

**Animation:**

1. représentation spatiale des molécules
2. animation wikipédia sur les différentes vibrations du groupe CH<sub>2</sub>.
3. animation du spectre infrarouge du méthanal (en anglais)
4. le spectrophotomètre (ostralo.net)

**Introduction:** La matière interagit avec les ondes électromagnétiques. La spectroscopie est l'étude quantitative des interactions entre la lumière et la matière. Elle permet de déterminer la **nature et la concentration d'espèces chimiques** présentes dans un échantillon de matière.

**Table des matières**

*I) Spectroscopie UV-visible*

- 1) principe de fonctionnement d'un spectroscope
- 2) loi de Beer Lambert
- 3) couleur et absorbance d'une solution colorée

*II) Nomenclature des composés organiques*

- 1) groupe caractéristique et fonction
- 2) rappel sur le nom des 5 premiers alcanes à chaîne linéaire
- 3) règles de nomenclature

*III) spectroscopie infrarouge*

- 1) définition
- 2) le spectre IR d'une molécule
- 3) Pourquoi l'espèce chimique absorbe les IR?
- 4) bandes d'absorption caractéristiques
- 5) cas de la liaison O-H

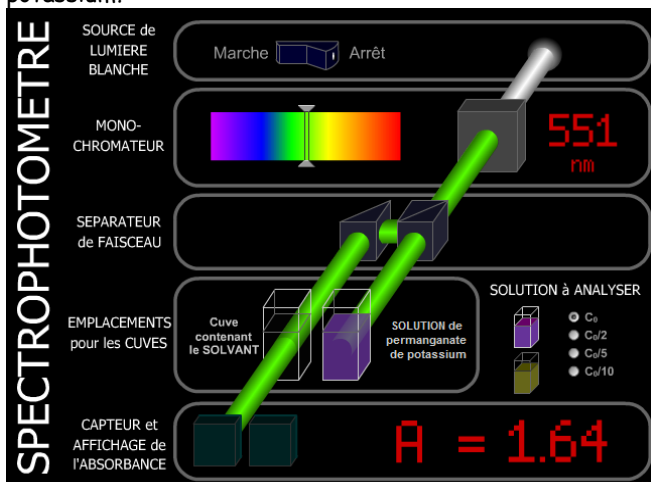
*IV) spectroscopie RMN*

- 1) Principe
- 2) le spectre RMN
- 3) le déplacement chimique
- 4) les protons équivalents
- 5) multiplicité du signal: explication du nombre de pics dans un signal
- 6) intégration du signal: déterminer le nombre de protons équivalents

Programme officiel

**1) principe de fonctionnement d'un spectroscope**

**Animation:** Utiliser le spectrophotomètre en faisant varier les différents paramètres de l'animation. Comment évolue l'absorbance en fonction de la longueur d'onde puis de la concentration pour une solution de permanganate de potassium?



Un spectrophotomètre UV-visible est constitué de:

- une source de lumière blanche
- un monochromateur permettant de sélectionner une radiation monochromatique de longueur d'onde précise (sur le schéma la longueur d'onde vaut 551 nm)
- un séparateur de faisceau. En sortie du séparateur, un faisceau traverse la cuve contenant le solvant (généralement de l'eau distillée), un second faisceau traverse la solution à analyser.
- la comparaison des 2 faisceaux d'intensités respectives I (la solution) et I<sub>0</sub> (le solvant) permet de calculer l'absorbance A de l'échantillon.
- la courbe A = f(λ) qui représente l'absorbance en fonction de la longueur d'onde est appelée le **spectre de l'échantillon**.

**Vidéo de TP au laboratoire:** absorbance en fonction de la longueur d'onde

**2) loi de Beer Lambert**

**Vidéo de TP au laboratoire:** loi de Beer Lambert

L'absorbance d'une solution colorée A (λ) est égale à :

$$A(\lambda) = \epsilon(\lambda) \cdot L \cdot C$$

ε(λ) : coefficient d'absorption molaire qui dépend du solvant de la température et de la longueur d'onde  
Unité légale: m<sup>-1</sup>. mol<sup>-1</sup>.L

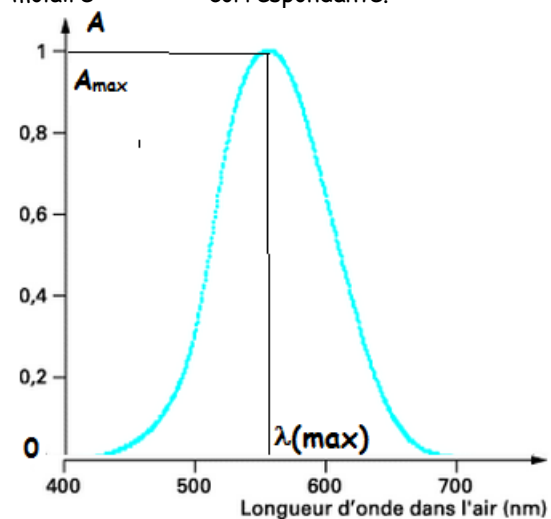
L(m): épaisseur de solution traversée

C (mol.m<sup>-3</sup>): concentration de la solution.

