

Structure des composés organiques

LE PROGRAMME

1. Propriétés physico-chimiques, synthèses et combustions d'espèces chimiques organiques

Cette partie vise à fournir une première approche de la chimie organique en réinvestissant les notions précédemment acquises – schéma de Lewis, géométrie et polarité des entités, interactions entre entités et énergie de liaison – pour interpréter certaines étapes d'un protocole de synthèse et rendre compte de l'exothermicité des combustions.

Les notions de chaînes carbonées, de groupes caractéristiques, et de familles de composés sont

introduites. Au niveau de la nomenclature, il est uniquement attendu en classe de première que les élèves justifient la relation entre nom et formule semi-développée de molécules comportant un seul groupe caractéristique. [...]

Notions abordées en seconde

Synthèse d'une espèce chimique existant dans la nature, montage à reflux, chromatographie sur couche mince, réactions de combustion, transformations chimiques exothermiques et endothermiques.

| Notions et contenus | Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i> |
|--|---|
| A) Structure des entités organiques | |
| Formules brutes et semi-développées. Squelettes carbonés saturés, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles. | Identifier, à partir d'une formule semi-développée, les groupes caractéristiques associés aux familles de composés : alcool, aldéhyde, cétone et acide carboxylique. |
| Lien entre le nom et la formule semi-développée. | Justifier le nom associé à la formule semi-développée de molécules simples possédant un seul groupe caractéristique et inversement. |
| 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> |

POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

■ p. 18

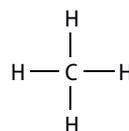
SITUATION 1

Il s'agit ici de vérifier que les élèves savent déduire le nombre d'électrons de valence de la configuration électronique dans l'état fondamental, notion vue en seconde, et de l'exploiter pour obtenir le modèle de Lewis d'une molécule, notion vue au chapitre 3.

› Exemple de réponse attendue

Le carbone forme quatre liaisons et l'hydrogène une seule.

Le schéma de Lewis de la molécule de méthane est donc :



› En classe de 1^{re} spécialité

L'écriture des formules semi-développées nécessite de connaître le nombre de liaisons établies par les différents atomes. Les **activités 1 et 3** permettent de réinvestir cette notion.

SITUATION 2

Les modèles moléculaires ont été rencontrés au cycle 4 et il s'agit ici de faire réfléchir les élèves sur la distinction entre modèle compact et éclaté.

Exemple de réponse attendue

Les modèles éclatés (photo du haut) permettent de bien visualiser l'orientation dans l'espace des liaisons. Les modèles compacts (photo du bas) rendent compte plus fidèlement de l'encombrement des atomes dans l'espace.

En classe de 1^{re} spécialité

Les élèves doivent savoir utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels 3D pour visualiser la géométrie de molécules. À travers l'**activité 1**, ils s'initient au maniement de ces outils.

p. 109 ■ **ACTIVITÉ 2**

Nomenclature des familles de composés

Commentaires pédagogiques

La nomenclature substitutive revêt une place importante dans la chimie et l'activité 2 propose aux élèves de s'initier aux principales règles. Elle aborde également les notions de chaînes carbonées, de groupes caractéristiques, et de familles de composés. En classe de première, il est uniquement attendu que les élèves justifient la relation entre nom et formule semi-développée de molécules comportant un seul groupe caractéristique.

Exploitation et analyse

1. La nomenclature est un ensemble de règles qui permet d'attribuer un nom à un composé organique. Un des hydrogènes du squelette carboné étant remplacé par un groupe d'atomes caractéristique, on parle ainsi de nomenclature substitutive.
2. a. Méthanal.
b. 2-méthylpropan-2-ol.
c. Pentan-2-one.
d. Acide butanoïque.

Synthèse

3. Cela permet d'identifier la famille chimique à laquelle appartient une molécule et d'écrire sa formule développée ou de nommer une molécule à partir de sa formule développée.

p. 110 ■ **ACTIVITÉ 3**

Identification des groupes caractéristiques

Commentaires pédagogiques

Dans l'activité 3 l'accent est mis sur l'identification expérimentale des groupes caractéristiques associés à quelques familles courantes de composés. On insistera sur les consignes de sécurité lors de ces manipulations. Le lien entre le nom et la formule semi-développée d'une molécule sera également travaillé dans cette activité.

