

## Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,  
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans  
déranger personne.

## 1. Découvrir

**Je consulte les ressources :**

- Capsule
- Ressources à découvrir sur le site  
<http://physchileborgne.free.fr>
- Activité du livre

**Je mets en pratique :**

- TP :



## 2. S'exercer

**Je m'entraîne en réalisant les exercices :**

Noter les exercices à faire

**Je m'entraîne en ligne :**

- Quiz :



## 3. Mémoriser

**Je mémorise :**

- Utiliser les cartes mentales (sur papier, à l'aide de FreeMind ou SimpleMindFree)
- Utiliser les fiches de cours.



Recommencer souvent en espaçant les séances pour une mémorisation à long terme.

## 4. Se tester

**Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre :**

- Identifier, à partir d'une formule semi-développée, les groupes caractéristiques associés aux familles de composés : alcool, aldéhyde, cétone et acide carboxylique.
- Justifier le nom associé à la formule semi-développée de molécules simples possédant un seul groupe caractéristique et inversement.
- Exploiter, à partir de valeurs de référence, un spectre d'absorption infrarouge.

**J'ai réalisé :**

- Un compte rendu de TP
- Une rédaction complète d'exercice
- Un calcul
- Une carte mentale
- Un résumé de cours
- Des exercices du devoir surveillé de la session précédente

# 1. Formules des composés organiques

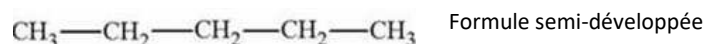
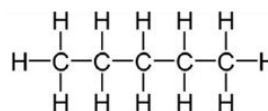
La **formule brute** indique:

- La nature chimique des atomes qui composent la molécule. Leur symbole atomique est alors utilisé (par exemple : O pour Oxygène, C pour Carbone, H pour Hydrogène etc.)
- Le nombre de chaque atome, qui est précisé en indice de chaque symbole atomique.



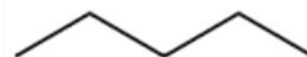
La **formule semi-développée** indique:

A partir de la formule développée, et à masquer toutes les liaisons que les atomes d'Hydrogène font avec d'autres atomes. Quant aux autres liaisons, elles restent représentées.



La **formule topologique** indique:

- Les liaisons carbone-carbone par un simple trait aux extrémités duquel se trouvent les deux carbones.
- Les liaisons carbone-hydrogène non-représentées.
- Les doubles liaisons sont représentées par un double trait et les triples liaisons par un triple trait
- Les groupements et leur liaison.
- La chaîne polycarbonée sous forme d'un zig-zag (ou une ligne prisees).



| Nombre d'atomes de carbone | Nom de l'alcane | Formule brute de l'alcane | Formule semi-développée et topologique de l'alcane |
|----------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                          | Méthane         | $CH_4$                    | $CH_4$                                             |
| 2                          | Éthane          | $C_2H_6$                  | $CH_3 - CH_3$                                      |
| 3                          | Propane         | $C_3H_8$                  | $CH_3 - CH_2 - CH_3$                               |
| 4                          | Butane          | $C_4H_{10}$               | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$                        |
| 5                          | Pentane         | $C_5H_{12}$               | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$                 |
| 6                          | Hexane          | $C_6H_{14}$               | $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$          |