**A est sans unité.**

**Remarque :**

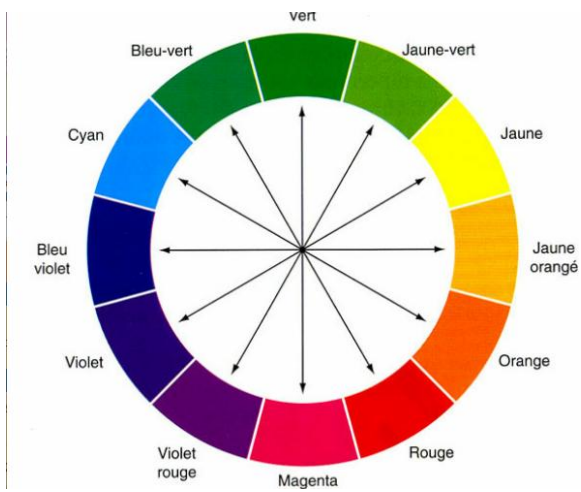
Si la concentration est trop grande l'absorbance est trop élevée, cette loi n'est plus valable il faut diluer la solution. Une espèce chimique est caractérisée en spectroscopie UV-visible par la **longueur d'onde λ<sub>(max)</sub> du maximum d'absorption** et par la valeur du coefficient d'extinction molaire ε(λ<sub>max</sub>) correspondante.



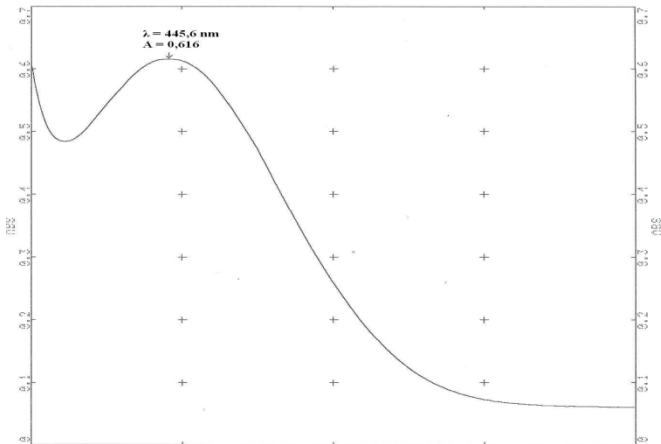
**3) couleur et absorbance d'une solution colorée**

Une substance incolore, comme l'eau, n'absorbe aucune radiation visible: son absorbance est nulle quelque soit λ. La couleur d'une espèce est la somme des couleurs complémentaires des radiations qu'elle absorbe.

Le cercle chromatique représentent quelques couleurs ainsi que leur couleur complémentaire (au bout de la flèche !)



**Exemple:** le spectre d'absorption du dichromate de potassium (compris entre 400 et 600 nm) est le suivant:



Il absorbe les radiations violettes, bleues et une partie des radiations vertes. Sa couleur est donc la somme des couleurs complémentaires qui sont (d'après le cercle chromatique) le jaune orangé, l'orange et le rouge. La solution a en effet une couleur orangée. Solution de dichromate de potassium ( $2K^+, Cr_2O_7^{2-}$ ):



## II) Nomenclature des composés organiques

### 1) groupe caractéristique et fonction

Un composé organique provient d'une **espèce vivante**. Il contient une **chaîne carbonée** et un ou plusieurs groupes caractéristiques. Les molécules possédant le **même groupe caractéristique** ont des **propriétés chimiques similaires**. Ces propriétés définissent la **fonction chimique**.

**Animation:** représentation spatiale des molécules

Voici quelques composés organiques oxygénés:

fonction	groupe caractéristique	exemple
acide carboxylique	groupe carboxyle 	acide éthanóique (présent dans le vinaigre) 
alcool	groupe hydroxyle -OH	éthanol (présent dans le vin) 
aldéhyde	groupe carbonyle (encadré) 	éthanal (produit par les plantes) 
cétone	groupe carbonyle	propanone (produit par les

		 plantes)
alcène	alcène 	2-méthylbut-2-ène 
Ester	ester (encadrée) 	méthanoate de méthyle 
Amine	amine 	la triméthylamine 
Amide	amide 	N-méthylpropanamide 

### 2) rappel sur le nom des 5 premiers alcanes à chaîne linéaire

Les alcanes à chaîne linéaire sont constitués à partir de carbone tétraédrique (lié à 4 autres atomes) et d'atomes d'hydrogène. Leur formule brute générale est  $C_nH_{2n+2}$ . Leur nom doit être connu car on va utiliser le préfixe pour nommer les composés oxygénés.

