Migrations simultanées et ligne de réaction d'ions H_3O^+ et OH^-

par F. DENIZOT,
Lycée du Mont-Blanc, 74190 Le Fayet.

Les ions H_3O^+ et OH^- sont produits aux électrodes, dans l'électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate de potassium KNO_3.

A l'anode, il y a oxydation de l'eau :

$$6\,H_2O \rightarrow O_2 + 4\,H_3O^+ + 4\,e^-.$$

A la cathode, il y a réduction de l'eau :

$$4\,H_2O + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2 + 4\,OH^-.$$

Des ions H_3O^+ et OH^- sont produits simultanément, en même nombre. Sitôt formés, ils migrent dans le champ électrique ; ils vont pouvoir se rencontrer et réagir.

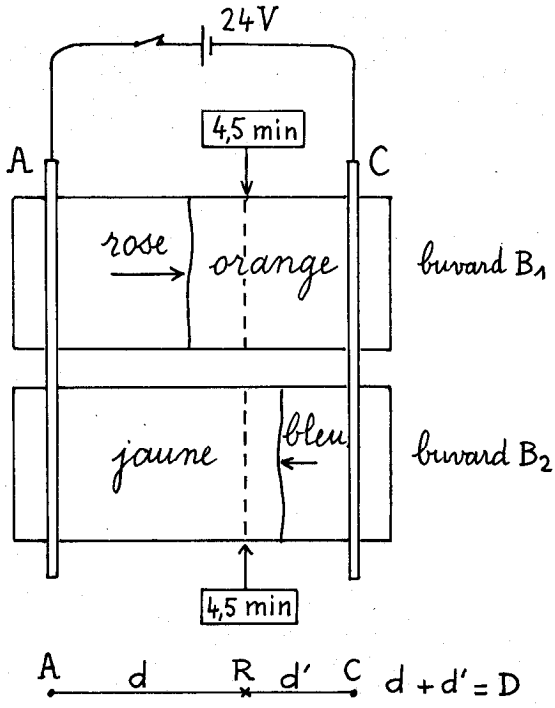
DISPOSITIF.

Les électrodes de graphite sont distantes de D = 40 mm. Chaque électrode est mise en contact avec les deux buvards à l'aide d'un bracelet élastique passant sous le support isolant (matière plastique de largeur 5 cm). Pour réaliser des mesures plus précises, on peut utiliser des mines de crayon marquées « graphite noir » ; les mines Critérium conviennent à condition d'enlever le vernis imprimé.

Nous avons utilisé du buvard blanc Canson-Montgolfier assez épais (200 g/m^2).

Le buvard B_1 est imbibé de solution obtenue en faisant dissoudre 5 g de KNO_3 dans 100 ml de solution aqueuse d'hélianthine à 1 g/l. De la sorte, B_1 est jaune orangé.

Le buvard B_2 est imbibé de solution obtenue en faisant dissoudre, dans 100 ml d'eau distillée, 1 dg de bleu de bromothymol et 5 g de KNO_3. Du fait de la légère acidité de l'eau distillée, la liqueur est jaune.



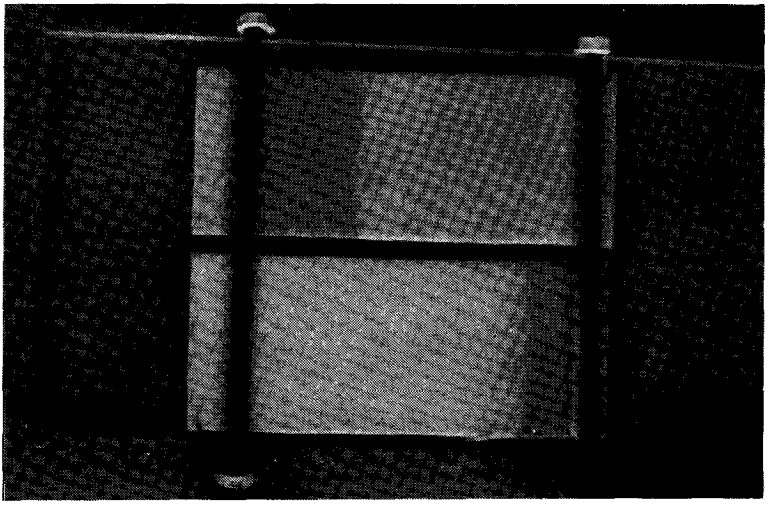
MANIPULATION.

Appliquer une tension continue 24 V. Très vite, un liseré rose apparaît sur B_1, à l'anode. La coloration rose s'étend à la vitesse d'environ 6 mm par minute.

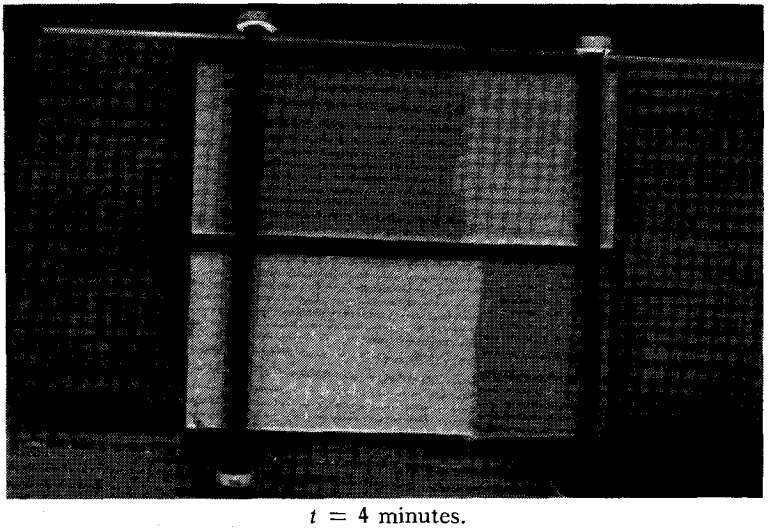
Sur B_2, côté cathode, il apparaît une coloration bleue qui, au début, est assez diffuse. Mais, au bout de 2 minutes, le front bleu est net ; il se trouve alors à environ 6 mm de la cathode.

