

CH C7 - Structures et propriétés**Thème 1 : Constitution et transformations de la matière****1. Déterminer la composition d'un système par des méthodes physiques et chimiques****B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques**

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
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.

4. Élaborer des stratégies en synthèse organique

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Structure et propriétés Formule topologique. Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcanes. Squelettes carbonés insaturés, cycliques. Isomérisation de constitution. Polymères.	Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée. Représenter des formules topologiques d'isomères de constitution, à partir d'une formule brute ou semi-développée. Identifier le motif d'un polymère à partir de sa formule. Citer des polymères naturels et synthétiques et des utilisations courantes des polymères.

CH C7 - Structures et propriétés

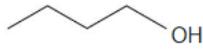
1. Groupes caractéristiques et familles

1.1. Rappels de première

Voir activité documentaire – Rappels de première.

1.2. La formule topologique

La formule topologique permet d'être encore plus synthétique que la formule semi-développée. On part de cette dernière et on enlève les C et les H liés à un C puis on « brise » la ligne à chaque nouveau C (voir exemple ci-contre).

Butan-1-ol de formule brute $C_4H_{10}O$	
Formule développée	$ \begin{array}{ccccccc} & H & H & H & H & & \\ & & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -C & -O & -H \\ & & & & & & \\ & H & H & H & H & & \end{array} $
Formule semi-développée	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
Formule topologique	
Modèle moléculaire	

1.3. Les squelettes carbonés insaturés

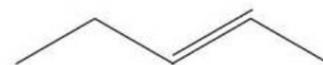
Lorsque les atomes de carbone ne forment que des liaisons simples entre eux, le squelette carboné est saturé. Lorsqu'au moins deux atomes de carbone voisins sont liés par une **liaison double** (ou **triple**), le **squelette carboné est insaturé**.

1.3.1. La famille des alcènes :

Les alcènes ont un squelette carboné insaturé. Ils possèdent une double liaison $C=C$.

Les règles de nomenclature sont les mêmes que celles des alcanes mais il faut :

- que la chaîne principale contienne la double liaison ;
- donner la position de la double liaison avec le numéro le plus petit possible ;
- remplacer le suffixe -ane par x-ène, où x indique la position de la double liaison.



pent-2-ène

1.3.2. La famille des alcynes :

Les alcynes ont également un squelette carboné insaturé mais avec une triple liaison $C\equiv C$.

Les règles de nomenclature sont les mêmes que celles des alcènes mais le suffixe -ène est remplacé par -yne.

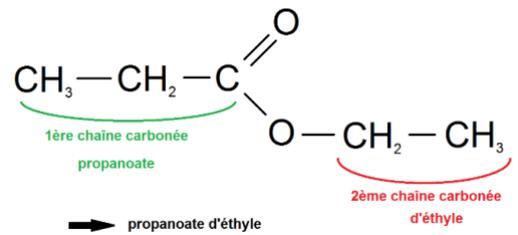
Attention toutefois au vocabulaire utilisé dans la vie de tous les jours avec par exemple l'éthyne qui est appelé acétylène, gaz utilisé dans les lampes des mineurs ou pour les soudures.

1.4. Les familles

Aux familles déjà vues, il faut maintenant ajouter les **esters**, les **amines**, les **amides** et les **halogénoalcanes**.

1.4.1. La famille des esters :

Un **ester** est une molécule possédant le groupe caractéristique **ester**. Un ester provient d'une réaction (appelée estérification) entre un acide carboxylique et un alcool. Son nom est celui de l'ion carboxylate suivi du nom de l'alkyle correspondant à l'alcool.



1.4.2. La famille des amines :

Une **amine** est une molécule possédant le groupe caractéristique **amine**. Son nom est celui du nom de l'alcane avec la terminaison **-amine**.

