

Méthodes chimiques d'analyse

Titrage colorimétrique, pHmétrique, conductimétrique

Classe de Terminale – Spécialité SPC

- 1 Equivalence
- 2 Titration colorimétrique
- 3 Titration pHmétrique
- 4 Titration conductimétrique

- 1 Equivalence
- 2 Titration colorimétrique
- 3 Titration pHmétrique
- 4 Titration conductimétrique

Titration

Un titrage est réalisé à d'une réaction chimique qui doit être
unique / rapide / totale

La grandeur inconnue (concentration) est déterminée par équivalence entre les réactifs titré et titrant.

Définitions équivalentes de l'équivalence

- on est à l'équivalence lorsque les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques
- on est à l'équivalence lorsqu'il y a changement de réactif limitant

Réaction	:	$a A + b B \rightarrow c C + d D$		
E.I.	0	n_A	n_B	
en cours	x	$n_A - ax$	$n_B - bx$	
équivalence	x_{eq}	0	0	

A l'équivalence, il y a changement de réactif limitant donc

$$n_A - ax_{eq} = 0 = n_B - bx_{eq}$$

$$\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b}$$

- 1 Equivalence
- 2 Titrage colorimétrique
- 3 Titrage pHmétrique
- 4 Titrage conductimétrique

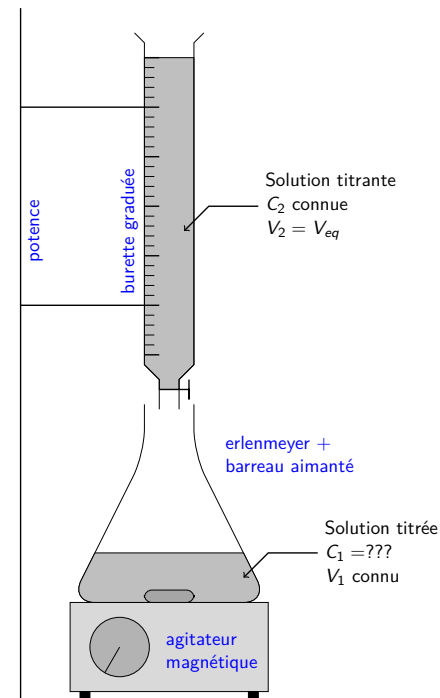
Définition : titre massique

Le **titre massique** (ou **pourcentage massique** p_m) d'une espèce chimique E dans une solution S est le rapport

$$p_m(E) = \frac{m(E)}{m_{\text{solution } S}}$$

A ne pas confondre avec la concentration massique (ou concentration en masse) !

Montage de titrage colorimétrique



On verse la solution titrante dans l'erlenmeyer. L'équivalence est repérée par un **changement de couleur** : il faut s'arrêter à la goutte près.

$$n_A = C_1 V_1$$

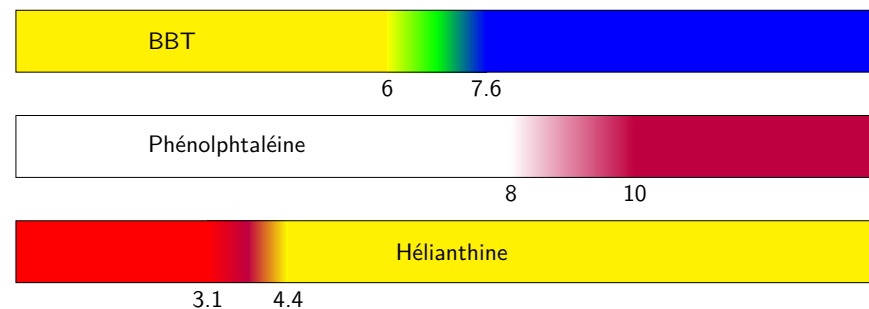
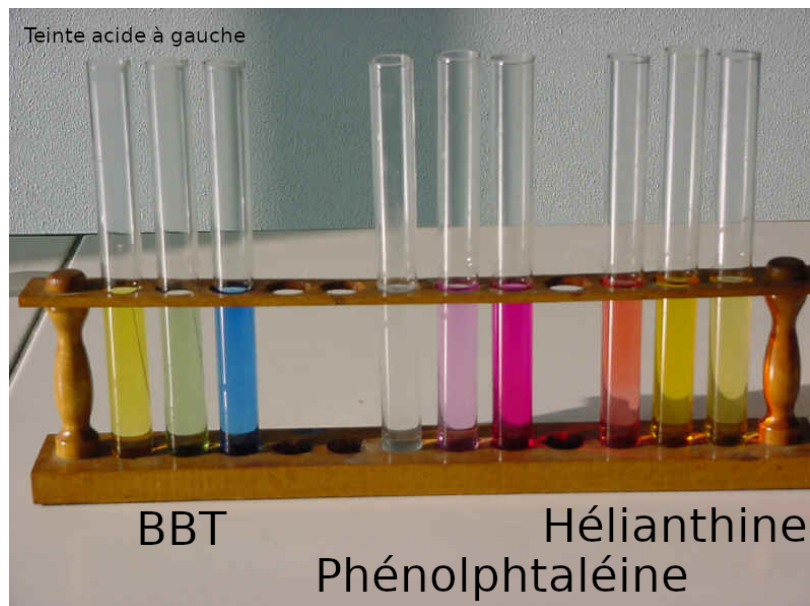
$$n_B = C_2 V_{eq}$$