**Maman** est partie bébé pleure  
Méthane éthane propane butane pentane

Nom	Nombre d'atomes de carbone	Formule brute	formule et nom du groupement alkyle correspondant
méthane	1	$CH_4$	$CH_3$ -méthyl
éthane	2	$C_2H_6$	$CH_3-CH_2$ -éthyl
propane	3	$C_3H_8$	$CH_3-CH_2-CH_2$ -propyl
butane	4	$C_4H_{10}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2$ -butyl
pentane	5	$C_5H_{12}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2$ -pentyl

### 3) règles de nomenclature

#### a) acides carboxyliques

Pour établir le nom des acides carboxyliques

1. on recherche la **chaîne la plus longue** comportant l'atome de carbone fonctionnel
2. on **numérote les atomes de carbone** en minimisant l'indice du carbone fonctionnel
3. on repère les **ramifications alkyle** sur la chaîne principale, on écrit le numéro du carbone portant la ramification, puis un tiret et enfin le nom de la ramification avant le nom de la chaîne principale.
4. Le nom du composé est précédé du mot **acide**. On remplace ensuite le 'e' du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'oïque'.

**Exemple:**

nom	formule développée ou semi-développée
-----	---------------------------------------

acide méthanoïque (présent dans les venins de certains insectes, fourmi)	
acide 3-méthylbutanoïque (présent dans l'urine de chat, qui sert de marqueur de territoire!)	
acide 2-méthylpropanoïque (présent dans certains arbres comme le caroubier)	
acide 3,3-diméthylbutanoïque	

	(Z)-pent-2-ène
	(E)-but-2-ène
	prop-1-ène
	2-méthylbut-1-ène

### b) alcools

Les règles sont identiques à celles des acides carboxyliques. On remplace ensuite le "e" du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'ol'.

Exemple:

Nom	Formule brute	formule semi-développée	classe d'alcool
éthanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	primaire
propan-2-ol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O		secondaire
2-méthylpropan-2-ol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O		tertiaire

### c) aldéhydes et cétones

Les règles sont identiques à celles des acides carboxyliques. On remplace ensuite le "e" du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'al' pour les aldéhydes et 'one' pour les cétones.

Exemples:

formule semi-développée	nom
	pentan-3-one
	2-méthylbutanal
	3-méthylbutan-2-one
	4,4-diméthylpentanal

### d) alcènes

Les règles sont identiques à celles des acides carboxyliques. On remplace ensuite le "e" du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'ène'. On rajoute (Z) ou (E) suivi d'un tiret lorsqu'une isomérisation Z ou E existe dans la molécule.

Exemple:

formule semi-développée	nom
-------------------------	-----

### e) les amines

Les règles sont identiques à celles des acides carboxyliques. On remplace ensuite le "e" du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'amine'. Lorsque l'atome d'azote est lié à d'autres groupes alkyles, le nom de l'amine est précédé de la mention N-alkyl. S'il y a 2 groupes alkyles, le nom est précédé de la mention N,N-alkyl.

Exemple:

formule semi-développée	nom
	2-méthylpropan-2-amine
CH <sub>3</sub> -NH-CH <sub>3</sub>	N-méthylmethanamine
	N-méthylpentan-3-amine
	N,3-diméthylbutan-2-amine

### f) les amides

Les règles sont identiques à celles des acides carboxyliques. On remplace ensuite le "e" du nom de l'alcane correspondant par la terminaison 'amide'. Lorsque l'atome d'azote est lié à d'autres groupes alkyles, le nom de l'amide est précédé de la mention N-alkyl. S'il y a 2 groupes alkyles, le nom est précédé de la mention N,N-alkyl.

Exemple:

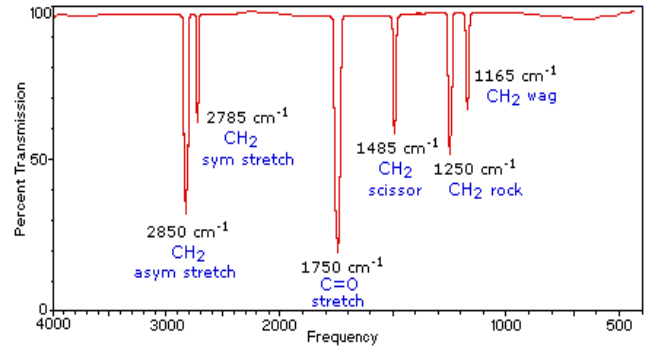
formule semi-développée	nom
	N-méthyléthanimide
	N,2-diméthylpropanamide
	butanamide

## III) spectroscopie infrarouge

Photo d'un spectroscope à infrarouge



## Gas Phase Infrared Spectrum of Formaldehyde, H<sub>2</sub>C=O



### 1) définition

La spectroscopie infrarouge (IR) est dans son principe identique à la spectroscopie UV-visible. Le domaine de longueur d'onde utilisé est (2500 nm, 25000 nm). Les OEM interagissent avec les liaisons covalentes de la molécule. Pour cette raison la spectroscopie IR permet de repérer la présence de certaines liaisons et d'en déduire les groupes caractéristiques présents dans la molécule.

### 2) le spectre IR d'une molécule

Le nombre d'onde  $\sigma$  d'une OEM est égal à l'inverse de sa longueur d'onde  $\lambda$  :

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

unité légale :  $\lambda(\text{m}), \sigma(\text{m}^{-1})$

La transmittance  $T$  est égale au rapport de l'intensité transmise  $I$  à travers la substance à analyser sur l'intensité  $I_0$  transmise par le solvant. La transmittance n'a pas d'unité, sa valeur est comprise entre 0 et 1 :

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Le spectre IR d'une espèce chimique représente la transmittance  $T$  en ordonnée en fonction du nombre d'onde  $\sigma$  en abscisse. Généralement le nombre d'onde est exprimé en  $\text{cm}^{-1}$ .

