

C2 - DOSAGE

ACIDE FAIBLE - BASE FORTE

Mots-clés : dosage, pH-métrie, acide faible, base forte, neutralisation, concentration.

1. Type d'activité

Cette expérience permet aux élèves de faire un dosage pH-métrique entre un acide faible et une base forte, la même méthode pouvant être utilisée pour tous les dosages du même type.

2. Objectifs de l'activité

Cette expérience a pour objectif de faire appliquer pratiquement la technique du dosage. De déterminer la concentration de l'acide acétique. Eventuellement de calculer la courbe théorique du dosage et de la comparer aux résultats expérimentaux.

3. Matériel

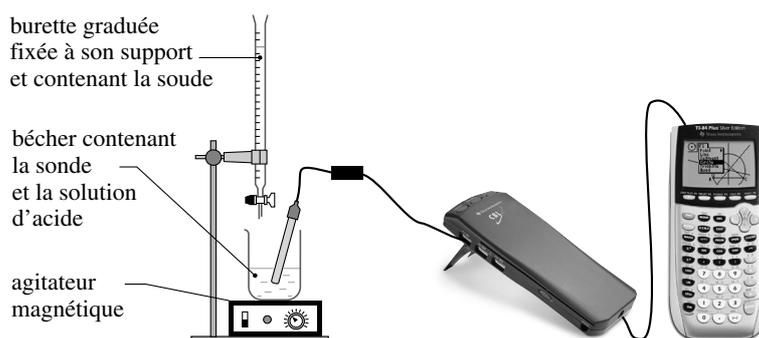
- CBL 2™.
- Une sonde pH métrique avec son ampli de chez Vernier.
- Adaptateur CBL 2™-DIN
- Application logicielle Datamate.
- Matériel de dosage (burette graduée 50 mL, pipette de 10 ou 20 mL, Bécher de 250 mL, agitateur magnétique (ou baguette en verre), 2 solutions Tampon (4 et 7 par exemple) pour l'étalonnage.
- Une solution de base forte de concentration connue (NaOH à $0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ par exemple).
- Une solution d'acide faible de concentration inconnue (ac. acétique environ 5 mL de vinaigre d'alcool blanc à 8° dans lequel on peut mettre un peu d'eau pour augmenter le volume pour la sonde pH-métrique) ou alors une solution d'ac. acétique à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Une indicateur coloré (Facultatif).
- TI-83 Plus, TI-89, TI-92 Plus, V200.
- Câble de liaison calculatrice-calculatrice.
- TI-Graph Link (facultatif).

Attention ! Si vous prenez un vinaigre à 8°, il y a une forte concentration en acide (environ $1,5 \text{ mol/L}$, il faudra prévoir de le diluer avant ou de faire un test pour ne pas avoir trop de mesures).

4. Préparation de l'expérience

1) Préparation

- Brancher les différents éléments comme sur la figure ci-dessous.



- Brancher la sonde pH métrique sur la voie 1 du CBL 2™ à l'aide de l'adaptateur CBL 2™-DIN .
- Connecter CBL 2™ à la calculatrice.
- Appeler l'application logicielle Datamate.
- Dans l'écran principal choisir l'option **1 : PREPARER** puis appuyer sur **ENTER** lorsque le curseur est en face de CH 1. Cela afin de faire le choix du capteur **pH**.

Ensuite choisir l'option **2 : CALIBRER**. La machine propose alors une calibration **LINEAIRE** avec une pente (-3,84) et une ordonnée en zéro (13,72). On peut les garder ou alors **RECALIBRER** avec des solutions tampon pH = 4 ou 10 et pH = 7. Les valeurs doivent être à peu près les mêmes.

Ensuite faire **1 : OK** pour revenir sur l'écran principal.

- De là il faut changer le mode pour passer en **MODE : MANUEL AVEC ENTREE** afin d'indiquer le volume de base (ou d'acide) versé. Choisir l'option **2 : MESURE** pour démarrer l'expérience et suivre les indications.

Note : Si vous utilisez une tablette de rétroprojection, ou un TI-Présenter, toute la classe pourra suivre l'expérience en même temps.

