

Cinétique chimique

Des réactions produisant un dégagement gazeux suivies par ordinateur

par P. SAUVECANNE
Lycée Montaury - 30911 Nîmes

INTRODUCTION

Lorsqu'une réaction donne un dégagement gazeux il est possible de suivre très simplement son évolution à l'aide d'un ordinateur convenablement équipé pour l'acquisition des données. Cette méthode peut donc être utilisée quand l'étude par spectrophotométrie d'absorption n'est pas possible (pas de réactifs ou de produits colorés). D'autre part l'appareillage utilisé se trouve dans tous les laboratoires *et chaque groupe d'élèves pourra bénéficier de son propre montage.*

J'ai réalisé l'étude de trois réactions :

- 1) Réaction de l'acide chlorhydrique et d'un métal (en classe de seconde option IESP.)
- 2) Réaction d'une solution de permanganate de potassium et de l'acide éthanedioïque que je réalise en cours (en dix minutes la courbe se trace devant la classe). Cette réaction s'effectue dans une solution saturée en dioxyde de carbone pour éviter la dissolution du gaz formé.
- 3) Enfin dans le cadre des nouveaux programmes 1995, en terminale Scientifique, la réaction de dismutation de l'eau oxygénée catalysée par le chlorure de fer III.

1. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Pour déterminer le volume de gaz dégagé on utilise le montage de la figure 1 (ce montage sera aisément adapté aux diverses réactions). Le gaz formé par la réaction évacue un volume d'eau égal à son propre volume (le gaz est supposé, ou rendu, insoluble). L'eau est pesée automatiquement après étalonnage de l'appareil. La masse de l'eau fournira donc facilement le volume de gaz cherché. On peut utiliser un ressort dont la raideur est de l'ordre de $8 \text{ à } 12 \text{ N.m}^{-1}$ de façon à obtenir

un déplacement de 12 ou 8 cm environ pour un volume de 100 mL d'eau déversée. L'éprouvette aura sa longueur adaptée en conséquence (j'utilise en fait des morceaux de tuyau de PVC que l'on trouve dans le commerce pour réaliser les évacuations d'eaux usées, munis de bouchons vissés ils permettent de réaliser très facilement la mise en place de l'électrode B inférieure).

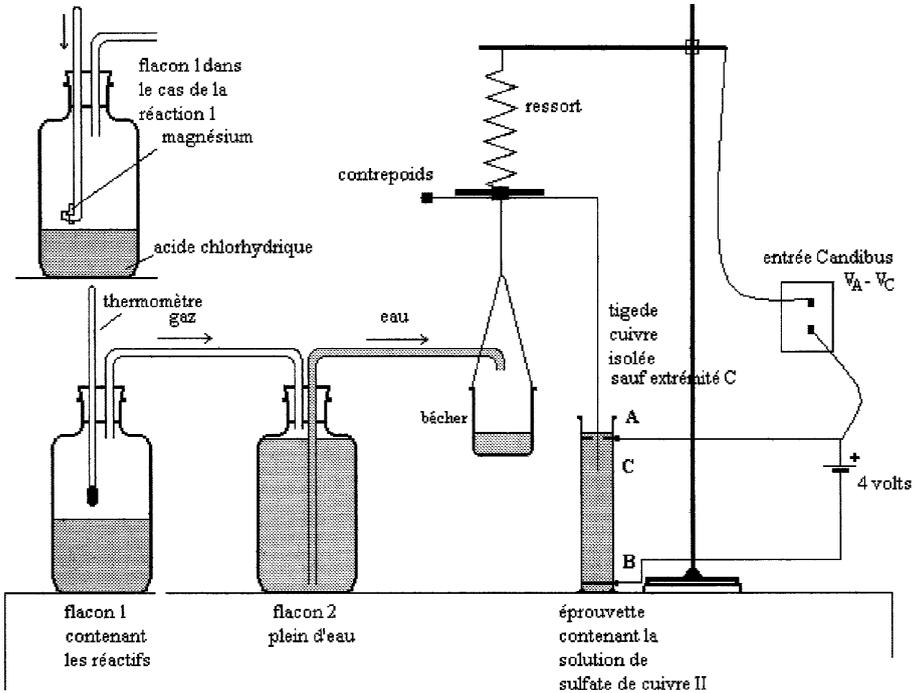


Figure 1

L'électrode qui plonge dans la solution de sulfate de cuivre II est maintenue par l'écrou qui se trouve sous le disque en plastique que nous utilisons avec les ressorts pour leur étalonnage mais on peut imaginer bien d'autres fixations. L'entrée A de la carte Candibus reçoit la tension $V_A - V_C$. Attention d'autre part à ne pas faire descendre, au-dessous du niveau supérieur de l'eau du flacon 2, le tube par lequel s'écoule l'eau, afin d'éviter tout risque de siphonnement. On peut atténuer les oscillations du dispositif en soudant sur la tige, en C, un petit disque en cuivre.