Une transmittance de 100 % indique que l'IR n'est pas absorbé. Lorsqu'un IR ou une bande d'IR est absorbé alors on observe un pic ou une bande d'absorption (transmittance faible) orienté vers le bas.

Exemple: animation du spectre infrarouge du méthanal (en anglais).

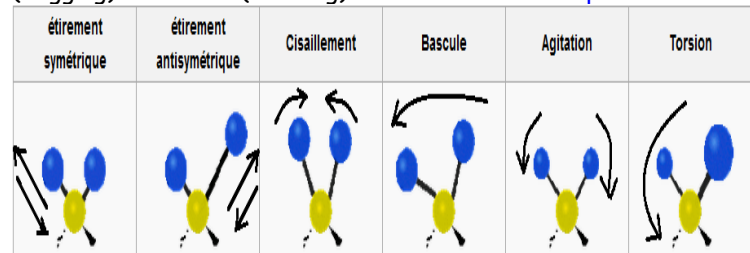
Le spectre IR du méthanal possède plusieurs pics d'absorption:

- 5 pics correspondant à la liaison entre le carbone et les 2 hydrogènes (notée CH<sub>2</sub> sur le spectre)
- un pic correspondant à la double liaison entre le carbone et l'oxygène.

Ce spectre permet d'affirmer que l'espèce analysée est le premier aldéhyde : le méthanal. Sur le graphique sont indiqués les nombres d'onde correspondant aux absorptions les plus importantes donc aux transmittances les plus faibles.

### 3) Pourquoi l'espèce chimique absorbe les IR?

Les atomes de la molécule peuvent se déplacer dans toutes les directions. Par exemple les atomes du groupe CH<sub>2</sub> peuvent vibrer de 6 manières différentes : étirements (stretching), symétrique et anti symétrique, cisaillement (scissoring), bascule (rocking), agitation hors du plan (wagging) et torsion (twisting). Voir l'animation wikipédia.



A chaque vibration correspond une énergie  $E_n$ . Lorsque les IR correspondant à cette énergie interagissent avec l'espèce chimique, ils sont absorbés, leur transmittance est alors faible.

### 4) bandes d'absorption caractéristiques

On appelle une liaison chimique O-H<sub>lié</sub> lorsqu'il existe des liaisons hydrogène et OH<sub>libre</sub> lorsqu'il n'y a pas de liaison hydrogène.

Les nombres d'ondes utiles à la recherche des groupes caractéristiques sont supérieurs à 1500  $\text{cm}^{-1}$  (à part quelques exceptions comme pour la liaison C-O, voir tableau ci dessous). Ceux inférieurs à 1500  $\text{cm}^{-1}$  ne sont utiles que pour comparer les spectres.

#### Méthode pour analyser un spectre IR:

- repérer les liaisons chimiques (C-H, N-H, C=O etc..) grâce à leurs nombres d'onde. Attention à une liaison peut correspondre plusieurs bandes d'absorption car la liaison peut vibrer de différentes façons (symétrique, cisaillement etc..)
- rechercher les groupes caractéristiques (hydroxyle OH, carboxyle -COOH etc..) possédant ces liaisons. Attention certaines liaisons appartiennent à plusieurs groupes. Par exemple la liaison C=O appartient aux groupes carboxyle et carbonyle.
- vérifier que toutes les bandes caractéristiques des groupes retenus se trouvent dans le spectre IR
- utiliser éventuellement les valeurs précises des nombres d'onde pour départager les groupes.

Tableaux de quelques bandes d'absorption avec l'intensité correspondante de l'absorption (F: forte, M: moyen)

liaison	nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	intensité
O-H libre	3580 à 3650	F, fine
O-H lié	3200 à 3400	F, large
N-H	3100 à 3500	M
C <sub>tri</sub> -H (carbone trigonal)	3000 à 3100	M
C <sub>tet</sub> -H (carbone tétragonal)	2800 à 3000	F
C=O <sub>ester</sub>	1700 à 1740	F
C=C	1650 à 1730	F

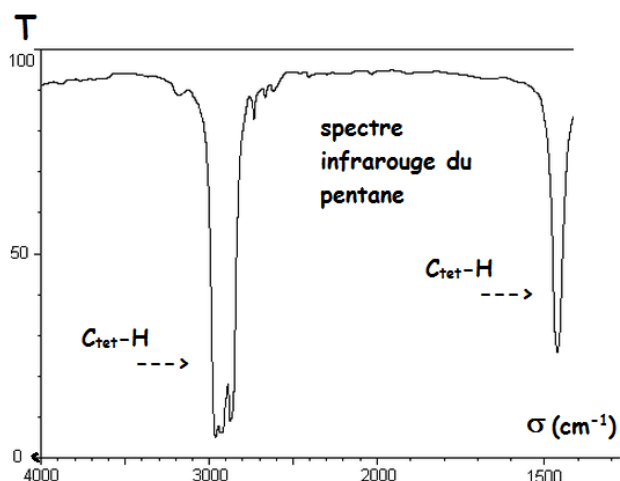
C=O <sub>acide</sub>	1680 à 1710	F
C-C	1625 à 1685	M
C <sub>tet</sub> -H	1415 à 1470	F
C-O	1050 à 1450	F

