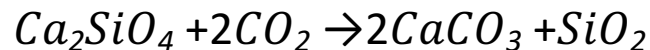


## EX. 1

En 2021, la concentration moyenne du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère terrestre est de 415 ppmv (parties par million volume). Cette valeur augmente de 2.4 ppmv ces dernières années, ce qui correspond à environ la moitié des émissions brutes de l'humanité, le reste étant absorbé par les océans et la végétation.

Le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021) indique que pour limiter le réchauffement climatique à 1.5°C en 2100, la quantité maximale de CO<sub>2</sub> pouvant être émise en surplus de ce qui est déjà présent dans l'atmosphère est de 420 Gt (109 tonnes). Cette valeur est notre budget carbone pour le 21e siècle. Une fois le budget carbone écoulé, et en l'absence de solutions technologiques limitant les émissions, le CO<sub>2</sub> émis (correspondant à l'augmentation de la concentration de 2.4 ppm) devra être séquestré.

Une approche de séquestration prometteuse est la minéralisation, par exemple au travers de la réaction entre le silicate de calcium et le CO<sub>2</sub> menant à la production de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>).



Une usine pilote de la compagnie Climeworks minéralise actuellement en Islande 4000 tonnes de CO<sub>2</sub> par année selon cette approche, au coût approximatif de 25 USD par tonne.



## EX. 1

On vous demande de calculer :

- a) La masse de l'atmosphère, sachant que le rayon de la terre est de 6371 km, que la pression atmosphérique est de 101325 Pa et que la masse molaire de l'air est 28.96 kg/kmol.
- b) La concentration du  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère en ppm (molaire) une fois que notre budget carbone du 21<sup>e</sup> siècle sera écoulé, en supposant que les océans et la végétation continuent d'absorber la même fraction des émissions brutes.
- c) La masse de  $\text{CO}_2$  qui devrait être séquestrée annuellement pour rendre notre civilisation carboneutre (en considérant le niveau d'émission des dernières années).
- d) Si la technologie de Climeworks est adoptée pour effectuer la séquestration, combien d'usines de la taille de l'installation pilote seront nécessaires, quelle quantité de carbonate de calcium sera produite (la masse molaire du calcium est de 40 kg/kmol) et quel sera le coût d'opération.



## EX. 2

On souhaite remplacer un vieux cyclone utilisé pour dépoussiérer un effluent gazeux au débit volumique de  $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$  produit par une installation industrielle. Le mélange de gaz sortant de la cheminée a une viscosité de  $18.27\ \mu\text{Pa}\cdot\text{s}$  et une densité  $1.18\text{ kg}/\text{m}^3$ . Le cyclone actuel a un rayon intérieur de  $50\text{ cm}$  et un diamètre extérieur de  $120\text{ cm}$ , avec une section d'entrée d'une hauteur de  $40\text{ cm}$ . Le nombre de tours maximum que peut faire une particule avant d'être aspirée par le cylindre interne et être perdue dans l'atmosphère est de 5 tours. Les particules présentes ont une densité de  $1.75\text{ g}/\text{cm}^3$  et ont la distribution de taille suivante :

$d_p\ (\mu\text{m})$	0-10	10-20	20-30	30-50
Fraction massique (%)	10	50	20	20

On souhaite remplacer le cyclone par une chambre de sédimentation turbulente ayant la même efficacité de captation que le cyclone pour les particules de diamètre moyen. Pour ce faire, on dispose de conduites de section carrée ayant une hauteur de  $1\text{ m}$  dans lesquelles on peut disposer 6 plateaux.

On peut considérer que la sédimentation des particules s'effectue dans le régime de Stokes (pas d'effets moléculaires).



## EX. 2

On vous demande de calculer :

- a) Le diamètre moyen des particules et leur vitesse de sédimentation.
- b) L'efficacité de captation du cyclone actuel pour les particules du diamètre moyen.
- c) La longueur nécessaire pour la chambre de sédimentation turbulente.



## EX. 3

Soit un système ouvert dans lequel entrent 1 mol/s d'azote ( $N_2$ ), 3 mol/s d'hélium (He) et 2 mol/s de krypton (Kr) à une pression de 1 atm et une température de  $25^\circ C$ . Dans le but de produire de l'azote mono-atomique, on chauffe ce mélange et on diminue la pression, si bien qu'à la sortie on a un mélange de N,  $N_2$ , He et Kr à une température de 5000K et à une pression de 0.1 atm.

**On demande de calculer :**

- La fraction molaire des composés aux conditions d'équilibre chimique à la sortie du système.
- La puissance de chauffage nécessaire, en supposant que les chaleurs spécifiques peuvent être considérées constantes.

Données :

Substance	Formule	Enthalpie de formation (STP) [KJ/kmol]	Fonction de Gibbs (5000K) [KJ/kmol]	Cp (moyen) [kJ/kmolK]
Azote moléculaire	$N_2$	0	0	32.762
Azote atomique	N	472 650	141 956	20.974
Helium	He	0	0	20.786
Krypton	Kr	0	0	20.940

