

# Chapitre 3 : Méthodes physiques d'analyse d'un système chimique

## Extrait programme Tspé

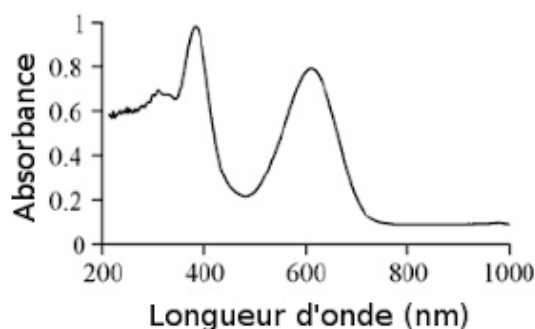
Absorbance, loi de Beer Lambert Conductance, conductivité, loi de Kohlrausch  Spectroscopie infrarouge et UV visible.  Formule topologique  Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exploiter la loi de Beer Lambert, la loi de Kohlrausch pour déterminer une concentration ou une quantité de matière. Citer des domaines de validité de ces relations</li><li>- <i>Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration</i></li><li>- Représenter des formules topologiques de molécules</li><li>- Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée.</li><li>- Exploiter à partir de données tabulées, un spectre d'absorption IR ou UV visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.</li></ul>
--	---

## I. La spectroscopie UV-visible (Rappels 1<sup>ère</sup>)

*Vidéo sketchnote sur l'absorbance et Beer Lambert*

[Applications en autonomie : n°1 à 4 p 57](#)

Un spectre UV-visible représente l'absorbance  $A$  d'une espèce chimique en fonction de la longueur d'onde (en nm) de la radiation envoyée sur l'échantillon.



L'absorbance  $A$  d'une espèce en solution suit la loi de Beer-Lambert :

$$A = \varepsilon \times l \times c$$

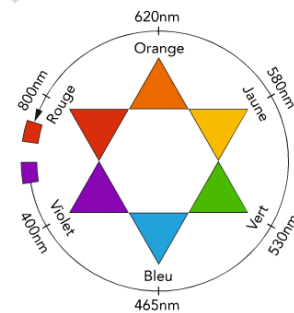
avec  $\varepsilon$  le coefficient d'absorption molaire en  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,  $l$  l'épaisseur de la solution traversée en cm et  $c$  la concentration de la solution en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Lorsque l'on étudie une solution et son absorbance, on repère en général la longueur d'onde du maximum d'absorption : c'est là qu'il y aura une meilleure précision de lecture.

À partir de la lecture d'un spectre UV-visible, on peut déterminer la nature d'une espèce chimique : chaque espèce colorée possède son propre spectre d'absorption.

On peut également déterminer la couleur d'une solution, par observation de son spectre : sa couleur est la couleur complémentaire des radiations absorbées.

Applications : n°42 p 75, n°1 feuille



## II. La conductimétrie

### 1. La conductance et la conductivité

Expérience prof sur la mesure du courant électrique avec eau distillée / solution NaCl  
Puis mesure de sigma pour 2 concentrations

La conductance se note  $G$ , s'exprime en Siemens de symbole  $S$ . La conductance est l'inverse de la résistance  $R$  (en ohms  $\Omega$ )

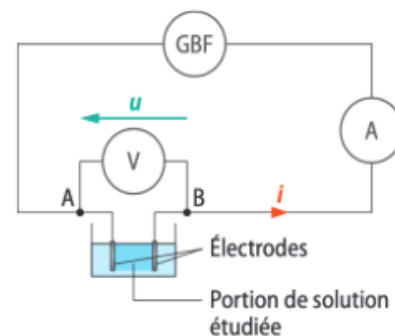
$$G = \frac{1}{R}$$

La solution se comporte comme une résistance, et respecte donc la loi d'Ohm :  $U = R \times I$

On a donc  $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$

Ainsi, expérimentalement en mesurant  $I$  (avec un ampèremètre) et  $U$  (avec un voltmètre), on peut avoir accès à la conductance.

La conductance dépend des caractéristiques de la cellule : surface  $S$  des électrodes (en  $m^2$ ), distance  $l$  entre les électrodes (en  $m$ ) et aussi de la nature de la solution.



La conductivité  $\sigma$  d'une solution est une grandeur qui représente la capacité de cette solution à conduire le courant électrique. Elle s'exprime en Siemens par mètre ( $S \cdot m^{-1}$ ).

Plus la conductivité d'une solution ionique est grande et plus cette solution conduit facilement le courant électrique.

La conductivité se mesure à l'aide d'un conductimètre étalonné avec une solution de conductivité connue.

On a la relation  $G = \sigma \times \frac{S}{l}$  ( $l$  est en  $m$ , et  $S$  en  $m^2$ ).

### 2. La loi de Kohlrausch

Toute solution aqueuse conduit des ions, même en quantité très faible : il y a au moins des ions oxonium et des ions hydroxydes due à l'autoprotolyse de l'eau.

