



Analyse par méthodes physiques et chimiques  
**Niveau** : Terminale Générale Spécialité

**Élément imposé** : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.



## Repères de progressivité

Niveau	Notion
Première Spécialité	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Phénomène d'absorbance (spectre UV-visible, Loi de Beer-Lambert, dosage par étalonnage)</li> <li>● Caractérisation d'une molécule par spectroscopie IR.</li> <li>● Réalisation de titrage colorimétrique (notion d'équivalence, de réaction de support).</li> <li>● Electricité : Loi d'Ohm</li> </ul>
Terminale Spécialité	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Incertitudes</li> </ul>



## Attendus du programme

### B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques

Absorbance ; loi de Beer-Lambert  
Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch

Exploiter la loi de Beer-Lambert, la loi de Kohlrausch ou l'équation d'état du gaz parfait pour déterminer une concentration ou une quantité de matière. Citer les domaines de validité de ces relations.

*Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.*

Spectroscopie infrarouge et UV-visible. Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques.

Exploiter, à partir de données tabulées, un spectre d'absorption infrarouge ou UV-visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.

### C) Analyser un système par des méthodes chimiques

Titre massique et densité d'une solution.

*Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.*

Titrage avec suivi pH-métrique.  
Titrage avec suivi conductimétrique.

Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.

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.*

**Capacité numérique :** Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.

# Objectifs de la leçon



## Points clefs :

- Notion de conductivité.
- Dosage par étalonnage.
- Titrage réalisé avec un instrument de mesure : exemple du conductimètre.

# Objectifs de la leçon



## Points clefs :

- Notion de conductivité.
- Dosage par étalonnage.
- Titrage réalisé avec un instrument de mesure : exemple du conductimètre.

## Capacités travaillées :

- Mettre en œuvre un titrage avec un instrument de mesure.

# Objectifs de la leçon



## Points clefs :

- Notion de conductivité.
- Dosage par étalonnage.
- Titrage réalisé avec un instrument de mesure : exemple du conductimètre.

## Capacités travaillées :

- Mettre en œuvre un titrage avec un instrument de mesure.

## Difficulté anticipée des élèves :

- Étude de la composition du système au cours du titrage : état final est différent selon qu'il correspond à un état avant l'équivalence, à l'équivalence ou après l'équivalence.

# Objectifs de la leçon



## Points clefs :

- Notion de conductivité.
- Dosage par étalonnage.
- Titrage réalisé avec un instrument de mesure : exemple du conductimètre.

## Capacités travaillées :

- Mettre en œuvre un titrage avec un instrument de mesure.

## Difficulté anticipée des élèves :

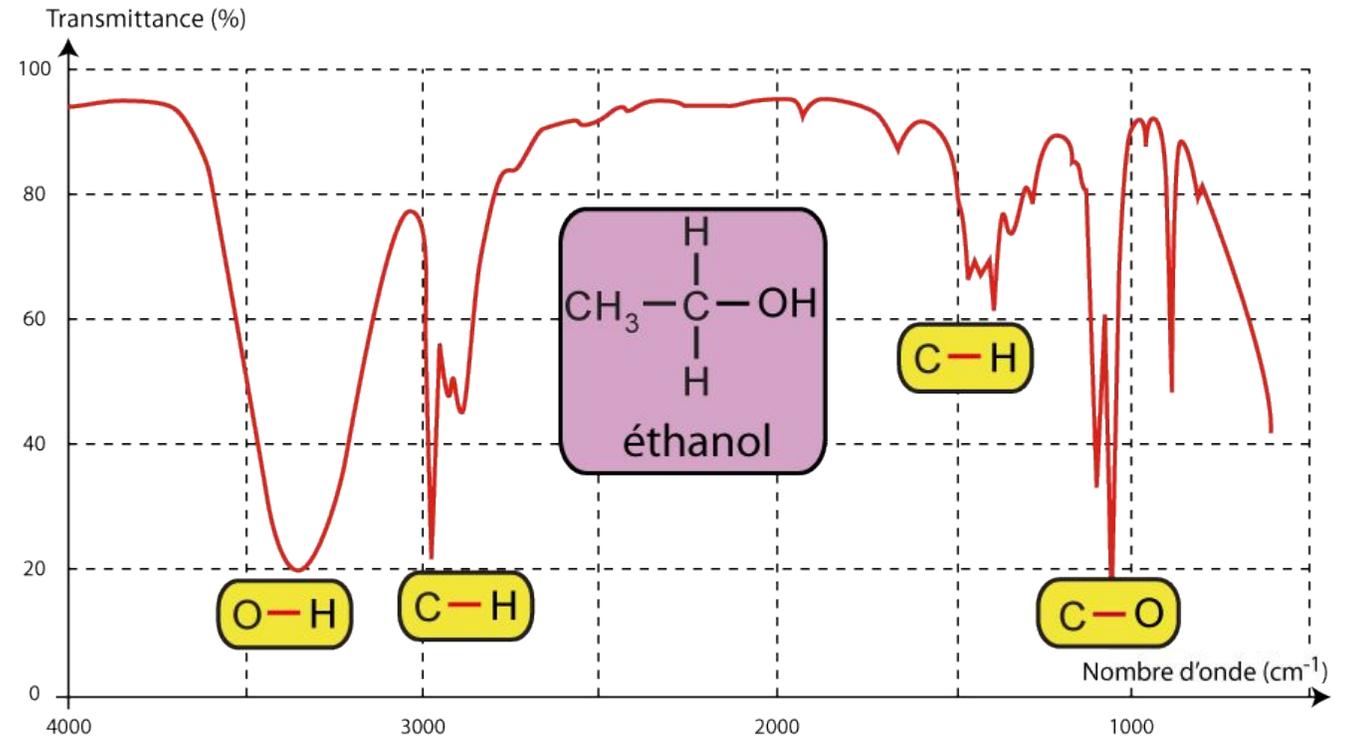
- Étude de la composition du système au cours du titrage : état final est différent selon qu'il correspond à un état avant l'équivalence, à l'équivalence ou après l'équivalence.

