

THÈME 1 : CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Décembre 2021

THÈME 1 - CHAPITRE 1.3 : ANALYSE D'UN SYSTÈME PAR DES MÉTHODES PHYSICO-CHIMIQUES

I. Identifier un système chimique

1. Spectroscopie infrarouge
2. Spectroscopie UV-visible

II. Caractériser un système chimique

III. Dosages par étalonnage

1. Définition
2. Dosage par étalonnage d'une espèce colorée
3. Dosage par étalonnage d'une espèce ionique

IV. Dosages par titrage : généralités

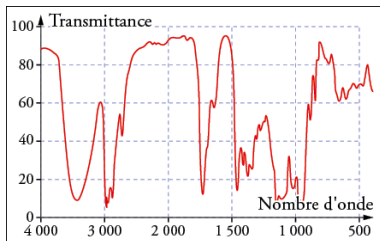
1. Définition
2. Équivalence d'un titrage
3. Montage

V. Dosages par titrage : techniques

1. Titrage conductimétrique
2. Titrage pH-métrie
3. Titrage colorimétrique

I. Identifier un système chimique

1. Spectroscopie infrarouge

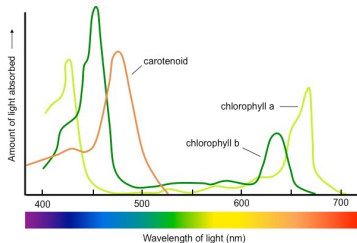


Spectre IR du propan-2-ol

- La spectroscopie infrarouge permet d'identifier les groupes fonctionnels présents dans une molécule.
- Le spectre présente des bandes d'absorption, plus ou moins larges, plus ou moins intenses, plus ou moins fines.
- Ces bandes d'absorption et le nombre d'onde auquel elles apparaissent sont caractéristiques des groupes fonctionnels présents dans la molécule.

I. Identifier un système chimique

2. Spectroscopie UV-visible



Spectre UV-visible de la chlorophylle

- La spectroscopie UV-visible permet d'identifier une molécule par des bandes d'absorption caractéristiques.
- La valeur de l'absorbance étant proportionnelle à la concentration de l'espèce colorée, cette spectroscopie permet aussi de déterminer la concentration de l'espèce colorée responsable de l'absorption de lumière à une longueur d'onde donnée.
- Remarque : la couleur d'une solution est la couleur complémentaire de la couleur de la lumière absorbée (couleurs diamétralement opposées sur le cercle chromatique).

II. Caractériser un système chimique

- La **masse volumique** $\rho = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}}$ d'une solution est la masse d'un litre (ou d'un mètre cube) de la solution. Elle s'exprime donc en $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ou en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- La **densité** d'une solution est donnée par $d = \frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{eau}}}$. C'est une grandeur sans unité. Attention dans ce cas aux unités employées pour les masses volumiques.
- La **concentration molaire** $c = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$ exprimée en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est la quantité de matière que renferme un litre de solution.
- La **concentration massique** $C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} = c \times M_{\text{soluté}}$ est la masse de soluté que renferme un litre de solution et s'exprime en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Le **titre massique** $t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$ est le pourcentage en masse de soluté contenu dans la solution.

II. Caractériser un système chimique

- Concernant les **gaz**, ils sont également caractérisés par leur masse volumique, leur densité ou leur quantité de matière.
- On se rappellera dans ce contexte de l'équation des gaz parfaits :

$$p \times V = n \times R \times T$$

III. Dosages par étalonnage

1. Définition

- Doser par étalonnage une espèce chimique contenue dans une solution aqueuse consiste à déterminer la concentration en soluté apporté de cette espèce chimique en mesurant une grandeur physique de cette solution et en la comparant à une courbe d'étalonnage.
- La courbe d'étalonnage est une courbe montrant les variations de la grandeur physique en fonction de la concentration de la solution étudiée.

III. Dosages par étalonnage

2. Dosages par étalonnage d'une espèce colorée

- Si l'espèce à doser est colorée, on peut étudier sa concentration par spectrophotométrie en mesurant l'absorbance de la solution.
- Pour mener cette étude spectrophotométrique, on fait appel à la loi de Beer-Lambert liant l'absorbance d'une solution à la concentration de l'espèce colorée qui y est dissoute selon la relation

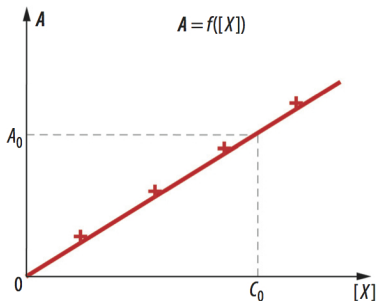
$$A = \epsilon \cdot \ell \cdot [X] \quad \text{où}$$