Plus la liaison est forte, plus le nombre d'onde  $\sigma$  d'absorption est élevé

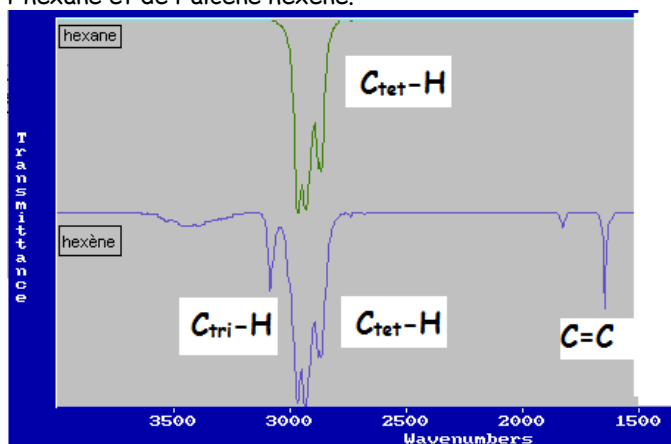
- **bandes C-H**: le nombre d'onde  $\sigma(C-H)$  dépend de la nature du carbone. Par exemple, le carbone tétragonal est présent dans les alcanes comme l'éthane  $H_3C_{tet}-C_{tet}H_3$ . Le carbone trigonal est présent dans les alcènes comme l'éthène  $H_2C_{tri}=C_{tri}H_2$ . D'après le tableau ci dessus Un alcane présentera deux bandes d'absorption due à la liaison C-H:

- entre 2800 et 3000  $cm^{-1}$  d'intensité forte
- entre 1415 et 1470  $cm^{-1}$  (lié à la déformation angulaire des liaisons C-H) d'intensité forte

Un alcène présentera une bande d'absorption de moyenne intensité due à la liaison C-H comprise entre 3000 et 3100  $cm^{-1}$ .



- **bande C=C** : elle se retrouve dans les alcènes et également dans les composés aromatiques comme le benzène ou elle est moins fortes car délocalisée (le nombre d'onde est alors plus faible  $\sigma(C_{aromat}=C)$  (compris entre 1450 et 1600  $cm^{-1}$ ). Voici un extrait des spectres IR de l'hexane et de l'alcène hexène.

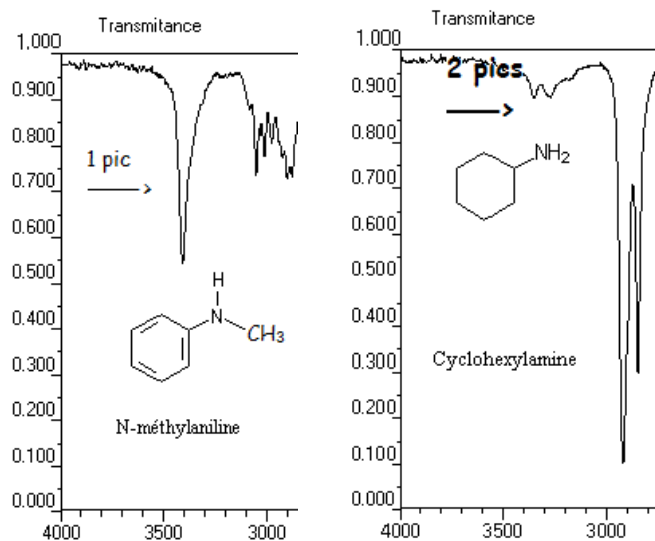


- **bande C=O**: la liaison C=O est présente dans les aldéhydes, cétones, esters, amides etc. ; La position de la bande d'absorption dépend du type de fonction (voir tableau). Elle se situe entre 1650 et 1740  $cm^{-1}$  environ.

- **bande C-O**: la liaison C-O est présente dans les acides carboxyliques, alcools etc. ; La position de la bande d'absorption dépend du type de fonction (voir tableau). Sa bande se situe entre 1050 et 1450  $cm^{-1}$ .

- **bande N-H**: la liaison N-H est présente dans les amines et amides etc. ; La position de la bande d'absorption dépend du type de fonction (voir tableau). Sa bande se situe entre 3100 et 3500  $cm^{-1}$ . Remarque, le spectre IR d'une amine RNH<sub>2</sub> donne 2 bandes alors que celui d'une amine RNR'H ne donne qu'une bande (1 seule liaison N-H).

