

C10n – TITRAGE : ACIDE FORT - BASE FORTE

Auteur : Abdelilah Yazzi

TI-Nspire™ CAS

Mots-clés : titrage, dosage, acide-base, pH, conductimétrie, point d'équivalence, méthode des tangentes.

Fichiers associés : Dosage_pH_NaOH_Hcl.tns, DosageConductimetrie_NaOH_Hcl.tns, C11nEleve_TitrageNaOH_Hcl.pdf

1. Objectifs

- Réaliser le montage permettant le suivi pH-métrique ou conductimétrique d'une réaction acide-base.
- Savoir exploiter une courbe de dosage volumétrique acido-basique.
- Déterminer la quantité de matière d'une espèce en solution acide et en déduire sa concentration.

2. Matériel

- Une calculatrice TI-Nspire,
- Une interface d'acquisition LabStation,
- Capteurs : pH, conductimètre.
- Système d'agitation.
- Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (soude).
- Solution aqueuse d'acide chlorhydrique.
- Burette graduée, pipettes jaugées 10 mL.
- Bécher de 100 mL.

3. Commentaires

Dans cette activité, nous allons considérer une solution aqueuse d'acide et la titrer par une solution aqueuse de base, de concentration connue. Des volumes de base sont ajoutés progressivement dans la solution acide et des mesures de pH et de conductivité sont effectuées après chaque ajout. Ces mesures de **pH** et de **σ** vont nous permettre de déterminer la concentration en ions H_3O^+ (aq) de la solution acide.

4. Conduite de l'activité

1) Titrage pH-métrique

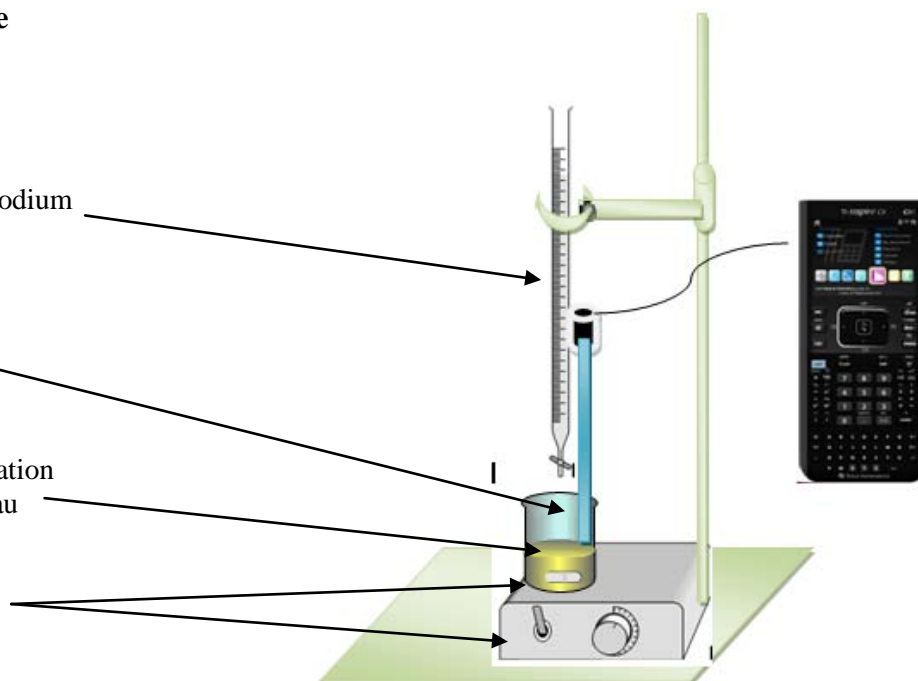
a) Mode opératoire


Solution d'hydroxyde de sodium
($C_b = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$)