## Solution apportée :

- Présentation d'un "tableau d'évolution des quantités de matières" au cours du titrage et non "tableau d'avancement".



## Identification



**Problématique :** Quelles méthodes existe-t-il pour évaluer la concentration en ions d'une solution ?  
Comment vérifier un critère de qualité de l'eau d'une bouteille de Sainte Yorre.



# Conductance d'une solution

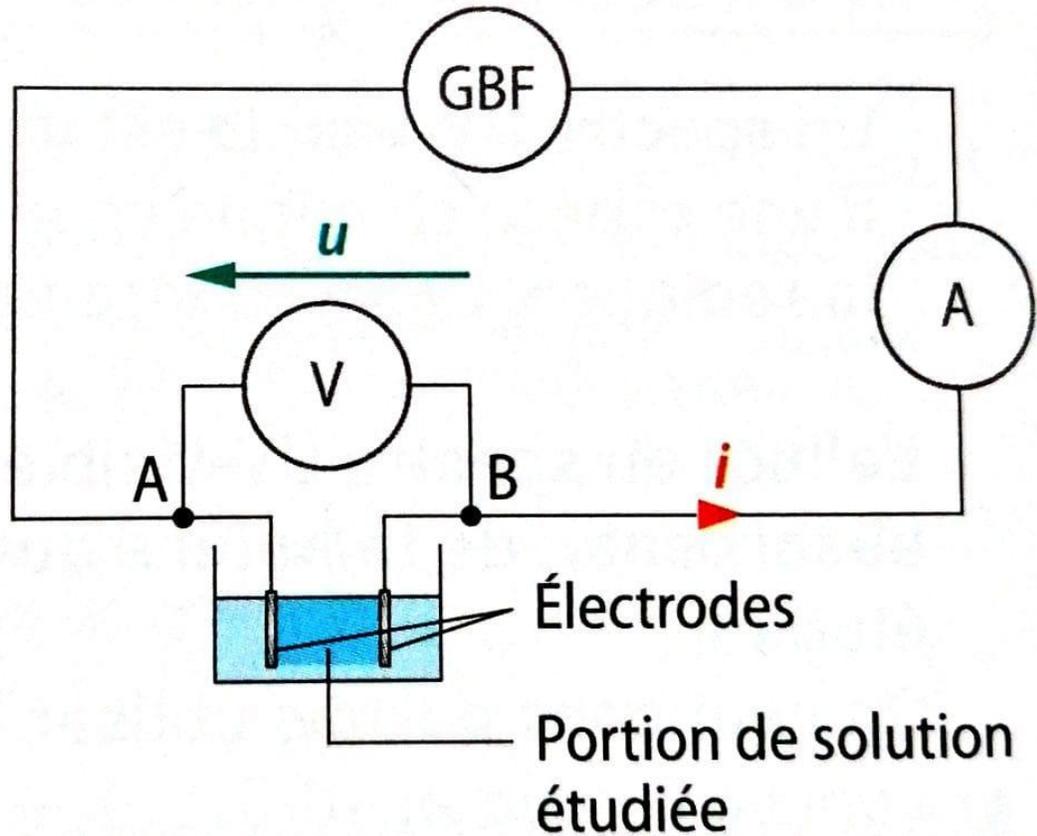
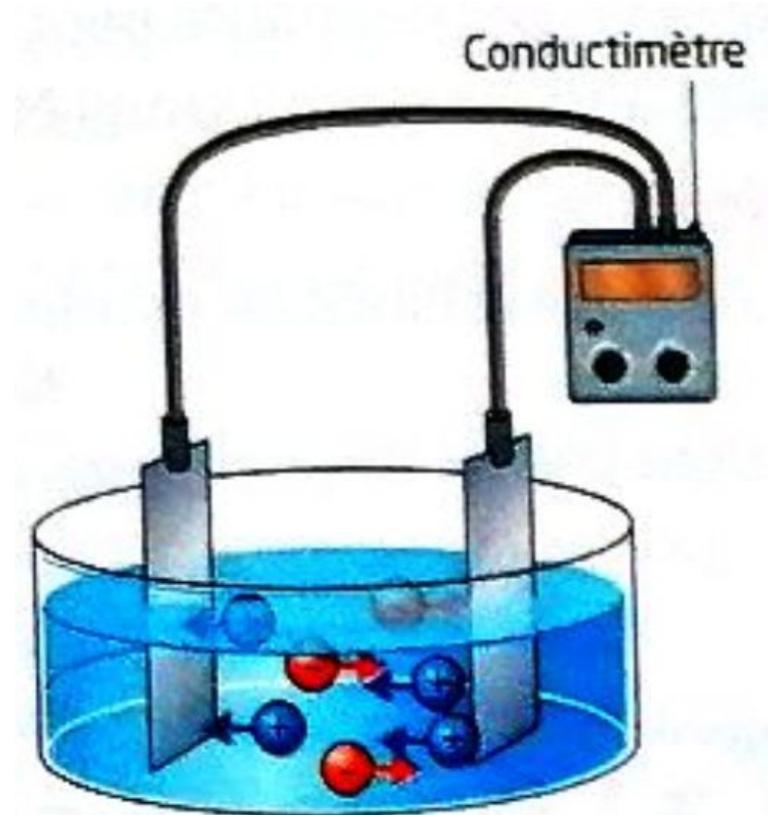
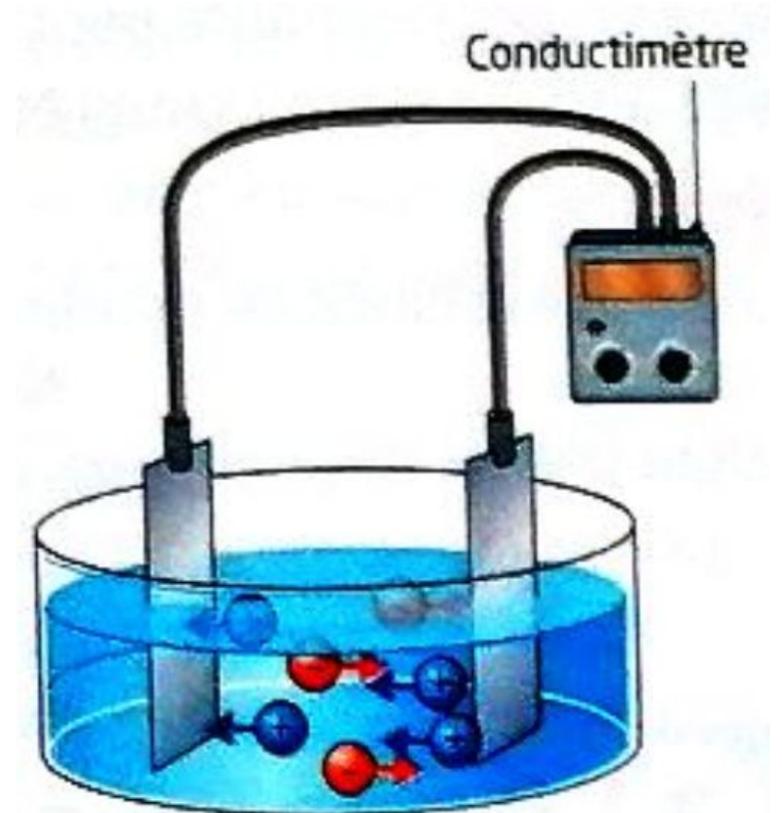
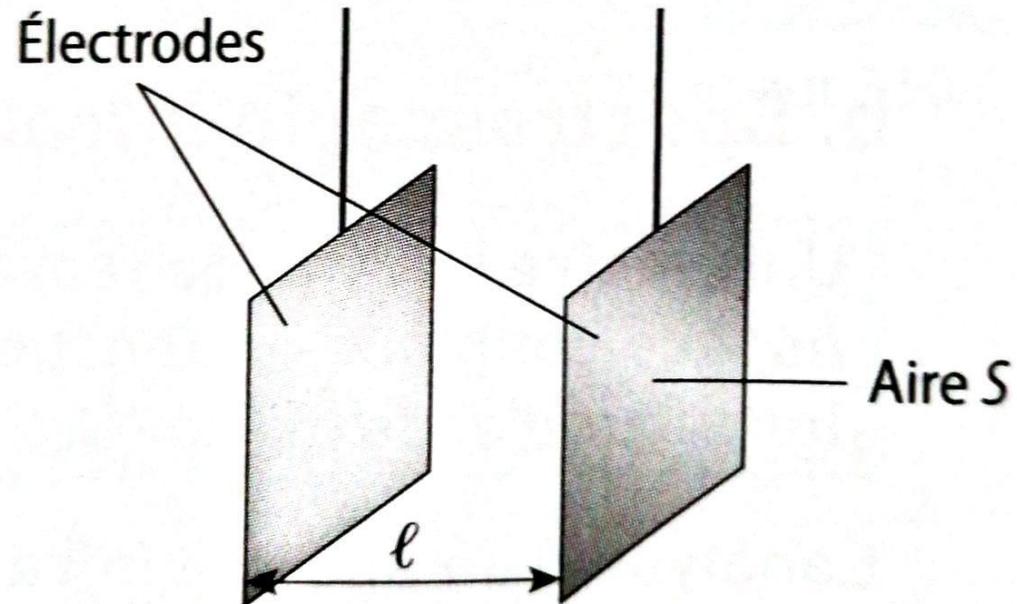


