



# Dosages par titrages conductimétrique et pH-métrie

## Document n°1

« L'eutrophisation des rivières, lacs et réservoirs demeure un problème majeur en Europe et en France. L'eutrophisation est, rappelons-le, un enrichissement en nutriments (composés azotés et phosphorés utilisés par les végétaux pour leur croissance) conduisant à un développement excessif d'algues et par là même à un déséquilibre de l'écosystème. Le phosphore est le facteur limitant sur lequel il est possible de jouer efficacement pour réduire l'eutrophisation continentale. »

D'après l'IRSTEA (institut de recherche en sciences et technologies pour l'agriculture et l'environnement).

## Document n°2

« Les eaux usées doivent être traitées. La purification classique dans les stations d'épuration mécanique et biologique est complétée par l'utilisation de chlorure de fer (III). Ce dernier améliore, d'une part, l'action purificatrice du procédé de clarification et élimine, d'autre part, les constituants nocifs, non biodégradables et les phosphates non désirés. »

D'après le site de l'industriel Tessengerlo <http://www.tessengerlo.ch>

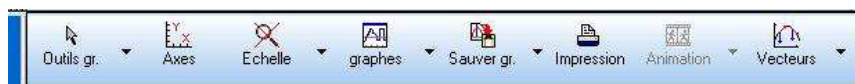
## Document n°3

Détermination de l'équivalence lors d'un titrage conductimétrique

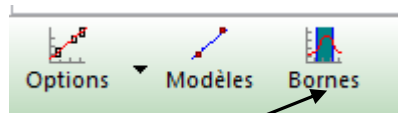
On procède par ajouts successifs de 1,0 mL pour la solution titrante.

Avec le logiciel regressi, il faut modéliser par parties les deux segments de droite et noter l'abscisse de leur point d'intersection.

La lettre sigma  $\sigma$  est obtenue en tapant CTRL + G puis s



### 1) Choisir « Modélisation »



- 2) À l'aide des « Bornes et nouveau modèle » sélectionner la zone à modéliser.
- 3) Choisir un modèle prédéfini et valider.
- 4) Refaire la même chose pour la deuxième partie de la courbe.
- 5) Dans la zone Résultats de la modélisation, le logiciel indique les coordonnées du point d'intersection des deux droites.

**Document n°4** Détermination de l'équivalence lors d'un titrage pH-métrique  
Pour obtenir de bons résultats, il est nécessaire de réduire le volume des ajouts à l'approche du saut de pH (on passe de 1 mL en 1 mL à 0,5 mL en 0,5 mL).

**Méthode 1 : méthode des tangentes**

Afficher la courbe représentant le pH en fonction du volume de soude versé.

À l'aide de l'outil graphique Tangente, choisir « Méthode des tangentes (avec clic) ».

Cliquer sur un point de la courbe, après le saut de pH.

Les coordonnées du point d'équivalence apparaissent.

**Méthode 2 : méthode de la dérivée**

À l'équivalence, pour  $V_2 = V_E$ , la variation de pH étant forte alors la dérivée du pH par rapport au volume versé  $\frac{dpH}{dV_2}$  est maximale ou minimale.

On crée une nouvelle grandeur « dérivée » nommée  $D$ .

On affiche simultanément les courbes représentatives du  $pH$  (avec échelle à gauche) et de sa dérivée  $D$  (avec échelle à droite) en fonction de  $V_2$ .

L'outil graphique Réticule libre permet de déterminer  $V_E$ .

**I. Titrage du chlorure de fer (III) :**

**1.1.** Quel est l'intérêt environnemental du chlorure de fer (III) ?



On dispose d'une solution de chlorure de fer (III) ( $Fe^{3+}_{(aq)} + 3 Cl^{-}_{(aq)}$ ) de concentration molaire attendue égale à  $c_1 = (1,61 \pm 0,01) \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . On souhaite vérifier l'exactitude de cette concentration à l'aide d'un titrage conductimétrique, puis à l'aide d'un titrage pH-métrique.

On utilisera comme solution titrante, de l'hydroxyde de sodium ( $Na^{+}_{(aq)} + HO^{-}_{(aq)}$ ) de concentration en soluté apporté égale à  $c_2 = (2,00 \pm 0,01) \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .