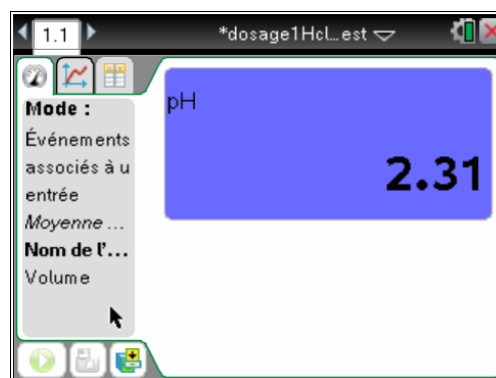
Capteur de pH

10 mL de solution d'acide
chlorhydrique de concentration
 C_a inconnue + 40 mL d'eau
distillée

Système d'agitation



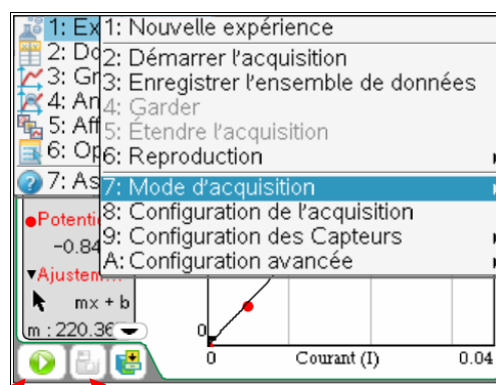
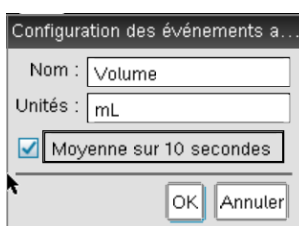
- Réaliser le montage ci-dessus.
- Remplir la burette avec la solution basique (NaOH) et ajuster le zéro.
Dans le bécher, introduire à l'aide d'une pipette jaugée 10 mL de la solution acide et le barreau magnétique.
Plonger la sonde du pH-mètre et s'assurer qu'elle soit bien immergée dans le bécher.
- Mettre la calculatrice sous tension et choisir une nouvelle application **DataQuest** en cliquant sur l'icône .
- Le capteur pH est automatiquement reconnu.






b) Acquisition manuelle du volume

- Appuyer sur la touche **[menu]** pour paramétrer l'expérience, en choisissant l'option **1 : Expérience**, puis **7 : Mode d'acquisition**, et enfin, **2 : Événements associés à une entrée**.

Saisir ensuite le nom et l'unité.



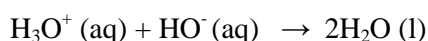
c) Manipulation

- Allumer l'agitateur magnétique.
- Démarrer les mesures en cliquant sur le bouton .
- Ouvrir un graphique représentant le pH en fonction du volume .
- Verser la base millilitre par millilitre à l'aide de la burette, et à chaque fois, cliquer sur  pour retenir la mesure, puis indiquer le volume versé.
- L'application **DataQuest** trace alors automatiquement la courbe de pH en fonction du volume de la base versé.

Si l'on dispose d'un capteur compte gouttes, on doit choisir dans le mode d'acquisition l'option **5 : compte-gouttes**.

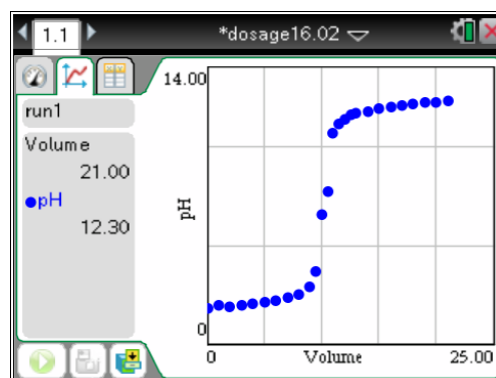
d) Courbe de titrage et équivalence

Lors du titrage de la solution d'acide chlorhydrique, l'espèce titrée est l'acide H_3O^+ (aq). Cette espèce réagit **totalement** avec la base HO^- (aq) de la solution titrante suivant l'équation :



Toute courbe de titrage pH-métrique peut être décomposée en trois parties :