Schéma électrique



Principe de la conductimétrie : le courant dans une solution est dû aux déplacements des ions dans 2 sens opposés

# Conductance d'une solution



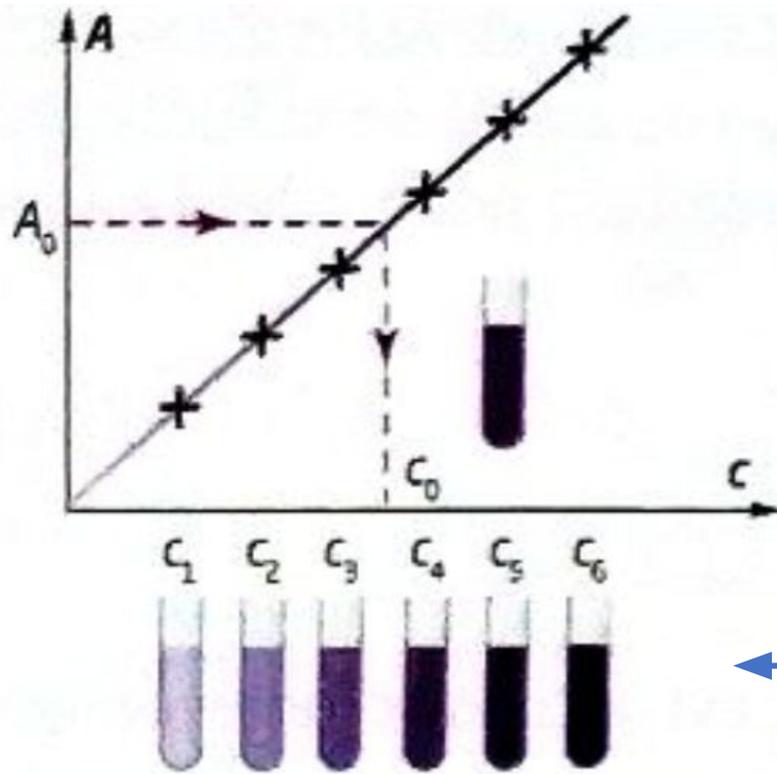
Principe de la conductimétrie : le courant dans une solution est dû aux déplacements des ions dans 2 sens opposés

# Conductivités molaires ioniques



Ions	Conductivité molaire ionique à 25°C en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$
$H_3O^+$	35,0
$HO^-$	19,8
$Na^+$	5,0
$Cl^-$	7,6
$NO_3^-$	7,1
$K^+$	7,3
$SO_4^{2-}$	16,0
$Ni^{2+}$	10,8

# Dosage par étalonnage en spectroscopie



## Rappel

### Loi de Beer-Lambert

$A_\lambda$  : absorbance à la longueur d'onde  $\lambda$  (sans unité)

