

# LC08 - Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)

Clément (de la Salle et Colléaux )

17 juin 2020

## Niveau : TS

## Bibliographie

🔗 **Chimie TS**, *Belin*

🔗 **Chimie PCSI**, *Dunod, Fosset*

🔗 **Chimie PCSI**, *Grécias, Grécias*

🔗 Un site

Incroyable qui regorge de spectres en tout genre (Specamp puissance 1000)

🔗 *Physique-Chimie TS*, **Dularand et Duruphty**

Chap.4

## Prérequis

- Loi de Beer-Lambert
- Principe de la spectroscopie UV/Visible
- Bases de l'orga (formule topologique, liaisons covalentes, fonctions,...)

## Expériences



## Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>1</b>
<b>1 Spectroscopie UV-Visible</b>	<b>3</b>
1.1 Rappels . . . . .	3
1.2 Exemple de la synthèse de la phénolphtaléine . . . . .	4
<b>2 Spectroscopie IR</b>	<b>5</b>
2.1 Principe . . . . .	5
2.2 Exemple sur le cyclohexanol . . . . .	6
<b>3 Spectroscopie RMN</b>	<b>9</b>
3.1 Position des pics (déplacement chimique) . . . . .	10
3.2 Forme des pics (multiplicité) . . . . .	10
3.3 Taille des pics (intégration) . . . . .	11
3.4 Exemple d'un ester . . . . .	11

Quelques remarques qui parlent de ce plan qui est toujours le même

- Enlever le principe de la spectro-UV visible pour gagner du temps (vu en seconde).
  - Le correcteur propose de faire le spectre UV de l'aspirine mais pas de spectre UV aux oraux, ni IR. Reste le spectre visible.
  - Faire une méthodologie pour la lecture du spectre IR et expliquer plus en détails les signaux en RMN.
  - Il existe un logiciel libre SPECAMP (possible de le faire installer) pour analyser des spectres, on peut ajouter dans la base de données des spectres trouvés sur internet.
- 
- Explication de la couleur du sirop de menthe en faisant la synthèse additive des couleurs des deux pics (l'un dans le visible, l'autre qui déborde dans l'UV).
  - Diluer la solution du sirop de menthe pour rester en dessous de 1 pour l'absorbance, il ne faut pas utiliser la même pour la manip d'intro. En plus on voit un deuxième maximum donc c'est pas simple à interpréter.
  - Attention si on utilise le sirop de menthe, il faut arriver à faire le lien avec la synthèse organique.
  - Soit on met Beer-Lambert en prérequis et on passe vite (préférable), soit il faut l'expliquer plus en détail.
  - Expliquer plus en détail le fichier excel, le calcul d'incertitude.
  - Pour attribuer la C=O de l'ester, il faut trouver la C-O vers 1200.
  - Attention à ne pas dire "liaison solide".
  - Mentionner blindage et déblindage autour d'un atome électronégatif.
  - Loi de Biot ? Est-ce que la polarimétrie pourrait rentrer dans une type de spectroscopie ? Dans la définition donnée en intro oui, mais habituellement c'est pas clair si c'est rangé dedans (pas de notion de spectre/fréquence).
  - Vocabulaire : on parle d'un signal composé de plusieurs pics. Utiliser les mots doublets, triplet, hexuplet.
  - Suggestion : réaction avec deux isomères possibles en produit, qu'on départage avec la spectroscopie.
  - On peut ne pas donner la définition du déplacement chimique.

## Programme

Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.	Expliquer ou prévoir la couleur d'une espèce en solution à partir de son spectre UV-visible. Déterminer la concentration d'un soluté à partir de données expérimentales relatives à l'absorbance de solutions de concentrations connues. <i>Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.</i>	Identification des groupes caractéristiques par spectroscopie infrarouge.	Exploiter, à partir de valeurs de référence, un spectre d'absorption infrarouge. <i>Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels pour visualiser la géométrie de molécules organiques.</i>
--	--	---	---

FIGURE 1 – Programme de 1ère

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.
--	---

FIGURE 2 – Programme de TS

## Intro

**But**

Étudier 3 techniques de spectroscopie associées à 3 domaines de fréquences

En chimie, on est amenés à caractériser des produits, ceci pour différentes raisons :

- Suivi cinétique
- Contrôle de pureté
- Identification d'un produit

Dans le cadre de cette leçon, on ne s'intéresse qu'au deux derniers points (caractérisation). On peut pour cela exploiter les propriétés physico-chimiques du constituants (températures de transition, indice optique... spectroscopie!).

**Définition : Spectroscopie**

La **spectroscopie** étudie la réponse d'un milieu à une excitation électro-magnétique. On balaye les fréquences, et on observe la réaction du support en fonction de la fréquence.

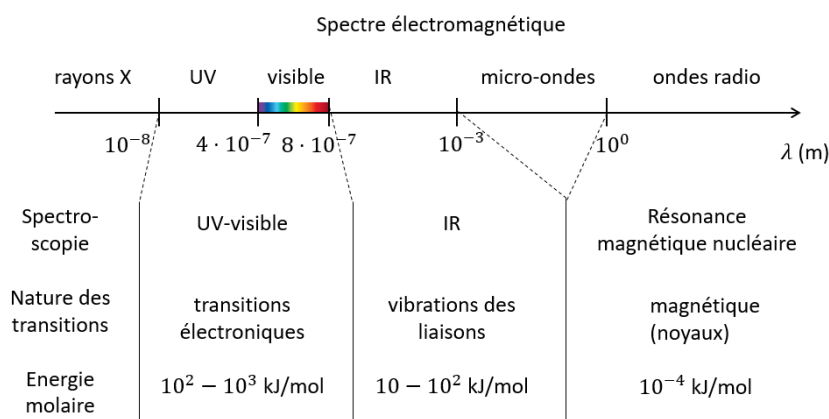


FIGURE 3 – Décomposition de la leçon en trois parties, correspondant à trois domaines de longueurs d'onde différents.

