



Cours n°3

« Analyser un système chimique par des méthodes chimiques »
titrage : colorimétrique, pHmétrique et conductimétrique

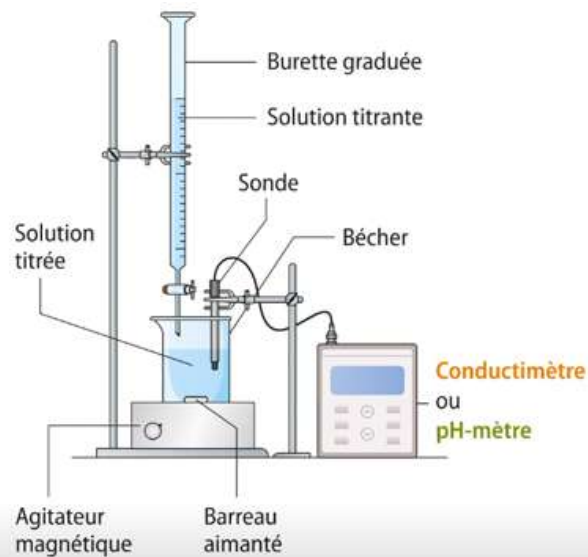
Les compétences à acquérir

- Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.
- Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.
- Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse.
- Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrique, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires.
- Mettre en œuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base.
- Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.

**I- Principe d'un dosage par titrage pHmétrique ou conductimétrique : (Rappel de 1^{ère})**

Un dosage par titrage d'une espèce chimique X en solution,.....

.....



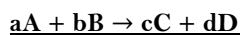
Etape 1 : La **solution S1** dont on cherche la concentration C_1 ou la quantité est appelée
 Un volume V_1 de la **solution** est introduit dans

Nous prendrons ici un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution **d'hydroxyde de sodium** ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) dont la concentration que l'on cherche est notée C_b

Etape 2 : La **solution S2** qui va nous **permettre de doser** /de titrer la solution à titrer est appelée **solution**
La solution dont on connaît sa concentration C_2 est introduite dans

Nous prendrons ici une solution **d'acide chlorhydrique** ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$

Etape 3 : Lorsque l'on verse la solution S2 dans le bécher contenant la solution S1, une transformation chimique a lieu que l'on peut écrire sous la forme générale :



Cette transformation, pour être utilisée dans un dosage doit être :

où A est l'espèce contenue dans solution S1 (bécher) et B celle contenue dans la solution S2 (burette)

-
-
-

Si l'on suit l'évolution des concentrations des quantités des espèces A et B au cours du dosage alors on obtient les courbes suivantes



- Au début la quantité n_A est et n_B est
- A la première goutte versée, n_A et n_B est; la réaction étant totale, L'espèce A est en
- On continue à verser jusqu'au moment où il n'y a plus de l'espèce A.
- Si l'on continue à verser : Il n'y a plus de **l'espèce A** et **l'espèce B** est en

Il apparait un point particulier où les quantités de A et B sont nulles.

$$n_A^f(\dots) = n_B^f(\dots)$$

C'est

Etape 4 : Le dosage est

C'est à partir du point d'équivalence que l'on va pouvoir déterminer la **quantité initiale de $n^i(A)$** présente dans le bécher puis la **concentration de l'espèce A**

Etudions ce qu'il se passe à l'équivalence en effectuant un tableau d'avancement :

Equation chimique		...	+	...	→	...	+	...
Etat du système	Avancement (en mol)	Quantités exprimées en moles						
Etat initial	$x = 0$	$n^i(A)$		$n^i(B) = n^{versée}(B)$				
Etat intermédiaire	x	$n(A) =$						
Etat final Equivalence	$x = x_{eq}$	$n^f(A) =$						

A l'équivalence : $n^f(A) = 0$ et $n^f(B) = 0$ pour une même valeur de x_{eq}

Recherche de x_{eq}

et

$$\left\{ \begin{array}{l} n^f(A) = \dots = \dots \\ n^f(B) = \dots = \dots \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_{eq} = \\ x_{eq} = \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_{eq} = \\ = \end{array} \right.$$

Définition de l'équivalence :

A l'équivalence

- les réactifs (A et B) ont été
- Les quantités des réactifs dans le bécher sont $n^f(A) = \dots$ mol et $n^f(B) = \dots$ mol
- la quantité de B a été versée en quantité suffisante pour tout la quantité de A présente dès le départ dans le bécher.