Il existe 3 classes d'amine :

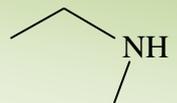
- L'amine **primaire** : l'atome d'azote est lié à 1 atome de carbone.
- L'amine **secondaire** : l'atome d'azote est lié à 2 atomes de carbone. Son nom comprendra un N et suivra les règles des ramifications.
- L'amine **tertiaire** : l'atome d'azote est lié à 3 atomes de carbone. Son nom comprendra deux N et suivra les règles des ramifications.

Exemples :

Ethanamine



N-méthyl éthanamine



N-méthyl N-éthyl propanamine

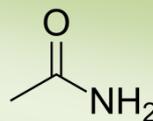


1.4.3. La famille des amides :

Un **amide** est une molécule possédant le groupe caractéristique **amide**. Il est généralement formé à partir d'un acide carboxylique et d'une amine. Son nom est celui du nom de l'alcane avec la terminaison **-amide**. Les règles des amines s'appliquent aux amides.

Exemple :

Ethanamide



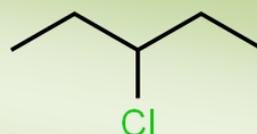
1.4.4. La famille des halogénoalcane :

Un **halogénoalcane** est un alcane dont au moins un des atomes hydrogène a été remplacé par un halogène : F (fluor), Cl (chlore), Br (brome) ou I (iode).

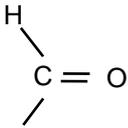
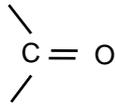
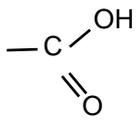
Son nom est celui du nom de l'alcane avec le préfixe **x-fluoro**, **chloro**, **bromo** ou **iodo**, où x indique la position de l'halogène.

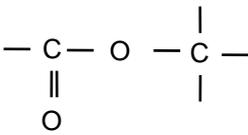
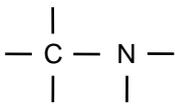
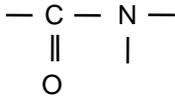
Exemple :

3-chloropentane



1.4.5. Tableau résumé :

Nom du groupe	hydroxyle	carbonyle		carboxyle
Représentation du groupe caractéristique	—OH			
Familles	alcools	aldéhydes	cétones	acides carboxyliques

Nom du groupe	ester	amine	amide	halogène
Représentation du groupe caractéristique				— X X → F, Cl, Br ou I
Familles	esters	amines	amides	halogénoalcane

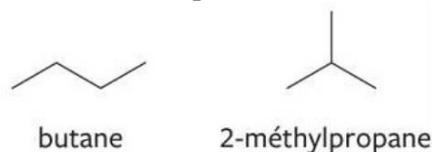
1.5. L'isomérisation

Deux molécules sont isomères si elles ont la même formule brute mais pas la même formule développée. Elles ont des propriétés chimiques différentes.

Il existe différentes isomérisations, dans le cadre du programme officiel nous nous contenterons des **isomérisations de constitution** dont on distingue 3 types.

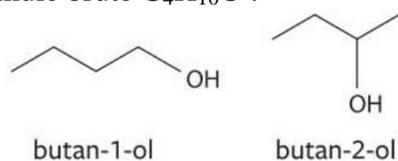
1.5.1. Isomérisation de squelette :

Les squelettes carbonés sont différents. Exemple avec la formule brute C_4H_{10} :



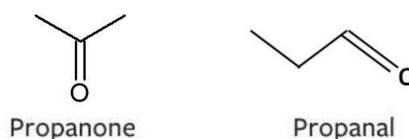
1.5.2. Isomérisation de position :

Les squelettes carbonés sont les mêmes mais un groupe caractéristique n'est pas à la même position. Exemple avec la formule brute $C_4H_{10}O$:



1.5.3. Isomérisation de fonction :

Les squelettes carbonés sont les mêmes mais un groupe caractéristique n'est pas à la même position et change la fonction (famille). Exemple avec la formule brute C_3H_6O :



2. Les polymères

2.1. Définition

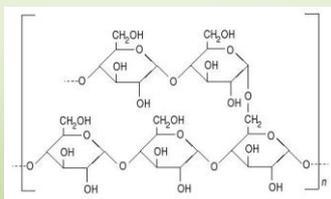
Un **polymère** est une macromolécule constituée d'une répétition d'une molécule appelée **monomère**. L'assemblage d'une même molécule avec elle-même nécessite souvent un squelette carboné insaturé mais il est également possible de réaliser une polymérisation par réaction entre deux molécules identiques ou non.