- Avant l'équivalence, le pH varie relativement peu : réactif limitant HO^- (aq).
- Aux alentours du point d'équivalence, on observe un saut de pH.
- Après l'équivalence, le pH se stabilise, le réactif limitant est H_3O^+ (aq).



e) Repérage du point d'équivalence (méthode des tangentes)

Pour déterminer le point d'équivalence, on utilisera, pour ce dosage, une méthode graphique appelée méthode des tangentes :

- On trace deux tangentes à la courbe parallèles situées de part et d'autre du saut de pH.
- On trace la droite parallèle située à égale distance.
- Le point équivalent est le point d'intersection de la courbe de titrage avec cette droite.

- Ouvrir une nouvelle page **Tableur & Listes**.

Placer le curseur dans la colonne **A** tout en haut.

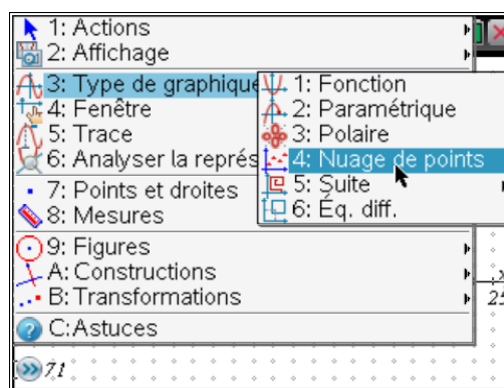
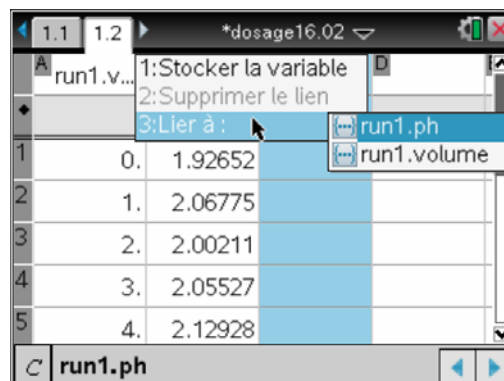
Appuyer sur la touche **[var]** et choisir le menu **3 : Lier à :** pour lier la première colonne à la variable « volume ».

Recommencer avec la colonne **B** pour lier la colonne au « pH ».

- Ouvrir une nouvelle page **Graphiques**.

Appuyer sur la touche **[menu]** puis choisir

3 : Type de graphique, et enfin, **4 : Nuage de points**.



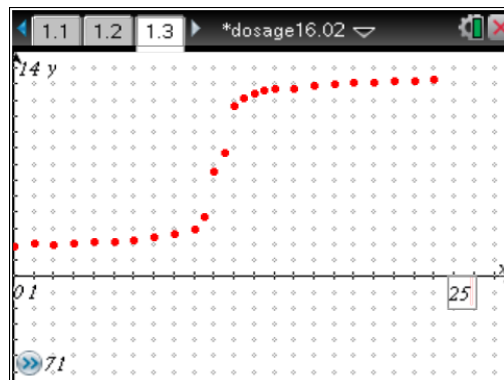
- Ensuite représenter graphiquement le nuage de points (volume ; pH).

Utiliser la touche **[var]** pour trouver les noms exacts des variables.

Utiliser la touche **[tab]** pour passer d'un champ à un autre.

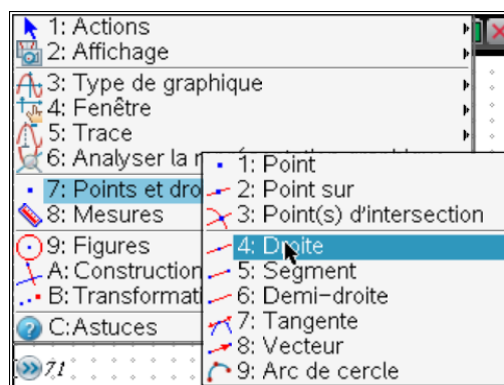
Valider par **[enter]** pour afficher la représentation graphique.