## 1 Spectroscopie UV-Visible

### Oral

Aller vite sur cette partie, on s'en fout de cette partie. Au moins projeter les notions sans réécrire toutes les définitions.

### 1.1 Rappels

Le principe de la spectroscopie UV-visible a été vu en 1ère, cette partie constitue donc de simples rappels. On peut caractériser un composé par sa couleur... Et de façon plus quantitative, son absorbance (dépendant de la longueur d'onde).

Le principe est le suivant : on envoie une onde lumineuse sur l'échantillon et on regarde comment son intensité diminue (cf. *LC06 - Dosages* on peut insister sur cette utilisation). On montre qu'on retrouve bien sa couleur avec son spectre UV-Visible et le cercle chromatique.



FIGURE 1.1 – Cercle chromatique... On retrouve la couleur d'un composé à partir du spectre : suffit de prendre la couleur complémentaire à la longueur d'onde d'absorption maximale.

## 1.2 Exemple de la synthèse de la phénolphtaléine

Lorsque l'on synthétise un produit, on cherche souvent au moins à vérifier qu'on a le bon produit... Nous on synthétise de la phénolphtaléine et on compare son spectre avec une solution commerciale.

### Expérience : Synthèse de la phénolphtaléine

🔗 JFLM2 p.139

⌚ 20 min (préparation) + 30 min (attente) + 5 min (passage)

**Matériel** : Chauffage à reflux, filtration Büchner.

**Produits** : Phénol, anhydride phtalique, acide sulfurique concentré.

**Protocole** :

- Dans un ballon de 50mL, mettre 1.00 g d'anhydride phtalique et 1.30 g de phénol (peser sous hotte). Ajouter 10 gouttes d'acide sulfurique concentré. Introduire un barreau.
- Chauffer à reflux à 160 °C (les solides doivent fondre) pendant 3 minutes.
- Introduire doucement par le réfrigérant environ 15mL d'eau distillée 3.
- Refroidir dans un bain de glace un long moment (une demie-heure), en agitant. 4.
- Filtrer le précipité sous vide, rincer à l'eau distillée glacée.
- Dissoudre un peu de solide dans de l'alcool à 95 °C.
- Dans un bécher, mettre un peu d'eau distillée, quelques gouttes de soude et quelques gouttes de la solution précédente.
- Préparer un autre bécher similaire, en remplaçant la dernière solution par de la phénolphthaléine commerciale.
- Mesurer les spectres UV-Visibles

### À dire pendant la manip (ou après)

- La phénolphthaléine, est souvent utilisée comme indicateur coloré. Elle est orange en milieu acide et rose en milieu basique (zone de virage entre 8.2 et 10)
- Ici on va juste comparer le spectre du produit obtenu à l'issue de la synthèse à celui de phanolphthaléine commerciale (en vérifiant qu'on compare bien au même pH (basique))!

On obtient quelque chose comme ça normalement :

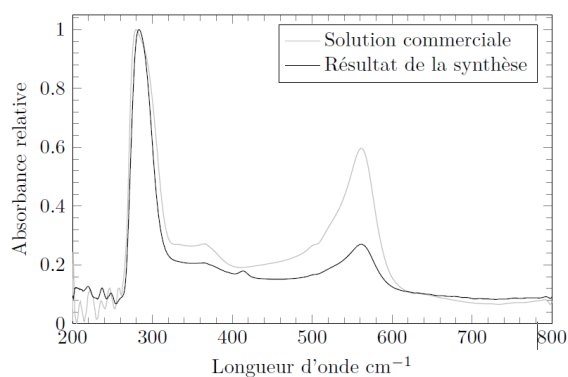


FIGURE 1.2 – Spectre UV-visible de la phénolphtaléine. Ici on a plutôt l'air d'être en milieu acide en fait...

La forme est censée être la même (deux pics d'à peu près la même tronche)... Ceci nous amène à penser que les produits sont bien les mêmes. En faisant confiance au constructeur, on peut donc affirmer que l'on a bien créé de la phénolphtaléine.

De plus, si d'autres pics existent, on peut conclure que le produit n'est pas pur !

### En plus

Alors on observe deux pics : Le premier pic correspond à la forme en milieu acide (absorbe dans le violet → couleur orange), et le deuxième plutôt à la forme basique (absorbe dans le vert → couleur rose). L'importance relative de ces deux pics dépend donc de la proportion de chaque forme (BEER-LAMBERT) et donc du pH.

*Mais la plupart du temps, les espèces ne sont pas colorées... Et puis là on a eu besoin d'un spectre de comparaison, on n'est pas capable de caractériser un produit sans référence avec cette méthode.*

## 2 Spectroscopie IR

### But

Insister sur le fait que l'on peut remonter à la structure moléculaire en excitant les liaisons covalentes.

### 2.1 Principe

Ici, le procédé est le même, sauf que les longueurs d'ondes utilisées sont dans l'infra-rouge ( $\lambda \in [800 \text{ nm}, 1 \text{ mm}]$ ). Ainsi, on excite directement les liaisons entre les atomes.