Expériences

1. a. La réalisation de tests chimiques permet de déterminer les groupes caractéristiques présents dans les molécules contenues dans les 3 flacons (acide éthanoïque, propan-2-one et éthanal).
b.

| Flacon | Test positif |
|--------|-------------------------------|
| 1 | BBT |
| 2 | 2,4-DNPH |
| 3 | 2,4-DNPH + Liqueur de Felhing |

ACTIVITÉS

p. 108 ■ **ACTIVITÉ 1**

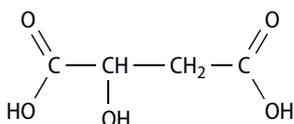
Représentation des molécules organiques

Commentaires pédagogiques

L'activité 1 met les élèves en situation de se familiariser avec les modèles moléculaires et les logiciels de représentation 3D et en même temps d'en appréhender les avantages et les inconvénients.

Exploitation et analyse

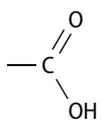
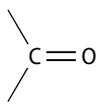
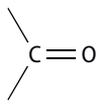
1. La molécule possède un groupe hydroxyle et deux groupes carboxyle.
2. a. Formule semi-développée de l'acide malique :



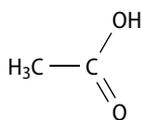
- b. On pourrait penser d'après cette écriture, que la molécule est plane.
 - c. La chaîne carbonée est en « zig-zag ». Cela est dû à la structure tétraédrique des atomes de carbone.
 3. a. Construire les modèles moléculaires compact et éclaté de la molécule.
b. Les modèles éclatés permettent de bien visualiser la structure, les liaisons chimiques, et surtout l'orientation dans l'espace des liaisons. Les modèles compacts rendent compte correctement de l'encombrement des atomes dans l'espace.
c. Utiliser un logiciel tel que « Avogadro » sur ordinateur ou « Molecular Constructor » sur smartphone.
- ### Synthèse
4. Le logiciel permet de faire tourner la molécule. On peut ainsi la visualiser sous différents angles et en faire des impressions d'écran.

Conclusion

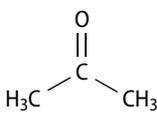
2. a. et b.

| Flacon | Test positif | Groupe | Famille | Nom |
|--------|-------------------------------|---|--------------------|------------------|
| 1 | BBT |  | Acide carboxylique | Acide éthanóïque |
| 2 | 2,4-DNPH |  | Cétone | Propan-2-one |
| 3 | 2,4-DNPH + Liqueur de Fehling |  | Aldéhyde | Éthanal |

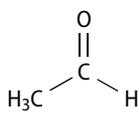
b. Les formules semi-développées sont les suivantes :



acide
éthanóïque



propan-2-one



éthanal

p. 111 ■ **ACTIVITÉ 4**

Spectroscopie infrarouge

Commentaires pédagogiques

La démarche d'investigation proposée dans l'activité 4 est l'occasion de faire travailler les élèves sur de véritables spectres d'absorption infrarouge de molécules, dans un contexte qui leur est familier.

Pistes de résolution et conclusion

1. Les enregistrements obtenus par la police scientifique représentent la transmittance en fonction du nombre d'onde. Il s'agit de spectres IR. La technique utilisée est donc la spectroscopie infrarouge.

2. a. Les spectres du paracétamol et de l'échantillon présentent plusieurs bandes communes : $2\ 950$, $1\ 700$ et $880\ \text{cm}^{-1}$ donc le médicament est du paracétamol.

b. Le médicament frelaté n'est pas pur : la lidocaïne est un des constituants principaux présents dans l'échantillon car on retrouve plusieurs bandes communes dans les deux spectres : $3\ 415$, $2\ 610$, $2\ 480$ et $1\ 545\ \text{cm}^{-1}$.

EXERCICES

Vérifier l'essentiel

■ p. 116

- | | | |
|-----------|------|-----------|
| 1 C. | 2 A. | 3 C. |
| 4 B. | 5 B. | 6 A. |
| 7 A et C. | 8 B. | 9 B et C. |

Acquérir les notions

Molécules organiques

10 1. a. Une molécule organique contient essentiellement des atomes de carbone et d'hydrogène.
b. Une molécule organique peut contenir d'autres atomes, comme l'azote, le chlore, le soufre, le brome, etc. : ils constituent les « hétéroatomes ».

