

## 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

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

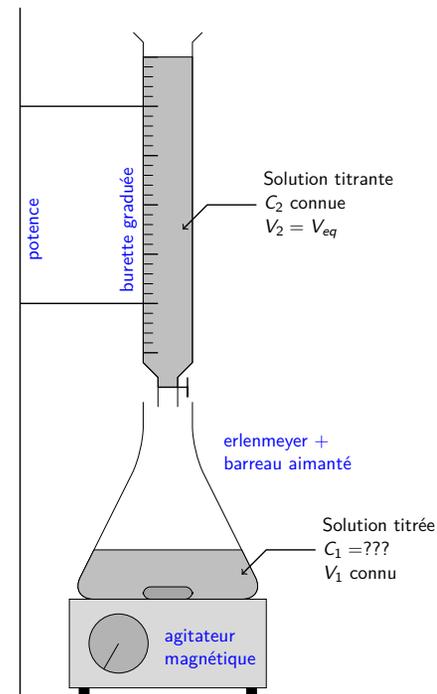
## Définition : titre massique

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.

$$n_A = C_1 V_1$$

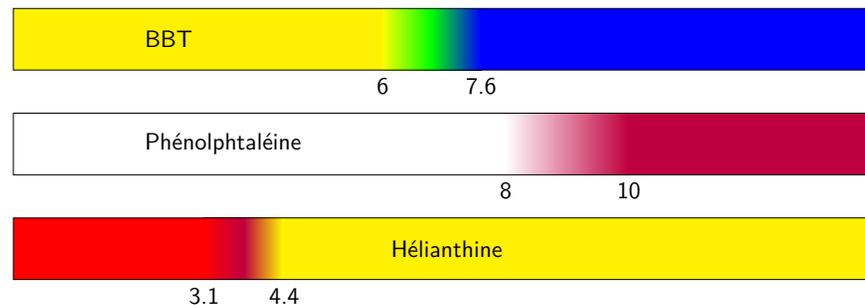
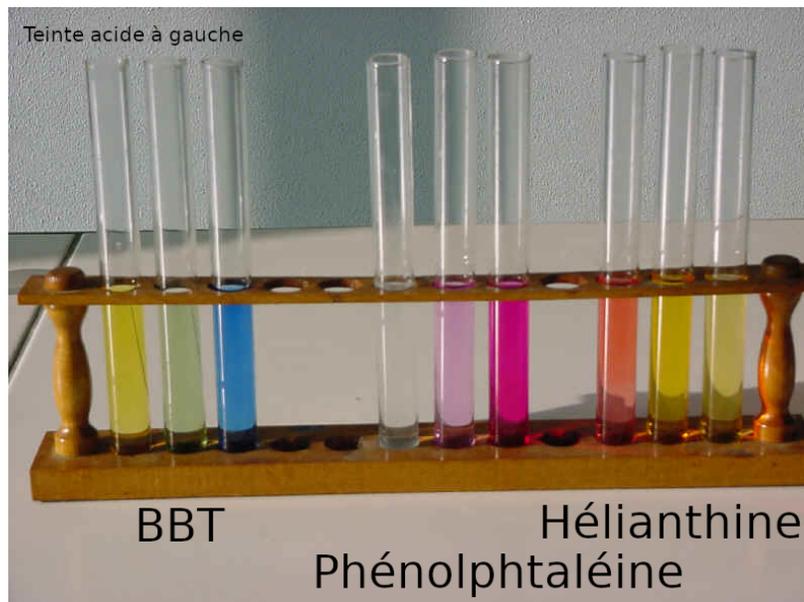
$$n_B = C_2 V_{eq}$$

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 <sub>A</sub>	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

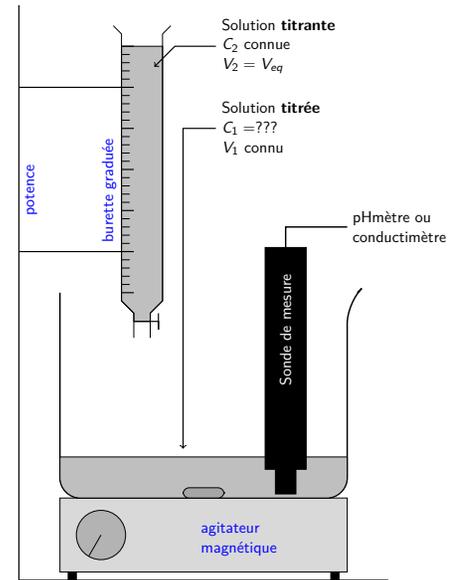
Quelques indicateurs colorés couramment utilisés



