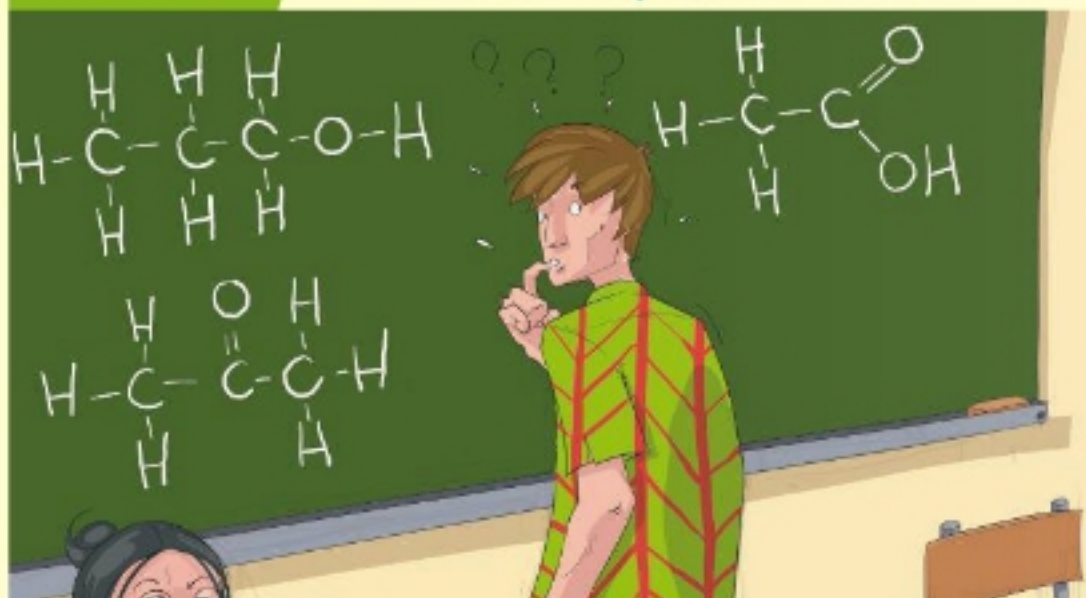


Évaluation diagnostique

Pour chaque situation présentée, proposer une réponse en argumentant.

Situation 1

Pour vérifier l'indispensable



Hydroxyle, carbonyle, carboxyle... ces mots désignent des groupes d'atomes caractéristiques.

Qu'est-ce qu'un groupe d'atomes caractéristique ? Que permet-il de caractériser ?

▶ **Activité 1**, p. 88

Situation 2

Pour amorcer la réflexion



En teinture, il existe des dizaines de rouges différents, tels le rouge carmin, qui est tiré d'un insecte (la cochenille), ou le rouge garance, qui provient d'une plante.

Comment un spectromètre UV-visible peut-il différencier ces différents rouges ?

▶ **Activités 2 et 4**, p. 89 et 91

Situation 3

Pour amorcer la réflexion



Un quart des délits routiers sont des délits de fuite après accident. Afin d'identifier le véhicule, les laboratoires de police scientifique utilisent la spectrométrie infrarouge.

En quoi cette technique d'analyse chimique peut-elle aider les policiers ?

▶ **Activité 3**, p. 90

Spectres UV-visible et infrarouge

Les techniques d'analyse spectrale permettent d'identifier les molécules entrant dans la composition d'une œuvre d'art.

Les acquis des classes précédentes

- ▶ Il existe des chaînes carbonées linéaires, ramifiées ou cycliques.
- ▶ Les noms des molécules organiques obéissent à des règles.
- ▶ En fonction de sa longueur d'onde, une radiation électromagnétique appartient au domaine de l'UV, du visible ou de l'IR.
- ▶ Les échanges d'énergie entre lumière et matière permettent d'interpréter le phénomène d'absorption.

Les compétences à acquérir

1. **Connaître** les groupes caractéristiques et les règles de nomenclature.
2. **Exploiter** des spectres UV-visible.
3. **Exploiter** des spectres infrarouge.

→ **Culture scientifique**
Analyse des œuvres d'art

Nommer les composés organiques

Les composés organiques appartiennent à différentes familles chimiques et leurs noms permettent de les répertorier.

Compétences scientifiques évaluées

- Faire preuve de curiosité.
- Extraire une information utile.

Étude de document

La nomenclature des molécules organiques

Les molécules organiques sont nommées selon une nomenclature systématique.

En Première, on a vu que le nom des alcanes linéaires est formé d'un préfixe numérateur caractérisant le nombre d'atomes de carbone, suivi de la terminaison -ane.

Pour les autres alcanes, c'est la chaîne principale (la plus longue chaîne d'atomes de carbone adjacents) qui donne le nom. Sur cette chaîne principale sont fixées des chaînes secondaires (ou ramifications) : les groupes alkyles. Le nom d'une ramification dérive du nom de l'alcane correspondant (voir fiche méthode page 574). Sa position sur la chaîne principale doit être précisée.

La plupart des molécules organiques possèdent au moins un groupe d'atomes caractéristique. Les molécules possédant le même groupe caractéristique constituent une famille.

Le nom des molécules d'une même famille dérive du nom de l'alcane correspondant (celui qui possède la même chaîne carbonée), auquel on ajoute une terminaison spécifique (Fig. 1), après avoir supprimé le « e » final. On parle de nomenclature substitutive.

La position du groupe d'atomes caractéristique, toujours fixé sur la chaîne principale, est repérée par un indice (1, 2...) si nécessaire, écrit entre des traits d'union avant la terminaison.

Exemple : $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ est le propan-1-ol.

Famille	alcool	aldéhyde	cétone	amine	amide
Terminaison	-ol	-al	-one	-amine	-amide
Formule	$\text{R}-\text{O}-\text{H}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	$\text{R}-\text{NH}_2$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}-\text{R}' \\ \\ \text{R}'' \end{array}$
Famille	acide carboxylique		ester		
Terminaison	-oïque		-oate		
Formule	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}_1 \end{array}$		
Commentaire sur le nom	Il est précédé du mot acide.		En deux parties : nom de la chaîne contenant R terminé par -oate + de (ou d') + nom du groupe alkyle R_1 .		

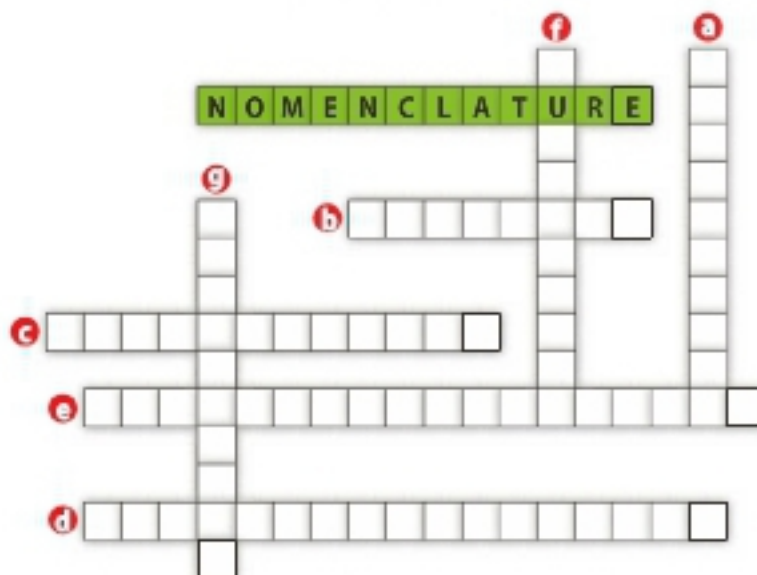
Fig. 1 Quelques familles de molécules organiques. R, R', R'' sont des groupes alkyles ou des atomes d'hydrogène. R₁ est nécessairement un groupe alkyle.

Pistes de réflexion

- 1 Qu'est-ce que la nomenclature systématique ?
- 2 Pourquoi parle-t-on de nomenclature substitutive ?
- 3 Recopier et compléter la grille ci-contre en exploitant le document et les définitions suivantes. Chaque case peut contenir une lettre, un chiffre, un trait d'union, un espace ou une apostrophe.
 - a. Alcool dont le groupe caractéristique est situé sur le deuxième carbone d'une chaîne de quatre atomes de carbone.
 - b. Aldéhyde qui ne comporte qu'un seul atome de carbone.
 - c. Cétone constituée de cinq atomes de carbone, le groupe caractéristique étant porté par le deuxième.
 - d. Acide carboxylique composé de cinq atomes de carbone.
 - e. Ester dont chacune des deux parties est constituée de deux atomes de carbone.
 - f. Amine qui possède quatre atomes de carbone.
 - g. Il y a deux atomes de carbone dans cet amide.

Pour conclure

- 4 Pourquoi faut-il connaître la nomenclature ?
- 5 a. Citer un composé dont le nom usuel n'est pas celui que donne la nomenclature.
b. Pourquoi utilise-t-on alors ce nom ?



Animation

Principe d'un spectrophotomètre

Le spectrophotomètre UV-visible est un outil indispensable au laboratoire de chimie. La plupart des appareils fonctionnent sur le même principe.

Compétences scientifiques évaluées

- Extraire une information utile.
- Identifier les paramètres jouant un rôle dans un phénomène physique.

Étude de document

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'un échantillon. Il possède deux sources de lumière. L'une couvre l'UV proche (à partir de 180 nm) et l'autre, le visible (380-780 nm). Un monochromateur permet de balayer très rapidement toute la gamme de longueurs d'onde. Pour chaque radiation, le faisceau est divisé en deux : une partie est dirigée vers la solution à analyser, l'autre vers le « blanc » (le solvant) (Fig. 1).

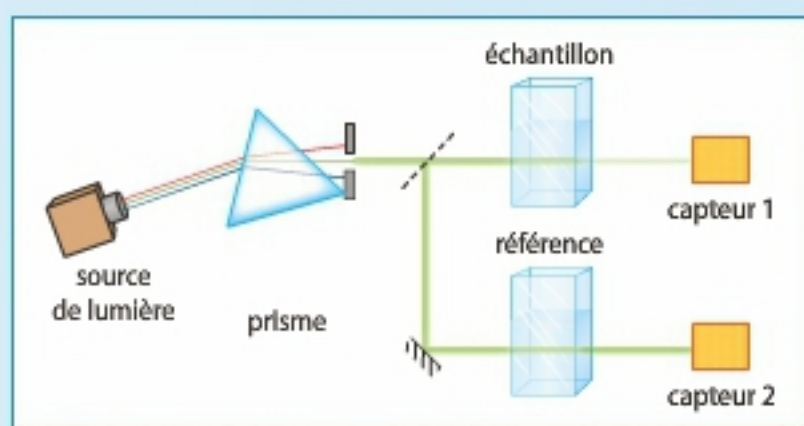


Fig. 1 Principe d'un spectrophotomètre à double faisceau.

