

EXERCICE 1 (4 points)
LE CARBURE DE SILICIUM SiC
(physique-chimie et mathématiques)

Le carbure de silicium, de formule SiC, a été découvert par Jöns Jacob Berzelius en 1824 lors d'une expérience pour synthétiser du diamant. Il est devenu un matériau incontournable pour la fabrication d'instruments d'optique. Par exemple, il a été utilisé pour garantir la stabilité thermomécanique du télescope spatial infrarouge Hershel, développé par l'agence spatiale européenne et lancé en 2009. En particulier la face optique des miroirs peut être revêtue de carbure de silicium par dépôt chimique en phase vapeur (ou CVD pour l'anglais « chemical vapor deposition») afin de masquer toute porosité résiduelle et obtenir une surface polissable parfaite.

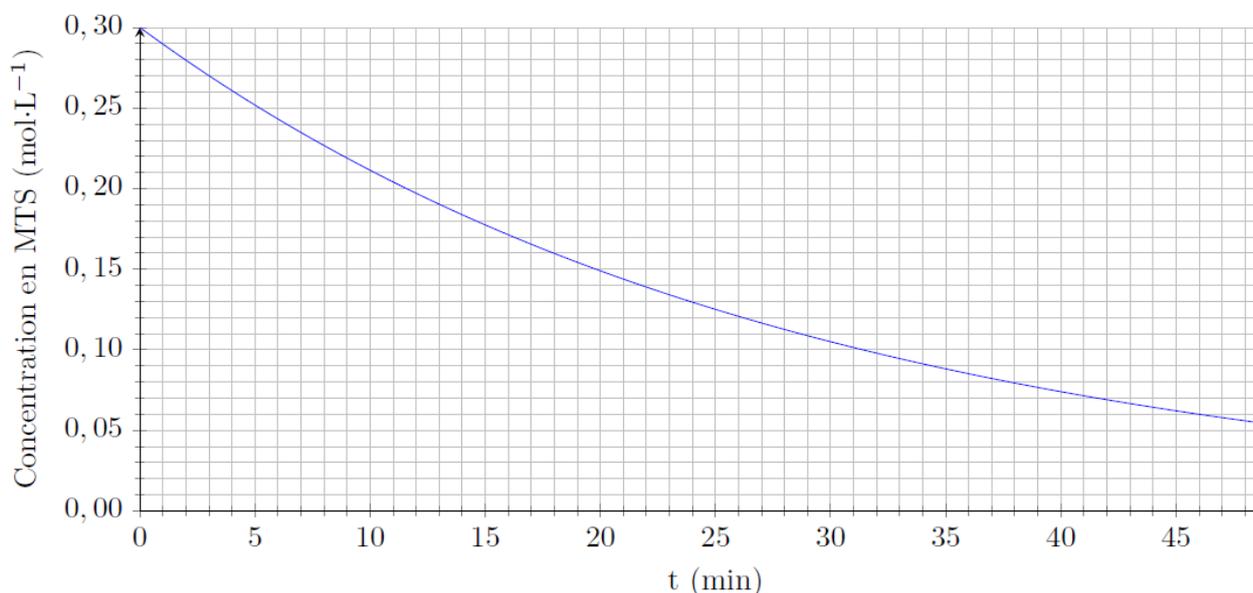
Dans ce procédé, un solide inerte servant de support est exposé à une ou plusieurs espèces chimiques en phase gazeuse qui se décomposent à sa surface pour former le matériau désiré. Parmi celles-ci, le méthyltrichlorosilane de formule CH_3SiCl_3 est très souvent choisi. Par la suite, pour des raisons de simplification, il sera noté MTS.

On considère une enceinte vide, de volume constant, thermostatée à la température $T_2 = 1\,200\text{ K}$, dans laquelle, au temps $t = 0\text{ min}$, on introduit une certaine quantité de MTS. À cette température, la transformation permettant la formation de carbure de silicium peut être considérée comme totale.

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique au cours de laquelle le MTS se décompose est la suivante :



On suit par un procédé adapté l'évolution de la concentration en MTS au cours du temps. On obtient ainsi le graphe suivant :



D'après concours centrale-supélec 2016

1. Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ dans ces conditions expérimentales en expliquant votre démarche.

2. On rappelle que $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$ avec k la constante de vitesse de la réaction.
Déterminer la valeur de k dont on précisera l'unité.
3. Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse de disparition du MTS à l'instant $t = 10$ min.
4. La vitesse de disparition du MTS est de $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ à $t = 1$ min et de $3,5 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ à $t = 30$ min.
Conclure en discutant de l'évolution au cours du temps de la vitesse de disparition du MTS lorsque la concentration évolue.

On modélise la concentration en MTS exprimée en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en fonction du temps t exprimé en minute, par la fonction C , définie sur l'intervalle $[0 ; 50]$ par :

$$C(t) = 0,30 \cdot e^{-0,035t}$$

5. On note C' la fonction dérivée de la fonction C sur l'intervalle $[0 ; 50]$.
Déterminer l'expression de $C'(t)$ pour t appartenant à $[0 ; 50]$.
6. On rappelle que la vitesse de disparition de MTS est égale à l'opposé de la fonction dérivée C' . On note C'' la fonction dérivée de C' .
On admet que $C''(t) = 3,675 \cdot 10^{-4} e^{-0,035t}$ pour t appartenant à $[0 ; 50]$.
Etudier le sens de variation de la vitesse de réaction au cours du temps.
Comparer le sens de variation avec le résultat de la question 4.
7. On considère que la transformation chimique de décomposition de MTS peut être stoppée lorsqu'il ne reste que 10% de la concentration initiale de MTS.
Déterminer l'instant t à partir duquel la transformation chimique peut être stoppée.
On donnera la valeur exacte, puis la valeur arrondie à la minute près.