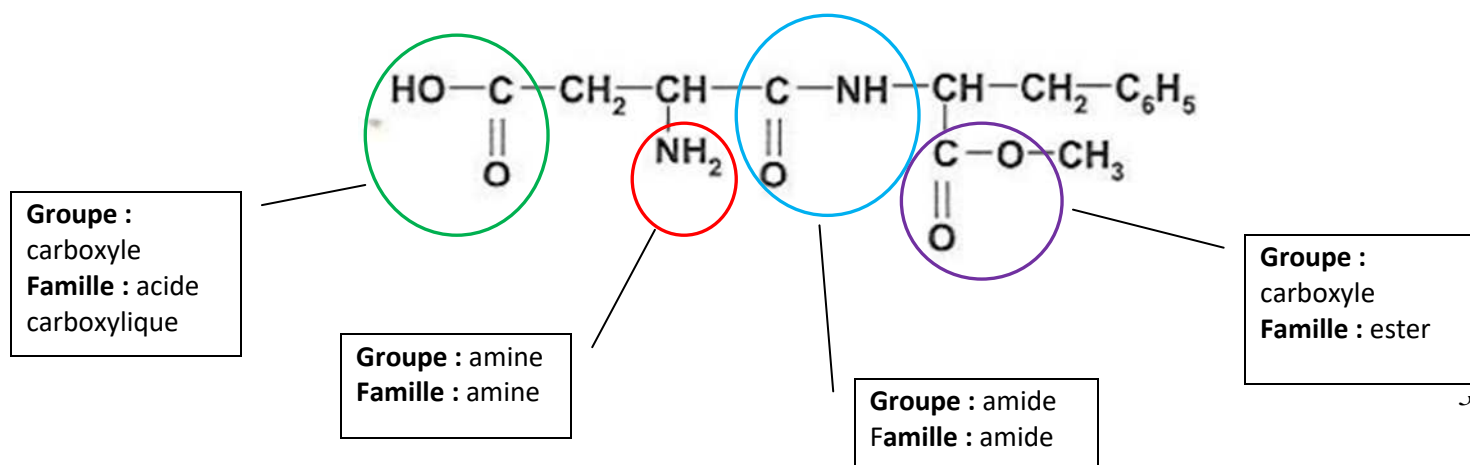
| Nom                  | Formule semi-développée   | Formule topologique |
|----------------------|---------------------------|---------------------|
| But-1-ène            | $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ |                     |
| Ethanol              | $CH_3 - CH_2OH$           |                     |
| Acetone (propanone)  | $CH_3 - CO - CH_3$        |                     |
| 2-chloro-propan-1-ol | $CH_3 - CHCl - CH_2OH$    |                     |
| Cyclohexane          |                           |                     |
| Benzène              |                           |                     |

## 2. Groupes caractéristiques et familles fonctionnelles

Un composé organique est constitué d'un squelette carboné et de **groupes caractéristiques**. Les composés comportant le même groupe caractéristique appartiennent à la même famille.

| Familles chimiques classées par ordre de priorité | Groupes caractéristiques                                                                               |           |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Alcool                                            | $\text{—O—H}$                                                                                          | Hydroxyle |
| Aldéhyde                                          | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\   \\ \text{H} \end{array}$                     | Carbonyle |
| Cétone                                            | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C—C} \\   \\ \text{C} \end{array}$                    | Carbonyle |
| Acide carboxylique                                | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\   \\ \text{OH} \end{array}$                    | Carboxyle |
| Alcène                                            | $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$ | Alcène    |
| Ester                                             | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\   \\ \text{O—C—} \end{array}$                  | Ester     |
| Amine                                             | $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$          | Amine     |
| Amide                                             | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\   \\ \text{N—} \\   \end{array}$               | Amide     |

Exemple de l'aspartame



### 3. Nomenclature

#### Alcane sans ramification

Les quatre premiers alcanes portent des noms consacrés par l'usage courant : méthane, éthane, propane, butane.

Le nom qui désigne les suivants comporte deux parties distinctes :

- Un préfixe indiquant le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée (pent, hex, hept, oct, non, dec...)
- la terminaison « ane » caractéristique des alcanes

| Nombre d'atome de carbone dans la chaîne | Formule                         | Nom de l'alcane |
|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 1                                        | CH <sub>4</sub>                 | Méthane         |
| 2                                        | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | Éthane          |
| 3                                        | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | Propane         |
| 4                                        | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | Butane          |
| 5                                        | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | Pentane         |
| 6                                        | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>  | Hexane          |
| 7                                        | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>  | Heptane         |
| 8                                        | C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>  | Octane          |
| 9                                        | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>  | Nonane          |
| 10                                       | C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> | Décane          |

#### Alcane avec ramification

En enlevant un atome d'hydrogène de bout de chaîne carbonée d'un alcane linéaire, on obtient un groupe alkyle non ramifié. Son nom dérivé de celui de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison « ane » de l'alcane par la terminaison « yle ».

|                                                     |         |
|-----------------------------------------------------|---------|
| CH <sub>3</sub> -                                   | méthyle |
| CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -                  | éthyle  |
| CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - | propyle |