Les cuves contenant les échantillons sont généralement en quartz car ce matériau absorbe très peu sur l'ensemble UV-visible (Fig. 2). La détection est assurée, pour chaque faisceau, par un photodétecteur. Puis les signaux sont traités par un logiciel qui permet d'afficher le spectre, c'est-à-dire l'absorbance de la solution analysée en fonction de la longueur d'onde (Fig. 3).

Les photons de l'UV proche et du visible peuvent être absorbés par certaines molécules. Sur le spectre, l'absorption se traduit par la présence de bandes, chacune correspondant à la transition d'un électron de valence de l'état fondamental vers un état excité. La grande stabilité des liaisons simples (C-C, C-H) implique qu'une transition des électrons engagés dans ces liaisons nécessite une énergie importante. Par contre les électrons engagés dans les liaisons doubles ou triples (C=C, C=O...) peuvent plus facilement subir une transition car le niveau excité est plus proche du niveau fondamental.

La spectroscopie UV-visible peut être utilisée en analyse qualitative : le spectre permet de déterminer le ou les maximums d'absorption caractéristiques d'une espèce chimique.

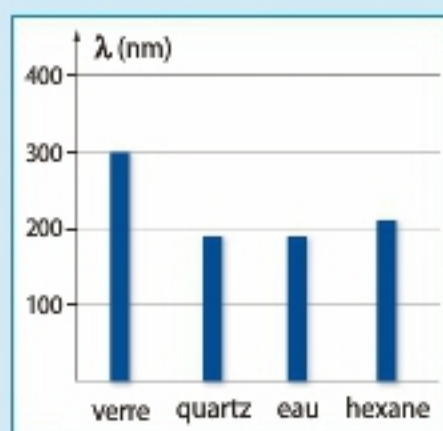


Fig. 2 Zones d'absorption de différents solvants et matériaux.

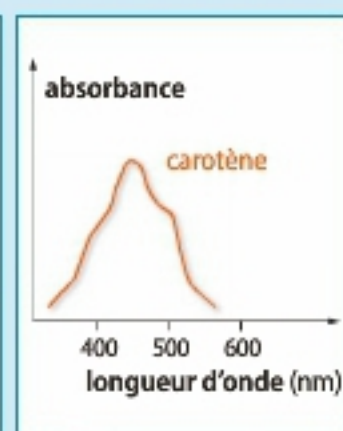


Fig. 3 Exemple de spectre d'absorption obtenu.

Pistes de réflexion

1 Quel est l'intervalle de longueurs d'onde des radiations électromagnétiques du domaine UV proche-visible ?

2 On rappelle que l'énergie d'un photon vaut $E = hc/\lambda$. Quelle est la gamme des énergies balayées par la spectroscopie UV proche-visible ? L'exprimer en eV.

Données. Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

3 En se plaçant au maximum d'absorption sur le spectre de la figure 3, évaluer l'écart d'énergie en eV entre le niveau fondamental et le premier niveau excité des électrons de valence du carotène.

4 a. Quels sont les électrons concernés par cette spectroscopie ?

b. En terme de longueur d'onde, que signifie le fait que certaines transitions nécessitent une énergie importante ?

5 a. Pourquoi dispose-t-on les échantillons dans des cuves en quartz ?

b. Pourrait-on indifféremment utiliser des cuves en verre ?

c. Quelle précaution faut-il prendre quant au choix du solvant dans lequel est placé l'échantillon ?

6 L'absorbance reflète le rapport de l'intensité de la radiation transmise sur celle de la radiation incidente. Quel est l'intérêt de scinder le faisceau en deux parties (Fig. 1) ?

Pour conclure

7 Résumer la méthode d'obtention d'un spectre d'absorption.

8 Quelle information peut-on tirer d'un tel spectre ?

Activité 3

Démarche d'investigation

Comment identifier un faux tableau ?

La spectroscopie infrarouge peut être utilisée par les experts en œuvres d'art pour traquer les faussaires.

Compétences scientifiques évaluées

- Faire preuve de curiosité.
- Extraire une information utile.

Pour commencer (situation déclenchante)

Lors d'une épreuve à l'examen de restaurateur d'art, on présente à Noémie une miniature (Fig. 1) attribuée à un peintre du XVI^e siècle. À partir d'un examen approfondi de la couleur du manteau d'un personnage, on lui demande comment déterminer s'il s'agit bien d'une œuvre authentique.



Fig. 1 Détail d'une miniature d'auteur inconnu.

Investigation

Comment savoir si cette miniature peut être attribuée à un peintre de la Renaissance ?

Quelques idées (hypothèses)

Voici quelques propositions d'élèves :

- Malik : « Quelle responsabilité ! Ce n'est pas une analyse comme les autres ! »
- Léo : « Le problème, c'est que si c'est un chef-d'œuvre, il ne faut surtout pas l'abîmer ! »
- Emma : « Commençons par prélever un tout petit échantillon ! »

Étude de document (recherche de validation)

La spectroscopie infrarouge (IR) permet d'identifier des matières organiques, mais aussi un bon nombre de matières inorganiques, comme certains colorants ou pigments. Même si, comme d'autres analyses physico-chimiques dites destructives, elle nécessite des prélèvements de matière, cette technique présente un grand avantage, car la quantité de l'échantillon qui doit être prélevée est extrêmement faible : les micro-prélèvements se pratiquent à l'aide d'une aiguille dans des endroits discrets.

Des analyses spectroscopiques infrarouges permettent de connaître la nature des pigments et d'en vérifier la compatibilité avec la période historique présumée. Ainsi, le bleu foncé utilisé par les peintres de la Renaissance était obtenu à partir de lapis-lazuli broyé d'origine naturelle. Le bleu de

Prusse est, quant à lui, un pigment bleu foncé découvert plus récemment et qui a pour formule brute $C_{18}Fe_7N_{18}$. Il contient l'anion hexacyanoferrate (II), $[Fe(CN)_6]^{4-}$ (Fig. 2).

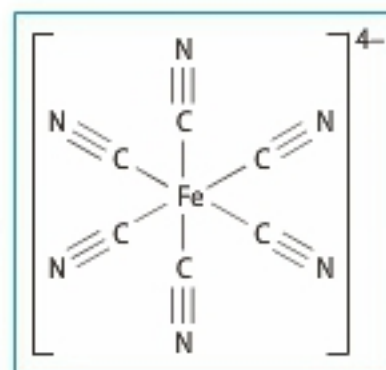


Fig. 2 Formule de l'ion hexacyanoferrate (II).

Les spectres obtenus en spectroscopie IR représentent l'absorbance (ou la transmittance) en fonction du nombre d'onde. Cette grandeur, qui s'exprime en cm^{-1} , est en fait l'inverse de la longueur d'onde λ . Dans une molécule, certains groupes d'atomes peuvent être identifiés par les bandes caractéristiques qu'ils donnent sur le spectre.

- 1 Rappeler la différence entre un composé organique et un composé inorganique.
- 2 **B2i** Rechercher, éventuellement sur Internet, à quelle époque le bleu de Prusse fut découvert. Justifier le nom donné à ce pigment. Quel est l'autre nom du pigment qui le confirme ?
- 3 a. En observant la formule de l'anion hexacyanoferrate (II), citer les groupes d'atomes susceptibles de donner une bande d'absorption caractéristique en spectroscopie infrarouge. On utilisera la table des rabats avant du manuel.
b. Donner la valeur du nombre d'onde correspondant à ces groupes d'atomes.

Pour conclure

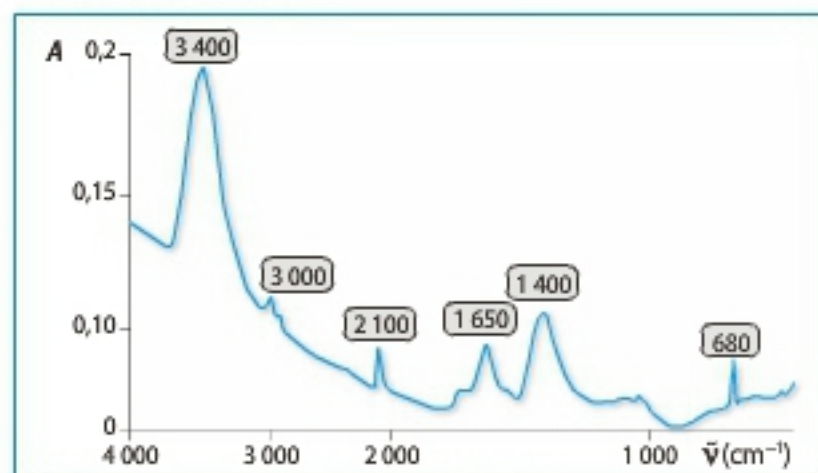


Fig. 3 Spectre IR d'un échantillon de peinture.

Le spectre ci-dessus (Fig. 3) est celui d'un échantillon de peinture prélevé sur le manteau bleu de la figure 1.

- 4 Ce tableau a-t-il pu être effectivement peint à la Renaissance ?

Caractériser des espèces colorées

La spectrophotométrie permet d'identifier une espèce colorée, en particulier dans un mélange.

Compétences expérimentales évaluées

- Réaliser un montage expérimental.
- Analyser un résultat expérimental.

Principe

Sur l'établi d'un jardinier se trouvent quatre solutions aqueuses colorées contenant des ions :

1. et 2. deux solutions de sulfates de fer, qui servent de fertilisant, afin de corriger les carences du sol. Celle de sulfate de fer (II) est vert pâle et permet aussi de lutter contre la prolifération des mousses et des lichens, alors que la solution de sulfate de fer (III) est de couleur marron ;

3. une solution de sulfate de cuivre (II), bleue, qui est un fongicide et un bactéricide entrant dans la composition de la bouillie bordelaise (Fig. 1) ;

4. une solution de sulfate de cobalt (II), rouge, parfois utilisée comme adjuvant dans les engrais.

Dans un arrosoir, certaines de ces solutions ont été mélangées : on se propose de les identifier par spectrophotométrie.



Fig. 1 Vigne traitée à la bouillie bordelaise.