#### Manip' : Intuition avec des ressorts

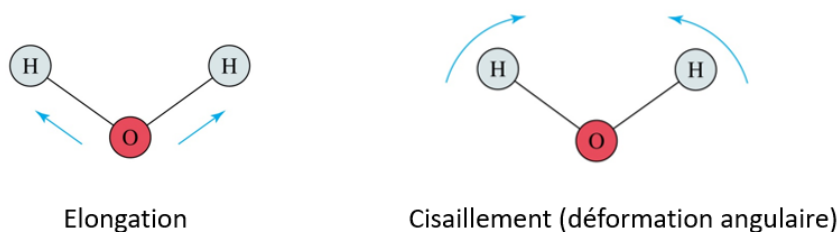
On fixe à une tige horizontale des ressorts de raideurs ( $k_1, k_1, k_2$ ) au bout desquels sont attachées des masses ( $m_1, m_2, m_2$ ). En faisant osciller verticalement la tige, on observe trois fréquences différentes

vidéo

L'analogie est la suivante :

Masses	↔	Atomes
Ressorts	↔	Liaisons
Excitation de la tige	↔	Onde électromagnétique

Ainsi si on excite les systèmes atome - liaison à la bonne fréquence, ils peuvent absorber de l'énergie. Il est important de préciser que dans le cadre de la spectroscopie IR, comme les longueurs d'onde / fréquences sont différentes, on change aussi d'échelle d'énergie (cf la frise) et l'énergie associée à un rayonnement IR ne correspond plus à l'excitation des électrons mais à l'excitation des liaisons entre atomes, comme l'illustre le modèle avec les masses. L'excitation des liaisons provoque différents mouvements :



Source: <http://wps.prenhall.com/>

En résumé, pour l'IR, l'étude de la transmittance permet d'identifier des liaisons absorbant à une certaine énergie.

### Nombre d'onde

Par convention, on n'utilise pas la fréquence comme variable, mais le nombre d'onde...

**Définition : Nombre d'onde**

Il s'agit du nombre d'oscillations par unité de longueur. Il est donc donné en  $m^{-1}$ , ou plus souvent en  $cm^{-1}$  (nombre d'oscillation sur un centimètre).

Évidemment, cette grandeur est liée à la fréquence : plus cette-ci est élevée, plus le nombre d'onde est grand :

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

## 2.2 Exemple sur le cyclohexanol

Apprenons à lire un spectre IR sur un exemple.

Tout d'abord, comment se présente un spectre IR ? Un spectre IR présente la transmittance sans unité  $T = I/I_0$  (comme déjà définie) en fonction du nombre d'onde  $\sigma = 1/\lambda$  en  $cm^{-1}$ . En termes d'abscisses,

on s'intéresse à l'IR ce qui correspond à des nombres d'onde allant de 200 à 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Les bandes vers le bas sont donc des bandes d'absorption : la molécule absorbe beaucoup un rayonnement incident à cette longueur d'onde, plus précisément : **dans la molécule il existe une liaison qui absorbe à cette longueur d'onde donc à cette énergie.**

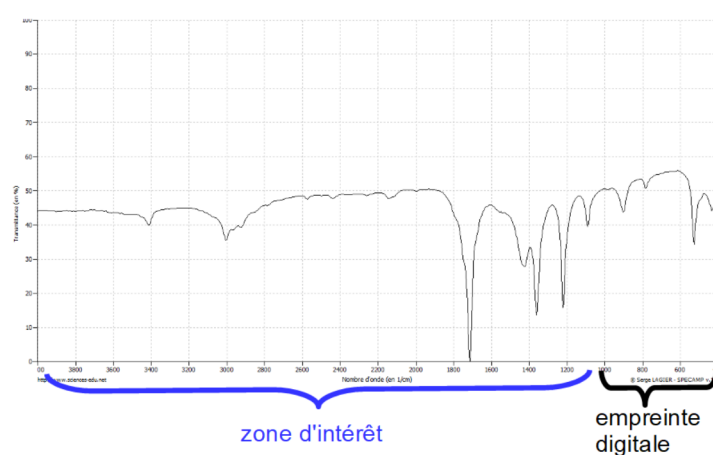


FIGURE 2.1 – Spectre de l'acétone donné à titre d'exemple sans dire que c'est le sien !

Comme on le voit sur le spectre d'une molécule inconnue, pour le moment, un spectre IR est un **spectre de bandes** : succession de bandes d'absorption d'énergie.

On distingue deux domaines :

- $\sigma < 1000 \text{ cm}^{-1}$  : c'est l'empreinte digitale de la molécule. Nous ne nous intéresserons pas à cette zone dont la compréhension dépasse de loin le cadre de ce cours.
- le reste de la courbe contient les informations qui nous intéressent, en repérant et en caractérisant les bandes d'absorption (position, longueur, intensité) on peut remonter, à l'aide des données tabulées, aux différentes liaisons présentes dans la molécule étudiée (projection d'une table de données).