$k_\lambda$  : coefficient de proportionnalité ( $L \cdot mol^{-1}$ )

$$A_\lambda = \epsilon_\lambda \times \ell \times C = k_\lambda \times C$$

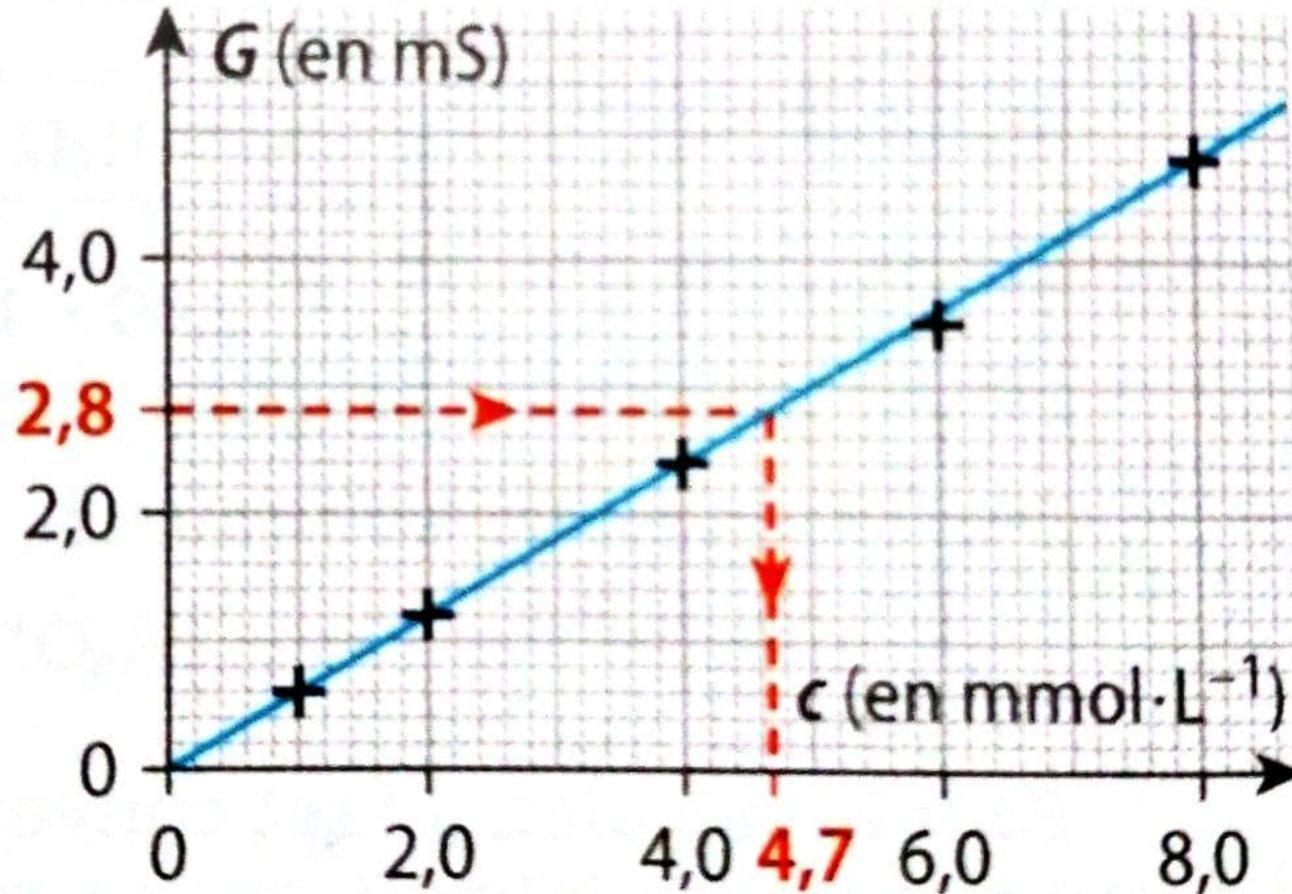
$C$  : concentration de l'espèce qui absorbe la lumière ( $mol \cdot L^{-1}$ )

$\epsilon_\lambda$  : coefficient d'extinction molaire de l'espèce chimique ( $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ )

$\ell$  : largeur de la cuve contenant la solution (cm)

← Echelle de teinte (solutions étalons)