Le jus de chou rouge est un indicateur universel

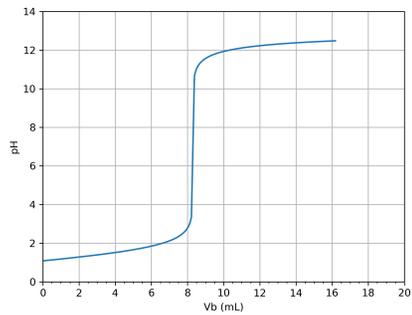
# Montage de titrage pHmétrique

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



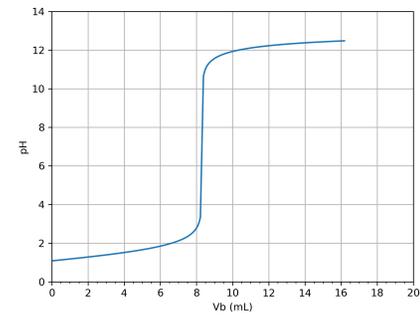
On mesure le pH en fonction du volume de solution titrante versée.

## Types de courbe obtenue

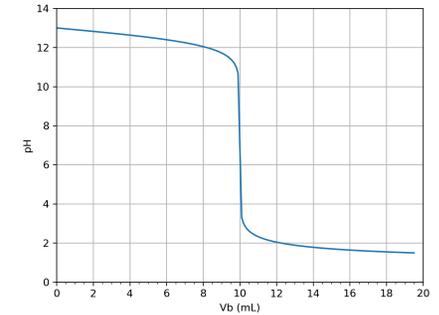


titrage

## Types de courbe obtenue

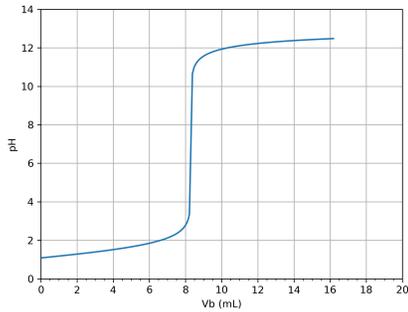


titrage d'un acide par une base

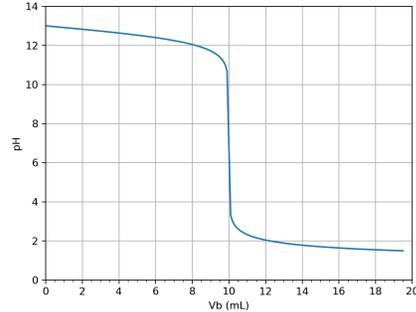


titrage

- par la méthode des tangentes

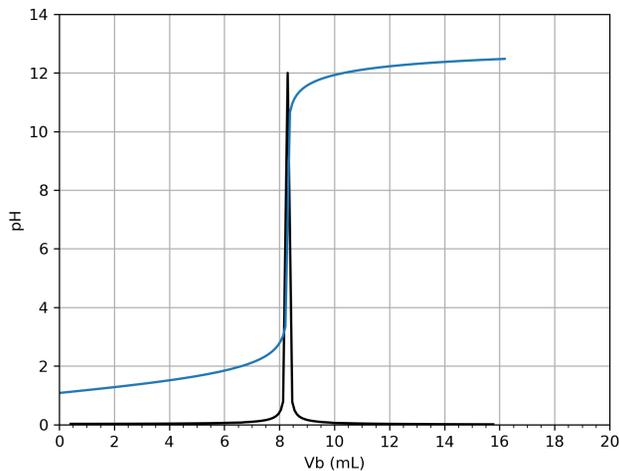


titrage d'un acide par une base

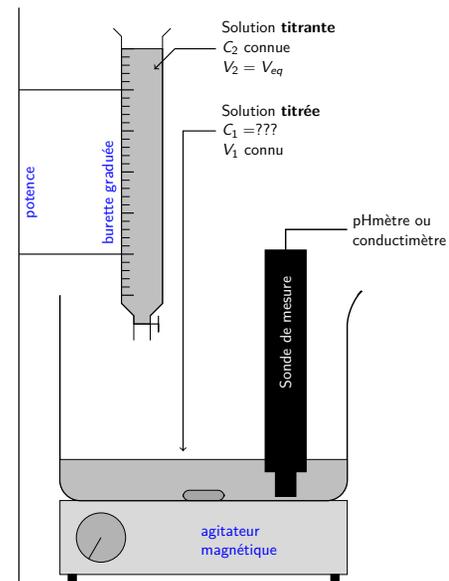


titrage d'une base par un acide

- 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.