La conductivité dépend de la nature de la solution ionique, de sa température et de la concentration en quantité de matière des ions en solution.

La loi de Kohlrausch relie la conductivité d'une solution à la concentration des ions en solution.

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times [X_i]$$

$\lambda_i$  est la conductivité molaire ionique et s'exprime en  $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ . Elle est caractéristique de l'ion considéré et de la température.  $[X_i]$  est la concentration de l'ion  $X_i$  en  $\text{mol.m}^{-3}$ .

Il existe des tables donnant les valeurs des conductivités molaires ioniques pour tous les ions à une température donnée.

#### Remarques :

- Cette relation n'est valable que pour les solutions suffisamment diluées.
- Les valeurs des conductivités molaires des ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et hydroxyde  $\text{OH}^-$  sont plus élevées que celles des autres ions.

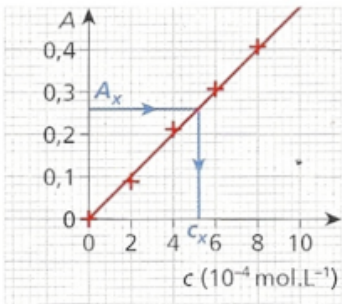
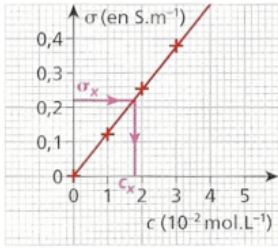
Applications : n°34 p 74, n°46 p 76, n°3 feuille

Application en autonomie : n°33 p 74 (la constante k vaut  $\frac{l}{S}$  - corrigé)

### III. Dosage par étalonnage

Voir TP n°1 et 2 : Dosage par étalonnage (par spectrophotométrie ou conductimétrie)

#### 1. Analogie Spectrophotométrie/ conductimétrie

Dosage par étalonnage utilisant la spectrophotométrie	Dosage par étalonnage utilisant la conductimétrie
Permet de doser une espèce chimique <b>colorée</b> en solution	Permet de doser une espèce chimique <b>ionique</b> en solution
Utilisation d'une gamme d'étalonnage, constituées de solutions étalons de concentrations connues	
L' <b>absorbance A</b> est mesurée avec un <b>spectrophotomètre</b>	La <b>conductivité</b> est mesurée avec un <b>conductimètre</b>
<p>L'absorbance est soumise à la loi de Beer-Lambert : <b><math>A = k \times c</math></b></p> 	<p>La conductivité est soumise à la loi de Kohlrausch : <b><math>\sigma = \lambda \times c</math></b></p> 
Loi valide pour des solutions dont la concentration est <b>inférieure</b> à 0,1 mol/L	Loi valide pour des solutions dont la concentration est <b>inférieure</b> à 0,01 mol/L

## 2. Principe du dosage par étalonnage

Réaliser un dosage par étalonnage consiste à déterminer la concentration d'une espèce en solution en comparant une grandeur physique, caractéristique de la solution, à la même grandeur physique pour des solutions étalons de concentrations connues.

La grandeur physique peut être l'absorbance, la conductivité électrique, etc. La détermination de la concentration se fait soit par lecture sur le graphique de la courbe d'étalonnage, soit par calcul à partir de l'équation modélisant le graphique.

Le dosage par étalonnage est une méthode non destructive, car elle ne met pas en jeu de transformation chimique.

La méthode expérimentale est toujours la même :

- 1) Préparer une échelle de concentration de solutions étalons.
- 2) Mesurer la grandeur physique ( $A$  ou  $\sigma$ ) utilisée pour chaque solution étalon.
- 3) Tracer la droite d'étalonnage ( $A = f(c)$  ou  $\sigma = f(c)$ ) (qui reflètent la loi de Beer-Lambert ou de Kohlrausch)
- 4) Modéliser la droite.
- 5) Mesurer la grandeur physique ( $A$  ou  $\sigma$ ) utilisée pour la solution inconnue
- 6) Reporter graphiquement la grandeur précédente pour en déduire la concentration inconnue.

[Applications](#) : n°2 feuille, n°35 p 74

[Applications en autonomie](#) : n°25 p 72 (corrigé détaillé), n°54 p 77

## IV. Reconnaître une molécule organique

*Voir fiche méthode n°7 : Nomenclature + Vidéo sketchnote Nomenclature*

### 1- La formule topologique

La formule topologique est une écriture simplifiée des molécules, qui remplace la formule semi-développée.

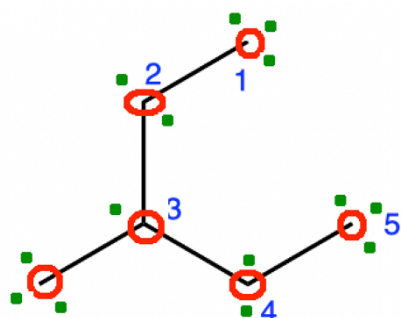
Elle est composée d'une ligne brisée, représentant la chaîne carbonée.