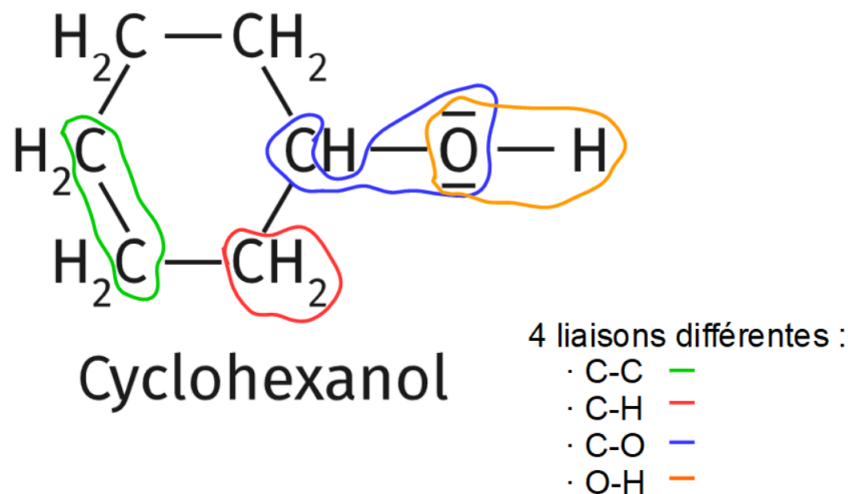


FIGURE 2.2 – Cyclohexanol avec les différentes liaisons

### Méthode d'analyse

Exemple sur la molécule de cyclohexanol projetée au tableau :

1. Écrire la formule développée et identifier les différentes liaisons (changer les diapos)

2. Lister les bandes d'absorption attendues d'après la table de données.
3. Vérifier avec le spectre théorique

Liaison	Nombre d'onde $\sigma$ (cm <sup>-1</sup> )	Intensité <sup>(1)</sup>
O—H <sub>libre</sub> <sup>(2)</sup>	3580 - 3650	Forte ; fine
O—H <sub>lié</sub> <sup>(2)</sup>	3200 - 3400	Forte ; large
N—H	3100 - 3500	Moyenne
C <sub>tri</sub> -H <sup>(3)</sup>	3000 - 3100	Moyenne
C <sub>sec</sub> -H <sup>(4)</sup>	3050 - 3080	Moyenne
C <sub>tet</sub> -H <sup>(5)</sup>	2800 - 3000	Forte
C <sub>qu</sub> -H <sup>(6)</sup>	2750 - 2980	Moyenne
O—H <sub>lié</sub> <sup>(7)</sup>	2500 - 3200	Forte ; large
C=O <sub>aldéhyde</sub>	1700 - 1740	Forte
C=O <sub>cétone</sub>	1650 - 1780	Forte
C=C <sub>oléfine</sub>	1620 - 1680	Moyenne
C=C <sub>aromatique</sub>	1450 - 1600	Moyenne
C—H	1410 - 1470	Faible
C <sub>tet</sub> -O	1050 - 1450	Forte
C <sub>tet</sub> -C <sub>tet</sub>	1000 - 1250	Forte

FIGURE 2.3 – Table

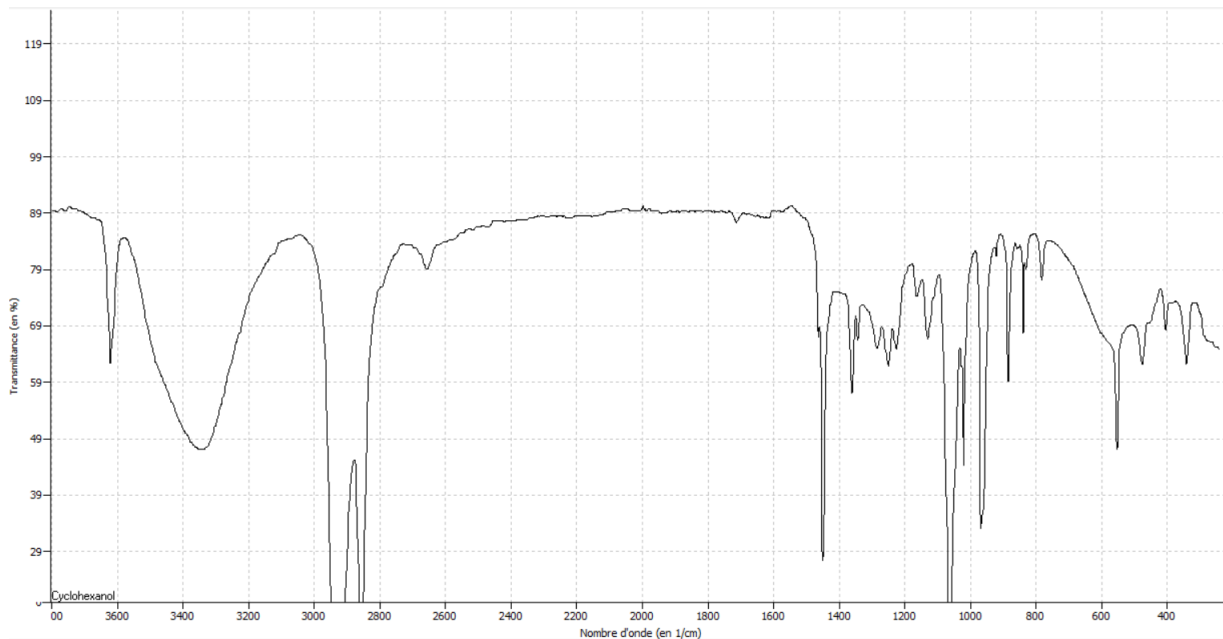


FIGURE 2.4 – Cyclohexanol

Oh ça marche très bien !