2. Les molécules organiques sont : **a**, **b**, **d** et **g**.

11 1. Ces écritures sont des formules semi-développées.

2. Il y a plusieurs façons d'écrire la formule semi-développée d'une même molécule : les formules écrites correspondent toutes à la même molécule.

3. Le formule brute de ces quatre molécules est $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

12 Les molécules **A** et **C** possèdent une chaîne carbonée linéaire.

La molécule **B** possède une chaîne carbonée ramifiée.

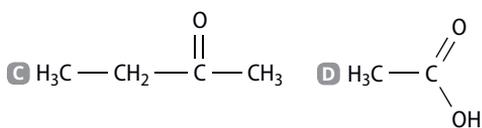
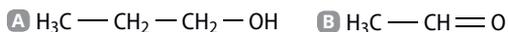
La molécule **D** possède une chaîne carbonée cyclique.

13 La représentation **A** correspond à un modèle moléculaire éclaté, et la représentation **B** à un modèle compact de la même molécule $\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}$.

- 14** 1. La molécule est représentée à l'aide d'un logiciel 3D ou d'une application pour smartphone.
 2. La molécule est vue sous deux angles différents.
 3. Un modèle moléculaire aurait pu permettre d'obtenir une autre représentation de la molécule.
 4. La formule brute de la molécule est C_2H_6O .
 5. La formule semi-développée de la molécule est H_3C-CH_2-OH .
 6. C'est une molécule organique, car elle contient les éléments C et H.

> Groupes caractéristiques et familles de composés

15 1. a.



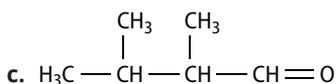
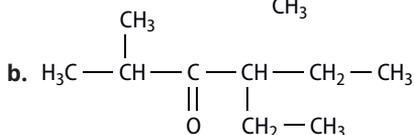
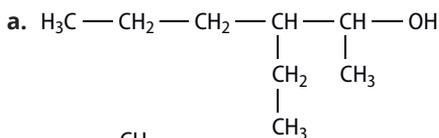
b. La molécule **A** possède un groupe hydroxyle. Les molécules **B** et **C** possèdent un groupe carbonyle. La molécule **D** possède un groupe carboxyle.

2. a. La molécule **A** appartient à la famille des alcools. La molécule **B** appartient à la famille des aldéhydes. La molécule **C** appartient à la famille des cétones. La molécule **D** appartient à la famille des acides carboxyliques.

16 1. a. Le composé appartient à la famille des alcools.

b. Le composé appartient à la famille des cétones.
c. Le composé appartient à la famille des aldéhydes.

2.



17 1. Il s'agit dans les deux cas du groupe carbonyle $C=O$.

2. Le composé **d**.

18 1. Les deux molécules possèdent le groupe carbonyle $C=O$.

2. Le test à la 2,4-dinitrophénylhydrazine est positif pour les deux molécules alors que le test à la liqueur de Fehling sera seulement positif avec le 2-méthylbutanal qui est un aldéhyde.

19 1. Le groupe entouré est caractéristique de la famille des acides carboxyliques.

Ce groupe se nomme groupe carboxyle.

2. Le groupe entouré est caractéristique de la famille des alcools.

Ce groupe se nomme groupe hydroxyle.

20 1. Les molécules portent le groupe hydroxyle.

2. La molécule **A** se nomme le butan-2-ol.

La molécule **B** se nomme le 2-méthylpropan-1-ol.

La molécule **C** se nomme le 3,4-diméthylhexan-1-ol.

3. Ces molécules appartiennent à la famille des alcools.

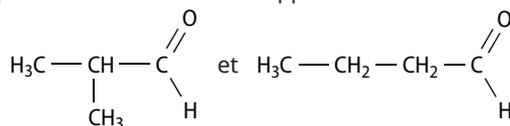
21 1. Quel est le nom en nomenclature IUPAC du composé suivant ?

Le composé représenté est le propanal.

2. À quelle famille de composés organiques appartient cette molécule ?

Cette molécule appartient à la famille des aldéhydes.