d'où à l'équivalence

$$\frac{C_1 V_1}{a} = \frac{C_2 V_{eq}}{b}$$

→ calcul de C_1

L'équivalence se repère grâce à un **indicateur coloré** (couple acide/base dont les couleurs sont différentes)



Les indicateurs colorés ont une **zone de virage** : intervalle de pH pour passer de la teinte acide à la teinte basique

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	pK_A	Teinte basique
Hélianthine	rouge	3.1 – 4.4	3.4	jaune
Vert de bromocrésol	jaune	3.8 – 5.4	4.9	bleue
Bleu de bromothymol (BBT)	jaune	6.0 – 7.6	7.1	bleue
Rouge de crésol	jaune	7.2 – 8.8	8.5	rouge
Phénolphtaléine	incolore	8.2 – 10.0	9.4	violet
Rouge d'alizarine	violet	10.0 – 12.0	11	jaune
Carmin d'indigo	bleue	11.6 – 14.0	12.6	jaune

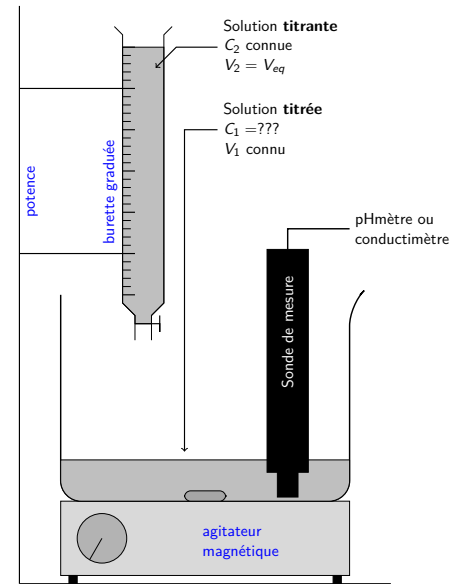
Quelques indicateurs colorés couramment utilisés



Le jus de chou rouge est un indicateur universel

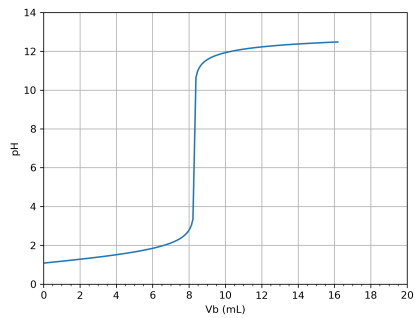
Montage de titrage pHmétrique

- 1 Equivalence
- 2 Titrage colorimétrique
- 3 Titrage pHmétrique
- 4 Titrage conductimétrique



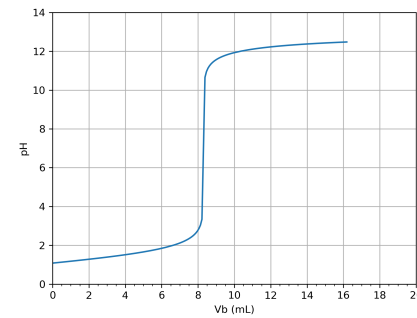
On mesure le pH en fonction du volume de solution titrante versée.