Mise en œuvre au laboratoire

Matériel

- spectrophotomètre simple faisceau
- cuves en polystyrène
- fiole jaugée de 100 mL
- entonnoir
- balance
- sulfate de cuivre (II)
- sulfate de fer (II)
- sulfate de fer (III)
- sulfate de cobalt (II)
- eau distillée

Préparation des solutions

À partir des solides, on veut préparer 100 mL de solutions aqueuses de sulfate de cuivre (II), de sulfate de fer (II), de sulfate de fer (III) et de sulfate de cobalt (II), de concentration molaire $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- Déterminer la masse nécessaire de chaque soluté.
 - Effectuer la pesée, puis la préparation des solutions (voir fiche pratique p. 591).
- Décrire et schématiser les différentes étapes de cette préparation.

Spectre d'émission de la lampe du spectrophotomètre

Le spectre d'émission d'une lampe correspond aux longueurs d'onde qu'elle émet.

- Rechercher sur la notice du spectrophotomètre :
 - la nature de la source utilisée ;
 - dans quel intervalle de longueurs d'onde se situe l'émission de cette lampe.

4 a. En déduire à quel domaine des radiations électromagnétiques appartiennent les photons qui pourront être absorbés.

b. Les solutions préparées absorbent-elles dans ce domaine ?

Étude des cuves utilisées

- Ne pas mettre de cuve dans l'emplacement prévu sur l'appareil et enregistrer un spectre de référence, en choisissant de faire apparaître l'absorbance en ordonnée.
- Positionner ensuite une cuve vide et enregistrer son spectre.

5 a. Que constate-t-on sur le spectre ?

b. Justifier pourquoi la cuve peut être utilisée.

Étude du solvant

- Enregistrer maintenant le spectre de la cuve vide comme nouvelle référence.
- Remplir la cuve d'eau et enregistrer son spectre.

6 a. Existe-t-il sur ce spectre une zone dans laquelle on observe une forte absorption ?

b. L'eau est-elle un bon solvant sur le domaine étudié ?

Spectre d'absorption des différentes solutions

- Enregistrer un spectre de référence avec une cuve contenant de l'eau.
- Faire apparaître le spectre des solutions colorées (Fig. 2), puis celui d'un mélange inconnu donné par le professeur.

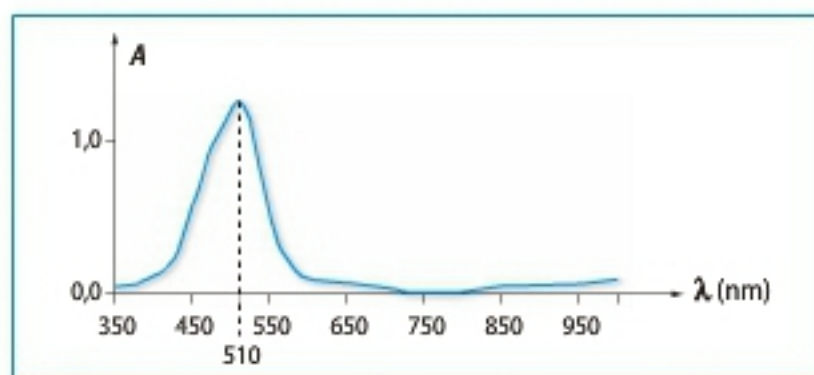


Fig. 2 Spectre d'une solution aqueuse de sulfate de cobalt (II).

Exploitation

- Sur chacun des cinq spectres obtenus, relever les longueurs d'onde correspondant aux maximums d'absorption.
- Que peut-on dire du spectre obtenu pour le mélange inconnu comparé aux quatre spectres précédents ?

Pour conclure

9 Quelles sont les solutions qui ont été mélangées ?

1 Familles en chimie organique

> **Activité 1**

Animation

● Alcanes et alcènes

Les **alcanes** non cycliques ont pour formule brute $C_n H_{2n+2}$; leurs atomes sont associés uniquement par des **liaisons covalentes simples**.

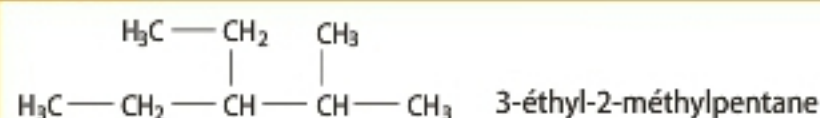
La **nomenclature systématique** permet d'associer à une molécule un nom reconnu par tous. Il se compose d'une **racine**, indiquant le nombre d'atomes de carbone de la chaîne carbonée la plus longue (appelée chaîne principale), et d'une **terminaison**.

Exemple

$H_3C-CH_2-CH_3$ est le propane : pour les alcanes, la terminaison -ane s'ajoute à la racine, qui indique ici la présence de trois atomes de carbone (Fig. 1).

La chaîne carbonée d'une molécule peut être **linéaire**, **cyclique** ou **ramifiée** (Fig. 2). Les ramifications sont des groupes **alkyles** $C_n H_{2n+1}$, groupes hydrocarbonés dérivés des alcanes. Dans le nom de la molécule, leur position sur la chaîne principale est précisée (voir fiche méthode p. 574).

Exemples



Les **alcènes** comportent une **double liaison** $C=C$. Les alcènes non cycliques ont pour formule brute $C_n H_{2n}$.

Dans le nom des alcènes, la terminaison -ane est remplacée par -ène.

Exemples

Le propène a pour formule $H_2C=CH-CH_3$ et le but-2-ène $H_3C-CH=CH-CH_3$.

● Quelques groupes caractéristiques

Un **groupe d'atomes caractéristique** est un groupe d'atomes qui définit une famille de molécules.

Ce groupe confère des propriétés particulières aux molécules d'une même famille. On dit qu'il est associé à une **fonction**.

Formule et nom du groupe caractéristique	Nom de la famille (ou fonction)	Terminaison	Exemple	Commentaire
-OH hydroxyle	Alcool	-ol	$H_3C-CH_2-CH_2-OH$ propan-1-ol	
$\begin{array}{c} \diagup \\ C=O \\ \diagdown \end{array}$ carbonyle	Aldéhyde	-al	$ \begin{array}{c} O \\ \\ H_3C-CH_2-C-H \\ \text{propanal} \end{array} $	Le groupe carbonyle est toujours situé à l'extrémité de la chaîne carbonée.
	Cétone	-one	$ \begin{array}{c} H_3C-C-CH_2-CH_3 \\ \\ O \\ \text{butan-2-one} \end{array} $	Le groupe carbonyle est toujours lié à deux atomes de carbone.

Formule	Nom
CH_4	méthane
C_2H_6	éthane
C_3H_8	propane
C_4H_{10}	butane
C_5H_{12}	pentane

Fig. 1 Nomenclature des premiers alcanes.

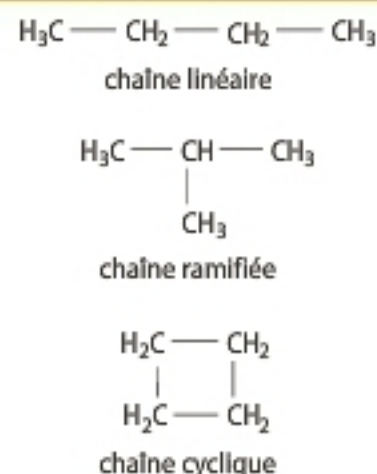
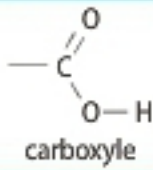
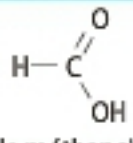
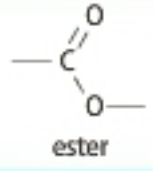
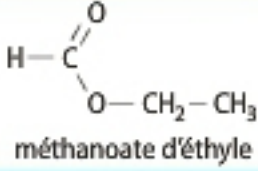

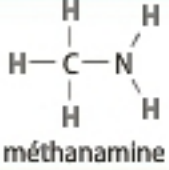
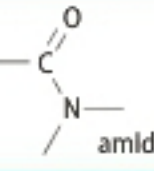
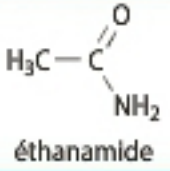


Fig. 2 Différentes chaînes carbonées.

Sciences et culture

L'Union internationale de Chimie pure et appliquée

Association fondée en 1919, L'Union Internationale de Chimie pure et appliquée (IUPAC en anglais) est une référence pour les chimistes. En particulier, c'est elle qui fixe les règles de nomenclature des composés.

Formule et nom du groupe caractéristique	Nom de la famille (ou fonction)	Terminaison	Exemple	Commentaire
 carboxyle	Acide carboxylique	-oïque	 acide méthanoïque	Le nom d'un acide carboxylique est précédé du mot « acide ».
 ester	Ester	-oate	 méthanoate d'éthyle	Le nom d'un ester est en deux parties : le nom de la chaîne carbonée contenant le groupe C=O, qui prend la terminaison -oate, est suivi du nom du groupe alkyle fixé à l'oxygène.
 amine	Amine	-amine	 méthylamine	L'atome d'azote est lié à 0, 1 ou 2 atomes d'hydrogène.
 amide	Amide	-amide	 éthanamide	L'atome d'azote est lié à 0, 1 ou 2 atomes d'hydrogène.

La nomenclature des molécules comportant un groupe caractéristique dérive de celle des alcanes. La terminaison remplace le -e final du nom de l'alcane correspondant (voir fiche méthode p. 574).

⇒ Exercices 1 à 7

2 Spectroscopie UV-visible

> Activités 2 et 4

Animation

La spectroscopie d'absorption UV-visible est une technique d'analyse d'échantillons et d'identification d'espèces chimiques organiques ou inorganiques.

● Principe

Dans un spectrophotomètre, on fait passer une radiation électromagnétique à travers une solution. Pour certaines longueurs d'onde, l'intensité I de la radiation transmise est inférieure à celle I_0 de la radiation incidente (Fig. 3) : la solution a absorbé de l'énergie.

Pour une longueur d'onde donnée, l'absorbance A d'un échantillon reflète le rapport de l'intensité de la radiation incidente sur l'intensité de la radiation transmise. C'est une grandeur sans unité.

Pour les appareils usuels, le domaine utile de longueur d'onde s'étend, dans l'UV, de 200 à 380 nm et, dans le visible, de 380 à 780 nm environ.

L'absorption d'énergie dans l'UV-visible correspond à une transition électronique, c'est-à-dire au passage d'un électron d'un niveau d'énergie plus faible à un niveau plus élevé.

Les solutions sont placées dans des cuves (Fig. 3) qui n'absorbent pas le rayonnement. Il faut aussi choisir un solvant transparent dans le domaine de longueurs d'onde étudié, tel que l'eau ou l'hexane (voir fiche pratique p. 584).