22 1. Les aldéhydes de formule brute C_4H_8O ont pour formules semi-développées :



2. Les molécules trouvées sont le 2-méthylpropanal et le butanal.

3. Il n'est pas nécessaire de préciser la position du carbone fonctionnel car il est situé en bout de chaîne.

4. La molécule **A** est le 2,3-diméthylbutanal.

La molécule **B** est le 2,2-diméthylpropanal.

23

| Nom | Formule |
|---------------------|--|
| méthanal | $H_2C=O$ |
| acide pentanoïque | $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{ }}{C}-OH$ |
| hexan-1-ol | $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ |
| 3-méthylbutan-2-one | $H_3C-\underset{\underset{CH_3}{ }}{CH}-\overset{\overset{O}{ }}{C}-CH_3$ |

| Nom | Formule |
|----------------------|--|
| 3,4-diméthylpentanal | $\begin{array}{ccccccc} \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} \\ & & & & & & & & // \\ & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \text{O} \\ & & & & & & & & \backslash \\ & & & & & & & & \text{H} \end{array}$ |
| acide butanoïque | $\begin{array}{ccccccc} & & & & & & & & \text{O} \\ & & & & & & & & // \\ \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & & \\ & & & & & & & & \backslash \\ & & & & & & & & \text{OH} \end{array}$ |

> Spectroscopie infrarouge

24 1. Ces bandes caractéristiques sont associées à la famille des aldéhydes.

$$2. \lambda = \frac{10\,000}{1\,700} = 5,9 \mu\text{m} \text{ et } \lambda = \frac{10\,000}{2\,700} = 3,7 \mu\text{m}.$$

25 1. Le spectre **B** représente un spectre infrarouge.

2. En abscisse, on trouve comme grandeur le nombre d'onde, dont l'unité est le cm^{-1} .

En ordonnée, on trouve comme grandeur la transmittance, exprimée en % mais sans unité.

3. Les longueurs d'onde du domaine infrarouge sont plus grandes que celles du domaine visible.

26 1. Pour la molécule **A**, le nombre d'onde de la bande caractéristique de la liaison $\text{C}\equiv\text{N}$ se situe vers $2\,200 \text{ cm}^{-1}$.

Pour la molécule **B**, le nombre d'onde de la bande caractéristique de la liaison $\text{O}-\text{H}$ se situe vers $3\,300 \text{ cm}^{-1}$.

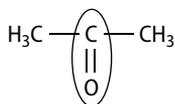
2. Le spectre **A** correspond à la molécule **A**.
Le spectre **B** correspond à la molécule **B**.

Exercices similaires aux exercices résolus

■ p. 120 et 121

28 1. La molécule est composée de trois atomes de carbone, un atome d'oxygène et six atomes d'hydrogène, d'où sa formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$.

2. La formule semi-développée de cette molécule est :



3. Le groupe caractéristique entouré est le groupe carbonyle. La molécule appartient à la famille des cétones.

4. La molécule se nomme propanone.

5. Il s'agit d'un modèle éclaté, sur lequel on peut visualiser les liaisons chimiques de la molécule.

30 1. La grandeur en abscisse est le nombre d'onde, qui est l'inverse de la longueur d'onde.

2. Les aldéhydes et les cétones portent comme groupe caractéristique le groupe carbonyle, de formule $\text{C}=\text{O}$.

3. La bande caractéristique de ce groupe est repérable sur le spectre infrarouge grâce à la zone de forte absorption entre $1\,705 \text{ cm}^{-1}$ et $1\,740 \text{ cm}^{-1}$. Elle permet d'identifier la liaison $\text{C}=\text{O}$.

4. L'absence de bande vers $2\,650 \text{ cm}^{-1}$ - $2\,830 \text{ cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison $\text{C}-\text{H}$ d'un aldéhyde, indique qu'il s'agit d'une cétone.

Croiser les notions

■ p. 122

31 1. La molécule **A** possède un groupe carboxyle. Les molécules **B**, **C** et **D** possèdent un groupe carbonyle.

2. La molécule **A** se nomme acide éthanoinique, la **B** butanal, la **C** pentanal et la **D** pentan-3-one.

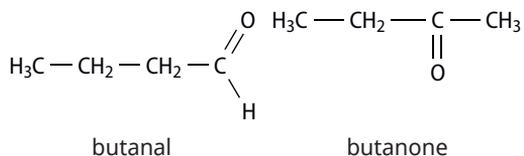
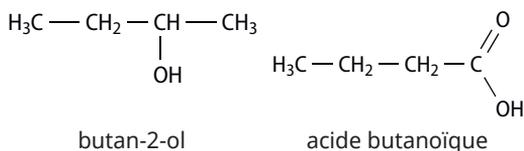
32 1. Les deux composés ont la même formule brute : $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$.