Exemple: spectre IR de la N-méthylamine et du cyclohexylamine

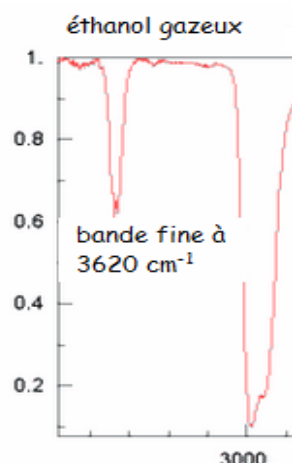
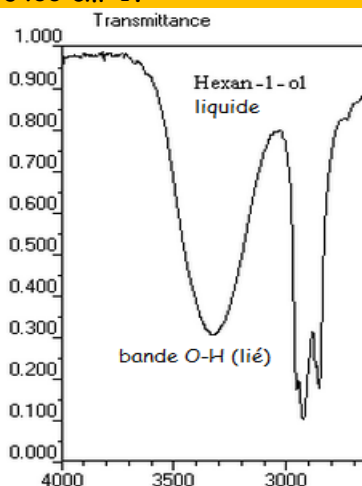


## 5) cas de la liaison O-H

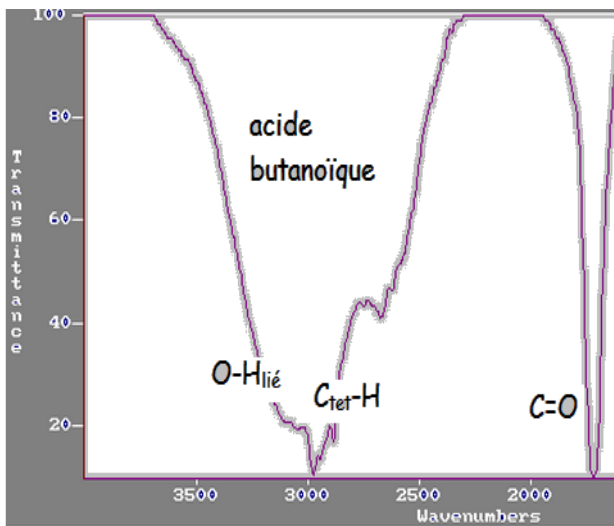
### H

La liaison O-H se trouve dans les alcools, les acides carboxyliques.

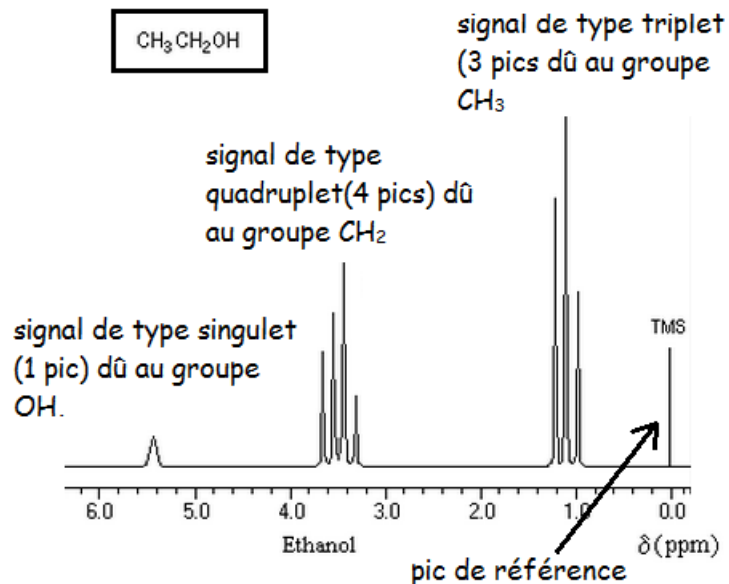
Dans le cas des alcools, La liaison hydrogène affaiblie la liaison O-H. Elle a tendance à la rompre. A l'état gazeux il n'existe pas de liaison hydrogène entre les molécules car elles se trouvent à de grandes distances les unes des autres. La liaison O-H est alors appelée O-H<sub>libre</sub>. A l'état gazeux la liaison O-H<sub>libre</sub> donne une bande d'absorption forte et fine vers 3620  $cm^{-1}$ . A l'état liquide la liaison hydrogène existe, la liaison O-H est alors notée O-H<sub>lié</sub>. Elle est affaiblie par conséquent le nombre d'onde est plus faible et la bande plus large. Elle est comprise entre 3200 et 3400  $cm^{-1}$ .



Pour les acides carboxyliques sous forme liquide, l'élargissement de la bande correspondant à la liaison O-H<sub>lié</sub> provoque un chevauchement avec la bande d'absorption  $C_{tet}-H$ .



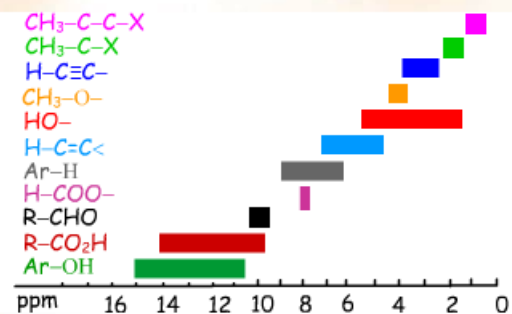
Cette substance est ajoutée à la substance à analyser. Chaque signal constitué d'un ou plusieurs pics traduit une absorption d'énergie par les protons. Ceux-ci entrent alors en résonance.