Nom des principales ramifications

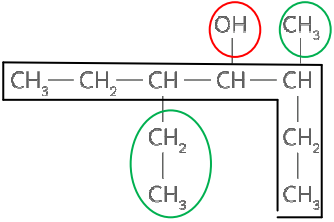
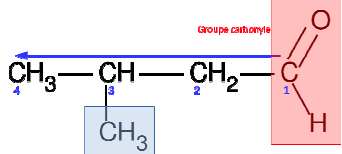
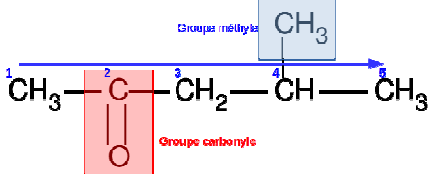
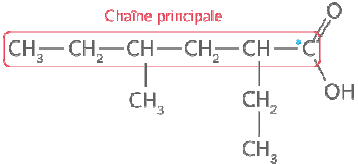
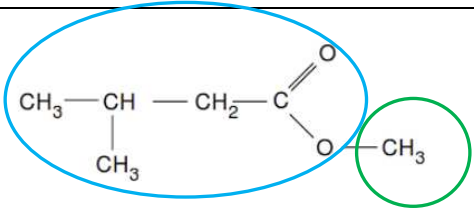
| Formule semi-développée                                                                                                                                               | Nom                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                                                                  | Hexane             |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  {}^5\text{CH}_3\text{-}{}^4\text{CH}_2\text{-}{}^3\text{CH}_2\text{-}{}^2\text{CH}\text{-}{}^1\text{CH}_3  \end{array}  $  | 2-méthylpentane    |
| $  \begin{array}{c}  {}^1\text{CH}_3\text{-}{}^2\text{CH}_2\text{-}{}^3\text{CH}\text{-}{}^4\text{CH}_2\text{-}{}^5\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $  | 3-méthylpentane    |
| $  \begin{array}{c}  {}^1\text{CH}_3\text{-}{}^2\text{CH}\text{-}{}^3\text{CH}\text{-}{}^4\text{CH}_3 \\    \quad   \\  \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3  \end{array}  $ | 2,3-diméthylbutane |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  {}^4\text{CH}_3\text{-}{}^3\text{CH}_2\text{-}{}^2\text{C}\text{-}{}^1\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $    | 2,2-diméthylbutane |

|     |                                                                                                                                          |                                                                                                                                               |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | Déterminer la chaîne la plus longue (chaîne principale). Elle donnera le nom de base de l'alcane.                                        | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $ |
| (2) | Numéroter cette chaîne à partir d'une extrémité de sorte que l'indice du carbone porteur de la ramification soit le plus petit possible. |                                                                                                                                               |
| (3) | Nommer le groupe substituant : <i>i-alkyl</i> , où i est la position du groupement sur la chaîne carbonée.                               |                                                                                                                                               |

(1) 6 carbone : hexane  
(2) 4-méthylhexane mais  
**3-méthylhexane**

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                               |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | <p>Déterminer la chaîne carbonée la plus longue.</p> <p>La chaîne est numérotée de sorte que le premier substituant rencontré possède l'indice de plus petit.</p> <p>En cas d'identité d'indice dans les deux sens du parcours de la chaîne, on compare le second substituant...etc...</p> | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\    \quad   \\  \text{CH-CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $ |
| (2) | <p>Dans le cas où on a plusieurs substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri...</p> <p>Les substituants sont énoncés dans <b>l'ordre alphabétique</b> sans tenir compte des préfixes multiplicatifs.</p>                                                                      | <b>4-éthyl, 2,5-diméthylheptane</b>                                                                                                                                                           |

## Les composés oxygénés

| Fonction organique | Formule générale                    | Terminaison     | Règle de nomenclature                                                                                                                                                                                                   | Exemples                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alcool             | R—OH.                               | ...ol           | On remplace le e final de l'alcane correspondant par ol précédé du numéro de position du groupe hydroxyde OH.<br>OH a priorité pour la numérotation de chaîne.                                                          |  <p>3-éthyl-5-méthylheptan-4-ol</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Aldéhyde           | R—CHO                               | ...al           | On remplace le e final de l'alcane correspondant par al précédé. Ce groupement se trouve toujours en bout de chaîne : pas de position à préciser                                                                        |  <p>3-méthylbutanal</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cétone             | R <sub>1</sub> -CO-R <sub>2</sub> . | ...one          | On remplace le e final de l'alcane correspondant par one précédé du numéro de position du groupe carboxyle CO.<br>CO a priorité pour la numérotation de chaîne.                                                         |  <p>4-méthylpentan-2-one</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Acide carboxylique | RCOOH ou RCO <sub>2</sub> H         | Acide ... oïque | On remplace le e final de l'alcane correspondant par oïque, le nom est précédé du mot acide.<br>Ce groupement se trouve toujours en bout de chaîne : pas de position à préciser. RCOOH a priorité pour la numérotation. |  <p>Acide 2-éthyl-4-méthylhexanoïque</p>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ester              | R1 – CO-R2                          | ..oate ..yle    | <b>Partie1:</b> R1-C On remplace le e final de l'alcane correspondant par oate<br><b>Partie2 :</b> R2 On remplace le e final de l'alcane correspondant par oyle.<br>Associer les deux noms.                             |  <p><b>3-méthylbutanoate</b> de <b>méthyle</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Amine              | R—NH <sub>2</sub>                   | ... amine       | On ajoute au nom de l'alcane correspondant le mot amine.                                                                                                                                                                | <p>CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—NH<sub>2</sub> éthanamine : CH<sub>3</sub>—NH—CH<sub>3</sub> diméthylamine</p> <p>CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—NH<sub>2</sub> propan-2-amine : CH<sub>3</sub>—NH—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub> N-méthyléthanamine</p> <p>CH<sub>3</sub>—N(CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub>)—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub> N-éthyl-N-méthylpropanamine</p> |