Les règles sont les suivantes :

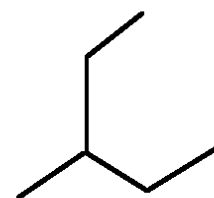
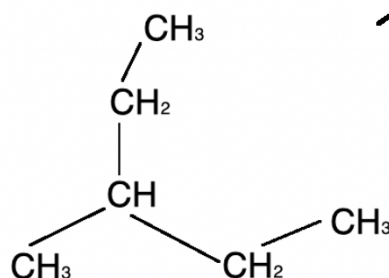
- Les atomes de carbone C ne sont pas écrits : ils sont représentés par l'extrémité d'un segment.
- Les atomes d'hydrogène H accrochés aux atomes de carbone C ne sont pas écrits : on retrouve leur nombre en sachant que l'atome de carbone forme 4 liaisons.

- Les groupes caractéristiques sont représentés comme sur une formule semi-développée :  
 $\text{-- OH}$ ,  $\text{= O}$ , etc.

Exemple n°1 : La formule topologique suivante est celle du 3-méthylpentane :



Soit en formule semi-développée :



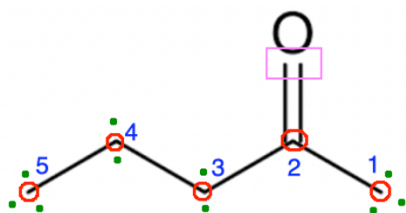
Les atomes de carbone C sont entourés en rouge : il y en a 6.

Les atomes d'hydrogène H sont représentés par les carrés verts :

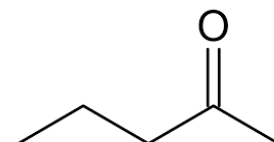
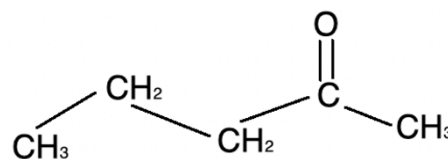
Sur le C n°1, une liaison est représentée depuis C. Comme chaque atome de carbone forme 4 liaisons, il y en a 3 de non représentées : il y a 3 H sur ce C n°1.

Sur le C n°3, trois liaisons sont représentées depuis C. Comme chaque atome de carbone forme 4 liaisons, il y en a 1 de non représentée : il y a 1 H sur ce C n°3.

Exemple n°2 : La formule topologique suivante est celle de la pentan-2-one :



Soit en formule semi-développée :



Les atomes de carbone C sont entourés en rouge : il y en a 5.

La zone encadrée en rose **ne correspond pas** à un atome de carbone C car un symbole lui est juxtaposé : il y a un oxygène au bout de la double liaison.

Les atomes d'hydrogène H sont représentés par les carrés verts :

Sur le C n°2, deux liaisons sont représentées depuis C. Comme chaque atome de carbone forme 4 liaisons, il y en a 2 de non représentées : il y a 2 H sur ce C n°3.

Sur le C n°2, quatre liaisons sont représentées depuis C. Comme chaque atome de carbone forme 4 liaisons, il n'en manque pas : il y a 0 H sur ce C n°3.

[Applications : n°4 et 5 feuille](#)

[Applications en autonomie : QCM hatier-clic « pc1139 »](#)

## 2- La spectroscopie IR (Rappels de 1<sup>ère</sup>)

[Vidéo sketchnote IR](#)

[Applications en autonomie : n°6 et 7 p 57](#)

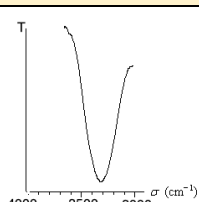


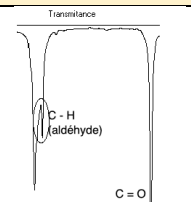
Un spectre infrarouge (IR) représente la transmittance T (en %) d'une espèce chimique en fonction du nombre d'onde  $\sigma$  (en  $\text{cm}^{-1}$ )

La spectroscopie IR permet de trouver le groupe caractéristique d'une molécule.

Pour analyser un spectre IR, il faut :

- Utiliser les tables de données des bandes IR caractéristiques (rabat V manuel)
- Repérer les liaisons chimiques grâce à leurs nombres d'onde ;
- Rechercher les groupes caractéristiques possédant ces liaisons. Certaines liaisons appartiennent à plusieurs groupes ;
- Vérifier que toutes les bandes caractéristiques des groupes retenus sont présentes sur le spectre ;
- Utiliser éventuellement les valeurs précises des nombres d'onde pour départager deux groupes.

Quelques bandes caractéristiques à retrouver rapidement :

Liaison chimique	O – H alcool	O – H acide carbox	C = O	Aldéhyde
Bande IR				

[Applications](#) : n°31 p 74, n°44 p 75, n°45 p 76, n°6 et 7 feuille

[Exercice type bac](#) : n°72 p 82 (en DM)