5,0	3,7	2,8	2,6	2,1

Masses molaires

Élément ou composé	H	O	N	Fe	NaClO ₃
Masse molaire (g · mol ⁻¹)	1,01	16,0	14,0	55,8	106,4

Capacités thermiques massiques

Les valeurs données sont supposées indépendantes de la température.

	Fe	NaClO ₃	Air à pression constante
c_p (J · K ⁻¹ · kg ⁻¹)	444	983	$\simeq 1000$

Données diverses

Masse volumique du dioxygène liquide	1140 kg · m ⁻³
Densité de l'eau de mer à 20 °C	1,03
Constante des gaz parfaits	$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante de FARADAY	$\mathcal{F} = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{m}^{-1}$
Intensité du champ de pesanteur terrestre	$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
1 bar = 1×10^5 Pa	