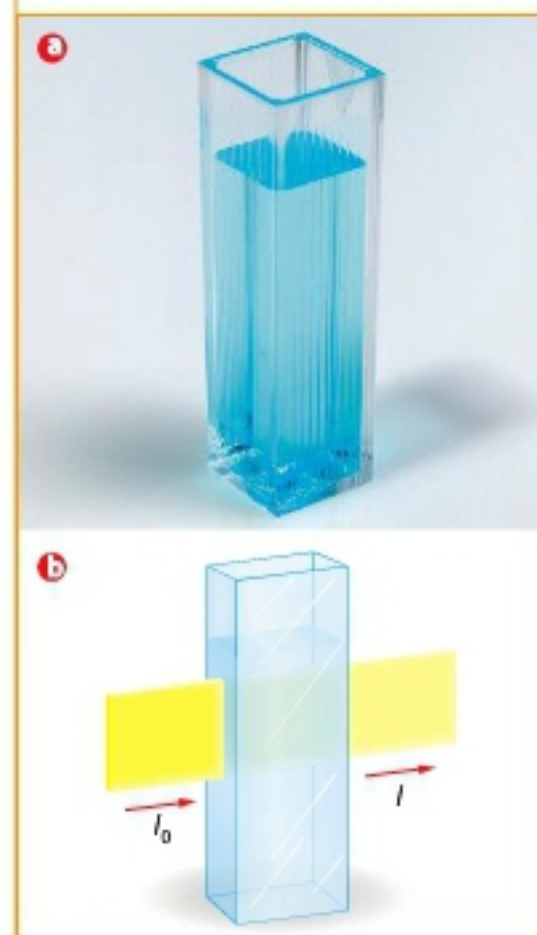


Fig. 3 (a) Cuve utilisée en spectroscopie. (b) Intensités lumineuses avant et après traversée de l'échantillon.

● Spectres d'absorption et couleur

Un **spectre d'absorption** correspond au tracé de l'absorbance A en fonction de la longueur d'onde λ . Le spectre UV-visible d'une espèce en solution est composé de **bandes** assez larges et peu nombreuses. Il est caractérisé par sa **longueur d'onde au maximum d'absorption** λ_{\max} (Fig. 4 b).

La **couleur perçue** de la solution est la **couleur complémentaire** de la couleur correspondant au maximum d'absorption (Fig. 5).

Exemple

Une solution de permanganate de potassium qui absorbe dans le vert ($\lambda_{\max} = 530 \text{ nm}$) est colorée en violet (Fig. 4 et 5).

Les solutions qui absorbent dans l'UV sont, quant à elles, transparentes.

● Chromophores

Un **chromophore** est un groupe d'atomes responsable d'une **absorption caractéristique**. Sa longueur d'onde au maximum d'absorption λ_{\max} est donnée dans des tables (voir page de rabat au début du manuel).

Lorsque le nombre de **liaisons multiples conjuguées** augmente dans une molécule, λ_{\max} augmente (le spectre se déplace vers le rouge), ainsi que l'intensité de la bande.

Exemple

Pour l'éthylène $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$, $\lambda_{\max} = 165 \text{ nm}$, alors que pour le buta-1,3-diène $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, qui possède deux doubles liaisons $\text{C}=\text{C}$ conjuguées, $\lambda_{\max} = 217 \text{ nm}$, avec une bande 1,4 fois plus intense.

⇒ Exercices 8 à 12

3 Spectroscopie infrarouge

> Activité 3

Animation

● Principe

Les molécules subissent des **mouvements de vibration** internes (Fig. 6). Il existe des vibrations d'**élongation** et des vibrations de **déformation**.

En **spectroscopie infrarouge** (IR), les radiations qui traversent l'échantillon à analyser appartiennent au domaine de l'infrarouge.

Quand une **lumière IR** traverse un échantillon (solide, liquide ou gazeux), certaines liaisons absorbent de l'énergie pour changer de fréquence de vibration, faisant apparaître des **bandes** dans le spectre.

Les énergies mises en jeu sont plus faibles qu'en spectroscopie UV-visible.

● Spectres infrarouge

En spectroscopie IR, on utilise par convention l'inverse de la longueur d'onde, appelé **nombre d'onde** : $\tilde{\nu} = 1/\lambda$. Pour λ en cm , $\tilde{\nu}$ s'exprime en cm^{-1} .

Pour λ variant de $2,5$ à $25 \mu\text{m}$, $\tilde{\nu}$ va de $4\,000$ à 400 cm^{-1} .

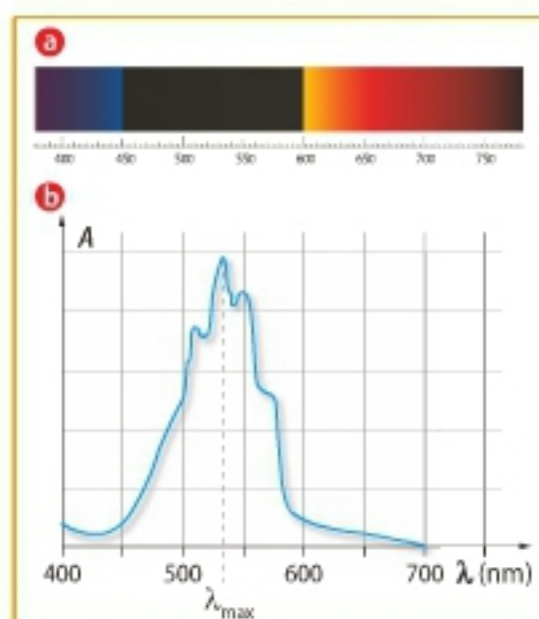


Fig. 4 a Spectre de la lumière blanche après traversée d'une solution de permanganate de potassium. b Spectre d'absorption de cette solution.

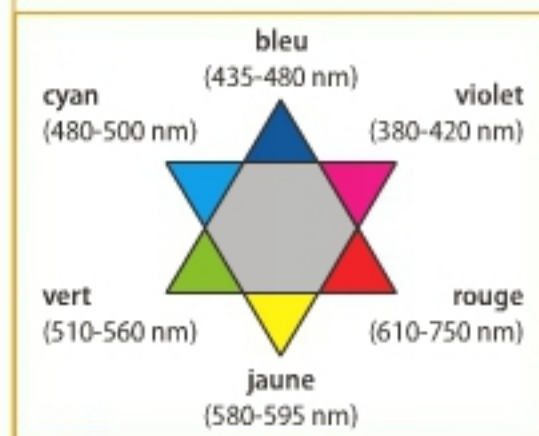


Fig. 5 Dans l'étoile chromatique, la radiation absorbée et la couleur complémentaire sont diamétralement opposées.

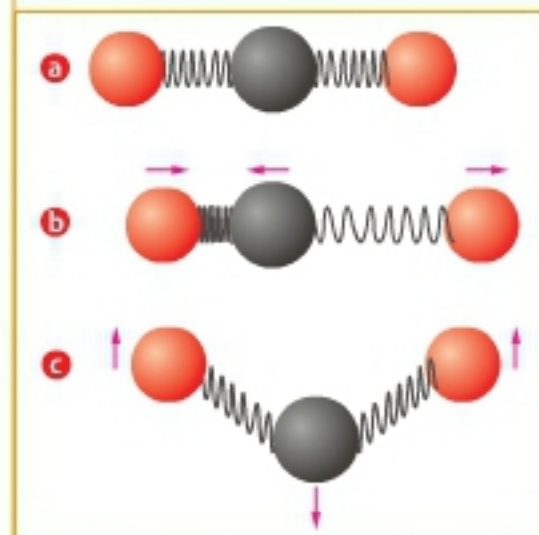


Fig. 6 Une molécule de CO_2 : a au repos ; b en mouvement d'élongation ; c en mouvement de déformation.

La **transmittance** T (exprimé en %) d'une solution est le rapport de l'intensité de la radiation transmise à l'intensité de la radiation incidente.

Un spectre IR représente généralement la transmittance T en fonction du nombre d'onde $\tilde{\nu}$ (Fig. 7).

Un « creux » de transmittance est ainsi équivalent à un « pic » d'absorbance.

● Bandes caractéristiques

Certains groupes d'atomes donnent des **bandes caractéristiques** dont la position dépend peu du reste de la molécule.

Au-dessus de $1\,200\text{ cm}^{-1}$, la spectroscopie IR renseigne sur les **groupes d'atomes caractéristiques** d'une molécule (Fig. 7) (voir table sur les rabats du manuel).

Au-dessous de $1\,200\text{ cm}^{-1}$, la « zone des empreintes digitales » est plus difficilement exploitable ; elle permet d'identifier une molécule en comparant son spectre IR à ceux enregistrés dans une banque de données.

● Mise en évidence de la liaison hydrogène

L'allure d'un spectre est modifiée par l'existence de **liaisons hydrogène**.

Pour un alcool très dilué, la vibration d'élongation de la liaison O–H donne une bande fine entre $3\,590$ et $3\,650\text{ cm}^{-1}$. En solution plus concentrée apparaissent des **liaisons hydrogène intermoléculaires** qui affaiblissent la liaison O–H : la bande s'**élargit** et $\tilde{\nu}$ diminue, entre $3\,200$ et $3\,400\text{ cm}^{-1}$ (Fig. 8).

Remarque : avec des liaisons **intramoléculaires**, la dilution ne modifie pas le spectre.

➔ Exercices 13 à 18

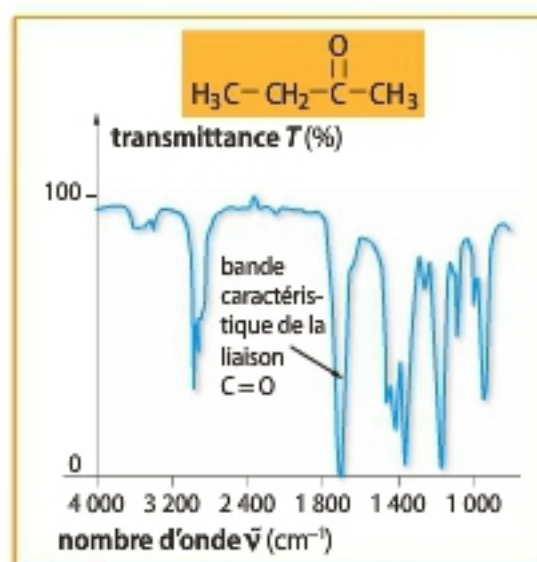


Fig. 7 Spectre IR de la butan-2-one.