Maintenant qu'on sait faire dans un sens molécule → spectre, on revient sur le spectre du départ et on fait le sens inverse spectre → molécule. On dessine la dresse les résultats sous forme d'un tableau :

$\sigma$ (cm <sup>-1</sup> )	Finesse	Intensité	Liaison
3400	Moyenne	Faible	O-H <sub>lié</sub> ?
3000	Moyenne	Faible	C <sub>tri</sub> -H
1710	Fine	Forte	C=O
1430	Large	Faible	C <sub>tetr</sub> -H
1360	Fine	Moyenne	C-O
1210	Fine	Moyenne	C <sub>tetr</sub> -C <sub>tetr</sub>

Dessiner une molécule d'acétone et wouah ça marche ! (On notera le magnifique équilibre céto-énolique qui casse les pieds pour rester poli)



L'étude d'un spectre IR permet uniquement d'avoir les liaisons présentes dans la molécules.

Étude de la déshydratation du cyclohexanol

On étudie la réaction de déshydratation du cyclohexanol :

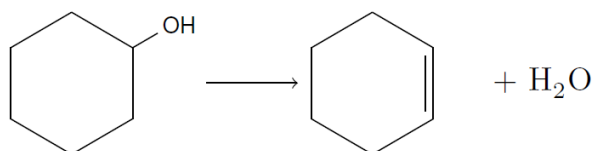


FIGURE 2.5 – Bilan de la réaction

Ainsi, on remarque que

- Une liaison O-H disparaît
- Une liaison C-O disparaît
- Une liaison C-C disparaît au profit d'une C=C

On devrait donc pouvoir observer tout ça sur un spectre IR :

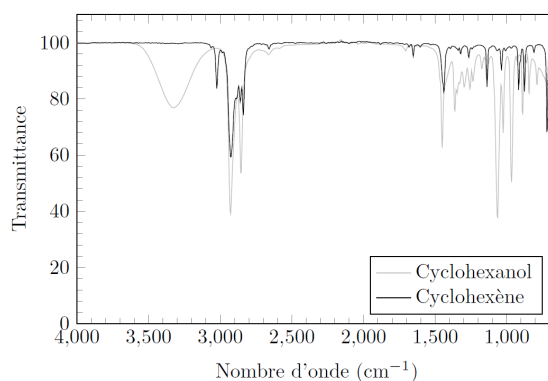


FIGURE 2.6 – Spectres IR des composés mis en jeu

Effectivement une remarque bien que la grosse bande vers 3200 cm<sup>-1</sup> (caractérisant la liaison O-H), disparaît. Tandis qu'une petite bande plus piquée apparaît juste après 3000 cm<sup>-1</sup>, on peut alors supposer qu'il s'agit d'une bande indiquant la présence d'une liaison C=C.

**CdIS** : Ça correspond pas au tableau... La bande devrait être plutôt vers 1600... Ça se voit pas très bien sur cette image, on peut prendre les données de ce site, sur lequel c'est un peu plus flagrant...

### 3 Spectroscopie RMN

#### Pédagogie

On peut commencer par donner un spectre (genre éthanol) et dire qu'on va chercher à expliquer comment les scientifiques lisent ce genre de graph. On voit apparaître trois notions caractéristiques pour un pic :

- sa position
- sa forme
- sa taille

### 3.1 Position des pics (déplacement chimique)

Lorsque l'on les excite avec une onde électromagnétique (de fréquence bien basse maintenant), chaque noyau produit un signal dont la forme et la fréquence dépend de son environnement. La RMN la plus utilisée est la RMN des noyaux d'hydrogène (proton), elle permet de donner les spectres représentés ci-dessous :

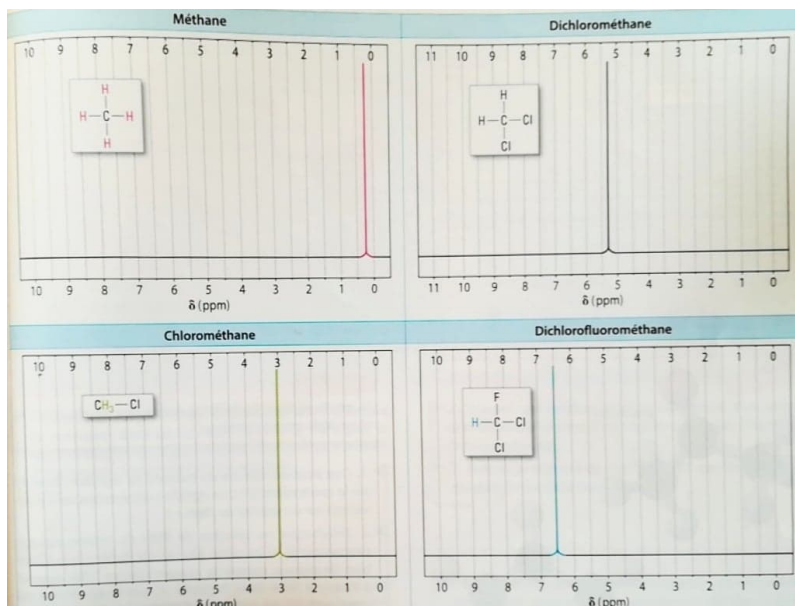


FIGURE 3.1 – Spectres RMN de différentes molécules simples (source : Belin programme 2012 p.220)

Quelques remarques :

- En abscisse, on trouve le déplacement chimique  $\delta$ , celui-ci est lié à la fréquence de l'onde (pas besoin de rentrer dans les détails, l'important de savoir lire les spectres!)
- On remarque ainsi que la position du pic dépend de l'environnement des protons.