# Dosage par étalonnage en conductimétrie



Méthode  
physique



# Critère de qualité d'une eau de Saint Yorre.



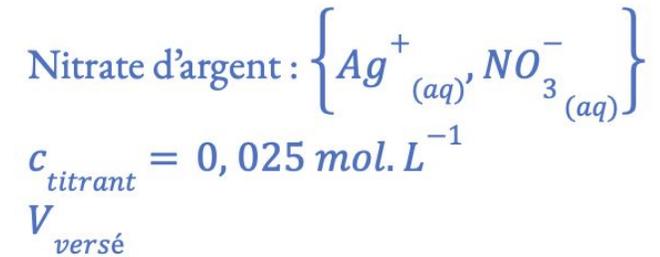
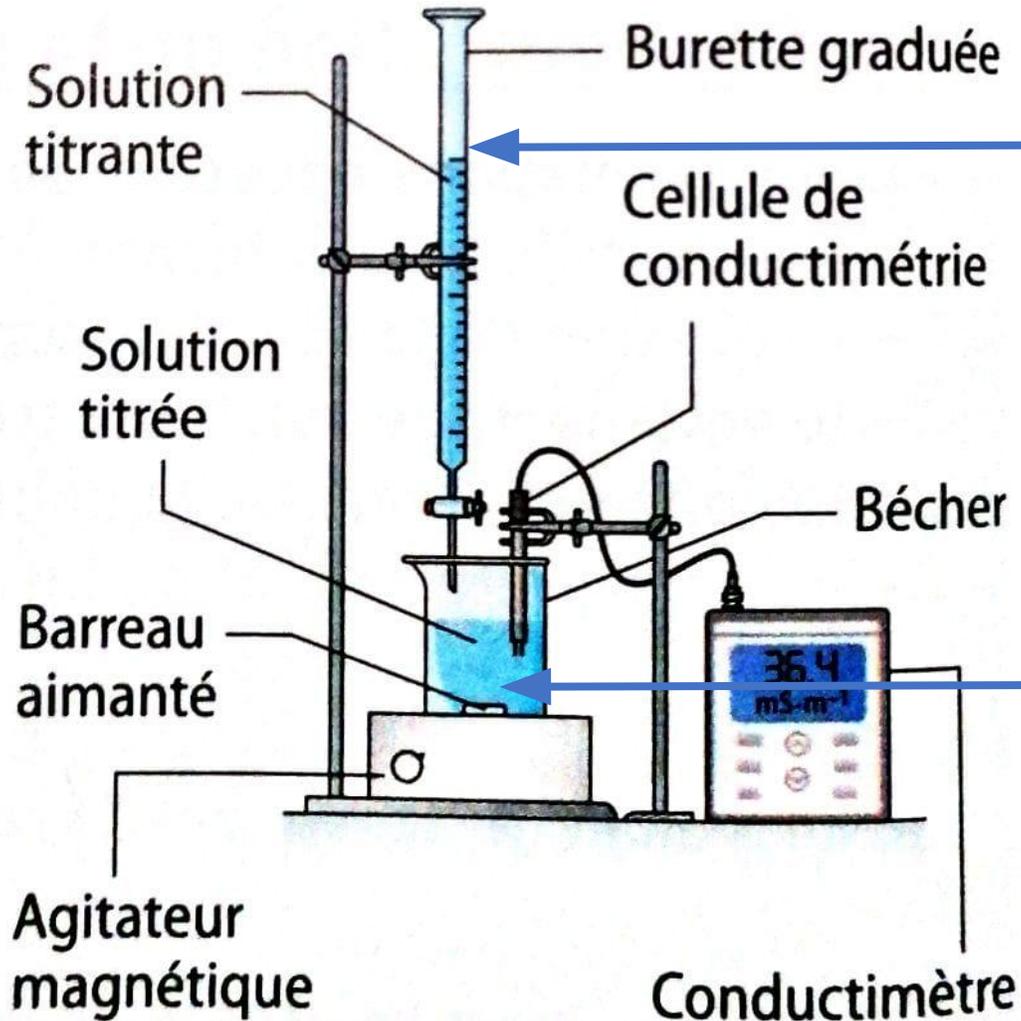
## Potabilité d'une eau et teneur en minéraux

Une eau est dite potable quand elle respecte les valeurs imposées par la directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. La teneur en minéraux est l'un des critères à prendre en compte :  $c_m(Cl^-) < 250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .



SOURCE ROYALE COMPOSITION MOYENNE en mg/l :	
Bicarbonates.....4368	Sodium (1).....1708
Chlorures (1).....322	Potassium.....110
Sulfates.....174	Calcium.....90
Fluorures.....1	Magnésium.....11
Minéralisation totale, extrait sec à 180°C : 4774 mg/l-pH : 6,6	
(1)équivaut à 0,53g de chlorure de sodium (sel) par litre	