Il y a visualisation, en simultané, des migrations des ions H_3O^+ et OH^-. Le front des H_3O^+ progresse environ deux fois plus vite que celui des OH^-. Au bout de 4 minutes, le front rose (sur B_1) et le front bleu (sur B_2) sont très rapprochés.

Au bout d'environ 4,5 minutes, les deux fronts sont alignés. Si on maintient la tension encore 1 ou 2 minutes, on constate que le front rose et le front bleu restent fixes. Il y a maintenant réaction des H_3O^+ et des OH^-. La fixité de la « ligne de bataille » R montre que ces ions arrivent en même nombre.

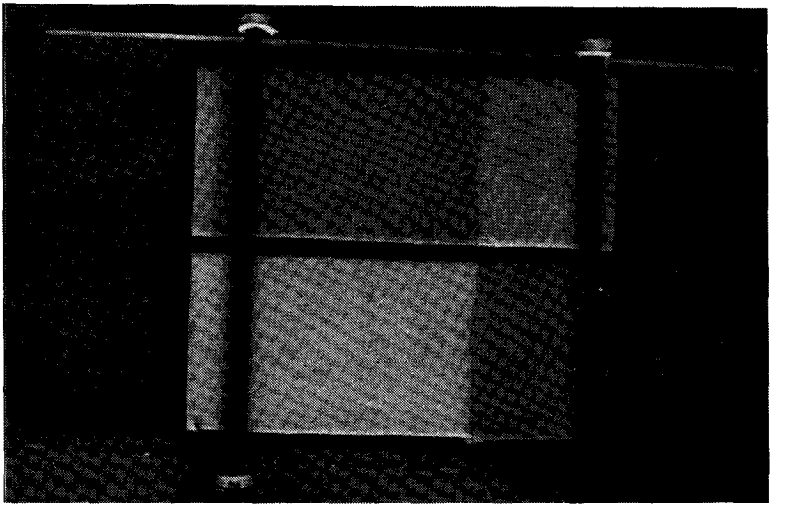


$t = 2$ minutes.



$t = 4$ minutes.

Chaque équipe mesure les distances d et d' séparant la ligne R de l'anode et de la cathode.



$t = 5$ minutes.

Lors du rodage de ce T.P., sur 12 équipes de Terminale D, 11 ont trouvé le rapport $\frac{d}{d'}$ compris entre 1,89 et 2,17 (la moyenne arithmétique était égale à 2,05) ; la 12e équipe, certainement étourdie, avait trouvé 2,33.

On peut conclure que, dans les conditions de cette expérience (elles ne sont pas celles d'une cuve à électrolyse : ici, le contenant est un buvard cellulosique...), les ions H_3O^+ se déplacent environ deux fois plus vite que les ions OH^- (*).

L'existence d'une plage rose à gauche de l'anode, sur B_1, et d'une plage bleue à droite de la cathode, sur B_2, donne l'occasion de parler de la diffusion qui intervient aussi entre les électrodes, favorisant le déplacement des OH^- comme celui des H_3O^+.

CHOIX DE LA CONCENTRATION EN QUANTITE DE KNO_3.

Pour étudier l'influence de la concentration en quantité de KNO_3, plaçons en parallèle deux buvards imbibés de solutions KNO_3 0,1 M et 0,5 M additionnées d'hélianthine. On constate

(*) Le rapport des mobilités de ces ions, dans des cuves, est 1,85 ; ce qui montre que les résultats sur buvard sont peu différents, mais que les ions OH^- sont tout de même défavorisés sur cellulose (cf. B.U.P. n° 648, p. 188-189).

que, pour U = 24 V et D = 40 mm, le front rose progresse, pendant les 3 premières minutes, d'environ 18 mm pour la solution 0,5 M et seulement d'environ 13 mm pour la solution 0,1 M.

La rencontre des H_3O^+ et des OH^- a lieu au bout d'environ 4,5 minutes pour 0,5 M et de 6 à 7 minutes pour 0,1 M. Les deux fronts roses sont alors pratiquement alignés. L'augmentation de la molarité en KNO_3 a donc entraîné une augmentation d'un même pourcentage pour les vitesses des fronts H_3O^+ et OH^- (*).

Pour que l'expérience soit plus frappante, il y a intérêt à ce que la rencontre se produise assez vite : une concentration de 0,5 mol.l^{-1} convient bien.

A QUEL MOMENT REALISER CETTE MANIPULATION ?

Cette expérience de T.P. peut être associée à l'électrolyse en solution aqueuse (CHIMIE. Premières S et E). Mais il semble plus indiqué de la réaliser en Terminales, juste avant le dosage conductimétrique acide fort + base forte, afin de sensibiliser les élèves de façon concrète sur la mobilité des ions.

(*) Lorsque la concentration en quantité de KNO_3 augmente, l'intensité du courant augmente aussi (presque porportionnellement) ; il y a production plus intense d'ions H_3O^+ et OH^-. Il y a aussi une élévation plus rapide de la température. Il faudrait certainement tenir compte de ces faits expérimentaux si l'on voulait donner une interprétation.