On utilisera  $V_1 = 5,00 \pm 0,02 \text{ mL}$  de solution titrée de chlorure de fer (III) auxquels on ajoutera 100 mL d'eau distillée.

**1.2.** Établir l'équation support du titrage sachant que les ions chlorure et sodium sont spectateurs et qu'il se forme un solide électriquement neutre appelé hydroxyde de fer (III)  $Fe(OH)_3(s)$ .

**1.3.** En déduire la relation entre la quantité de matière  $n_1$  d'ions  $Fe^{3+}$  présents initialement et la quantité  $n_2$  d'ions hydroxyde versés pour atteindre l'équivalence.

**1.4.** On note  $V_E$  le volume équivalent, établir la relation permettant de calculer  $c_1$  à partir de  $c_2$ ,  $V_E$ , et  $V_1$ .

## II. Titration conductimétrique :

 **2.1.** Réaliser le schéma légendé du montage ; pour des raisons pratiques la solution titrée est placée dans un verre à pied et l'agitation est réalisée manuellement avec la sonde du conductimètre.

**2.2.** Pourquoi est-il nécessaire d'ajouter de l'eau distillée dans la solution titrée ?

❖ Réaliser ce titrage.

**2.3.** Interpréter le changement de pente de la courbe représentative de la conductivité  $\sigma$  en fonction du volume de soude versé sachant que trois ions  $\text{Na}^+$  assurent moins bien le passage du courant qu'un ion  $\text{Fe}^{3+}$  ; la conductivité molaire ionique de 3 cations sodium est inférieure à celle du cation fer(III) :  $3\lambda(\text{Na}^+) < \lambda(\text{Fe}^{3+})$ .

**2.4.** Déterminer expérimentalement le volume équivalent  $V_E$ .

**2.5.** Imprimer une courbe permettant de comprendre la méthode de détermination de l'équivalence. Si nécessaire l'annoter manuellement.

## III. Titration pH-métrique :

❖ Réaliser ce titrage avec les mêmes volumes mais dans un becher sous agitation magnétique.

**3.1.** Déterminer expérimentalement le volume équivalent  $V_E$  en employant deux méthodes.

**3.2.** Imprimer une courbe montrant les deux méthodes de détermination de l'équivalence. Si nécessaire l'annoter manuellement.

## IV. Exploitation des mesures et précision d'un titrage :

**4.1.** Déterminer la concentration molaire expérimentale  $c_{1\text{exp}}$  en chlorure de fer (III) à l'aide des trois mesures du volume équivalent.

**4.2.** On définit l'incertitude **relative** d'une grandeur  $X$  par le rapport  $\frac{u(X)}{X}$ . On estime qu'une

incertitude relative est négligeable devant une autre, si elle est environ dix fois plus petite.

L'estimation de l'incertitude sur la mesure du volume équivalent est liée à la méthode de repérage de l'équivalence et à la précision de la burette dans les conditions de l'expérience. On considère ici qu'elle vaut  $u(V_E) = 0,3 \text{ mL}$ .

**4.2.1.** Les incertitudes relatives sur  $V_1$  et  $c_2$  sont-elles négligeables devant celle sur  $V_E$  ?

**4.2.2.** Dans cette hypothèse, on peut montrer que l'incertitude relative  $\frac{u(c_{1\text{exp}})}{c_{1\text{exp}}}$  est égale

$$\text{à } \frac{u(V_E)}{V_E}.$$

Par contre si cette hypothèse est incorrecte, on additionne les incertitudes, on a alors :

$$\frac{u(c_{1\text{exp}})}{c_{1\text{exp}}} = \frac{u(V_E)}{V_E} + \frac{u(V_1)}{V_1} + \frac{u(c_2)}{c_2}.$$

En déduire l'encadrement de la concentration molaire en chlorure de fer (III).

**4.2.3.** L'encadrement sur la concentration molaire obtenue expérimentalement est-il cohérent avec l'encadrement de la concentration molaire attendue ? Justifier.

**4.2.4.** Quelle(s) raison(s) pourrai(en)t expliquer un écart éventuel entre l'encadrement attendu et l'encadrement expérimental ?