### 3.2 Forme des pics (multiplicité)

Pour des molécules un peu plus complexes, on a ce type de spectre :

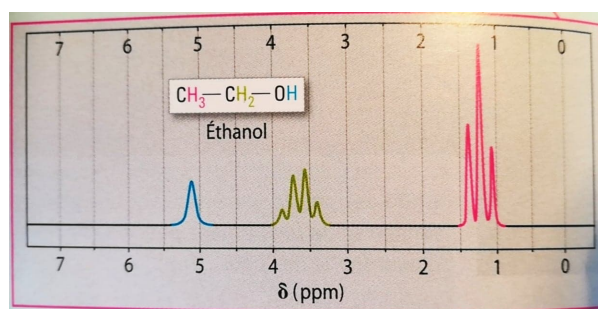


FIGURE 3.2 – Spectre RMN (schématisé) de l'éthanol

On remarque que les pics se divisent, on parle alors de multiplets.

#### Définition : Multiplicité

La **multiplicité** d'un multiplet est le nombre de sous-pics qui le composent

Cette multiplicité dépend exclusivement du nombre d'atomes d'hydrogène voisins.

### Définition : Atomes d'hydrogène voisins

Des **atomes d'hydrogène voisins** sont des atomes d'hydrogène attachés à deux carbones voisins.

Si  $n$  est le nombre d'atomes d'hydrogène voisins d'un proton, alors sa multiplicité est  $n + 1$ . On parle souvent de  $(n + 1)$ -uplet.

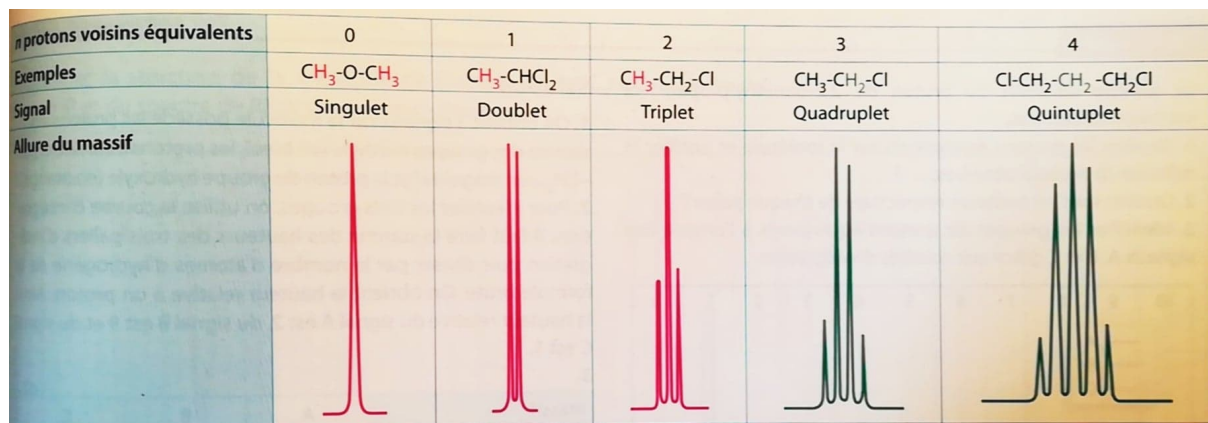


FIGURE 3.3 – Schématisation de multiplets

### 3.3 Taille des pics (intégration)

En plus du déplacement chimique et de la multiplicité des pics, on peut extraire une dernière information utile à l'analyse d'un spectre RMN : la taille des pics. En effet, si plusieurs protons ont exactement le même environnement, les pics correspondant vont s'additionner sans changer la forme. Il en résultera donc un pic plus haut.

### Définition : Protons équivalents

Lorsque plusieurs protons ont exactement le même environnement chimique, on parle de **protons équivalents**.

Une méthode pour comparer les poids relatifs de pics est de considérer leur aire sous la courbe, autrement leur intégrale... C'est pour ça qu'on parle d'**intégration**.

### 3.4 Exemple d'un ester

Avec tous ces ingrédients, on peut, à partir d'un spectre RMN remonter à une molécule, ou du moins vérifier que le spectre est cohérent avec la forme attendue. Il s'agit donc bien d'un nouveau moyen de caractériser un produit par spectroscopie.

On donne l'exemple suivant :