2. Les deux molécules possèdent le groupe carbonyle.

3. La molécule **A** est une cétone et la molécule **B** est un aldéhyde.

4. La molécule **A** est la propanone et la **B** le propanal.

33 1. et 2.



34 1. On reconnaît dans la représentation du thymol le groupe hydroxyle OH .

2. Il s'agit de la famille des alcools.

3. La bande caractéristique correspondant à la vibration de la liaison $\text{O}-\text{H}$ se situe vers $3\,200 \text{ cm}^{-1}$ - $3\,700 \text{ cm}^{-1}$.

35 > Démarche avancée

La bande vers $1\,700 \text{ cm}^{-1}$ correspond à la liaison $\text{C}=\text{O}$ d'un aldéhyde ou d'une cétone. Cependant, l'absence d'une bande vers $2\,700 \text{ cm}^{-1}$,

caractéristique de la liaison C—H d'un aldéhyde, indique que la molécule appartient à la famille des cétones.

► Démarche élémentaire

1. La liaison facilement identifiable sur le spectre est la bande située vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$. Elle correspond à la liaison C=O.

2. Le groupe caractéristique correspond à cette liaison se nomme le groupe carbonyle.

3. Les familles de composés qui possèdent ce groupe sont les aldéhydes et les cétones.

4. On ne trouve pas d'autre bande caractéristique des aldéhydes sur ce spectre.

En effet, la bande vers $2\,700\text{ cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison C—H d'un aldéhyde, est absente.

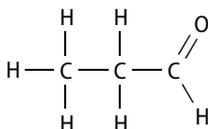
5. On peut donc en conclure que cette molécule appartient à la famille des cétones.

36 1. Cette large bande d'absorption entre $3\,200\text{ cm}^{-1}$ et $3\,400\text{ cm}^{-1}$ signale la présence de la liaison O—H, caractéristique d'un composé appartenant à la famille des alcools. On en déduit la formule semi-développée de cette molécule : $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$.

2. Cette molécule se nomme éthanol.

37 1. D'après la table des bandes infrarouge, la bande d'absorption à $1\,730\text{ cm}^{-1}$ est caractéristique d'une liaison C=O pour les aldéhydes. De la même façon, la bande d'absorption à $2\,726\text{ cm}^{-1}$ est caractéristique d'une liaison C—H pour les aldéhydes. Ce composé appartient donc à la famille des aldéhydes.

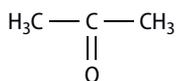
2. La formule brute de ce composé indique qu'il possède trois atomes de carbone donc sa chaîne carbonée possède obligatoirement trois atomes de carbone (pas de ramification possible). On place ensuite la liaison C=O en bout de chaîne (au milieu, on obtiendrait une cétone). Enfin, on ajoute les six atomes d'hydrogène.



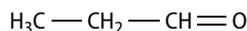
3. Ce composé est le propanal.

38 1. Les cétones possèdent le groupe caractéristique carbonyle.

2. La propanone a pour formule semi-développée :



3. La formule semi-développée d'une molécule qui serait un aldéhyde et qui aurait la même formule brute que la molécule précédente serait :



4. Le spectre de la propanone doit présenter une bande d'absorption vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison C=O.

5. Seul le spectre **A** présente la bande de la liaison C=O vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$.

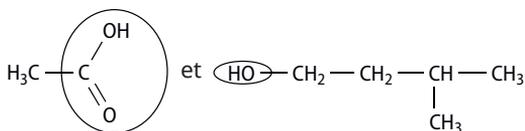
6. Le nombre d'onde est l'inverse de la longueur d'onde :

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

La longueur d'onde correspondant à la bande caractéristique de la liaison C=O vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$ vaut donc :

$$\lambda = \frac{1}{\tilde{\nu}} \text{ donc } \lambda = \frac{1}{1\,700} \text{ soit } \lambda = 5,9 \times 10^3 \text{ nm.}$$

39 1. a. Les formules semi-développées de l'acide éthanóïque et du 3-méthylbutan-1-ol sont :



b. Le groupe caractéristique de l'acide éthanóïque se nomme le groupe carboxyle.