Types de courbe obtenue

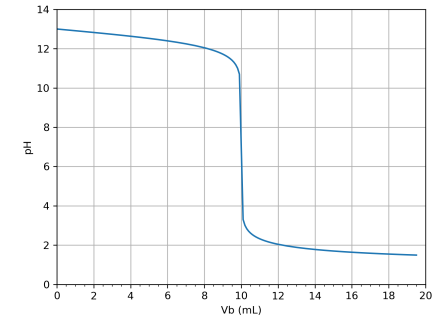


titrage

Types de courbe obtenue

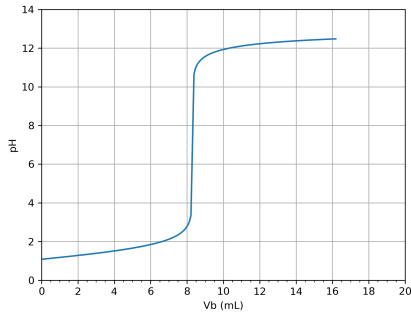


titrage d'un acide par une base

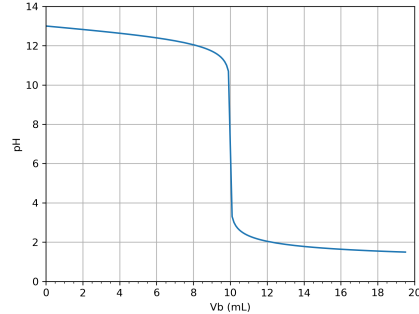


titrage

- par la méthode des tangentes

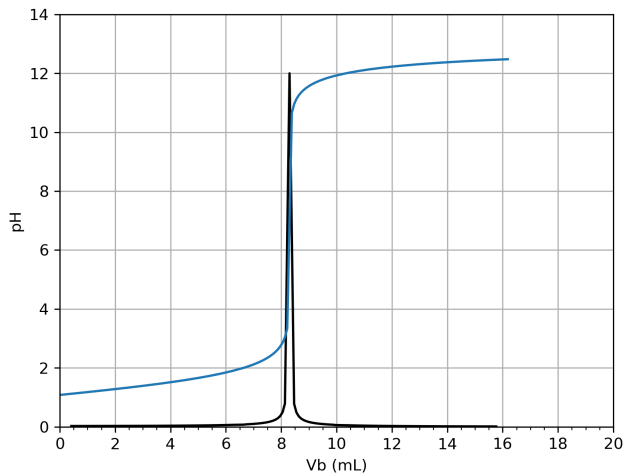


titrage d'un acide par une base

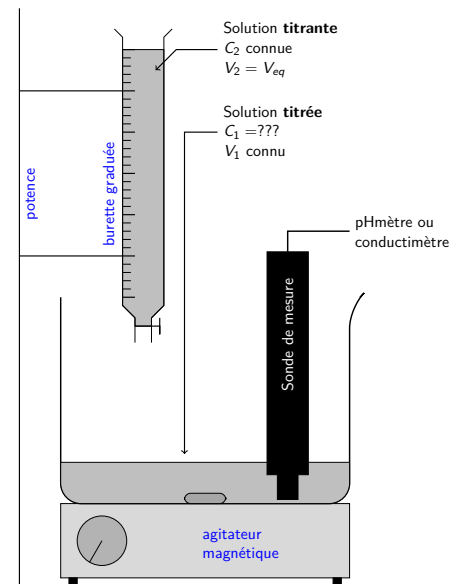


titrage d'une base par un acide

- par la méthode des tangentes
- par la courbe dérivée



→ volume à l'équivalence V_{ae} ou V_{be}



On mesure le pH en fonction du volume de solution titrante versée.

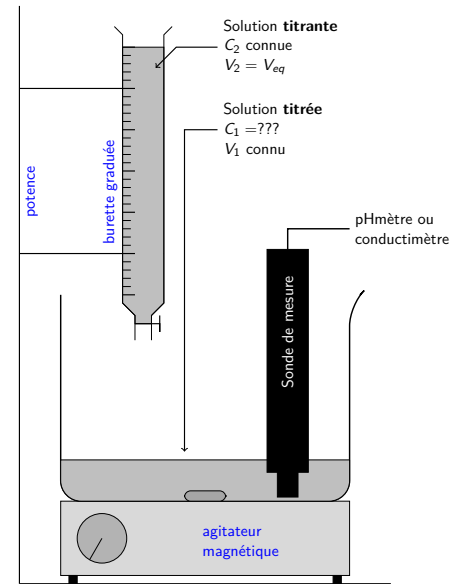
↓
on détermine le volume équivalent

↓
tableau d'avancement relation à l'équivalence

↓
concentration inconnue C_1

Montage de titrage conductimétrique

- 1 Equivalence
- 2 Titrage colorimétrique
- 3 Titrage pHmétrique
- 4 Titrage conductimétrique