- ➡ A : absorbance de la solution (sans unité)
- ➡ ϵ : coefficient d'extinction molaire de l'espèce X en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$
- ➡ ℓ : épaisseur de solution traversée en cm
- ➡ $[X]$: concentration de l'espèce colorée X en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

III. Dosages par étalonnage

2. Dosages par étalonnage d'une espèce colorée

- Si les solutions sont diluées, alors la courbe d'étalonnage représentant $A = f([X])$ est une droite passant par l'origine du repère.
- La mesure de l'absorbance A_0 d'une solution contenant l'espèce colorée à une concentration inconnue c_0 permet, grâce à la courbe d'étalonnage ou à son équation, de déterminer par lecture graphique ou calcul la concentration inconnue c_0 .



III. Dosages par étalonnage

3. Dosages par étalonnage d'une espèce ionique

- Si l'espèce à doser est ionique, on peut étudier sa concentration par conductimétrie en mesurant la conductivité de la solution.
- La conductivité σ d'une solution, exprimée en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$ caractérise la capacité d'une solution à laisser passer le courant électrique : plus la concentration des ions est élevée dans une solution, plus la conductivité σ de la solution est grande.

III. Dosages par étalonnage

3. Dosages par étalonnage d'une espèce ionique

- Pour mener cette étude conductimétrique, on fait appel à la loi de Kohlrausch liant la conductivité d'une solution à la concentration de l'espèce ionique qui y est dissoute selon la relation

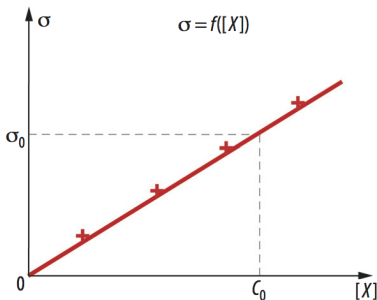
$$\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot [X_i] \quad \text{où}$$

- ⇒ σ : conductivité de la solution en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$
- ⇒ X_i : les différents ions présents dans la solution
- ⇒ λ_i : conductivité ionique molaire de l'ion X_i en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
- ⇒ $[X_i]$: concentration de l'espèce ionique X_i en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$
- ⇒ ATTENTION : $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$

III. Dosages par étalonnage

3. Dosages par étalonnage d'une espèce ionique

- Si les solutions sont diluées, alors la courbe d'étalonnage représentant $\sigma = f([X])$ peut être une droite passant par l'origine du repère.
- La mesure de la conductivité σ_0 d'une solution contenant l'espèce ionique à une concentration inconnue c_0 permet, grâce à la courbe d'étalonnage où à son équation, de déterminer par lecture graphique ou calcul la concentration inconnue c_0 .



IV. Dosages par titrage : généralités

1. Définition

- Doser par titrage une espèce chimique A en solution consiste à déterminer sa concentration en soluté apporté en la faisant réagir avec une quantité connue d'une autre espèce chimique B .
- La réaction chimique mise en jeu, appelée réaction support du titrage est unique, rapide et totale : $a A + b B \rightarrow c C + d D$
- L'espèce A de concentration inconnue est appelée espèce titrée et l'espèce B est appelée espèce titrante.

IV. Dosages par titrage : généralités

2. Équivalence d'un titrage

- **Définition** : l'équivalence d'un titrage est le moment où les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (ils sont tous deux entièrement consommés et on change de réactif limitant).
- À l'équivalence du titrage, on a donc la relation suivante :

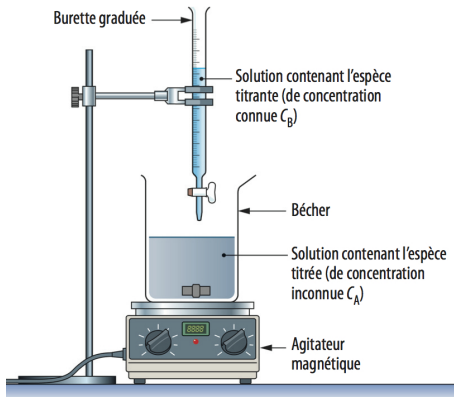
$$\boxed{\frac{n^0(A)}{a} = \frac{n_E(B)}{b}}$$

où $n^0(A) = C_A \cdot V_A$ est la quantité de matière initialement présente de l'espèce titrée et $n_E(B) = c_B \cdot V_{BE}$ est la quantité de matière de l'espèce titrante introduite à l'équivalence.

- L'espèce A de concentration inconnue est appelée espèce titrée et l'espèce B est appelée espèce titrante.
- Remarque : dans un titrage, l'espèce à doser est détruite alors qu'elle est intacte dans un dosage par étalonnage.