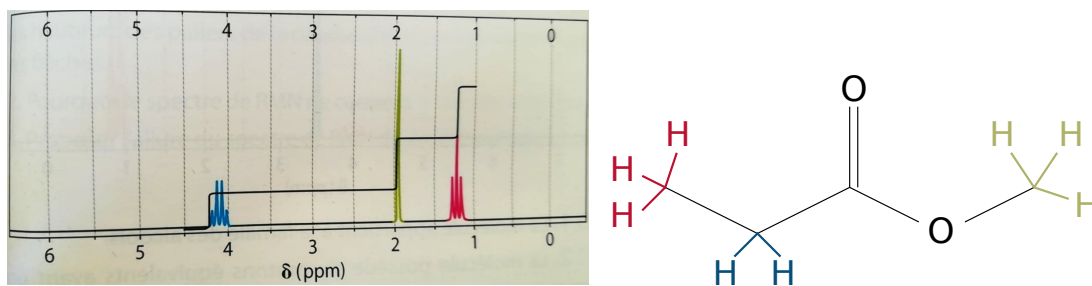


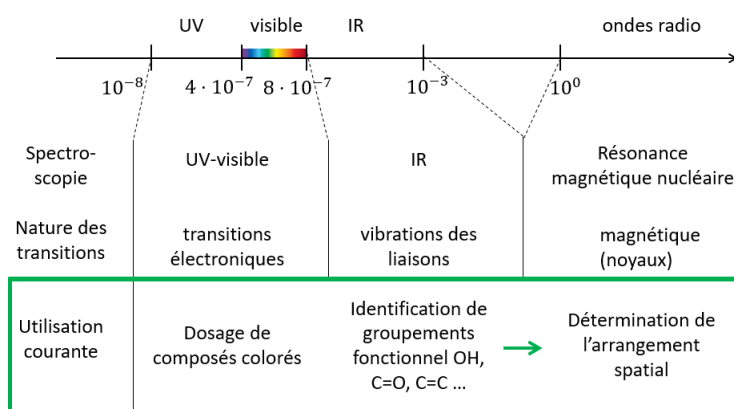
FIGURE 3.4 – Spectre et représentation topologique d'un ester

Au passage, ne pas hésiter à faire ça au tableau... On peut alors vérifier qu'il s'agit bien de la molécule attendue en dressant le tableau suivant :

Déplacement	Multiplicité	Intégration	Attribution
1.2	triplet	3H	Rouge
2.0	singulet	3H	Vert
4.1	Quadruplet	2H	Bleu

## Conclusion

Pour caractériser un produit, il existe d'autres méthodes (indice optique, températures de transitions)...



## Questions

Est-ce qu'on peut trouver la structure de la molécule à partir du spectre RMN ?

Critère pour compter les voisins d'un proton ?

La loi de Beer-Lambert est-elle valable dans l'IR ? Quel est le processus microscopique qui permet de faire de la spectroscopie UV-visible ?

Expliquer les valeurs relatives des bandes IR caractéristiques des liaisons C-O et C-H ? (il fallait raisonner à partir de l'analogie mécanique, on prend la liaison comme un ressort, on a la fréquence propre en fonction de la masse réduite...)

A quoi on peut s'attendre si on veut faire le spectre IR de CO<sub>2</sub>, qu'est-ce qu'on observe expérimentalement ?

Comment identifier une amine primaire et une amine secondaire par spectroscopie IR, ODG du nombre d'onde correspondant ?

Quand est abordé la spectro au lycée ?

Différence spectromètre/spectrophotomètre ? Spectromètre c'est le principe général, photo pour UV-visible

D'autres spectroscopies que ça ? Spectrométrie de masse, champ magnétique sépare des fragments d'une molécule en fonction de la masse. Donne masse molaire notamment

Spectro UV-visible, c'est quoi, les deux ? La lampe c'est quoi dedans ? Principe spectrophotomètre ? Quels éléments ? Quartz-Iode, Source lumineuse de lumière blanche, réseau qui décompose la lumière, fente qui sélectionne  $\lambda$  passe par l'échantillon et capteur CCD

Cuves en quel matériau ? plastique ou quartz selon si UV

Cuves en quel matériau ? plastique ou quartz selon si UV

UV lointain sous vide ?

Beer-Lambert : marche toujours ? Non, concentration faible pour pas d'interaction entre molécules. Pas de suspension, homogène, et mono-chromatique

Placée à  $l_{\max}$  : pourquoi ?

C'est quoi un groupe chromophore ?

Différence entre magnétiquement équivalent et chimiquement équivalents ?

Distance entre deux pics ? Constante de couplage. Dépend de quoi ? Des voisins vus. Dépend du champ appliqué ? On se limite à quel couplage ? Les voisins. Plus loin ? C=C.

**Définition de *spectre* ?**

Intensité de l'onde en fonction de  $\lambda$  mais au lycée et dans cette leçon c'est la réponse du milieu **en fonction de  $\lambda$**

**Autr que le prisme pour séparer les longueurs d'onde ?**

Des réseaux avec toujours la même idée de dispersion et monochromateur

**D'autres méthodes plus rapides ? Schéma ?**

Barette CCD à la place du monochromateur

### **Caractérisation ?**

Contrôle de pureté ou identification

### **Pourquoi choix de présenter l'illustration ?**

Pour montrer la réaction de déshydratation du cyclohexanol, pureté un peu avec les deux formes de la phénolphtaléine

### **Possible de prévoir la forme des spectres, le $\lambda_{max}$ ?**

Groupes chromophores, doubles liaisons conjuguées (augmenter  $\lambda_{max}$  ?)

### **Ça augmente ou ça diminue du coup ?**

En augmentant la conjugaison, plus d'électrons, plus d'énergie donc  $\lambda_{max}$  diminue

### **Comment expliquer la quantification ? Avec n'importe quelle excitation on peut exciter n'importe quel ressort ?**

Principe de la résonance, y a une fréquence particulière pour laquelle la réponse sera particulièrement grande

### **Une seule fréquence de résonance pour le masse-ressort ?**

Largeur de la bande ?