Interprétation de l'équivalence :

- **A l'équivalence**, nous avons versé un volume V_{eq} appelé volume à l'équivalence dont la valeur sera obtenue **expérimentalement**
- Peut-on déterminer $n^{versée}(B)$?

- Nous pouvons donc déterminer $n^i(A)$ puis la concentration C_1

--	--

Dans le cas particulier :

- où la solution S1 est une **solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$)** dont la concentration que l'on cherche est notée C_b et le volume dans le bécher est V_1
- et la solution S2 est d'**acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$)** de concentration $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1}$ mol/L

Ecrire l'équation de dosage	A l'équivalence : donner l'expression de C_b pour le volume V_{eq}

II- Dosage par titrage pHmétrique ou conductimétrique

1- Réalisation, en laboratoire d'une solution titrante :

Ici nous allons fabriquer **1 litre** une solution titrante **S2** (dans la **burette**) d'**acide chlorhydrique** ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ à partir d'une solution commerciale dont voici l'étiquette. Comprendre l'étiquette !

Acide chlorhydrique

CAS : 7664-93-9

$M = 36,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Bidon de 1 L, 23%, $d = 1,12$



a- Le titre massique ou pourcentage massique : 23 %

$w =$

Le titre massique w d'une solution, appelé aussi pourcentage massique, est le quotient de la masse de soluté $m_{\text{soluté}}$ contenu dans un échantillon de solution par la masse de cet échantillon m_{solution} . Il s'exprime en pourcentage et est sans unité

b- La densité d et masse volumique ρ :

$\rho_{\text{solution}} =$

La masse volumique est quotient de la masse de la solution par le volume de cette solution
Elle s'exprime en

$d_{\text{solution}} =$

La densité de la solution d_{solution} est le quotient de la masse volumique ρ_{solution} de la solution par la masse volumique de l'eau ρ_{eau}
Les 2 masses volumiques doivent avoir

c- Concentration molaire C et concentration massique C_m :

Concentration molaire C

Concentration massique C_m

$C_m =$

d- Quelle sont les relations entre ces différentes valeurs ? Et quel est le volume à prélevé V_p pour fabriquer la solution titrant **S2** ?

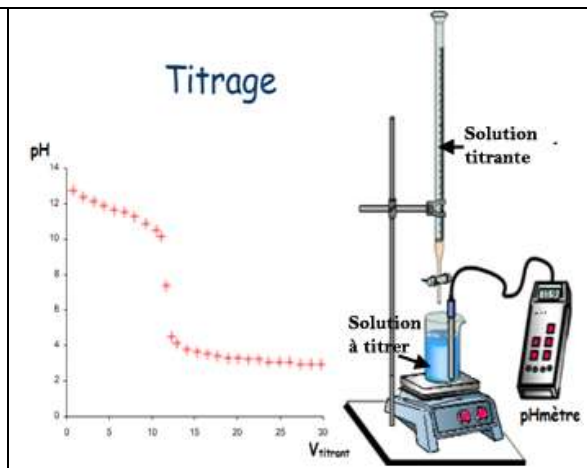
Recherchons les relations entre w et C ou C_m . Calculons la concentration molaire de la solution commerciale

Calcul du volume V_p à prélever de la solution commerciale pour obtenir **1 litre** une solution titrante **S2** d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$