Appuyer sur la touche **[menu]** pour choisir **4 : Fenêtre**, pour bien manipuler manuellement les axes.



- On trace ensuite la tangente à un point de la courbe situé soit avant ou après le saut de pH :

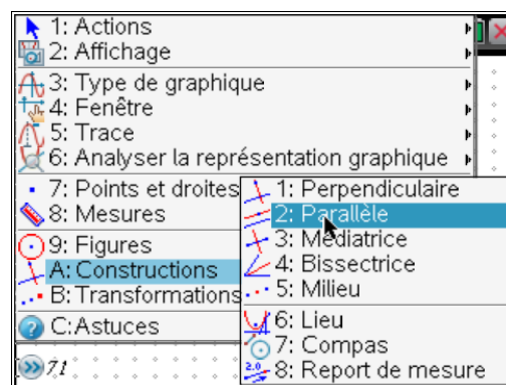
Pour cela, choisir **7 : Points et droites**, puis **4 : Droite**.



- Tracer ensuite la parallèle à cette droite passant par l'autre point ; on choisit **2 : Parallèle**, et on trace la perpendiculaire à ces deux droites : choisir **1 : Perpendiculaire**.

L'intersection de cette droite avec les deux autres parallèles donne deux points.

- On trace ensuite la médiatrice au segment d'extrémités ces deux points, en appuyant sur **3 : Médiatrice**.

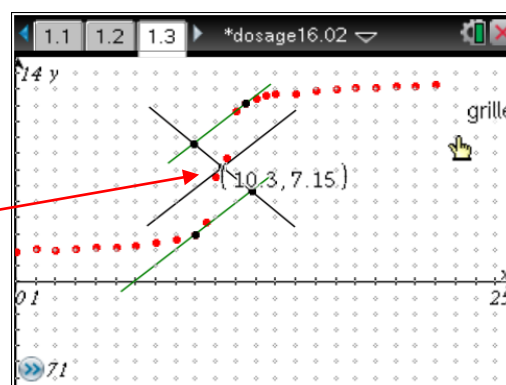


- Finalement Le **point équivalent** est le point d'intersection de la courbe de titrage avec cette médiatrice.

On peut afficher les coordonnées de ce point équivalent en cliquant sur **menu** puis **1 : Actions**, et **7 : Coord. et Eq.**

On obtient pour notre dosage :

$V_E = 10,3 \text{ mL}$; $\text{pH} = 7,1$.



f) Exploitation des résultats

A l'équivalence, le nombre de moles apportées $\text{HO}^- (\text{aq})$ par la base est égal au nombre de moles $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$ initial dans le Becher.

$$n_{\text{HO}^-} (\text{versé}) = n_{\text{H}_3\text{O}^+} (\text{initial})$$

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = C_b \cdot V_{bE} / V_a = 0,103 \text{ mol.L}^{-1}$$

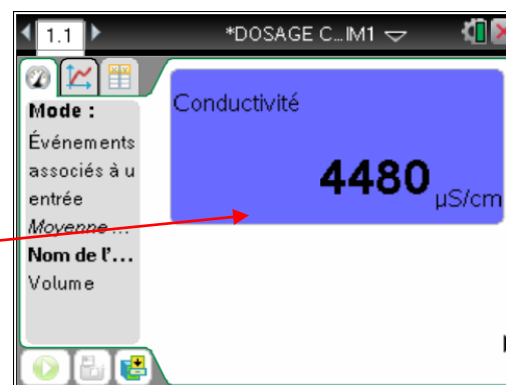
2) Titrage conductimétrique

a) Mode opératoire

On adopte le même mode opératoire que pour le dosage pH-métrique, en changeant tout simplement le capteur de pH par celui de conductimétrie.

Le capteur est reconnu automatiquement et indique la conductivité.