Le groupe caractéristique du 3-méthylbutan-1-ol se nomme le groupe hydroxyle.

c. L'acide éthanóïque appartient à la famille des acides carboxyliques.

Le 3-méthylbutan-1-ol appartient à la famille des alcools.

2. On trouve sur le spectre la bande d'absorption caractéristique de la liaison C=O autour de $1\,700\text{ cm}^{-1}$.

40 1. a. Les chaînes carbonées des molécules **A**, **C** et **D** sont linéaires. La chaîne carbonée de la molécule **B** est ramifiée.

b. Oui, ces quatre chaînes sont saturées car elles ne possèdent que des liaisons simples entre les atomes de carbone. Une molécule est dite « insaturée » si elle possède au minimum une liaison double ou triple entre deux atomes de carbone.

2. Les molécules **A** et **D** possèdent le groupe caractéristique carbonyle.

Les molécules **B** et **C** possèdent le groupe caractéristique hydroxyle.

3. La molécule **A** appartient à la famille des cétones. Les molécules **B** et **C** appartiennent à la famille des alcools.

La molécule **D** appartient à la famille des aldéhydes.

4. La molécule **A** est la propanone.

La molécule **B** est le 2-méthylbutan-2-ol.

La molécule **C** est le butan-2-ol.

La molécule **D** est le propanal.

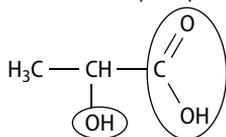
5. a.

| | Ajout de... | |
|----------|-------------|--------------------|
| | 2,4-DNPH | liqueur de Fehling |
| flacon 1 | - | - |
| flacon 2 | - | - |
| flacon 3 | + | + |

b. Son test à la liqueur de Fehling étant positif, on est certain que le flacon 3 contient un aldéhyde. Parmi les composés nommés à la question 4, un seul est un aldéhyde. On peut donc en conclure que le flacon 3 contient du propanal.

c. Leurs tests à la 2,4-DNPH et à la liqueur de Fehling étant négatifs, on est certain que les flacons 1 et 2 ne contiennent ni aldéhyde ni cétone. Parmi les composés nommés à la question 4, on trouve une cétone, deux alcools et un aldéhyde. On en déduit que les composés des flacons 1 et 2 sont des alcools. Cependant, on ne dispose pas d'informations qui permettraient d'associer le contenu de chacun des flacons à un composé de la famille des alcools.

41 1. Groupes caractéristiques présents :



2. La formule brute de l'acide lactique est $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.

3. Non la chaîne carbonée est linéaire.

4. Oui son squelette carboné est saturé car il ne comporte que des liaisons simples C—C.

5. C'est le spectre **A** qui correspond à l'acide lactique : les deux spectres possèdent vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$ la bande caractéristique de la liaison C=O pour les composés de la famille des acides carboxyliques, mais seul le premier spectre présente la bande O—H des alcools et des acides carboxyliques ($3\,200\text{ cm}^{-1}$ - $3\,700\text{ cm}^{-1}$ pour les alcools et $2\,500\text{ cm}^{-1}$ - $3\,200\text{ cm}^{-1}$ pour les acides).

42 On observe un spectre IR avec en abscisse le nombre d'onde, inverse de la longueur d'onde, et en ordonnée la transmittance. La spectroscopie IR est une technique d'analyse qui permet de repérer les groupes caractéristiques des aldéhyde, cétone, alcool...d'une molécule grâce à la position des

bandes sur le spectre. Les positions des groupes sont répertoriées dans des tables.

Le groupe OH se manifeste par une bande intense entre $2\,500\text{ cm}^{-1}$ et $3\,200\text{ cm}^{-1}$ et le groupe carbonyle présente une absorption vers $1\,700\text{ cm}^{-1}$. Il s'agit d'un acide carboxylique.

43 Exemple d'exposé oral

Les groupes d'atomes caractéristiques des molécules organiques peuvent être identifiés par spectroscopie infrarouge. Lorsqu'une radiation infrarouge traverse des molécules, certaines liaisons absorbent de l'énergie. Dans ce cas, l'intensité lumineuse de la radiation au sortir de l'échantillon est plus faible qu'à son entrée.