Si le monomère se note X, le polymère se notera : $\{ X \}_n$

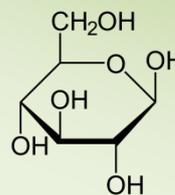
2.2. Exemples

Il existe des **polymères naturels** comme certains sucres tels que l'amidon ou la cellulose mais aussi les protéines, l'ADN ou encore le caoutchouc.

Exemple de l'amidon qui est un assemblage de l'amylopectine, elle-même issue d'un assemblage d'unités D-glucose.



Amylopectine



D-glucose

Il existe également des **polymères synthétiques**, très nombreux dans l'industrie des plastiques comme par exemple :

- le polyéthylène (PE) utilisé pour les sacs plastiques, les emballages, les bouteilles ... ;
- le polypropylène (PP) utilisé pour les emballages alimentaires, la construction automobile (pare-chocs), les tissus ... ;
- le polyester utilisé dans les textiles, les emballages ...
- le polychlorure de vinyle (PVC) utilisé pour les tuyaux de canalisation, les sols plastiques, des emballages ... ;
- le polystyrène (PS) utilisé dans les emballages alimentaires ou électroniques... ;
- les polyamides comme le nylon utilisé dans les textiles, les cordes...

Exemples :

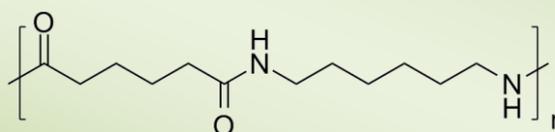


Polyéthylène :

Monomère :
éthylène

Polymère :
polyéthylène

Monomère du Nylon 6-6 :



3. La spectroscopie IR, rappels de 1^{ère}

3.1. Principe

Les molécules organiques peuvent absorber des rayonnements infrarouges qui modifient l'état de vibration de leurs liaisons. La longueur d'onde de ces rayonnements dépend principalement de la nature des atomes liés et du type de liaison (simple, double ou triple) mais aussi des liaisons voisines et du solvant utilisé.

Comme pour tout spectroscope, le principe consiste à envoyer une onde au travers de la substance à analyser et d'en déduire les radiations absorbées caractéristiques de la substance.

3.2. Spectre

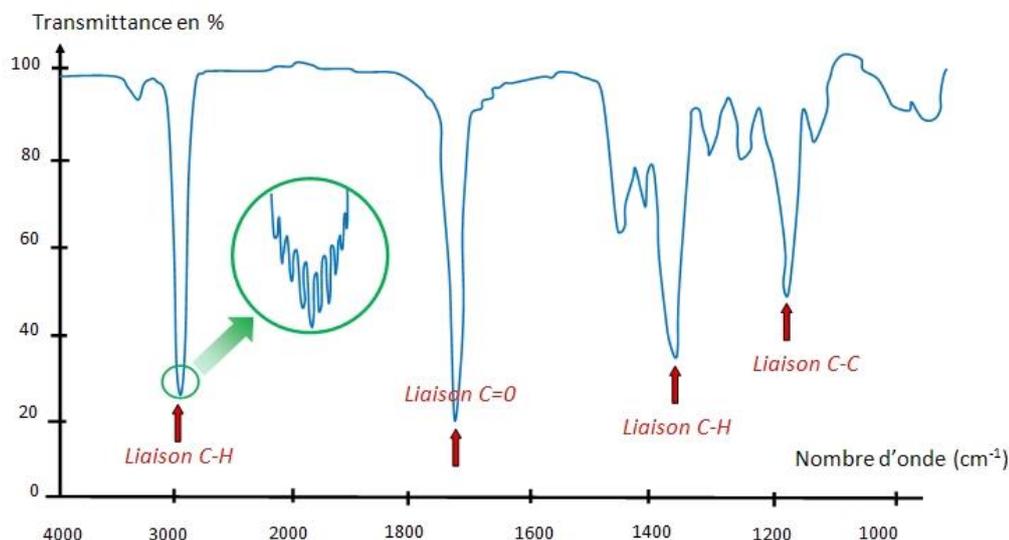
Contrairement à la spectroscopie visible qui montre l'absorbance (**voir CH 2**), le spectre infrarouge étudie la **transmittance** c'est-à-dire la capacité de l'onde à traverser la substance sans être absorbée. Ainsi une valeur de 100% signifie que l'onde a traversé la cuve sans être absorbée et 0% montre une absorption totale.