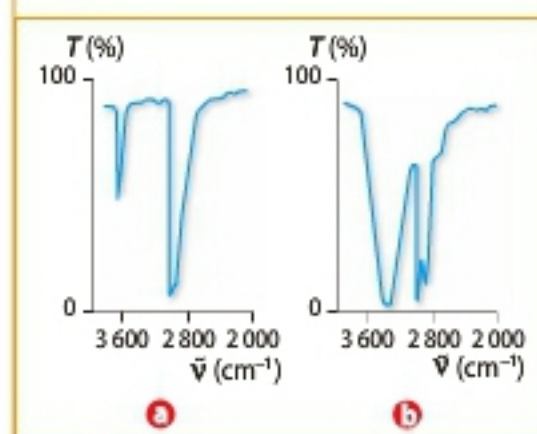


Fig. 8 Effet de la liaison hydrogène sur le spectre IR des alcools. a Pas de liaison hydrogène. b Présence de liaisons hydrogène.

Les compétences à acquérir

1 Connaître les groupes caractéristiques et les règles de nomenclature

- Les **groupes d'atomes caractéristiques** confèrent aux molécules d'une même **famille** des propriétés chimiques identiques.
- Les règles de **nomenclature** permettent de nommer les molécules organiques.

2 Exploiter des spectres UV-visible

- L'**absorption** d'énergie dans l'UV-visible par une molécule est due à une **transition électronique**.
- La **couleur observée** d'une solution est la couleur complémentaire de celle qui est absorbée.
- Le **spectre d'absorption** correspond au tracé de l'**absorbance** A en fonction de la longueur d'onde λ .

- Un **chromophore** est un groupe d'atomes responsable d'une **absorption caractéristique**.

3 Exploiter des spectres IR

- Les **transitions vibrationnelles** dans les molécules sont responsables des **bandes** d'un **spectre infrarouge (IR)**.
- Un **spectre IR** correspond au tracé de la **transmittance** T en fonction du **nombre d'onde** $\tilde{\nu}$, inverse de la longueur d'onde λ .
- La position des bandes caractéristiques de certains groupes d'atomes dépend peu du reste de la molécule.
- L'allure d'un spectre est modifiée par l'existence de **liaisons hydrogène**.

Compétence 1

➤ **Connaître les groupes caractéristiques et les règles de nomenclature**

1 VRAI ou FAUX ?

Répondre vrai ou faux aux propositions suivantes. Corriger les affirmations fausses.

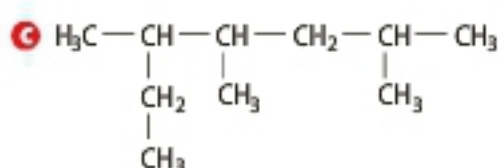
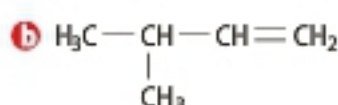
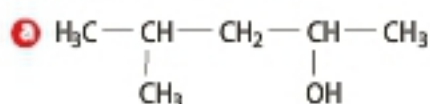
- 1 Le 2,4-diméthylpentane est un alcène.
- 2 La chaîne carbonée du cyclopropane est ramifiée.
- 3 Le but-2-ène est un alcène à chaîne carbonée linéaire.
- 4 Le propyle est un groupe alkyle.

2 Hydrocarbures

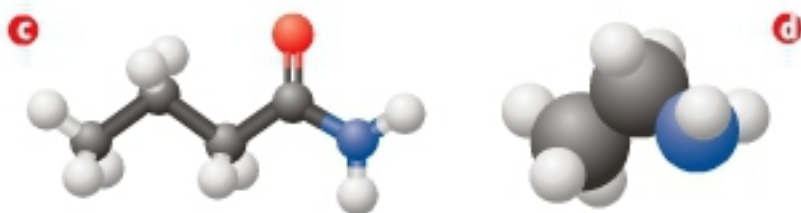
1. Écrire la formule semi-développée des composés suivants :
a. 3-éthyl-2-méthylpentane ; **b.** 4-éthyl-2-méthylhexane ;
c. 2,3-diméthylbutane.
2. À quelle famille appartiennent-ils ?

3 Qui suis-je ?

Nommer les molécules suivantes :



4 Modèles moléculaires



Identifier les groupes caractéristiques des quatre molécules ci-dessus. Nommer ces molécules.

Données. Code des couleurs pour les atomes : C, noir ; O, rouge ; H, blanc ; N, bleu.

5 Cases vides

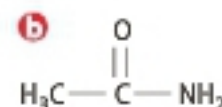
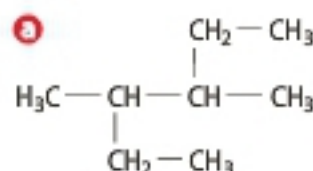
Recopier et compléter le tableau suivant.

Nom	Formule
	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Pentanoate de méthyle	
	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{O} & & \text{H} & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{N} & & \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & & & \text{H} & \end{array}$
Hex-1-ène	
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$
3,4-diméthylpentanal	
	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{O} & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & & \\ & & & & & \backslash & / \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{O} & -\text{H} \end{array}$

6 IUPAC names and classes

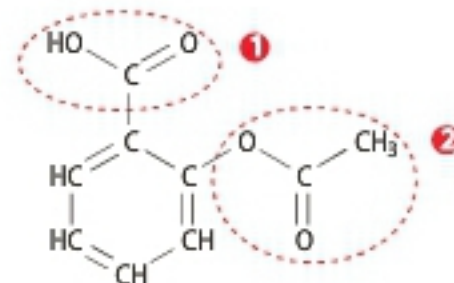


1. What is the correct IUPAC name for the compound **a** below?
2. To which class of organic compounds does the molecule **b** belong?



7 Aspirine

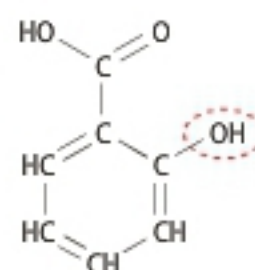
La molécule d'aspirine ou d'acide acétylsalicylique a pour formule :



1. À quelle famille de composés correspond chacun des groupes caractéristiques notés **1** et **2** et entourés dans la formule de l'acide acétylsalicylique ?

2. Au laboratoire, on peut fabriquer l'acide acétylsalicylique à partir de l'acide salicylique qui a la formule ci-contre.

À quelle famille de composés correspond le groupe entouré ? Donner le nom de ce groupe.



Compétence 2

> Exploiter des spectres UV-visible

Donnée. Étoile chromatique :



8 QCM

Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s) dans chaque cas.

- Les limites de longueurs d'onde du domaine visible sont :
a 40-80 nm ; **b** 400-800 nm ; **c** 400-800 μm .
- Un groupe d'atomes responsable d'une absorption caractéristique est un :
a chronophage ; **b** photophore ; **c** chromophore.
- Les longueurs d'onde du domaine ultraviolet sont :
a plus grandes que celles du visible ;
b plus petites que celles du visible.

9 QROC

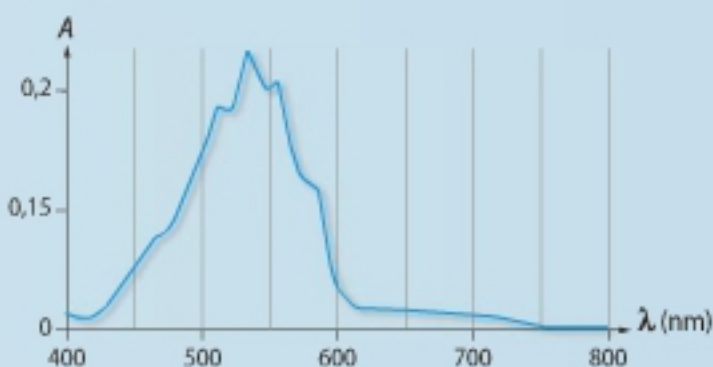
La spectroscopie d'absorption est une technique d'analyse dans laquelle on fait passer une radiation à travers une solution.

- Que peut-on dire des intensités des faisceaux entrant et sortant ?
- À quoi cela correspond-il sur le plan énergétique ?
- Qu'est-ce que l'absorbance d'une solution ?
- Justifier le fait qu'il s'agit d'une grandeur sans unité.

EXERCICE RÉSOLU

10 Solution de permanganate de potassium

Voici le spectre d'une solution aqueuse de permanganate de potassium.



- Dans quel(s) domaine(s) de longueurs d'onde cette solution absorbe-t-elle le plus ?
- En déduire la couleur de la solution.
- Quelle est l'allure du spectre de la lumière blanche après passage dans la solution ?

- À quelle longueur d'onde faut-il régler le spectrophotomètre pour analyser des solutions de permanganate de potassium ?

Aides et méthodes

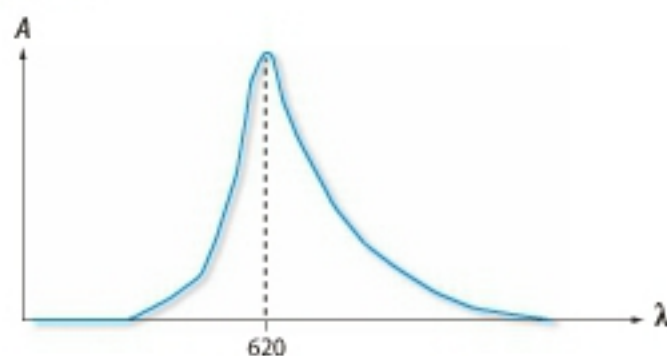
- La couleur observée est la couleur complémentaire de celle qui est absorbée.

Solution

- C'est autour de $\lambda = 540 \text{ nm}$, c'est-à-dire dans le vert, qu'elle absorbe le plus.
- La solution apparaît de la couleur complémentaire du vert, donc violet.
- Il y a une bande sombre là où devrait être le vert dans le spectre continu allant du rouge au violet.
- Il faut se placer au maximum d'absorption, soit 540 nm.