IV. Dosages par titrage : généralités

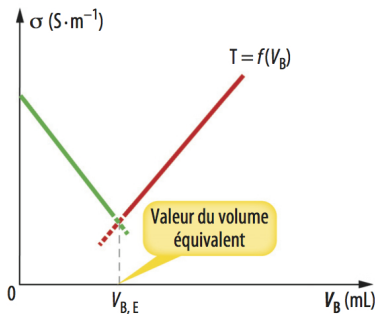
3. Montage d'un titrage



V. Dosages par titrage : techniques

1. Titrage conductimétrique

- Si la conductivité de la solution varie au cours de l'ajout de la solution titrante, il est possible d'effectuer un titrage conductimétrique en mesurant, au fur et à mesure du titrage, la conductivité σ de la solution.
- La courbe obtenue présente une rupture de coefficient directeur entre deux portions de droite dont l'intersection fournit le volume V_{BE} d'espèce titrante introduite à l'équivalence (voir exemple ci-dessous).



V. Dosages par titrage : techniques

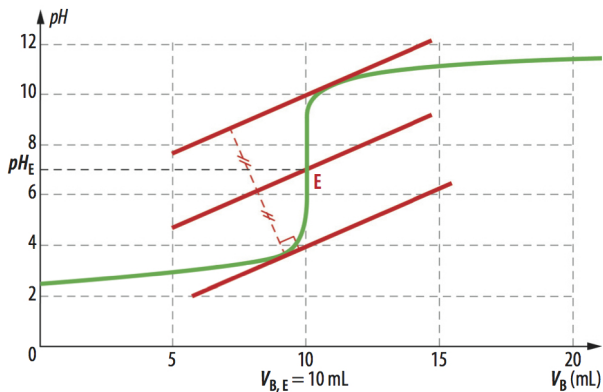
2. Titrage pH-métrique

- Si le pH de la solution varie au cours de l'ajout de la solution titrante, il est possible d'effectuer un titrage pH-métrique en mesurant, au fur et à mesure du titrage, le pH de la solution.
- À partir de la courbe $pH = f(V_B)$ obtenue, on peut déterminer le volume équivalent V_{BE} correspondant au saut de pH suivant deux méthodes différentes.

V. Dosages par titrage : techniques

2. Titrage pH-métrique

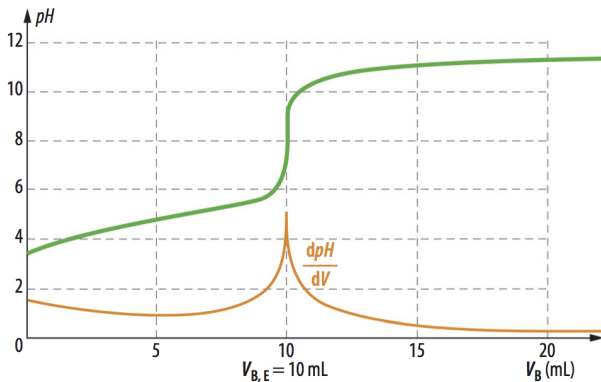
- ① Méthode des tangentes :



V. Dosages par titrage : techniques

2. Titrage pH-métrique

- ② Méthode de la fonction dérivée :



V. Dosages par titrage : techniques

3. Titrage colorimétrique

- Si l'un des réactifs titrés ou titrant est coloré, la couleur de la solution titrée change à l'équivalence qui est alors repérée par un changement de couleur.
- Si les réactifs ne sont pas colorés, on peut utiliser un indicateur coloré de fin de réaction qui donne une couleur différente à la solution avant et après l'équivalence.
- Les indicateurs colorés acido-basiques prennent une couleur différente selon le pH de la solution. Quelques gouttes suffisent pour repérer l'équivalence à condition que la zone de virage de l'indicateur coloré contienne le pH à l'équivalence.
- Remarque : il existe d'autres types d'indicateurs colorés (complexométriques ou d'oxydoréduction par exemple).

V. Dosages par titrage : techniques

3. Titrage colorimétrique

Indicateur coloré acido-basique	Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique
Hélianthine	rouge	2,4-4,4 (orange)	jaune
Bleu de bromophénol	jaune	3,0-4,6 (vert)	bleu
Bleu de bromothymol	jaune	6,0-7,6 (vert)	bleu
Phénolphtaléine	incolore	8,2-9,9 (rose)	rouge

Exemples d'indicateurs colorés acido-basiques

EXERCICES

PP59-71 n°13, 17, 22, 23, 26, 28, 30, 36, 42 et 44