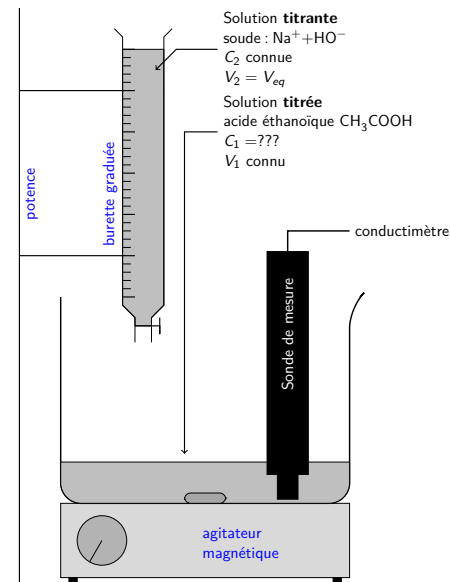
On mesure la conductivité σ en fonction du volume de solution titrante versée.

Point fondamental sur la conductivité

Tous les ions participent à la conductivité!
Ne pas oublier les **ions spectateurs** !
Les molécules ne participent pas à conduire le courant électrique.

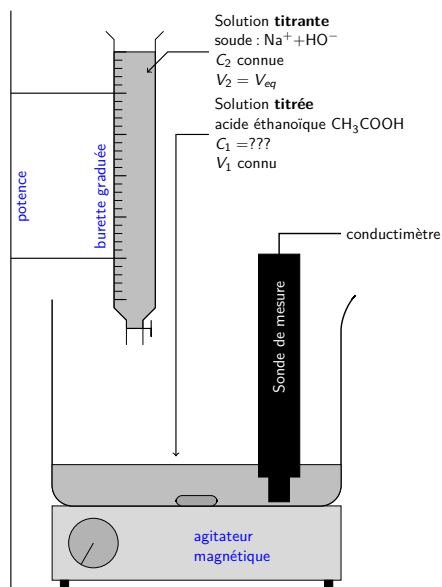
$$\sigma = \sum_{\text{tous les ions } X_i} \lambda_i \times [X_i]$$

Exemple : titrage de l'acide éthanöique par la soude



Couples mis en jeu ?

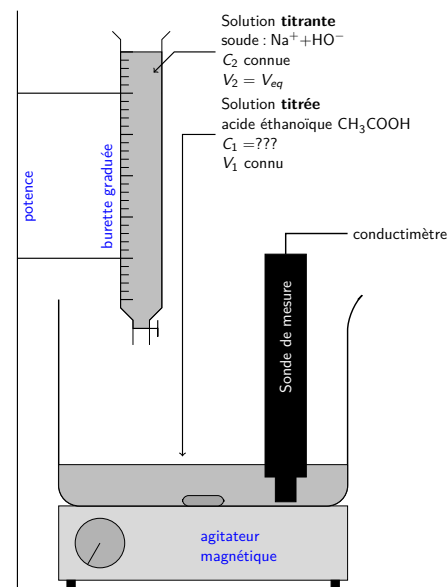
Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude



Couples mis en jeu ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Réaction de titrage ?

Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude

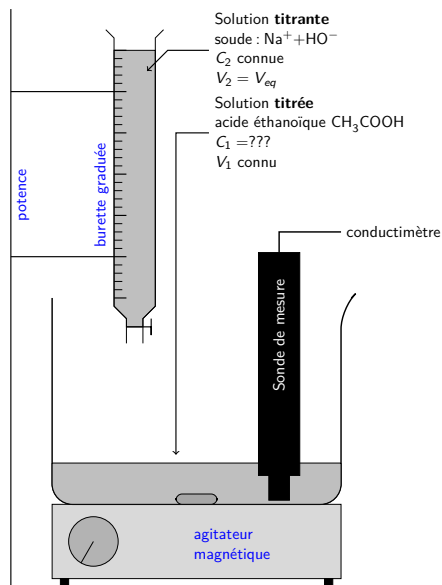


Couples mis en jeu ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Réaction de titrage ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Réactifs ?

Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude

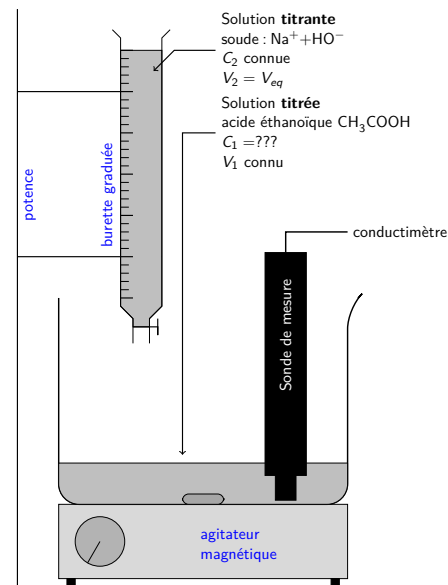


Couples mis en jeu ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Réaction de titrage ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Réactifs ? Produits ?
 CH_3COOH CH_3COO^-
 HO^- H_2O

Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude



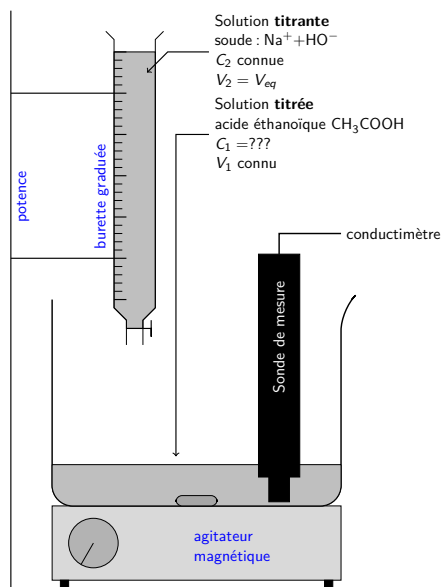
Couples mis en jeu ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Réaction de titrage ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Réactifs ? Produits ?
 CH_3COOH CH_3COO^-
 HO^- H_2O

Ions spectateurs ?

Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude

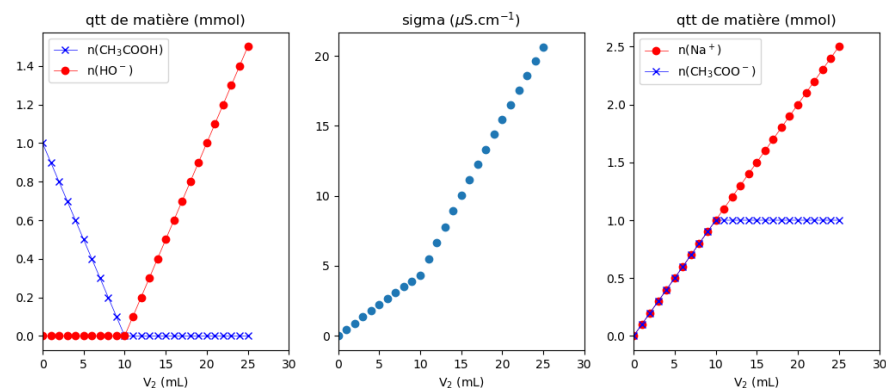
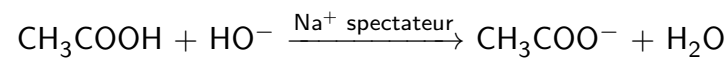


Couples mis en jeu ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

Réaction de titrage ?
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Réactifs ? Produits ?
 CH_3COOH CH_3COO^-
 HO^- H_2O

Ions spectateurs ?
 $\text{Na}^+ \leftarrow$ ne pas oublier

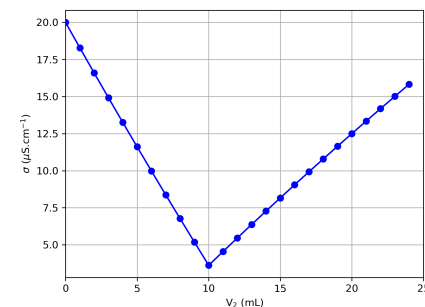
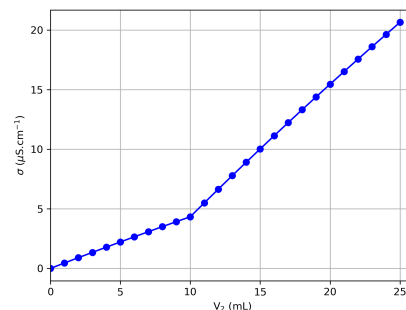


Avant équivalence : on remplace CH_3COOH qui ne conduit pas le courant par CH_3COO^- qui le conduit un peu
 Après équivalence : on ajoute HO^- qui conduit très bien le courant

Valeurs de λ (conductivité ionique molaire)

Courbes typiques de titrage conductimétrique

- H_3O^+ et HO^- sont de très bons conducteurs
- tous les autres ions conduisent moyennement le courant



Comment déterminer l'équivalence ?

L'équivalence se situe dans la zone de changement de pente.
On prend les tangentes à la courbe de titrage **loin** avant et après la zone de changement de pente → intersection des tangentes → volume équivalent