■ Mode opératoire

- Remplissez la burette de NaOH (0,1 mol . L⁻¹), n'oubliez pas de l'amorcer et de bien régler le zéro.
- En utilisant la pipette, surmontée de sa pompe, prélever 10 mL d'acide acétique (ou 20 mL si vous voulez un dosage plus long) que vous verserez dans le bêcher. Compléter à 100 mL avec de l'eau distillée.
- Mettre le barreau aimanté de l'agitateur magnétique dans le bêcher.
- Positionner la burette pour que la solution de NaOH puisse facilement être ajoutée à l'acide.

■ Calibration du pH-mètre

Voir ci-dessus.

■ Début des prises de mesure

Appuyer sur **MESURE** du CBL 2™ lorsque la valeur est stabilisée. Puis entrée le volume de base versé. Verser un volume de base puis attendre la stabilisation du pH-mètre pour recommencer jusqu'à la fin du dosage. Lorsque vous avez terminé la prise de mesure appuyer sur la touche **STO▶** de la calculatrice. Sortir de l'application Datamate et travailler sur les listes.

2) Expérience

Le fait d'être en mode **MODE : MANUEL AVEC ENTREE** à chaque prise de pH il faut entrer le volume de base forte (ou Acide fort suivant le dosage) que l'on verse.

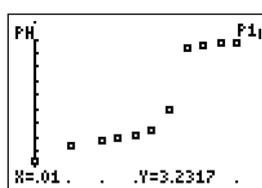
Une fois le dosage obtenu vous pouvez quitter l'application Datamate et visualiser le graphe. Le volume versé se place en L1 et la valeur de pH se met en L2.

Les listes de données sont sauvegardées afin de pouvoir les réutiliser pour étudier la courbe.

3) Analyse et conclusion

Le graphe de dosage se construit au fur et à mesure de l'expérience.

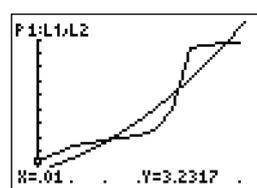
Lorsque vous voulez faire l'analyse il faut aller dans le menu **STAT** et dans le sous menu **CALC** pour effectuer une régression de type **LOGISTIQUE**. Ceci permet d'avoir une courbe ayant un point d'inflexion au niveau de l'équivalence. Une fois cette régression faite, on peut la mettre en Y1 pour la tracer et ensuite grâce au menu **MATHS**, on peut en **Y2** lui faire tracer la dérivée de cette fonction ou encore la dérivée seconde afin de voir l'équivalence.(position **8 : nbreDérivé(Y1,X,X)**).



Courbe de dosage



Choix dans le menu
STAT



Résultat de la
régression

C2 - DOSAGE

ACIDE FAIBLE - BASE FORTE (suite)

Il est possible d'aller plus loin dans l'analyse théorique (ceci est pour le professeur uniquement en démonstration ou après avoir rentré les données dans un programme) :

$$\text{l'équation d'électroneutralité : } [\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+] - [\text{HO}^-] \quad (1).$$

$$\text{Celle de la conservation de la matière : } [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_a \times V_a}{C_a + V_a} - [\text{CH}_3\text{COO}^-] \quad (2).$$

$$\text{Enfin celle de la définition de la constante d'acidité } K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (3).$$

Les trois équations ci dessus nous permettant de trouver une équation et une courbe théorique du dosage :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_3 + [\text{H}_3\text{O}^+]_2 \times \left(K_a + \frac{C_a \times V_a}{V_a + V_b} \right) - [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \left(K_e + K_a \times \frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b} \right) - K_a K_e = 0.$$

Pour $\text{pH} < 7$, l'étude des ordres de grandeurs des différents termes montre que cette équation peut se ramener à :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_2 + [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \left(\frac{C_b \times V_b}{C_a + V_b} \right) - K_a \times \left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b} \right) = 0,$$

dont la solution est :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1}{2} \left(\frac{-C_b V_b}{V_a + V_b} + \sqrt{\left(\frac{C_b V_b}{V_a + V_b} \right)^2 + 4 K_a \times \frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b}} \right).$$

Le log de cette expression n'est défini que si $C_a V_a > C_b V_b$, soit $V_b < \frac{C_a V_a}{C_b}$, c'est-à-dire avant l'équivalence.

Après l'équivalence, les ions HO^- deviennent majoritaires.