Remarque : on peut utiliser une balance équipée d'une sortie compatible avec l'interface à la place du potentiomètre à sulfate de cuivre.

2. ÉTALONNAGE DE L'APPAREIL

On utilise par exemple le logiciel Régressi qui permettra l'enregistrement de la tension correspondant à la voie A nommée dans ce logiciel VA.

Choix dans le menu Régressi-Candibus

Abscisse : clavier

puis renseigner le tableau suivant:

Nom entrée clavier : m	Unité : g
Commentaires : masses placées dans le bécher	
mini : 0	maxi : 100

Voies : voie A

Enregistre : point par point oui

On place alors la masse par exemple de 10 grammes dans le bécher, on écrit 10 en utilisant le clavier et on valide etc. En fin d'acquisition on valide les mesures et on obtient un tableau contenant les valeurs de m et de VA. En demandant une régression linéaire on obtient le coefficient directeur k de la droite d'équation :

$$VA = k.m + VA0$$

$VA = V_A - V_C$ étant la tension mesurée par le potentiomètre au sulfate de cuivre et m la valeur de la masse placée dans le bécher.

A la tension VA (volts) correspond donc la masse m qui, exprimée en grammes, nous fourni aussi le volume d'eau V et donc de gaz en mL. On peut si on le juge utile faire une correction en tenant compte de la température et de la pression.

3. RÉALISATION DE LA RÉACTION

On enfonce la tige de verre d'un centimètre ce qui permet de mettre en contact les réactifs sans déplacement gazeux significatif (ou on mélange rapidement les réactifs et on rebouche les flacons pour les autres réactions, on peut utiliser aussi pour flacon 1 celui que l'on

trouve chez Jeulin sous le nom de générateur d'acétylène ou hydrogène pour T.P.).

Choix dans le menu Régressi-Candibus

Abscisse : temps

Voies : voie A

Enregistre : durée

durée totale : fournir la valeur en secondes et choisir le nombre de mesures.

Déclenche : clavier

On déclenche alors l'acquisition automatique des données en fonction du temps quand l'eau commence à se déverser dans le bécher (si de l'eau s'est un peu écoulée au cours de la phase précédente cela n'a aucune importance du moment que l'acquisition n'a pas commencé : on obtient simplement une autre valeur pour VA0). L'acquisition terminée, après validation, on exprime V_{gaz} en fonction *des nouvelles valeurs* de VA et de VA0 en faisant dans Régressi : «Variable ; Nouvelle ; Fonction» et en utilisant la valeur de k déterminée plus haut.

$$\text{On a donc : } V_{\text{gaz}} / 1 \text{ mL} = m / 1 \text{ g}$$

lorsque V_{gaz} est exprimé en mL et m en grammes

$$\text{soit : } VA = k \cdot V_{\text{gaz}} + VA0$$

k ayant la valeur numérique trouvée précédemment

$$\text{et : } V_{\text{gaz}} = \frac{VA - VA0}{k}$$

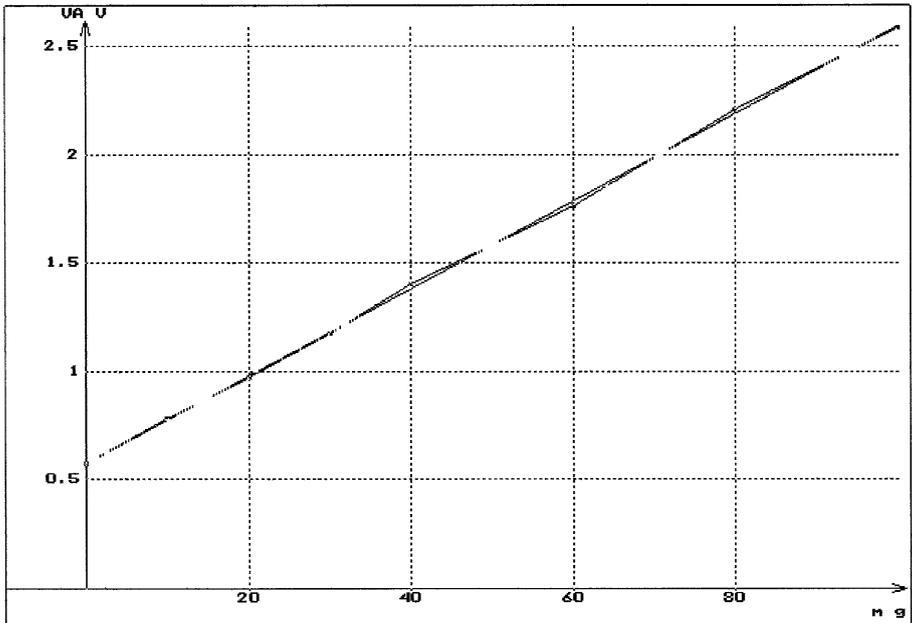
Puis avec «Graphe ; Coordonnées» il est possible d'obtenir la courbe fournissant ce volume gazeux en fonction du temps.