# Titration des ions chlorure d'une bouteille d'eau de Saint-Yorre

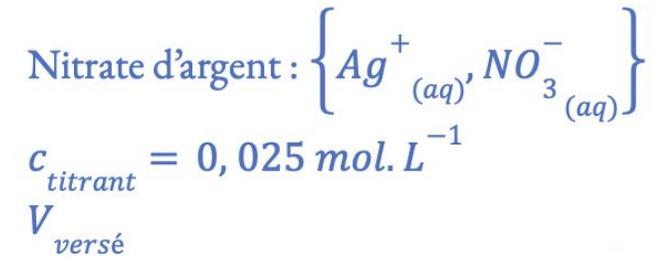
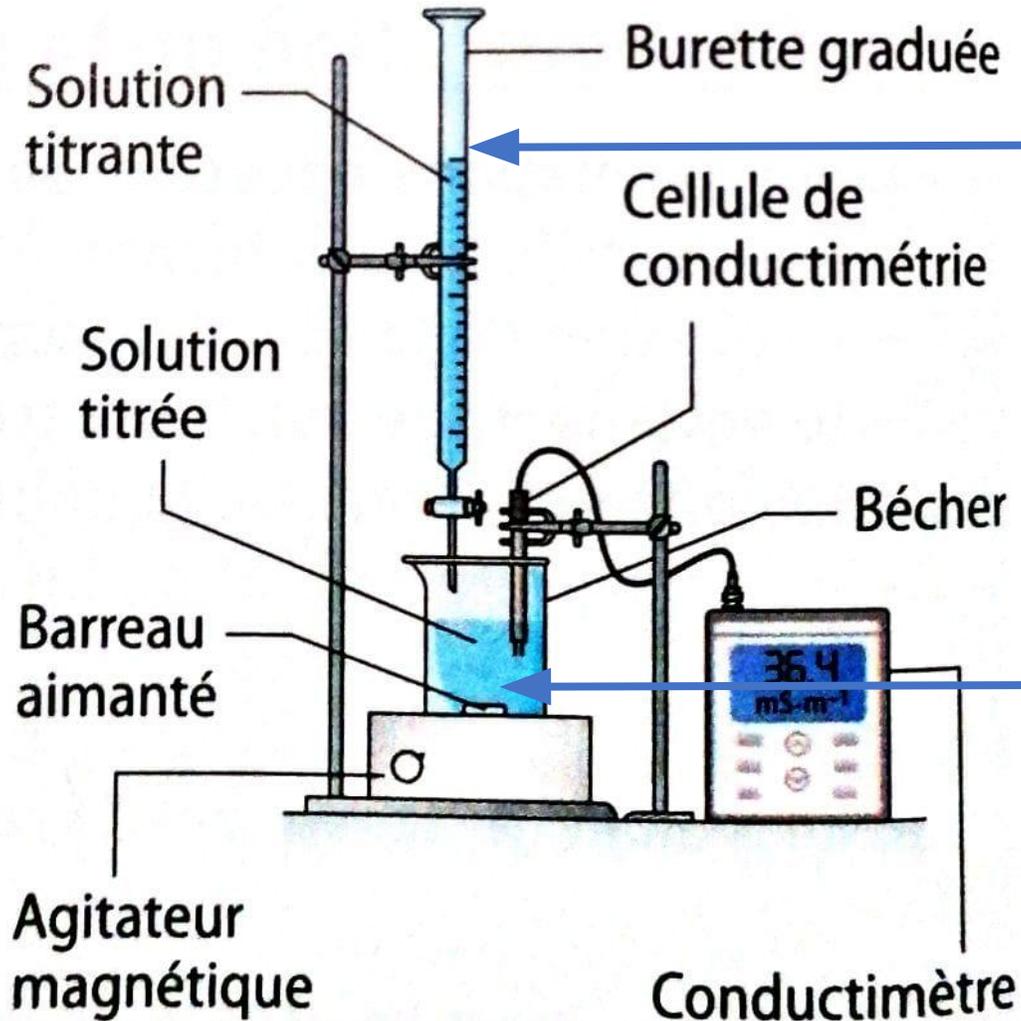


$[Cl^-] = c_0 \text{ mol. L}^{-1}$

$V_0 = 20 \text{ mL}$

**Méthode  
chimique**

# Titration des ions chlorure d'une bouteille d'eau de Saint-Yorre



+

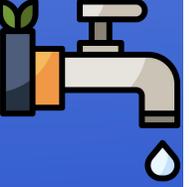


$$[Cl^-] = c_0 \text{ mol. L}^{-1}$$
$$V_0 = 20 \text{ mL}$$

$$V_{dilution} = 150 \text{ mL}$$

$$V_{total} = 170 \text{ mL}$$

# Loi de Kohlrausch



Ion	Conductivité molaire ionique à 25°C (en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ )
$Cl^-$	7,6
$NO_3^-$	7,1

$$\sigma = \lambda_{Cl^-} * [Cl^-] + \lambda_{NO_3^-} * [NO_3^-] + \lambda_{Ag^+} * [Ag^+] + \sigma_o$$

$$\sigma_{V < V_{eq}} = \lambda_{Cl^-} * \frac{C V_o - CV}{V_{total}} + \lambda_{NO_3^-} * \frac{CV}{V_{total}} + \sigma_o = \lambda_{Cl^-} * \frac{C V_o}{V_{total}} + (\lambda_{NO_3^-} - \lambda_{Cl^-}) * V * \frac{C}{V_{total}} + \sigma_o$$