## 4. Identification des groupes par spectre Infra-Rouge

Les méthodes spectroscopiques ont pour application essentielle la détermination de la formule et de la structure d'un composé. On les classe en deux catégories complémentaires :

- La spectrographie de masse (source : électrons) : interaction matière / matière.

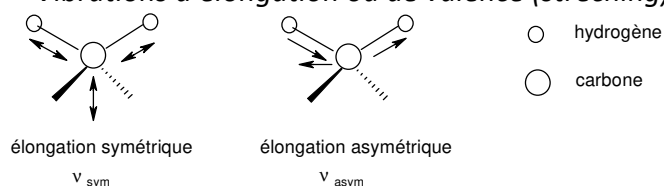
- Les spectroscopies radiatives : interaction matière / rayonnement. Elles comprennent entre autres : l'infrarouge, l'ultraviolet, le visible et la RMN.

L'absorption d'une radiation, par une molécule, provoque un passage de l'état d'énergie fondamental vers un état d'énergie excité. Les spectromètres détectent cette énergie manquante dans le rayonnement transmis par la molécule lors de son retour au niveau initial.

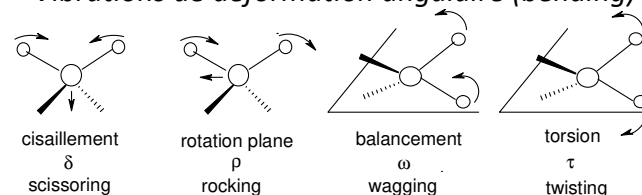
| Spectroscopie             | I.R.                                                                                                  | U.V. / Visible                                                 | RMN                                                                                               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Domaine spectral          | $2,5 \mu\text{m} < \lambda < 20 \mu\text{m}$<br>$4000 \text{ cm}^{-1} < \sigma < 500 \text{ cm}^{-1}$ | $200 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$                    | Ondes hertziennes<br>$\lambda > 1 \text{ m}$                                                      |
| Excitation de la molécule | Vibration des liaisons<br>Angles et longueurs                                                         | Transitions électroniques<br>vers les orbitales<br>antiliantes | Orientation des spins<br>nucléaires dans un<br>champ magnétique                                   |
| Renseignements fournis    | Nature des liaisons et<br>groupes fonctionnels                                                        | Systèmes insaturés<br>Systèmes conjugués                       | <i>RMN du proton</i><br>Environnement du<br>proton<br>Nombre de H voisins<br>Éléments structuraux |