La longueur d'onde à laquelle est absorbée une radiation dépend de l'environnement du groupe d'atomes considéré. Le ou la chimiste peut alors repérer les groupes caractéristiques d'une molécule grâce à la position des bandes sur le spectre.

Acquérir des compétences p. 125

44 >Analyse

1. Le spectre du liant et celui de la cire d'abeille présentent de grandes similitudes : pics identiques à $2\,955\text{ cm}^{-1}$, $2\,850\text{ cm}^{-1}$, $1\,737\text{ cm}^{-1}$ et 725 cm^{-1} . Ils présentent seulement quelques différences, comme le pic à $3\,450\text{ cm}^{-1}$ visible dans le spectre du liant.

2. Le groupe caractéristique d'un acide carboxylique est le groupe carboxyle —COOH.

Le groupe caractéristique d'un alcool est le groupe hydroxyle —OH.

3. À l'aide des tables des bandes infrarouges, dans le spectre infrarouge du liant présent dans les portraits du Fayoum, on repère le groupe OH grâce au pic situé à $3\,450\text{ cm}^{-1}$.

>Synthèse

Les archéologues ont comparé les spectres infrarouges de la cire d'abeille et du liant présent dans les portraits. Ils ont observé une légère différence entre les spectres de référence des cires d'abeille actuelles et les prélèvements archéologiques. Dans le spectre du liant, ils ont retrouvé les pics identiques à ceux de la cire d'abeille, mais en plus un pic à $3\,450\text{ cm}^{-1}$, caractéristique du groupe —OH de l'alcool, issu de la transformation au cours du temps de la cire d'abeille.

45 >Le problème à résoudre

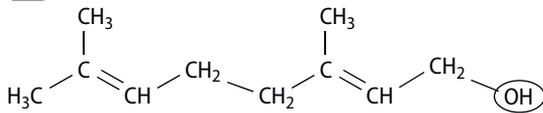
— Les trois molécules doivent avoir la même formule brute $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$;
— on cherche deux autres molécules qui ne sont pas des alcools ;

- la première est un aldéhyde $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{O}$ (éthanal)

- la seconde est $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \text{---} \text{CH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{O} \end{array}$ (oxyde d'éthylène)

dans laquelle on trouve deux liaisons $\text{C}-\text{O}$.

46 1.



Le géraniol contient le groupe caractéristique hydroxyle.

2. La molécule de géraniol appartient à la famille des alcools.

►Le problème à résoudre

La molécule de géraniol contient le groupe hydroxyle, qui est caractéristique de la famille des alcools. Un des moyens pour le chimiste de vérifier qu'il a bien synthétisé du géraniol sera donc de vérifier que le composant qu'il a synthétisé possède un groupe hydroxyle, mais aussi des liaisons entre carbones comme la chaîne carbonée le montre.

Pour cela, il peut réaliser une spectroscopie infrarouge de ce composant. S'il repère sur le spectre obtenu la bande caractéristique de la liaison OH vers $3200-3700 \text{ cm}^{-1}$, ou encore la bande caractéristique de la liaison $\text{C}=\text{C}$ à 1650 cm^{-1} , il aura ainsi vérifié que le composant synthétisé possède les caractéristiques chimiques du géraniol.

47 On va effectuer des tests caractéristiques des familles chimiques qui contiennent de l'oxygène telles les composés carbonylés et les acides carboxyliques.

Dans un tube à essais, placer 1 mL de 2,4-DNPH puis ajouter quelques gouttes de composé organique à tester.

Dans un second tube à essais contenant 1 mL du composé organique à tester ajouter quelques gouttes de liqueur de Fehling, puis chauffer le tube au bain-marie.

Dans un troisième tube à essais contenant 1 mL du composé organique à tester, ajouter quelques gouttes de BBT.

La comparaison des résultats des tests chimiques permet de déterminer les groupes caractéristiques puis la famille de la molécule :

| Test positif | Groupe caractéristique | Famille |
|-------------------------------------|---|--------------------|
| BBT | $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{---C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ | acide carboxylique |
| 2,4-DNPH | $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ | cétone |
| 2,4-DNPH + liqueur de Fehling | $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ | aldéhyde |