Par ailleurs on définit le nombre d'onde par l'inverse de la longueur d'onde :

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

Les infrarouges correspondent à des rayonnements dont la longueur d'onde est comprise entre 700 nm et 1 mm mais la spectroscopie IR ne fait en général appel qu'à ceux compris approximativement entre 2,5 μm et 25 μm ce qui correspond à un intervalle de nombre d'onde compris entre 400 et 4000 cm^{-1} .

Le spectre montre alors la transmittance en fonction du nombre d'onde (en cm^{-1}) mais attention à l'axe des abscisses : il est décroissant et n'est pas gradué linéairement.



3.3. Cas de liaison hydrogène

Un atome hydrogène lié à un atome plus électronégatif que lui présente une charge partielle $+\delta$. Si un autre atome d'une autre molécule présente une charge partielle $-\delta$, alors il peut s'établir une interaction attractive appelée **liaison hydrogène**, elle est de très courte portée ($< \text{nm}$).

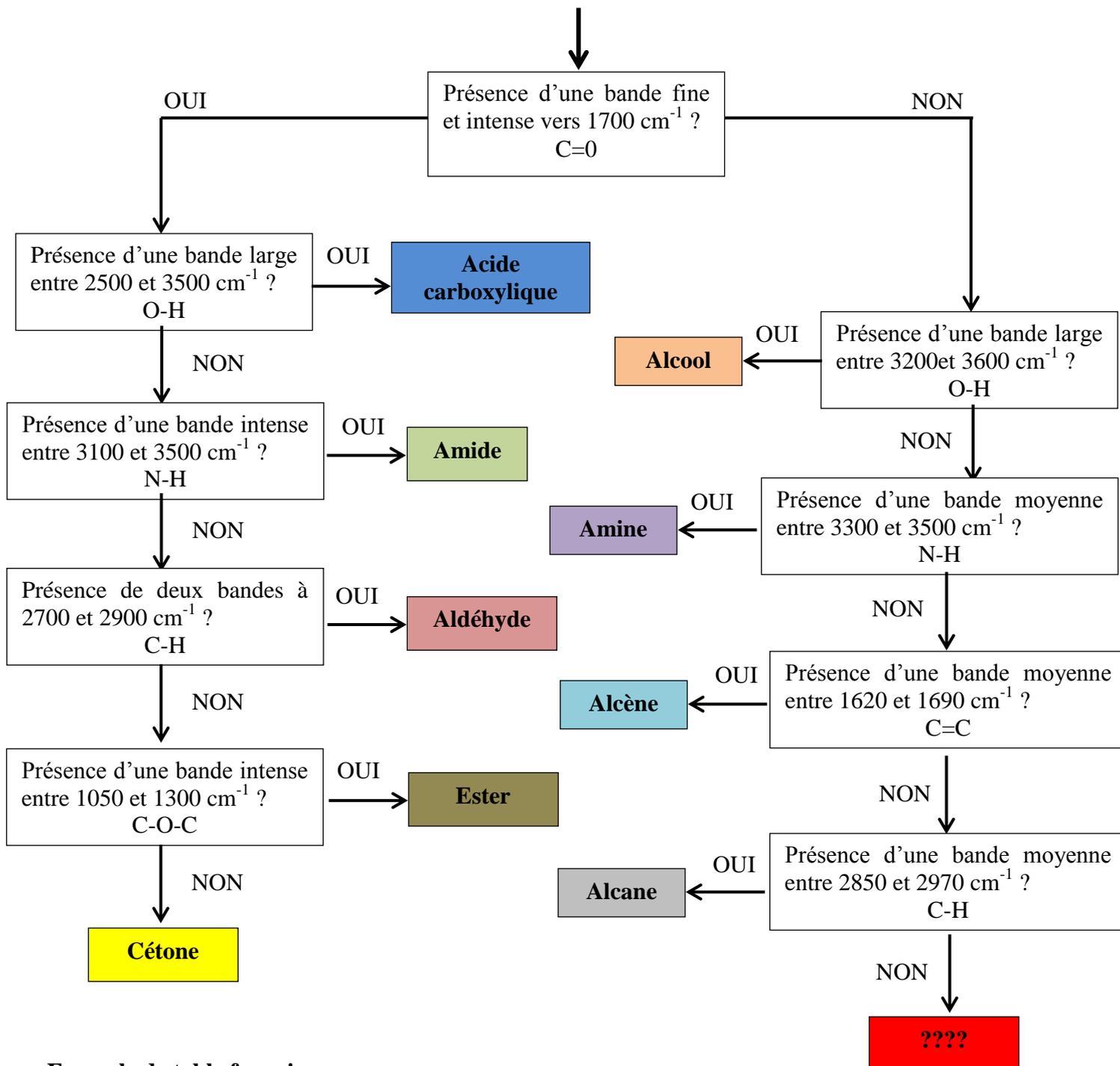
En présence de liaisons hydrogène (groupe hydroxyle $-\text{OH}$ ou amine $-\text{NH}_2$) on observe une bande très large pour le groupe concerné. On dit que les liaisons hydrogène sont liées.