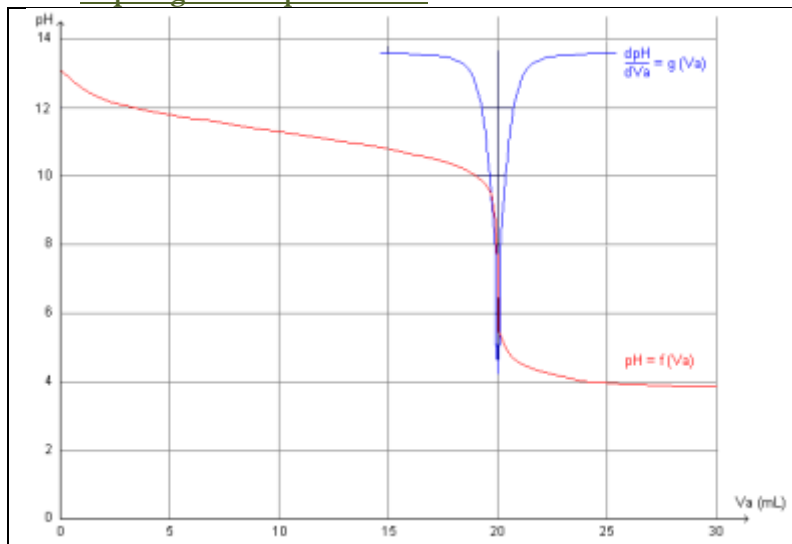
4- Dosage par pHmétrie :

a- Le montage :

- la burette est lavée avec de l'eau distillée puis avec de la solution titrante.
- Le 'zéro' de la burette est fait en dépassant les graduations puis en versant dans le bécher poubelle pour faire le 'zéro' précisément.
- La solution à titrer est introduite dans le bécher avec l'agitateur magnétique.
- La cellule pH-métrique est introduite verticalement de façon à éviter de toucher l'agitateur en mouvement modéré et de verser avec la burette sur cette cellule.
- De façon à immerger totalement la cellule, il est possible **d'ajouter de l'eau distillée : Cela ne modifie pas le dosage puisque la quantité à titrer ne change pas.**



b- Repérage de l'équivalence :



Méthode des tangentes parallèles :

- Tracer une première tangente à la courbe (un peu avant)
- Tracer une deuxième tangente parallèle à la première (un peu après le saut de pH).

Graphiquement, on lit $V_{\text{eq}} =$
et $\text{pH}_{\text{eq}} =$

- Avec la courbe dérivée $\frac{dpH}{dV} = f(V)$

.....

c- Interprétation de la courbe : Equation de dosage :

- Avant l'équivalence :

- A l'équivalence :

Après l'équivalence :

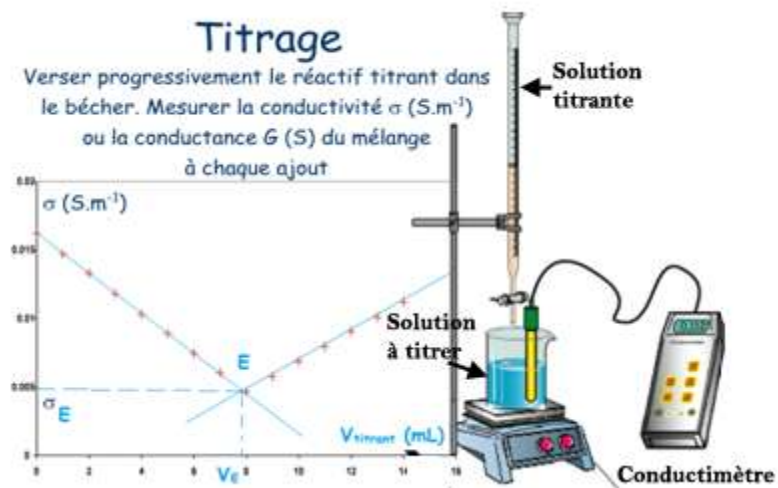
d- Exploitation du volume à l'équivalence :

Calcul de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) par une solution de d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$)

.....