< 0

$$\sigma_{V > V_{eq}} = \lambda_{Ag^+} * \frac{C(V - V_{eq})}{V_{total}} + \lambda_{NO_3^-} * \frac{CV}{V_{total}} + \sigma_o = -\lambda_{Ag^+} * \frac{CV_{eq}}{V_{total}} + (\lambda_{NO_3^-} + \lambda_{Ag^+}) * V * \frac{C}{V_{total}} + \sigma_o$$

> 0

# Incertitudes : méthode de Monte Carlo



<b>Grandeur</b>	$[Ag^+] = c_{titrant} = 0,025 \text{ mol. L}^{-1}$	$V_0 = 20,00 \text{ mL}$	$V_0 = 5,90 \text{ mL}$	$M_{Cl^-} = 35,5 \text{ g. mol}^{-1}$
<b>Incertitude Type</b>	$u(c_{titrant}) = 0,001 \text{ mol. L}^{-1}$	$u(V_0) = 0,02 \text{ mL}$	$u(V_{eq}) = 0,06 \text{ mL}$	$u(M_{Cl^-}) = 0,0005 \text{ g. mol}^{-1}$

# Conclusion

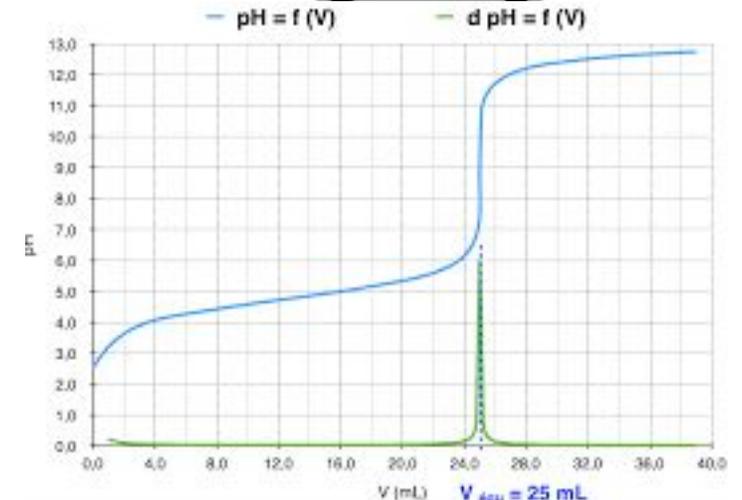
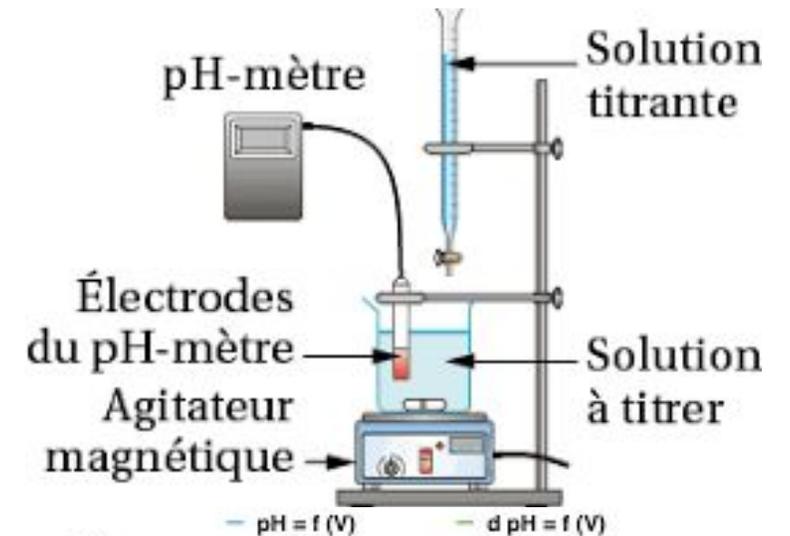


Sol acide :  $\text{pH} = 4/5$



Sol neutre :  $\text{pH} = 6/7$

## Titrage pHmétrique



# Sécurité : nitrate d'argent



irritant



toxique

H314 : provoque de graves brûlures de la peau et graves lésions des yeux

H410 : très toxique pour les organismes aquatiques

[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)