11 Spectre et couleur

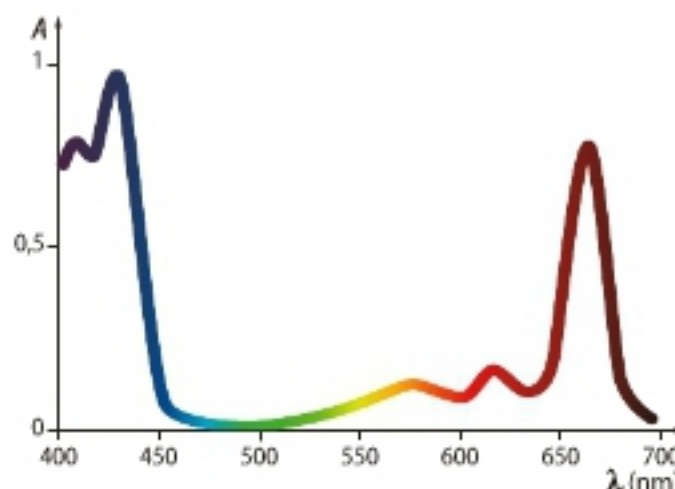
Afin de tracer le spectre d'absorbance du sulfate de cuivre, on utilise un spectrophotomètre. L'allure du spectre est donnée ci-dessous :



- Préciser le nom et l'unité des grandeurs portées en abscisse et en ordonnée sur le spectre.
- Pour quelle longueur d'onde la solution de sulfate de cuivre présente-t-elle un maximum d'absorption ?
- À quel domaine de longueurs d'onde cela correspond-il ?
- Quelle est la couleur de la solution ?

12 Solution colorée

On donne le spectre d'absorption d'une solution aqueuse de chlorophylle :



- Indiquer, en justifiant, la couleur des radiations absorbées.
- En déduire la couleur de la solution.

Compétence 3

> Exploiter des spectres infrarouge

Données. Le tableau des bandes caractéristiques est sur les rabats.

13 QCM

Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s) dans chaque cas.

- En spectroscopie IR, l'énergie absorbée agit au niveau :
 - d'une transition électronique ;
 - d'une transition d'énergie vibrationnelle.
 - On ne peut pas répondre.
- Le nombre d'onde est :
 - l'opposé de la longueur d'onde ;
 - l'inverse de la longueur d'onde ;
 - une grandeur exprimée en cm^{-1} .
- La transmittance est :
 - le rapport de l'intensité transmise sur l'intensité reçue ;
 - le rapport de l'intensité reçue sur l'intensité transmise ;
 - le rapport de l'intensité perdue sur l'intensité reçue.

14 QROC

- Quel domaine de longueurs d'onde est utilisé en spectroscopie infrarouge ?
- Situer dans un spectre infrarouge la zone des groupes caractéristiques.
- Où se trouve la « zone des empreintes digitales » ?
 - Quelle peut être son utilité ?

15 Bande caractéristique

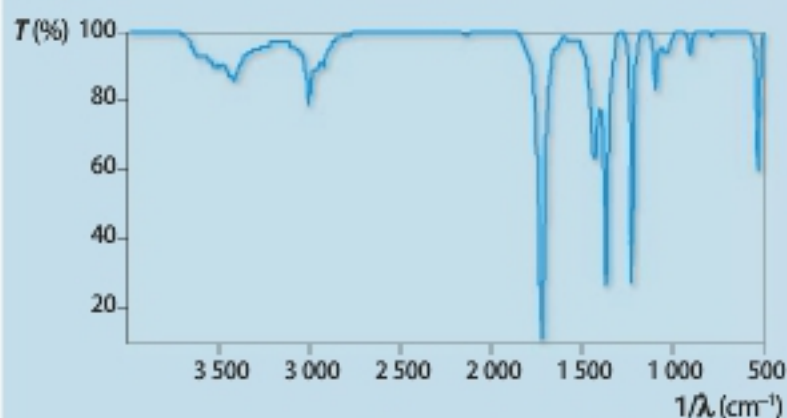
La bande d'absorption de nombre d'onde $\tilde{\nu} = 1\,650\text{ cm}^{-1}$ est due à des liaisons carbone-carbone.

- À quelle famille chimique est-elle associée ?
- Calculer la longueur d'onde correspondante.

EXERCICE RÉSOLU

16 Identifier un composé

On donne le spectre d'absorption d'une molécule organique :



- Quelle liaison peut-on facilement identifier ?
- À quelle famille chimique appartient cette molécule ?

Aides et méthodes

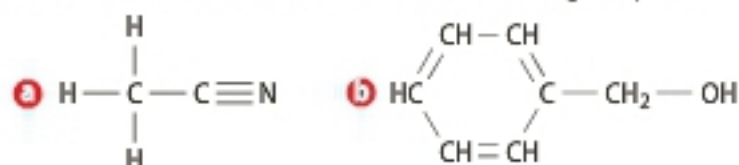
- Une absorption forte entre $1\,650$ et $1\,800\text{ cm}^{-1}$ permet d'identifier une liaison $\text{C}=\text{O}$.

Solution

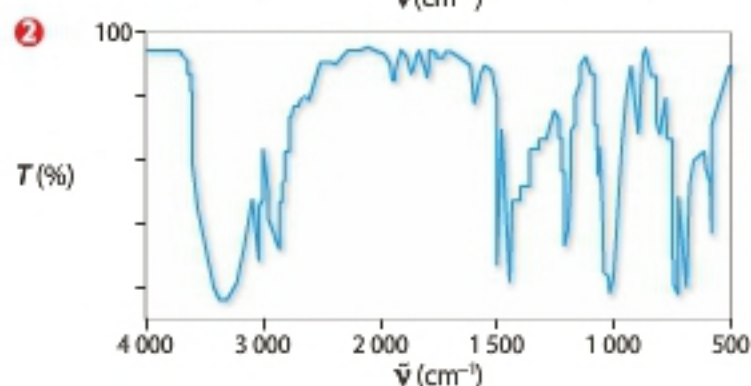
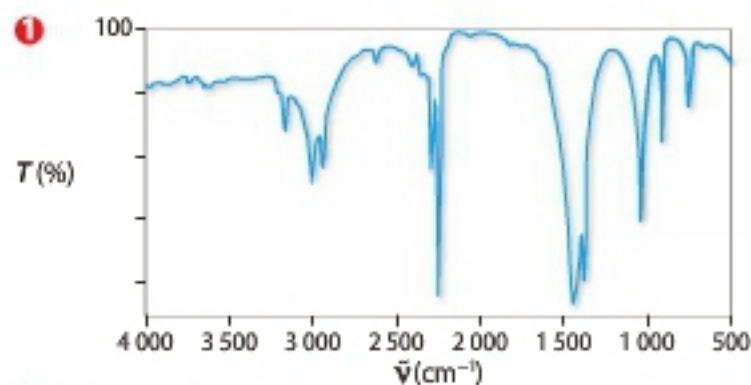
- La bande vers $1\,720\text{ cm}^{-1}$ correspond à la liaison $\text{C}=\text{O}$ d'un aldéhyde ou d'une cétone.
- L'absence de bande vers $2\,700\text{ cm}^{-1}$, caractéristique de la liaison $\text{C}-\text{H}$ d'un aldéhyde, indique qu'il s'agit d'une cétone.

17 Le bon spectre

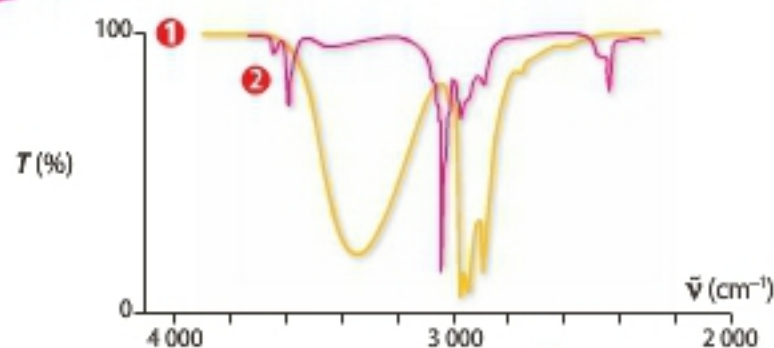
On donne les formules de deux molécules organiques :



- Rechercher les nombres d'onde des bandes caractéristiques pour ces molécules.
- Parmi les spectres infrarouge donnés ci-dessous, identifier celui qui appartient à chacune des deux molécules.



18 ★ Bande OH des alcools



On a enregistré le spectre d'un alcool pur 1 et celui du même alcool dilué dans un solvant 2.

- Quelle différence y a-t-il entre les deux spectres ?
- Comment peut-on l'interpréter ?

Exercices de synthèse

Pour
préparer le
BAC

Données. Le tableau des bandes caractéristiques en spectroscopie IR est donné sur les rabats avant du manuel.
L'étoile chromatique est donnée page 97.

19 Qui suis-je ?

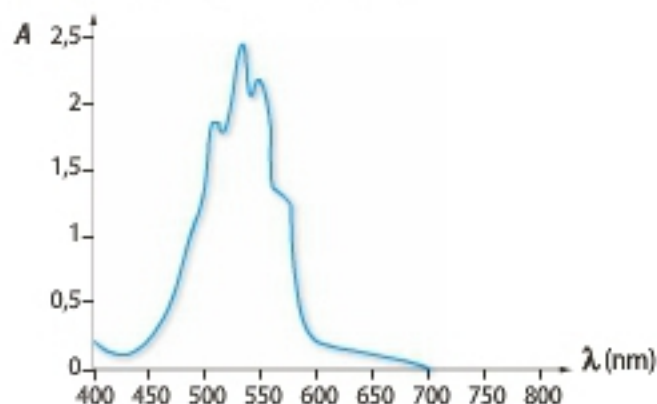
On considère une molécule de formule brute C_2H_6O . Dans son spectre IR, on observe une large bande d'absorption, entre $3\ 200$ et $3\ 400\text{ cm}^{-1}$, et un pic à $1\ 380\text{ cm}^{-1}$.

1. Quelle est la formule semi-développée de cette molécule ?
2. Comment se nomme-t-elle ?

20 Eau de Dakin

L'étiquette d'un flacon d'eau de Dakin, un antiseptique de couleur rose et d'odeur chlorée, mentionne plusieurs principes actifs. On admettra que seul le permanganate de potassium intervient dans la mesure de l'absorbance de l'eau de Dakin.

1. Rappeler ce qu'est un principe actif pour un médicament.
2. À partir du spectre d'absorption ci-dessous, réalisé avec une solution de permanganate de potassium, expliquer comment choisir la longueur d'onde pour un dosage spectrophotométrique de l'eau de Dakin.



L'absorbance de l'eau de Dakin à la longueur d'onde $\lambda = 530\text{ nm}$ vaut 0,14.

3. Le spectre donné a-t-il été réalisé avec une solution de concentration molaire plus élevée ou plus faible que l'eau de Dakin ? Justifier sans calcul.
4. Justifier la couleur de l'eau de Dakin.