Remarque : chaque groupe d'élèves peut étudier la réaction dans des conditions différentes de température ou de concentration. Si l'on a la chance de travailler sur réseau, chaque groupe pourra obtenir sur son écran le regroupement de toutes les courbes en chargeant les fichiers des autres binômes.

4. RÉSULTATS

Courbe n° 0

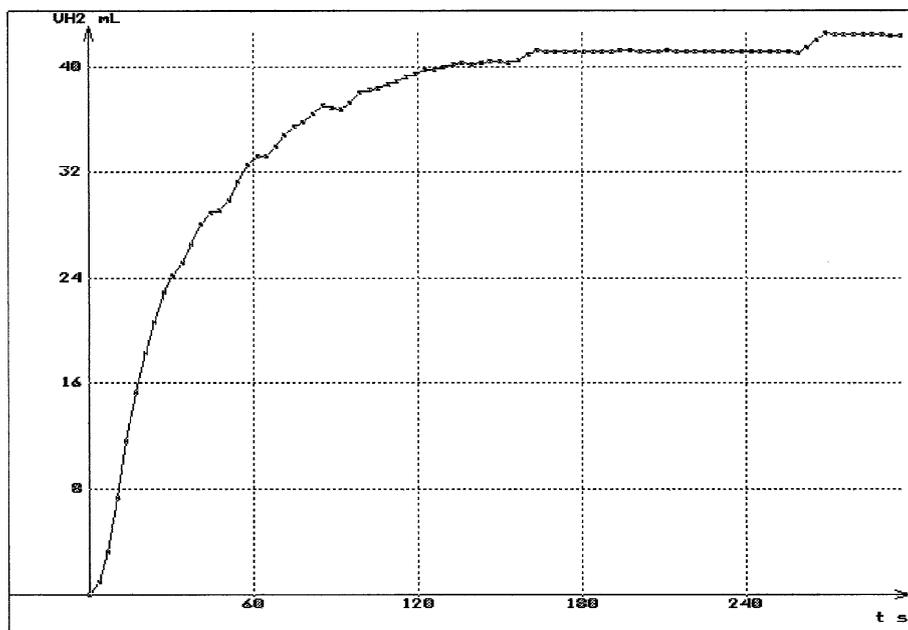
La courbe n° 0 correspond à l'étalonnage du dispositif et permet de déterminer le coefficient k défini plus haut ce qui a donné ici $k = 0,020 \text{ V.g}^{-1}$. Cette valeur dépend de la tension entre les électrodes A et B du dispositif, de la distance entre ces deux points, de la raideur du ressort.