La relation devient :

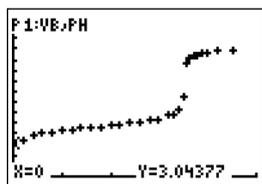
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14} + \log \left(\frac{C_a V_a - C_b V_b}{V_a + V_b} \right).$$

On connaît C_b (variable C) et V_a , on a calculé C_a (variable a) et sachant que $K_a = 1,78 \cdot 10^{-5}$ (variable K) pour l'acide acétique on peut tracer la courbe de dosage théorique et la superposer (il faut mettre aussi V_a en variable b).

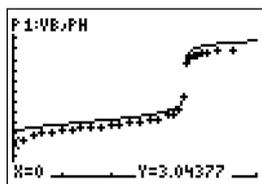
Dans $Y=$, on peut mettre :

$$Y1 = -\log(0.5(-CX/(B+X) + \sqrt{(CX/(B+X))^2 + 4(K(AB-CX)/(B+X))}));$$

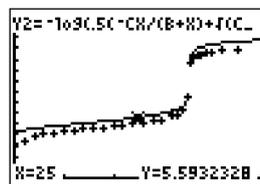
$$Y2 = 14 + \log((CX - AB)/(B+X)).$$



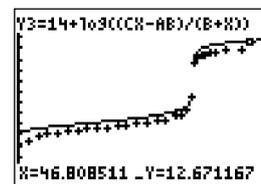
Courbe obtenue avec 5mL de vinaigre et une solution de soude à $0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$



Superposition avec les courbes théoriques



Pointeur avant l'équivalence et écriture de Y_2



Pointeur après l'équivalence et pointeur sur Y_3

On peut modifier la valeur de K_a pour voir l'effet sur la courbe (ainsi que de V_a ou V_b ou C_b).
Imprimer, si vous le désirez, avec un TI-Graph Link.

Préparateur

■ Matériel à prévoir pour un poste

- CBL 2™.
- Une sonde pH-métrique avec son ampli de chez Vernier.
- Adaptateur CBL 2™-DIN.
- Application logicielle Datamate.
- Matériel de dosage (burette graduée 25 ou 50 mL, pipette de 10 ou 20 mL, bécher de 250 mL, agitateur magnétique (ou baguette en verre), 2 solutions tampon (4 et 7 par exemple) pour l'étalonnage.
- Une solution de base forte de concentration connue (NaOH à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ par exemple).
- Une solution d'acide faible de concentration inconnue (Ac. Acétique à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ environ par exemple).
- Une indicateur coloré (facultatif).
- TI-83 Plus, TI-89, TI-92 Plus, V200.
- Câble de liaison calculatrice-calculatrice.
- TI-Graph Link (facultatif).

■ Compléments en cas de pannes

- Prévoir également un poste supplémentaire en cas de panne.
- Des piles de rechange : LR06 pour CBL 2™ et AAA pour les calculatrices.
- Rajouter quelques câbles de liaison calculatrice-CBL 2™.

C2 - DOSAGE

ACIDE FAIBLE - BASE FORTE

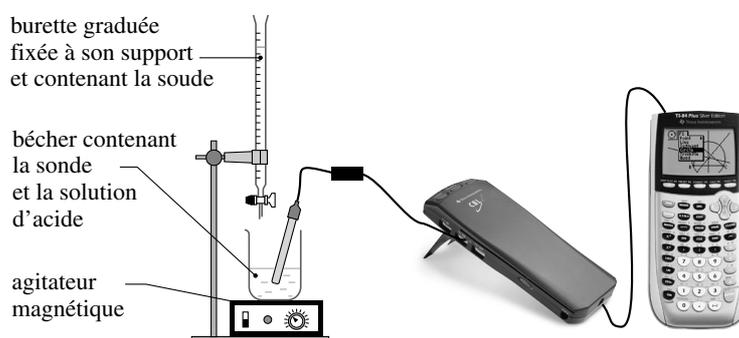
1. Objectifs de l'activité

Cette expérience a pour objectif l'application pratique de la technique du dosage pour déterminer la concentration de l'acide acétique, en traçant la courbe du dosage et en trouvant le point d'équivalence.

2. Préparation de l'expérience

■ Montage

- Brancher les différents éléments du montage comme sur la figure ci-dessous :



- Brancher la sonde pH-métrique sur la voie 1 du CBL 2™ à l'aide de l'adaptateur CBL 2™-DIN, puis connecter CBL 2™ à la calculatrice et appeler l'application logicielle Datamate.
- Dans l'écran principal, choisir l'option **1 : PREPARER**, puis valider avec **ENTER** lorsque le curseur est en face de CH 1 : afin de faire d'indiquer la sonde utilisée, ici **2 : pH**.