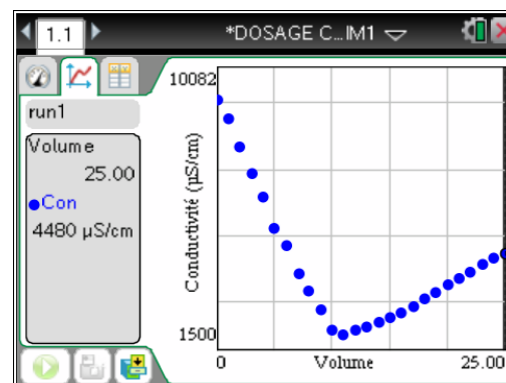
- Même acquisition manuelle du volume.
- Même manipulation.



b) Courbe de titrage et équivalence

Ces résultats sont représentés par des courbes et qui sont théoriquement des segments de droites.

Le point d'équivalence est repéré par un changement de pente.



c) Repérage du point d'équivalence

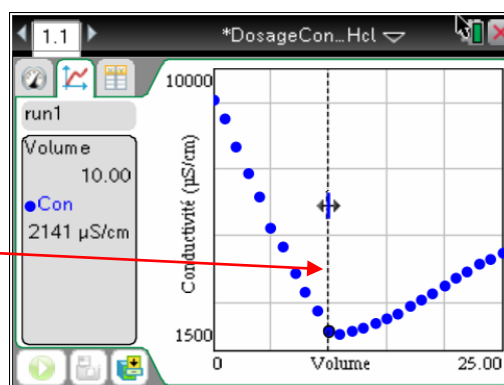
- Deux ajustements linéaires sont nécessaires avant et après le changement de pente.

- Sélectionner tout d'abord la première zone avant l'équivalence.

Sur la calculatrice, placer le curseur en limite de cette zone, puis appuyer sur **ctrl**, puis

Déplacer le curseur jusqu'à l'autre limite de cette zone et appuyer de nouveau sur

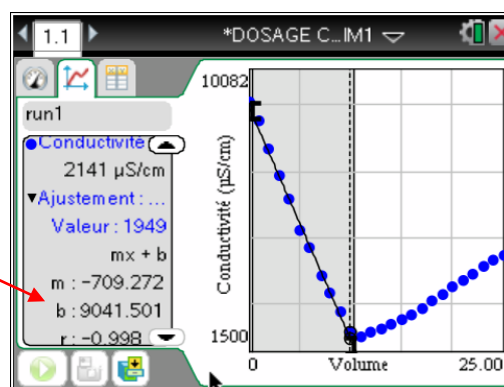
Sur l'ordinateur, sélectionner sur le graphique l'une des limites (clic-gauche) puis maintenir enfoncé le clic et déplacer le curseur.



- Appuyer sur la touche **menu** et choisir l'option **4 : Analyser**, puis **6 : Ajustement des courbes**, et enfin, **1: Linéaire**.

Ce qui donne :

$$\sigma_{\text{avant}} = -709,27 \text{ V} + 9041,50.$$



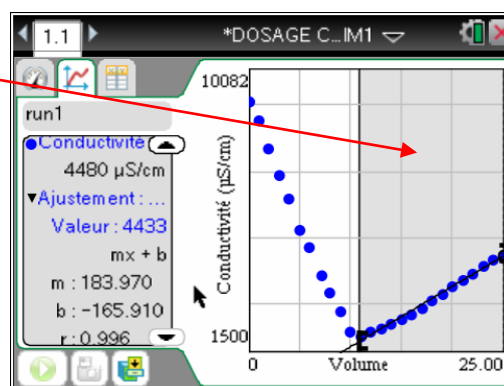
- De la même manière, on effectue un ajustement linéaire à l'autre zone après l'équivalence.

On obtient :

$$\sigma_{\text{après}} = 183,97 \text{ V} - 165,91.$$

- Le volume équivalent est la solution de l'équation :

$$\sigma_{\text{avant}} = \sigma_{\text{après}}.$$



- Insérer une feuille de calcul :

Le volume équivalent : **$V_E = 10,3 \text{ mL}$** (exactement égal à celui réalisé par un titrage pH).