On peut modifier l'influence de ces liaisons hydrogène en plaçant la molécule étudiée dans un solvant approprié (CCl_4 par exemple), il apparaît alors une bande fine à un nombre d'onde plus important.

3.4. Méthode

A l'aide d'une table indiquant le type de bande et la plage d'absorption on recherche dans le spectre les liaisons caractéristiques qui permettent de déduire la structure de la molécule.

Pour plus d'organisation on pourra suivre la méthode ci-dessous :



Exemple de table fournie :

Liaison	Gamme de nombre d'onde σ (cm ⁻¹)	Forme de la bande
O-H alcool libre*	3 590-3 650	Moyenne et fine
O-H alcool lié**	3 200-3 600	Intense/moyenne et large
N-H amine	3 300-3 500	Moyenne
N-H amide	3 100-3 500	Intense
C-H alcène et aromatique	3 030-3 100	Moyenne
C-H alcane	2 850-2 970	Moyenne
C-H aldéhyde	2 700-2 900	Moyenne
O-H acide carboxylique	2 500-3 200	Intense et large

Liaison	Gamme de nombre d'onde σ (cm ⁻¹)	Forme de la bande
C=O ester	1 735-1 750	Intense
C=O aldéhyde et cétone	1 700-1 740	Intense
C=O acide carboxylique	1 700-1 725	Intense
C=O amide	1 650-1 700	Intense
C=C alcène	1 620-1 690	Moyenne
C=C aromatique	1 450-1 600	Moyenne
N-H amine ou amide	1 560-1 640	Moyenne
C-O-C	1 050-1 300	Intense

* En absence de liaison hydrogène

** En présence de liaison hydrogène