### Comportement des liaisons en présence d'un rayonnement Infra Rouge (IR)

#### • Vibrations d'élongation ou de valence (stretching)



#### • Vibrations de déformation angulaire (bending)



### Régions principales du spectre Infra Rouge (IR).

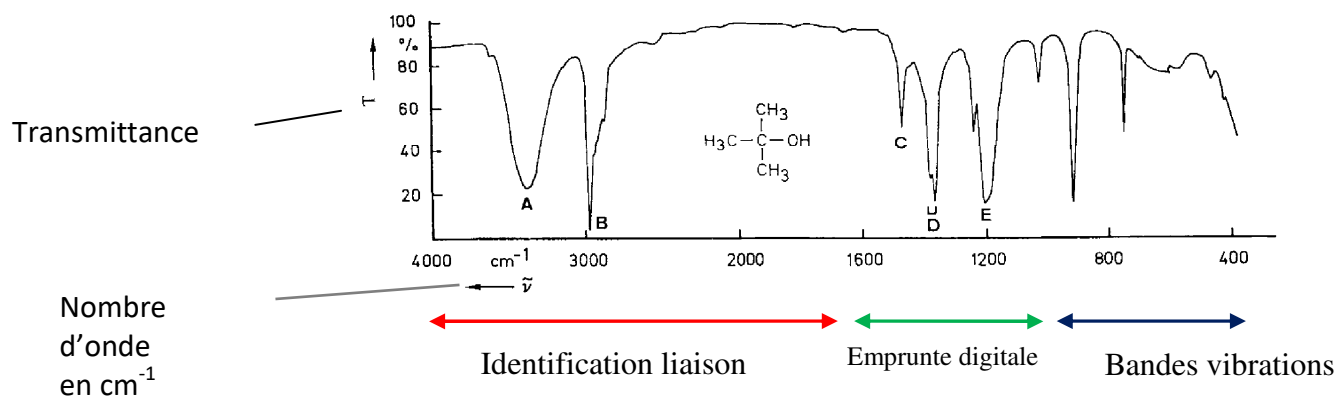
Le graphe présente la transmittance (% de rayonnement non absorbée par la molécule) en fonction du nombre d'onde  $\sigma$  exprimé en  $\text{cm}^{-1}$

- De  $600$  à  $1000 \text{ cm}^{-1}$  : bandes de vibrations de déformation (structures cycliques, éthyléniques...)

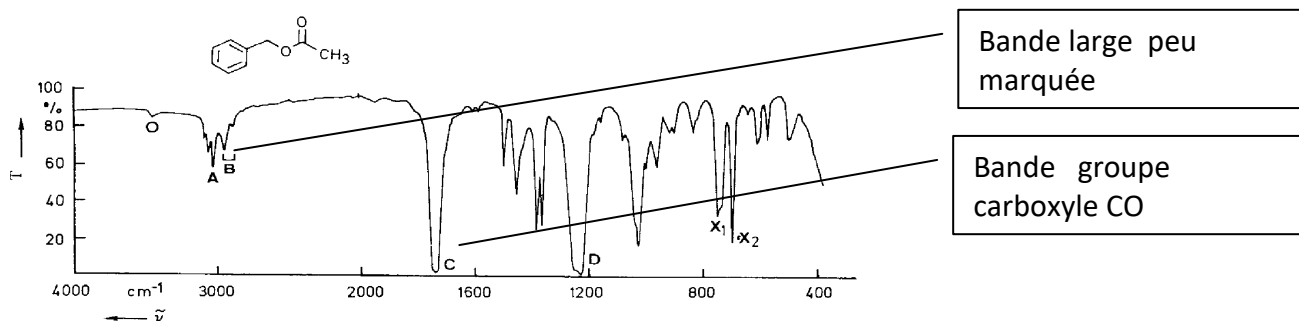
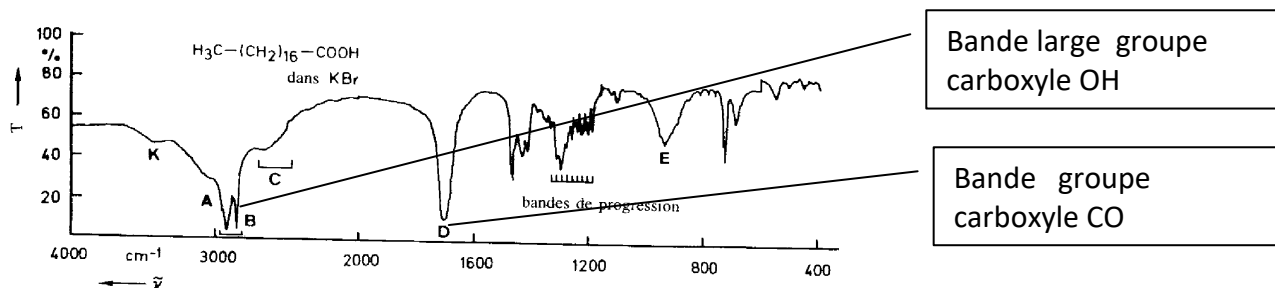
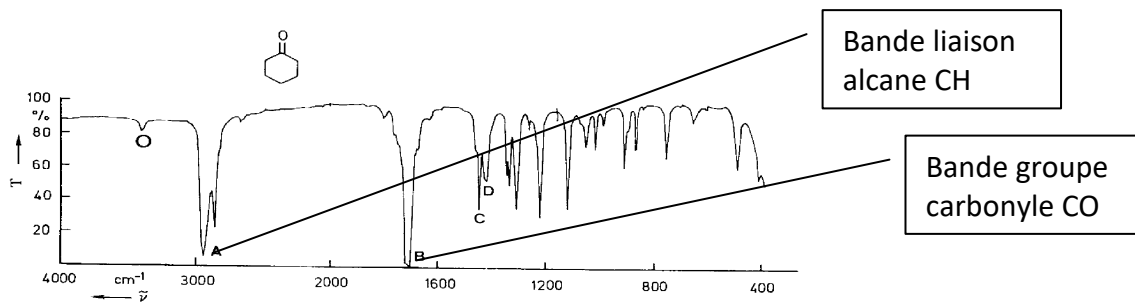
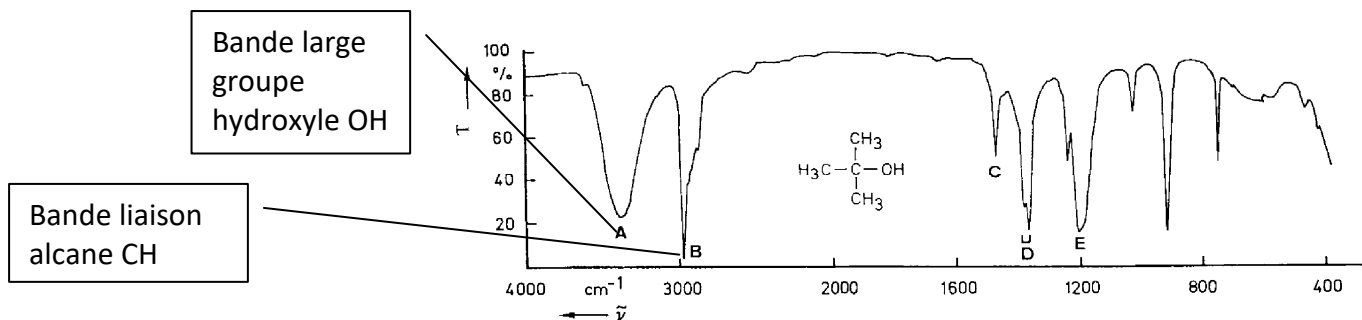
- De  $1000$  à  $1500 \text{ cm}^{-1}$  : empreinte digitale de la molécule (complexe)