■ Calibration de la sonde

- Choisir l'option **2 : CALIBRER**. La machine propose alors une calibration **LINEAIRE** avec une pente (- 3,84) et une ordonnée en zéro (13,72). Il faut la **RECALIBRER** à l'aide des solutions tampon pH = 7 et pH = 4 mis à disposition.

solution tampon	valeur de la tension
7	
4	

valeur de la pente	
ordonnée en 0	

- Ensuite taper **1 : OK** pour revenir sur l'écran principal.

■ Définir le type de mesure

- Maintenant il faut passer en **MODE : MANUEL AVEC ENTREE** afin d'indiquer le volume de base versé à chacune des mesures (déplacer le curseur sur **MODE**, valider avec **ENTER**, et sélectionner **3 : MANUEL AVEC ENTREE**).
- Revenir à l'écran principal avec **1 : OK**, d'où on démarre l'expérience en sélectionnant **2 : MESURE**, puis suivre les indications.

3. Mode opératoire

- Remplir la burette de NaOH de concentration $c_b = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (ne pas oublier d'amorcer et de bien régler le zéro).

- En utilisant la pipette et la propipette, prélever $v_a = 4$ mL d'acide acétique $C_2H_4O_2$ de concentration c_a , verser la solution dans une fiole jaugée, et compléter à 80 mL avec de l'eau distillée. Verser la solution obtenue dans le bêcher.
- Placer le barreau aimanté de l'agitateur magnétique dans le bêcher.
- Positionner la burette pour que la solution de NaOH puisse facilement être ajoutée à l'acide.

■ Début des prises de mesure

- Démarrer l'expérience avec **2 : MESURE** et suivre les indications.
- Pour chaque mesure : lorsque la valeur indiquée est stabilisée, taper **ENTER**, puis saisir le volume de base versé. Ajouter un petit volume de la solution de soude avant la mesure suivante.
- Recommencer jusqu'à la fin du dosage. Ajouter un petit volume de la solution de soude.
- Lorsque la prise de mesure est terminée, appuyer sur la touche **STO** de la calculatrice. Sortir de l'application Datamate avec **6 : QUITTER** et travailler avec les données sauvegardées dans les listes.

■ Données

- Dans quelle liste le volume de base versé est-il ? et la valeur du pH ?
- Donnez l'allure de la courbe obtenue en précisant quelques valeurs en complétant le tableau suivant :
- Entourer la zone correspondant au saut de pH, et d'une autre couleur, la valeur pour la demi équivalence.

--

v_b	0										
pH											

v_b											
pH											

4. Analyse et conclusion

1) Méthode des tangentes

- Trouver le point d'équivalence de la courbe ci dessus. Donner ses coordonnées avec les unités, s'il y en a :
- abscisse : ... ; - ordonnée :
- D'un point de vue chimique, à quoi ce point correspond-il ?
- On note K le point correspondant à la demi équivalence. Donner les coordonnées de ce point.
- Comment nomme-t-on la zone qui entoure ce point ? Pourquoi la nomme-t-on ainsi ?
- À quoi correspond la valeur du pH de ce point ?

2) Méthode de dérivée

Dans le menu **STAT** de la calculatrice, prendre le sous-menu **CALC** pour effectuer une régression de type **B : LOGISTIQUE** des deux listes de données. Mettre l'équation obtenue dans **Y1**.

Puis dans **Y2**, la dérivée de cette fonction afin de voir l'équivalence en traçant les deux courbes (dans le menu **MATH, 8 : nbreDérivé(Y1,X,X)**).

- Représenter la courbe de régression ainsi que sa dérivée.
Donnez l'allure de la courbe obtenue en précisant laquelle est la dérivée.

--

- Que remarque-t-on au niveau de l'équivalence ?

3) Détermination de la concentration en acide

L'équivalence correspondant au point où $n_a = n_b$.

- Réécrire cette égalité en faisant apparaître les volumes et les concentrations. Déterminer c_a .
- Déterminer la concentration massique molaire de cette solution sachant que la masse molaire de l'acide acétique est de $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Déterminer la masse d'acide acétique contenue dans une bouteille de vinaigre de 75 cL.