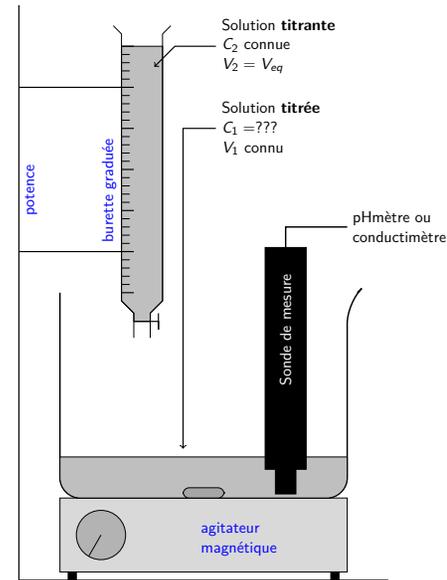
↓  
on détermine le volume équivalent

↓  
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



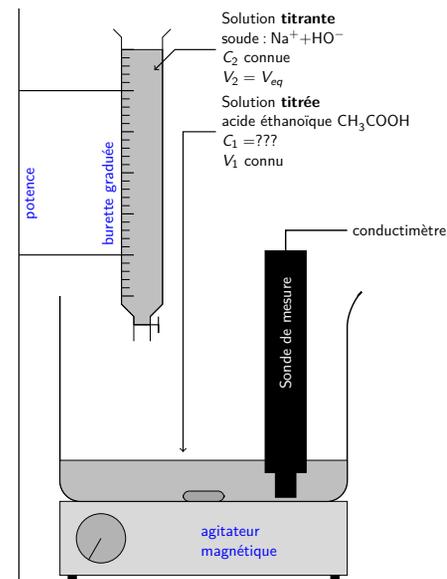
On mesure la conductivité  $\sigma$  en fonction du volume de solution titrante versée.

## 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.

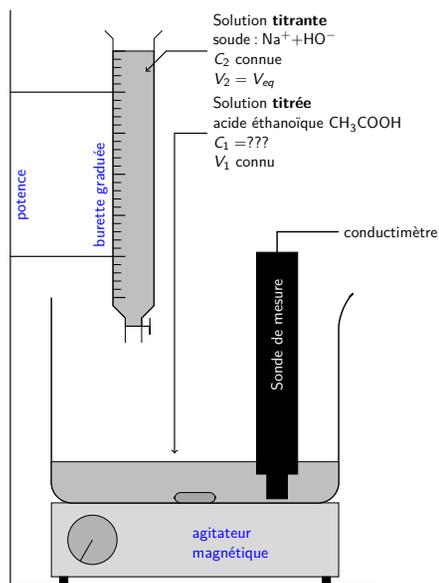
$$\sigma = \sum_{\text{tous les ions } X_i} \lambda_i \times [X_i]$$

## Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude



Couples mis en jeu ?

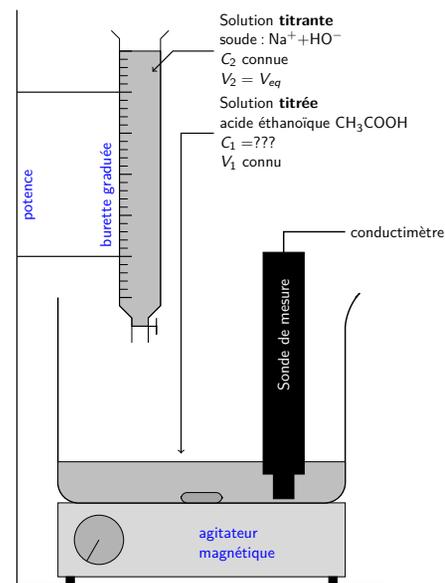
## Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude



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

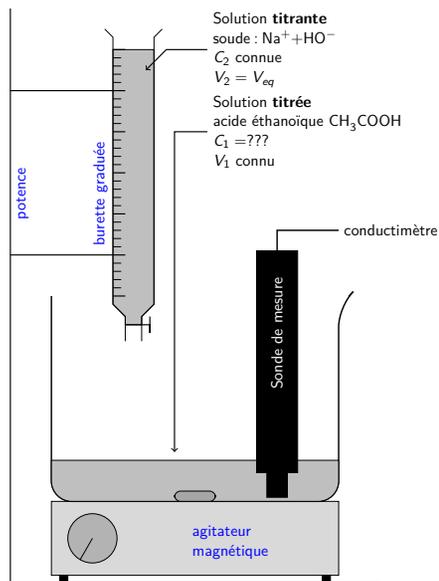


Couples mis en jeu ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

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

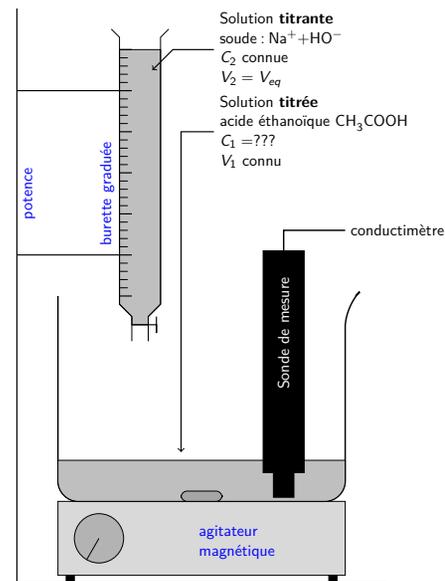


Couples mis en jeu ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

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

Réactifs ?                  Produits ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$                    $\text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{HO}^-$                            $\text{H}_2\text{O}$

## Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude



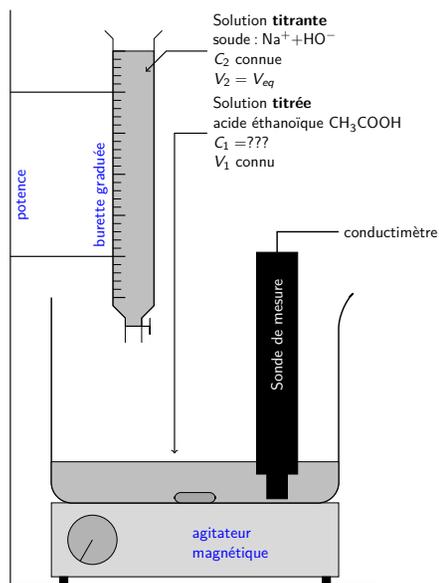
Couples mis en jeu ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

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

Réactifs ?                  Produits ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$                    $\text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{HO}^-$                            $\text{H}_2\text{O}$

Ions spectateurs ?

# Exemple : titrage de l'acide éthanoïque par la soude

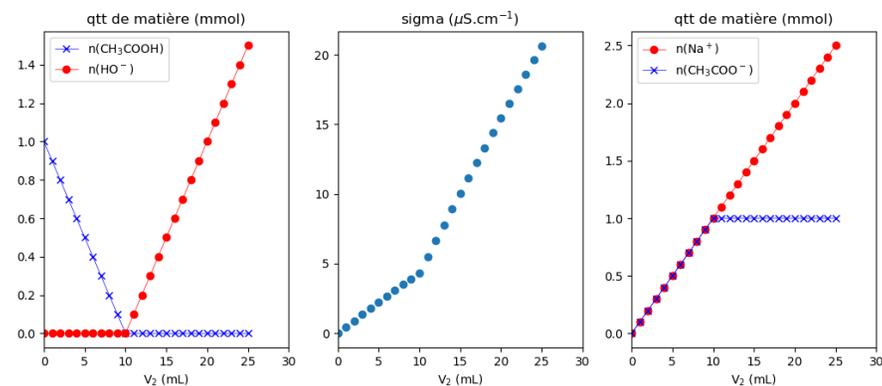
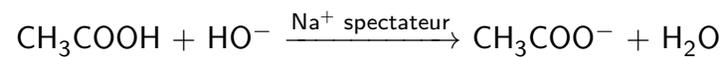


Couples mis en jeu ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$

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

Réactifs ? Produits ?  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$        $\text{CH}_3\text{COO}^-$   
 $\text{HO}^-$              $\text{H}_2\text{O}$

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

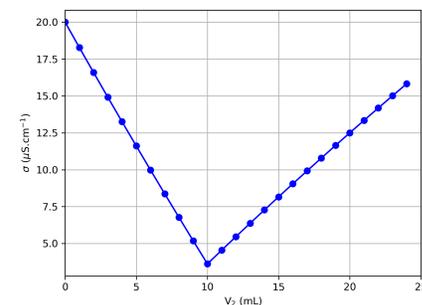
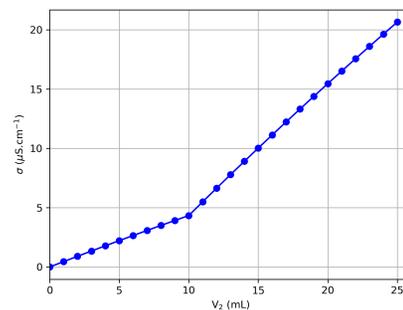


Avant équivalence : on remplace  $\text{CH}_3\text{COOH}$  qui ne conduit pas le courant par  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  qui le conduit un peu  
 Après équivalence : on ajoute  $\text{HO}^-$  qui conduit très bien le courant

## Valeurs de $\lambda$ (conductivité ionique molaire)

## Courbes typiques de titrage conductimétrique

- $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{HO}^-$  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