Elle ne permet aucune détermination mais différencie deux molécules ayant le même groupe fonctionnel.

- De  $1500$  à  $4000 \text{ cm}^{-1}$  : bandes de vibrations d'élongation ou de valence identifiant une liaison ou un groupe fonctionnel.



# Exemples spectres infrarouges



## Principales bandes d'absorption (en élongation)

| liaison         | fonction                          | $\sigma$ en $\text{cm}^{-1}$ |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|
| C=C             | alcène                            | 1650                         |
| C≡C             | alcyne                            | 2200                         |
| C=C             | arène                             | 1450-1600                    |
| C-O             | Alcool, éther-oxyde               | 1000-1300                    |
| C=O             | Aldéhyde, cétone,<br>acide, ester | 1700-1750                    |
| C-H             | alcane                            | 2800-3000                    |
| =C-H            | alcène                            | 3000-3100                    |
| ≡C-H            | alcyne                            | 3300                         |
| O-H             | alcool                            | 3600 libre, 3300 (liaison H) |
| O-H             | acide                             | 2500-3000 (large)            |
| NH <sub>2</sub> | amine primaire                    | 3400-3500 (doublet)          |
| NH              | amine secondaire                  | 3400-3500 (singulet)         |
| C≡N             | nitrile                           | 2200-2300                    |

### Remarques :

▶ Le nombre d'onde augmente avec la force de la liaison :

C=C 1650  $\text{cm}^{-1}$  et C≡C 2200  $\text{cm}^{-1}$

C-O 1000-1300  $\text{cm}^{-1}$  et C=O 1700-1750  $\text{cm}^{-1}$

▶ Le nombre d'onde augmente si l'électronégativité augmente :

C-H 2900  $\text{cm}^{-1}$ , N-H 3300  $\text{cm}^{-1}$  et O-H libre 3600  $\text{cm}^{-1}$

▶ La formation de liaisons hydrogène diminue la force de la liaison étudiée :

O-H libre 3600  $\text{cm}^{-1}$  et O-H...O 3300  $\text{cm}^{-1}$

▶ La conjugaison diminue le nombre d'onde.