Dans l'éthanol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  les hydrogènes du groupe  $\text{CH}_3$  résonnent vers 1,2 ppm, ceux du groupe  $\text{CH}_2$  vers 3,6 ppm et celui du groupe  $\text{OH}$  vers 4,7 ppm.

Le proton du groupe carboxyle  $\text{-CO}_2\text{H}$  résonne entre 8,5 et 13 ppm; celui du groupe carbonyle des aldéhydes  $\text{-CHO}$  résonne entre 9 et 10 ppm. Voir p 595 les déplacements chimiques des protons en RMN.

Quelques déplacements chimiques de protons:



#### 4) les protons équivalents

Dans le cas des molécules simples les protons sont dit équivalents (ils ne donnent qu'un seul signal sur le spectre) dans les cas suivants:

- a) les protons sont portés par un même atome de carbone.
- b) si la molécule présente une symétrie, les protons qui se correspondent sont équivalents.

Exemple 1 :

Dans la molécule de propane  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  sont équivalents :

- les 3 atomes d'hydrogène du premier carbone car ils sont liés au même atome de carbone
  - les 2 atomes du second
  - les 3 atomes du troisième
  - de plus il y a une symétrie par rapport au carbone 2 par conséquent les 3 protons du premier carbone sont équivalents aux trois protons du carbone 3.
- Le spectre RMN sera constitué de 2 signaux.

### 1) Principe IV) spectroscopie RMN

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est une technique qui permet d'identifier les atomes d'hydrogène d'une molécule ainsi que la nature et le nombre d'atomes de leur environnement proche.

L'appareil émet une OEM qui interagit avec le noyau des atomes d'hydrogène donc avec le proton d'où le nom de RMN du proton. On place un échantillon de matière dans un champ magnétique  $B_0$ . On envoie une OEM qui fait entrer en résonance le proton qui vibre à une fréquence  $f$ . En retournant à son état initial le proton émet une OEM de fréquence  $f$  qui est enregistrée puis traitée afin d'obtenir le spectre RMN. La RMN permet ainsi de distinguer dans la molécule d'éthanol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  les protons du groupe  $\text{CH}_3$  ceux du groupe  $\text{CH}_2$  et celui du groupe  $\text{OH}$ .

#### 2) le spectre RMN

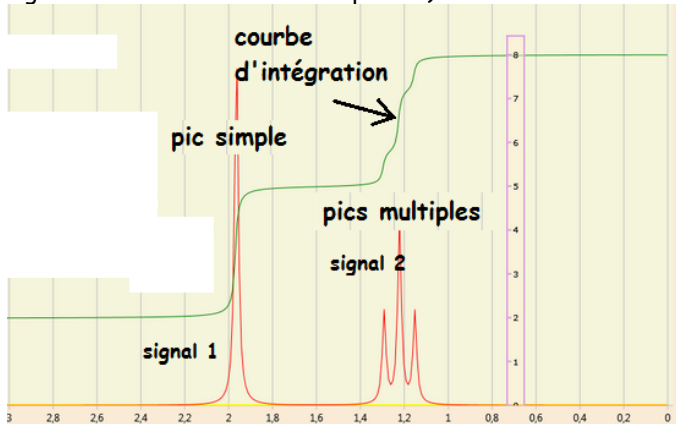
Un spectre RMN est constitué d'un ensemble de signaux, constitués d'un ou plusieurs pics fins. Chaque signal correspond à un atome ou groupe d'atomes d'hydrogène. L'environnement de l'atome ou du groupe d'atome influe sur:

- la position du signal, repérée en abscisse par une valeur appelée le déplacement chimique  $\delta$ .

Le déplacement chimique  $\delta$  d'un atome d'hydrogène dépend des atomes présents dans son environnement. Son unité est la ppm (partie par million). Il dépend de la fréquence de résonance de l'atome d'hydrogène.

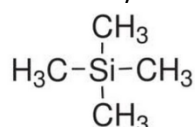
- sa multiplicité (nombre de pics le composant)

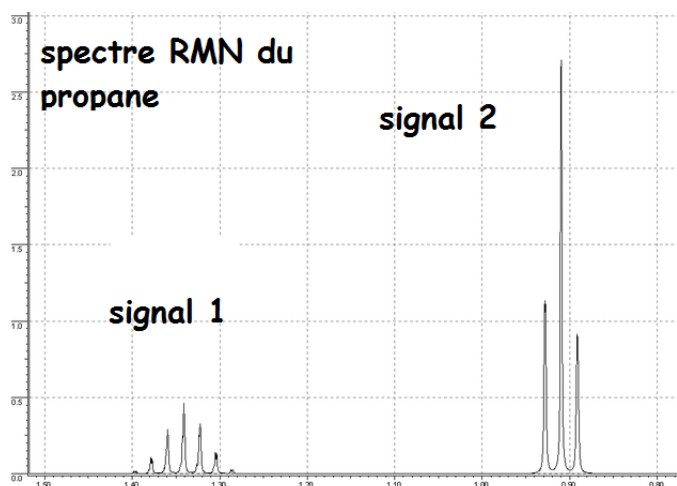
Une courbe d'intégration se superpose au spectre. Elle est constituée de paliers successifs (voir le 5 pour la signification de la hauteur des paliers).