Courbe n° 0

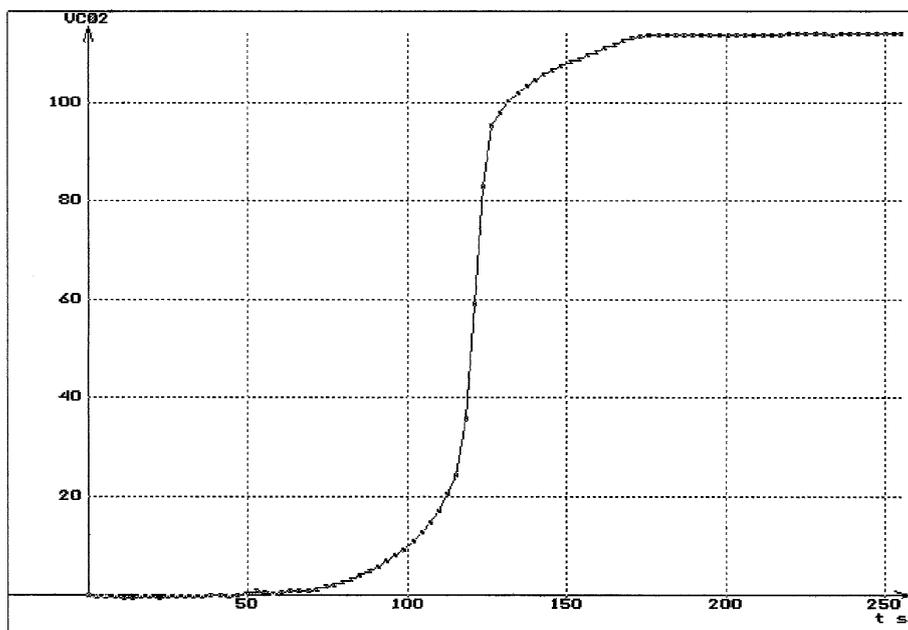
Courbe n° 1

La courbe n° 1 a été obtenue par action de l'acide chlorhydrique sur un morceau de ruban de magnésium. On peut faire varier les conditions expérimentales : excès de l'un des réactifs, concentration de l'acide, température. En option IESP cette étude intéresse bien les élèves même si l'on juge bon de ne pas leur définir la vitesse de la réaction.

**Courbe n° 1**

Courbe n° 2

La courbe n° 2 a été obtenue par action d'une solution de permanganate de potassium sur l'acide éthanedioïque. Les solutions ont été préparées dans de l'eau de Perrier qui est saturée en dioxyde de carbone.



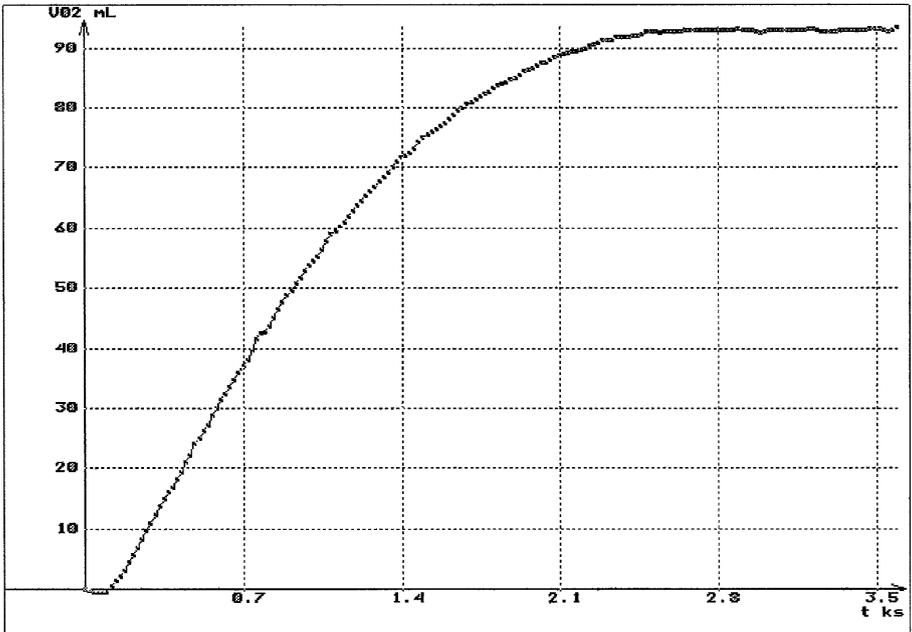
Courbe n° 2

Courbe n° 3

La courbe n° 3 correspond à la réaction de dismutation de l'eau oxygénée catalysée par les ions fer III. La cinétique de cette réaction est maintenant au programme dans les classes de terminales scientifiques. Elle ne peut pas être étudiée par spectrophotométrie.

Dans le flacon 1 où s'effectue la réaction on mélange par exemple 10 mL d'eau oxygénée à 10 volumes avec 10 mL de solution de chlorure de fer III à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. L'eau du flacon 2 et la solution de chlorure de fer III ont été saturées en dioxygène en y faisant barboter ce gaz pendant quelques minutes. En fin de réaction, en faisant une correction de température et de pression, on obtient environ 94 mL de dioxygène.

Les élèves pourront, tandis que l'acquisition des données s'effectue, faire un dosage de l'eau oxygénée par le permanganate de potassium et ainsi calculer sa concentration.



Courbe n° 3