

Fiche expérimentale

Objectif : valider le modèle exponentiel utilisé dans la résolution du deuxième problème à l'aide d'une expérience en laboratoire.

L'énoncé est rappelé ci-dessous :

On considère maintenant un récipient de 180 mL d'eau contenant du chlorure de potassium (KCl) avec une concentration de 0,1 mol/L.

Le débit d'arrivée d'eau pure et le débit d'évacuation du mélange valent 20 mL/min.

Le mélange est considéré à tout instant homogène.

Au bout de combien de temps peut-on considérer que la concentration en KCl est divisée par 100 ?

L'expérience s'est déroulée dans une salle du lycée Jules Haag de Besançon. Elle consiste donc à diluer une solution de chlorure de potassium d'une concentration initiale de 0,1 mol/L, à débit et volume constants.

Protocole mis en oeuvre :

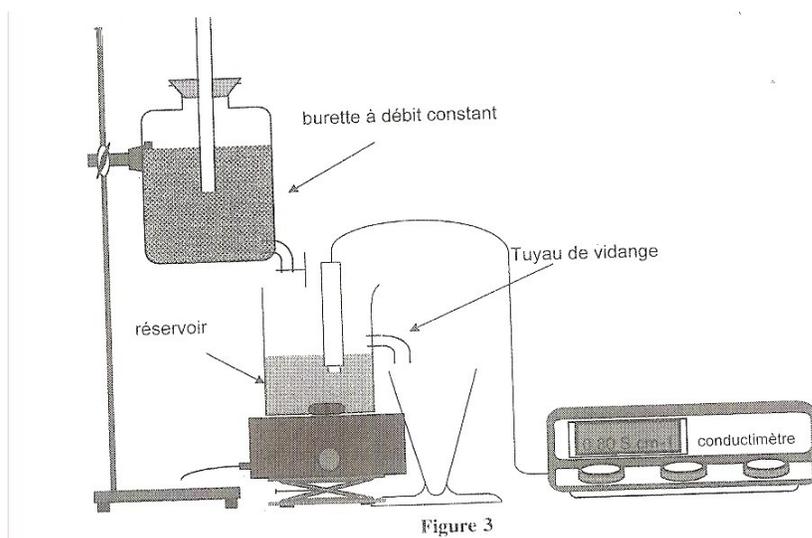
- Pour mesurer la concentration des ions K^+ et Cl^- dans la solution polluée, on utilise une sonde reliée à un conductimètre, la conductivité σ étant proportionnelle à la concentration C par la relation : $\sigma = (\lambda_1 + \lambda_2) \times C$, les constantes λ_i étant propres à la nature de chacun des deux types d'ions.

La sonde contient deux électrodes en graphite, c'est la résistance entre les deux électrodes qui est réellement mesurée, celle-ci varie selon le type d'ions présents et leur concentration.

L'eau distillée possède une conductivité quasiment nulle.

- Le conductimètre est lui-même relié à l'ordinateur, les données étant traitées par le logiciel Synchronie 2003.

- L'expérience a été étudiée dans le n°907 de la revue *Le Bup* dans l'article "Modélisation des phénomènes de pollution et dépollution...". Voici le dispositif présenté dans l'article :



Le dispositif mis en place pour notre expérience est sensiblement le même, à la différence que :

- le tuyau de vidange n'existe pas, le réservoir est rempli à ras bord et placé dans un récipient plus grand où l'excédent de solution du réservoir se déversera, ce qui maintiendra bien un volume constant dans le réservoir,

- le débit constant est assuré par un petit système à molette,

- du bleu de méthylène est ajouté au chlorure de potassium afin de colorer la solution.

Voici quelques photographies du dispositif :



Modélisation par le logiciel :

Les données obtenues ont été reportées dans le document tableur joint (la concentration étant proportionnelle à la conductivité réellement relevée, on peut facilement transformer les résultats pour obtenir les différentes concentrations au cours de l'expérience).

Pour approcher le phénomène de dilution et donc la baisse en conductivité, le logiciel Synchronie 2003 a d'emblée proposé un modèle exponentiel sous la forme :

$$Y = Y_p + (Y_0 - Y_p)e^{-\frac{(X-X_0)}{\tau}}$$

Où : Y_0 est la valeur initiale (celle correspondant à la conductivité du chlorure de potassium),

Y_p est la valeur limite à atteindre (celle correspondant à la conductivité de l'eau, les valeurs de Y n'ayant pas été paramétrées : $Y_p \approx -2,52$),

$X_0 = 0$ et X est le temps en secondes,

τ est une constante de temps qui vaut $\frac{V_{réservoir} \text{ (en mL)}}{débit \text{ (en mL/s)}}$ (cf. fiche professeur).

La meilleure approximation est bien celle correspondant à : $\tau = \frac{180}{\frac{20}{60}} = 540$.

Pour suivre le phénomène jusqu'à une phase avancée, il aurait fallu que l'expérience dure 5τ , c'est-à-dire 2700 secondes (45 minutes), elle a dû être interrompue plus tôt.

Limites de l'expérience :

La réalisation de cette expérience nous a montré la difficulté de mettre en œuvre une expérience pourtant simple "sur le papier", les écueils rencontrés sont, entre autres :

- La difficulté de régler le débit, de le mesurer de façon précise, et est-on sûr qu'il reste constant tout au long de l'expérience ?

Lors de l'expérience, il a été difficile de le fixer à 20 mL/min, les mesures étant plus proches de 25 mL/min.

On peut d'ailleurs faire varier ce débit (et donc τ) dans le document tableur.

Nous avons retenu la valeur de 20 mL/min pour notre énoncé car c'est celle qui s'adaptait le mieux au modèle.

- Le paramétrage du logiciel de traitement des données n'a pas été simple,

- L'expérience ayant été réalisée plusieurs fois, les divers transvasements lors des différents essais jouent sur les concentrations, les valeurs Y_0 et Y_p sont celles données par le modèle du logiciel ou par Excel.

Utilisation en classe :

Ce type de problème peut être proposé conjointement par les professeurs de Sciences Physiques et de Mathématiques, mais l'horaire et le programme de Physique ne permettent pas forcément de réaliser l'expérience en classe.

Il peut alors être intéressant de montrer le protocole d'expérimentation aux élèves et de voir avec eux les différentes façons de traiter les informations recueillies à l'aide d'un tableur.

Il est également primordial de leur expliquer les différents aller-retours possibles et nécessaires entre expérimentation physique et modélisation mathématique.