21 Composé oxygéné

Un composé de formule brute C_3H_6O présente un spectre infrarouge sur lequel on note deux pics à $1\ 730\text{ cm}^{-1}$ et $2\ 726\text{ cm}^{-1}$.

1. À quelle famille chimique appartient-il ?
2. Proposer une formule développée pour ce composé, en justifiant votre réponse.
3. Quel est son nom ?

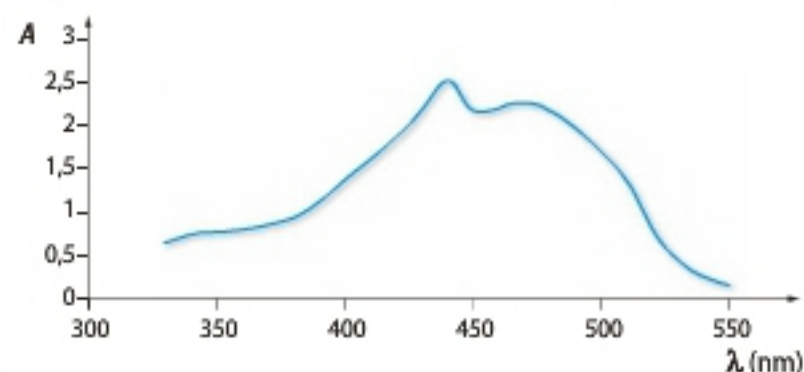
22 Pigment du paprika

Le paprika, issu du poivron, est une épice de couleur rouge qui contient plusieurs pigments colorés. On analyse l'un d'entre eux, de couleur jaune, au spectrophotomètre.

1. À quel type de transition est associée une bande d'absorption en spectroscopie UV-visible ?

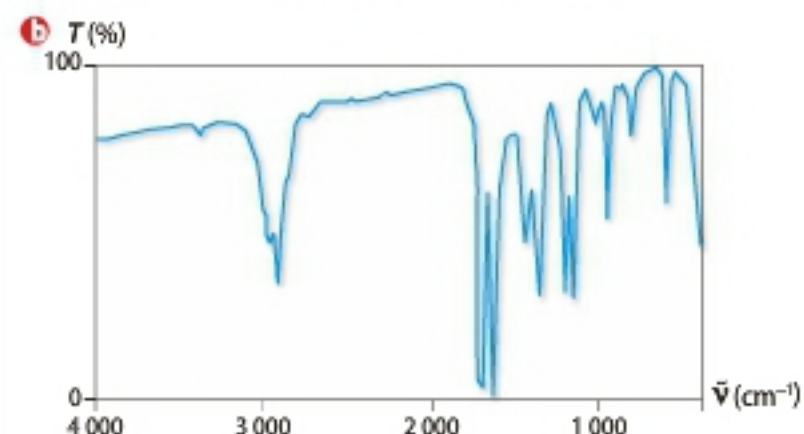
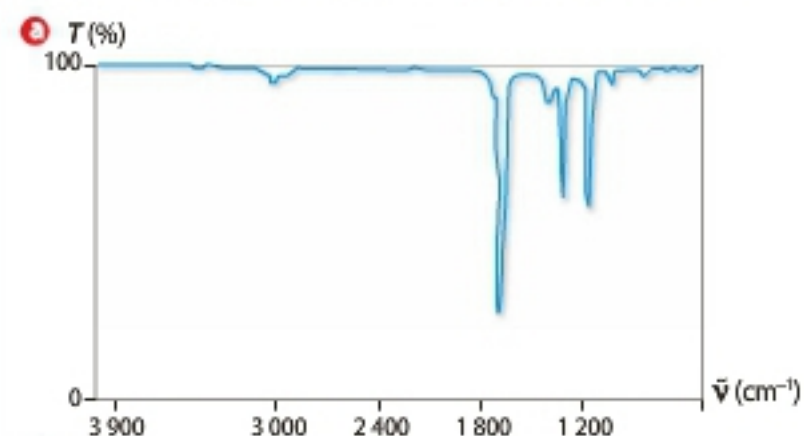


2. La couleur du pigment est compatible avec le spectre d'absorbance obtenu, ci-dessous. Pourquoi ?



23 Étude IR de cétones

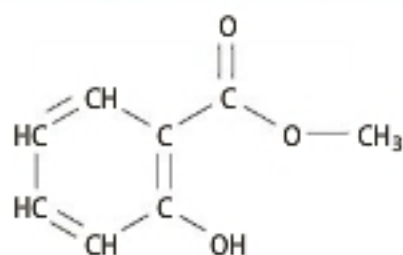
1. Quel groupe caractéristique possèdent les cétones ?
2. Écrire la formule développée de la propan-2-one.
3. Vers quelle longueur d'onde le spectre de la 4-méthylpent-3-èn-2-one doit-il présenter une bande de plus par rapport au spectre de la propan-2-one ?
4. Attribuer un des spectres ci-dessous à la propan-2-one et l'autre à la 4-méthylpent-3-èn-2-one.
5. En utilisant les spectres, calculer la valeur de la longueur d'onde moyenne (en nm) de la bande $C=O$ d'une cétone.



24 Dégradation photochimique

Le salicylate de méthyle est présent dans la fleur de Tiaré. Sa formule semi-développée est donnée ci-après.

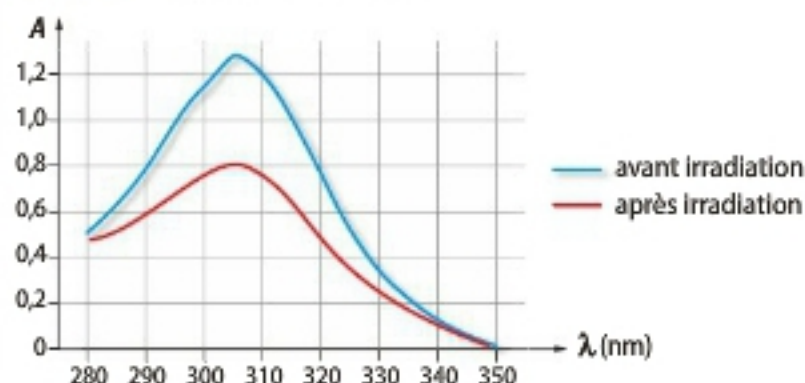
Exercices



Le salicylate de méthyle se dégrade sous l'action de la lumière. On étudie par spectrophotométrie sa décomposition. Pour cela, on soumet des films contenant du salicylate de méthyle à un rayonnement de longueurs d'onde comprises entre 280 et 350 nm, à une température de 60 °C. La puissance ainsi reçue par unité de surface du film est égale à environ 6 fois celle qui correspond à une irradiation solaire maximale.

1. Nommer les groupes caractéristiques de la molécule.

La courbe donnant l'évolution de l'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle en fonction de la longueur d'onde est représentée sur la figure suivante, avant irradiation et après quelques heures d'irradiation :



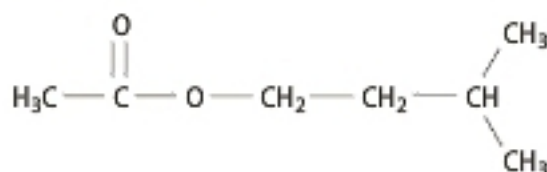
2. Quelle est la longueur d'onde optimale pour l'étude de l'absorbance du film ? Justifier.

3. a. Dans quel domaine du spectre électromagnétique (UV, visible, IR) cette longueur d'onde se situe-t-elle ?

b. Comment expliquer la différence d'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle, avant et après irradiation ?

25 ★ Arôme de banane

L'éthanoate de 3-méthylbutyle, dont la saveur et l'odeur sont celles de la banane, est utilisé comme additif alimentaire. Sa formule semi-développée est :

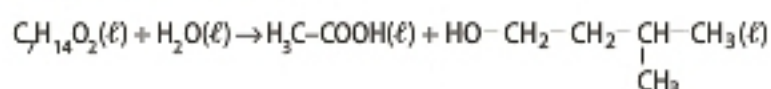


Il peut subir une réaction d'hydrolyse.

1. Faire apparaître le groupe caractéristique de cette molécule et indiquer à quelle famille de composés elle appartient.

2. Sur le spectre infrarouge de la molécule, donné ci-après, repérer les bandes d'absorption caractéristiques.

L'équation de la réaction d'hydrolyse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle s'écrit :

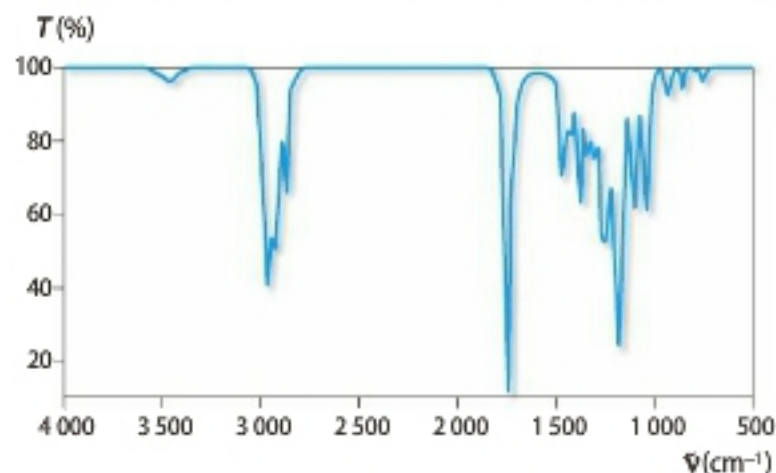


3. a. Préciser le nom de chacune des espèces chimiques obtenues lors de l'hydrolyse.

b. Écrire la formule développée de chacune de ces molécules.

c. Entourer les groupes caractéristiques.

d. Indiquer à quelle famille de composés elles appartiennent.



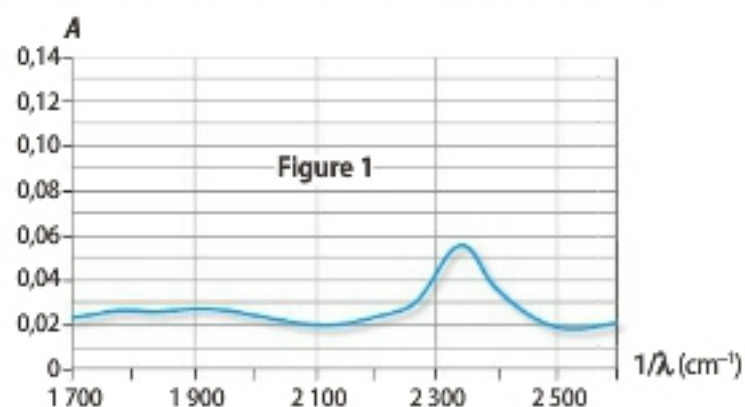
26 ★ Autour du vin

Le vin est obtenu par fermentation du jus de raisin. Le glucose présent dans le raisin est alors dégradé en éthanol et en dioxyde de carbone CO_2 . La vinification terminée, on décèle dans le vin la présence de CO_2 , à raison de 200 à 700 mg par litre, ce qui correspond à la norme admise par la législation actuelle.