### **Et les harmoniques ?**

Fréquences multiples de la fondamentale, ça peut exciter

### **Spectre IR du cyclohexanol, 4 types de liaison mais beaucoup plus que 4, pourquoi ?**

Empreinte digitale

### **Définition d'une vibration ?**

Mouvement dans la direction de l'axe, y a d'autres mouvements transverses avec le cisaillement

### **Justifier l'analogie entre liaison covalente et ressort ?**

Perturbations autour d'un eq ça revient à un ressort dans le cas général, étude graphique avec le potentiel de

### **Dans la partie interprétable du spectre IR, attribuer la bande à 2361 /cm**

Réaction du cyclohexanol ? Déshydratation mais C=C c'est vers 1600 /cm

### **Oui mais c'est une impureté pas organique !**

Ah !

### **Le gars a respiré trop près..**

Ouais du CO<sub>2</sub> du coup

### **Comment s'en affranchir du coup ?**

..

### **D'autres gaz dans le spectre IR ?**

Surement du diazote ou du dioxygène

### **On peut deviner ! Rendre quantitative l'analogie avec les ressorts**

Loi de Hooke et comem C=C c'est 1600 /cm, pour O et N c'est plus gros, donc on en tire le nouveau  $\sigma$

### **Oui mais le diazote c'est une triple liaison donc y a les deux**

$k$  augmente de combien entre C=C et N—N ? Et la masse réduite ?

$k$  augmente pas de plus de 10% et on passe de  $2 \times 10^{12}$  à  $2 \times 10^{14}$ , je dirais que la masse va plus jouer que la constante

### **Spectre cyclohexanol et cyclohexene, elle est où la C=C ?**

Apparition vers 1600 /cm normalement

**Et sur les tables ? C'est censé être d'intensité moyenne.. Pourquoi on ne le voit pas ce pic ?**  
La liaison va réagir avec le solvant ?

**Y a pas de solvant ! On la voit pour la même raison qu'on voit pas la bande de O<sub>2</sub>**  
Liaisons entre les mêmes atomes..

**Sur la première slide, quelle est la différence entre les 4 spectres ?**  
Différents environnements, les atomes électronégatifs déblindent les protons

**Pourquoi les atomes électronégatifs augmentent le déplacement chimique ?**  
Le déblindage diminue l'impact du champ magnétique qu'on applique pour la RMN

**Ouais mais comment expliquer ça ? Comment la densité électronique réagit à un champ magnétique ?**

Création d'un moment cinétique dans le sens qui vérifie la loi de Lenz donc qui s'oppose au champ magnétique et ce champ magnétique induit diminue le champ global

**Autre RMN que celle du proton ?**  
Celle du Carbone 13

**Quel paramètre pour savoir si un atome est RMN-actif ou RMN-inactif ?**  
Nombre de protons et de neutrons ? Spin !

**Pourquoi le carbone 13 a un spin et pas le 12 ou le 14 ?**

**Je vais te mettre sur la piste, nombre de nucléons du Fluor ?**

**19 nucléons et donc RMN-actif**

**Et donc le 4e spectre est pas ouf ! Tu peux me le refaire ?**  
Deux pics du coup ! Avec un couplage

**On a une onde EM cest quoi cette onde pour la RMN ?**  
Champ magnétique fixe et un petit tournant, ondes centimétriques

**Triplets et quadruplets, comment expliquer la hauteur relative des sous-pics ?**  
Constante de couplage  $J$

**Molécule d'éthane, quel spectre RMN ?**  
Quadruplet d'intégration 6 ?

**Pourquoi un quadruplet ?**

**Quel critère en plus de voisin pour avoir un couplage ?**

**Deux atomes équivalent ne couplent pas !**

**Pourquoi juste un seul singulet ?**  
Ils sont tous équivalents donc y a pas de couplage donc juste un singulet

**Tu connais l'article 3 de la charte de laïcité ?**

**Que faire si un élève vient te voir pour dire qu'il ne croit pas ton cours**  
Ça m'intrigue, ça peut être intéressant de savoir pourquoi. Essayer de chercher pourquoi il dit ça.

**Comment lui montrer qu'il peut te croire ?**  
Sur un sujet précis, trouver des preuves pour lui montrer qu'il est dans le faux (Terre plate)

## Commentaires

- On peut virer l'UV-visible
- Bien pédagogique sur les deux premières parties mais la troisième partie un peu plus floue
- Montrer un spectre (éthanol) et expliquer comment décrire le spectre (déplacement, intégration, multiplicité)
- RAS sur le plan mais pas de principe sur la RMN, on explique pas ça niveau lycée
- "taille des pics" à changer
- Projeter les rappels du I-A
- Orbimol
- On oublie le fluor
- Dommage pour le cyclohexène, C=C pour causes de symétrie, pour qu'une transition apparaisse il faut qu'elle change la polarité de la molécule, donc les molécules symétriques on les voit pas idem pour N<sub>2</sub>. On peut le garder mais on sait l'expliquer
- On vire la phénolphtaléine qui n'est plus au lycée car cancérigène, alternative avec le pKa du BBP (TP Thermo 1)
- Sur la définition de caractérisation et sur le choix d'identification (vs pureté) on s'excuse pas, c'est tes choix (j'ai que 40 min c'est ce que je préfère, j'ai que 40 min me faites pas chier)
- Sur les spectres IR y a bien vibration (élongation, déformation des angles) dans le supérieur en interprétable et l'empreinte digitale c'est les déformations y en a beaucoup trop c'est n'imp
- Y a bien la loi de Hooke,  $k$  proportionnel à l'indice de liaison (simple, double, triple)
- Bandes et pas raies pour l'IR : y a tellement de transitions rotvib que y a énormément de bande et elles sont super larges donc bandes
- Pour la RMN, deux protons équivalents ne couplent pas