#### 3) le déplacement chimique $\delta$ (ppm)

L'axe des déplacements chimiques est orienté de droite à gauche, généralement de 0 à 15 ppm. A un déplacement chimique nulle  $\delta$  (ppm) = 0 correspond les hydrogènes du tétraméthylsilane (TMS):





Exemple 2: dans la molécule de méthoxyméthane  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$  il y a une symétrie tous les atomes d'hydrogène sont équivalents. Le spectre RMN ne sera constitué que d'un seul signal.

- Dans la molécule de pentan-3-one  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$ , il y a une symétrie. Les 6 protons liés aux carbones situés aux extrémités sont équivalents. Les 4 protons liés aux carbones situés de part et d'autre de la liaison carbonyle sont équivalents. Le spectre RMN sera constitué de deux signaux.

### 5) multiplicité du signal: explication du nombre de pics dans un signal

Dans une molécule les protons liés à un atome de carbone interagissent avec les protons portés par les atomes de carbone voisins : il y a **couplage** entre les atomes (les protons équivalents ne se couplent pas). Un proton ou un groupe de protons équivalents ayant **n protons équivalents voisins** (porté par des carbone voisins) donne un signal constitué de **(n+1) pics** appelé **multiplet**.

**Exemple:** spectre de l'éthanol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$  (voir figure ci dessus)

- l'hydrogène lié à l'atome d'oxygène forme 1 seul pic c'est un **singulet**. En effet il n'est pas lié à un atome de carbone.

- les protons du groupe  $\text{CH}_3$  sont équivalents (porté par le même atome de carbone). Ils ont  $n = 2$  protons équivalents voisins, ils donnent un signal constitué de  $n+1 = 3$  pics appelé **triplet**.

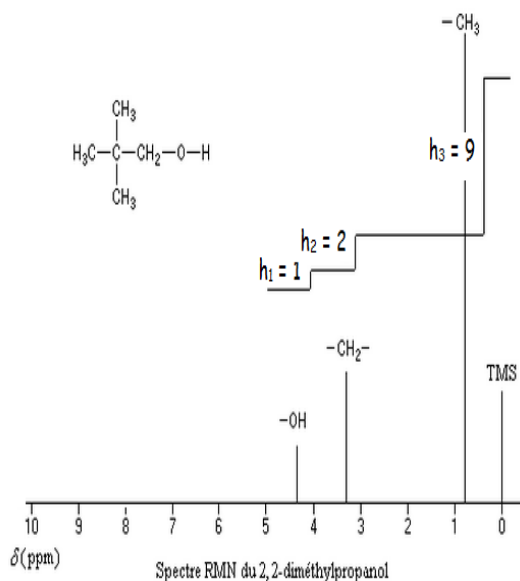
- les protons du groupe  $\text{CH}_2$  sont équivalents. Ils ont  $n = 3$  protons équivalents voisins, ils donnent un signal constitué de  $n+1 = 4$  pics appelé **quadruplet**.

**Les protons non liés à des atomes de carbone ne donnent qu'un seul pic (1 singulet).** Ils ne peuvent se coupler à d'autres atomes d'hydrogène. Il s'agit des protons des groupes hydroxyle  $\text{-OH}$ , carboxyle  $\text{-CO}_2\text{H}$ , amine  $\text{-NH}_2$  ou  $\text{NH}$

### 6) intégration du signal: déterminer le nombre de protons équivalents

On superpose parfois sur les spectres une **courbe d'intégration**. Elle est constituée de **paliers successifs**. La hauteur séparant deux paliers successifs est **proportionnelle** aux nombre de protons qui résonnent.

**Exemple :** 2,2-diméthylpropanol. Dans le groupement  $\text{OH}$  il y a un proton  $h_1 = 1$ ; dans le groupement  $\text{CH}_2$  il y a 2 protons équivalents qui résonnent donc  $h_2 = 2 \cdot h_1 = 2$ ; dans le groupement  $\text{C}(\text{CH}_3)$  il y a 9 protons équivalents qui résonnent donc  $h_3 = 9 \cdot h_1 = 9$



## Programme officiel

### Observer

#### Ondes et matière

Les ondes et les particules sont supports d'informations.

Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ?

Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p><b>Spectres UV-visible</b> Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques</p>	<p><i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i> Exploiter des spectres UV-visible</p>
<p><b>Spectres IR</b> Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques. Mise en évidence de la liaison hydrogène.</p>	<p>Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels. Associer un groupe caractéristique à une fonction dans le cas des alcools, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide. Connaître les règles de nomenclature de ces composés ainsi que celles des alcanes et des alcènes.</p>
<p><b>Spectres RMN du proton</b> Identification de molécules organiques à l'aide : - du déplacement chimique ; - de l'intégration ; - de la multiplicité du signal : règle des (n+1)-uplets.</p>	<p>Relier un spectre RMN simple à une molécule organique donnée, à l'aide de tables de données ou de logiciels. Identifier les protons équivalents. Relier la multiplicité du signal au nombre de voisins. Extraire et exploiter des informations sur différents types de spectres et sur leurs utilisations.</p>