5- Dosage par conductimétrie :

a- Le montage :



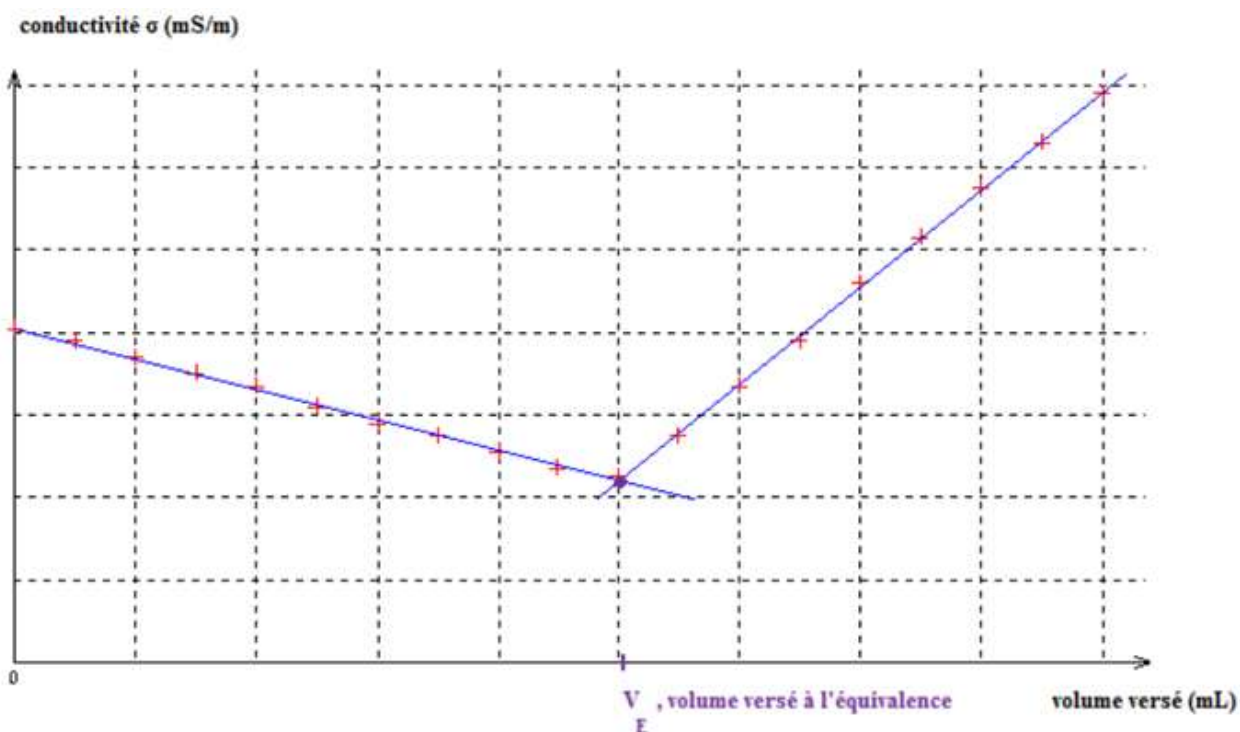
b- Principe :

Un titrage conductimétrique peut être réalisé lorsque la réaction support du titrage fait intervenir des

Si au cours d'un titrage conductimétrique la dilution est négligeable, le graphe $\sigma = f(V_{\text{solution titrante}})$ est constitué de

Le **point d'intersection** de ces droites permet de repérer du titrage.

c- Réalisation du dosage de la solution S1 d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) par la solution S2 de d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$)



d- Interprétation de la courbe $\sigma = f(V_{\text{solution titrante}})$

- Pour $V_{\text{solution titrante}} = 0 \text{ mL}$:
 - Quels sont les ions présents dans le bécher ?
 - Donnez l'expression et calculer la conductivité σ_0

- Avant l'équivalence :

.....

.....

.....

$$\sigma =$$

- A l'équivalence :

.....

.....

$$\sigma =$$

Après l'équivalence :

.....

.....

$$\sigma =$$

Conductivités molaires ioniques

Ions	λ (mS.m ² .mol ⁻¹)
H ₃ O ⁺	34,98
HO ⁻	19,86
Cl ⁻	7,63
K ⁺	7,35
NH ₄ ⁺	7,34
NO ₃ ⁻	7,142
Ag ⁺	6,19
Na ⁺	5,01
CH ₃ COO ⁻	4,09
Li ⁺	3,87
Ca ²⁺	11,9