Pour déterminer la concentration en CO_2 du vin, les laboratoires d'œnologie analysent des échantillons par spectrophotométrie. Ils disposent de tables leur permettant d'interpréter les spectres obtenus :

Absorbance	0,020	0,045	0,055	0,100	1,120
Concentration massique en CO_2 (mg · L ⁻¹)	200	460	590	1 050	1 300

L'analyse d'un échantillon donne le spectre suivant :



Sur la figure 2 ci-après, on donne deux spectres de l'éthanol, obtenus dans des conditions différentes.

1. Les figures 1 et 2 donnent en abscisse $1/\lambda$, l'inverse de la longueur d'onde. Comment appelle-t-on cette grandeur ?

2. Comment appelle-t-on la grandeur portée en ordonnée dans le cas de la figure 1 ? Même question pour la figure 2.

3. Pourquoi peut-on dire que les spectres de la figure 2 sont obtenus par spectroscopie infrarouge ?

4. a. Où se situe le maximum d'absorption dû à la présence de dioxyde de carbone ?

b. Déterminer graphiquement la valeur de l'absorbance pour ce maximum d'absorption.

5. a. En déduire la teneur en CO_2 de l'échantillon analysé.

b. Cet échantillon respecte-t-il la norme pour le CO_2 ?

6. Donner la formule développée de l'éthanol.

7. Entourer le groupe caractéristique qu'il renferme et préciser son nom.

8. Sur la figure 2, l'un des spectres a été réalisé en phase gazeuse, l'autre en solution. Les identifier en justifiant la réponse.

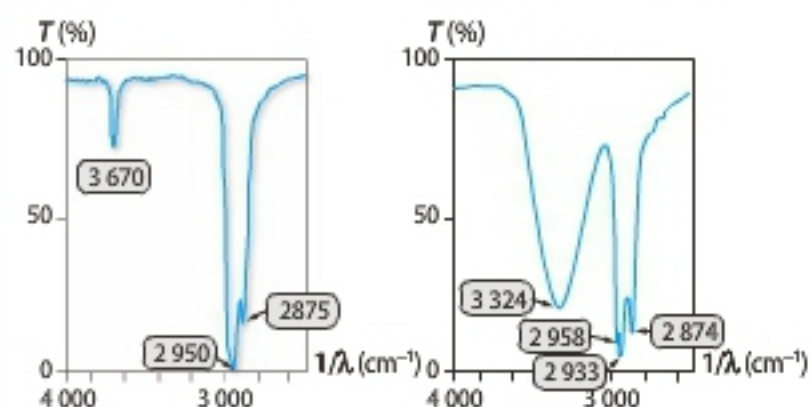
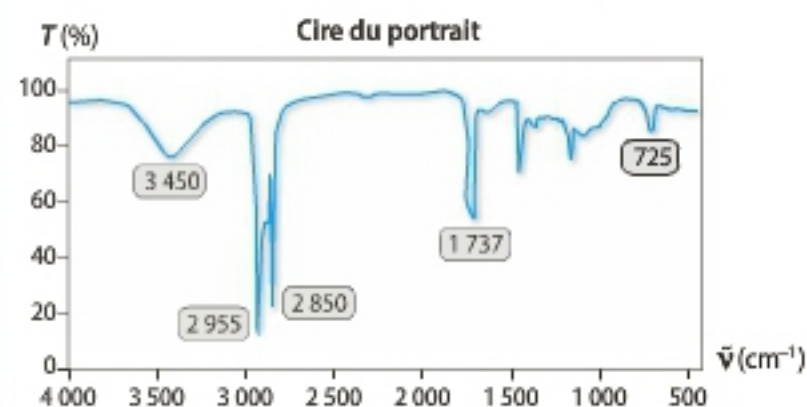
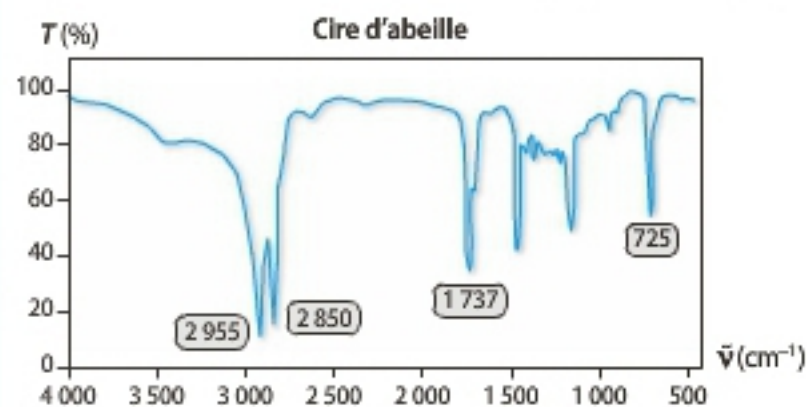


Figure 2

27 ★ Portrait du Fayoum

La spectrométrie infrarouge est notamment utilisée pour déterminer la composition de liants, matériaux constitutifs d'œuvres d'art. Les portraits du Fayoum sont des représentations funéraires égyptiennes d'époque romaine (entre le I^{er} et le IV^e siècle après Jésus-Christ), peints avec un liant que l'on suppose être à base de cire d'abeille. Les spectres infrarouge de la cire d'abeille et du liant sont réalisés.



1. Que dire du spectre du liant comparé à celui de la cire d'abeille ?

La recherche menée sur la cire d'abeille montre une légère différence entre les spectres de référence des cires d'abeille actuelles et les prélèvements archéologiques. L'explication tient au vieillissement de la cire d'abeille en contexte archéologique chaud : les esters contenus dans la cire se transforment en un acide carboxylique et un alcool.

2. a. Dessiner la formule semi-développée d'un alcane possédant trois atomes de carbone.

b. Donner son nom en nomenclature systématique.

3. Écrire la formule générale d'un alcool, d'un acide carboxylique, puis d'un ester, en encadrant le groupe caractéristique correspondant.

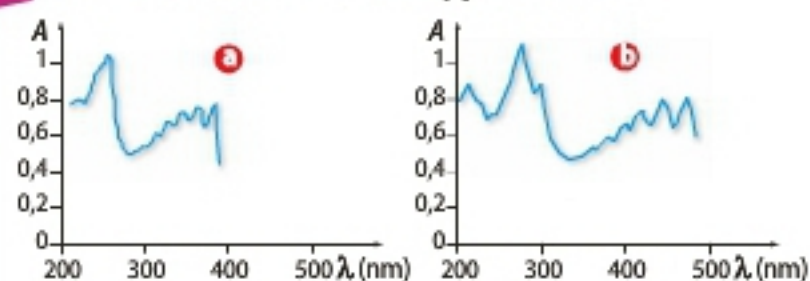
4. a. Dessiner un exemple de molécule d'alcool et un exemple de molécule d'acide carboxylique, possédant chacune trois atomes de carbone.

b. Nommer les molécules représentées.

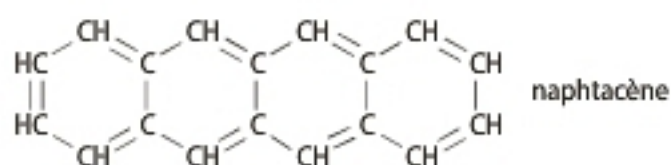
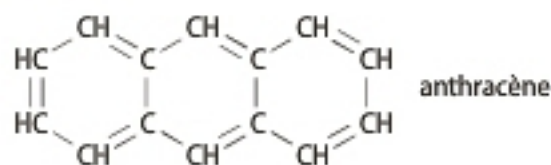
5. Dans le spectre du liant, quelle bande est caractéristique de la présence d'un groupe O-H ? À quelles molécules la doit-on ?

En route vers le Supérieur

28 Effets bathochrome et hyperchrome



On appelle « effet bathochrome » le déplacement d'une bande d'absorption d'un chromophore vers les grandes longueurs d'onde et « effet hyperchrome » l'augmentation de l'intensité de cette bande. Ces deux effets sont visibles si l'on compare les spectres d'absorption UV-visible (ci-dessus) du naphtacène et de l'anthracène, deux molécules dont les formules sont données ci-dessous :



1. Qu'est-ce qu'un chromophore ?

2. Quel est celui présent dans les deux molécules ?

3. Identifier le spectre de chaque molécule en justifiant.

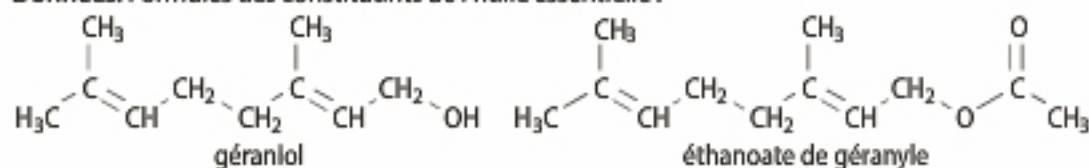
Huile essentielle

Les huiles essentielles ont des effets bénéfiques sur le corps et entrent dans la composition de nombreux parfums, laits pour le corps, gels douche... Ce sont des substances odorantes volatiles contenues dans les végétaux.

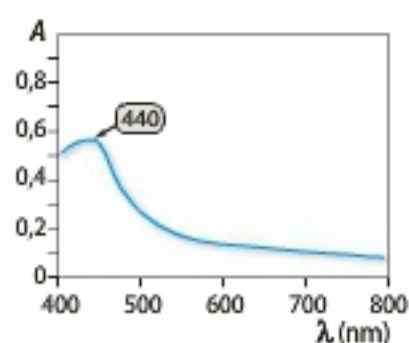
L'huile essentielle d'ylang-ylang (signifiant « fleur des fleurs »), dont le nom INCI (*International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*) est *Carnanga Odorata*, a des propriétés antiseptiques, hydratantes et odorantes (odeur florale, boisée et balsamique). Cette huile est obtenue à partir des fleurs d'ylang-ylang, arbre aromatique poussant en zone tropicale humide.

Parmi les composants de l'huile essentielle d'ylang-ylang, on trouve le géraniol et l'éthanoate de géranyle.

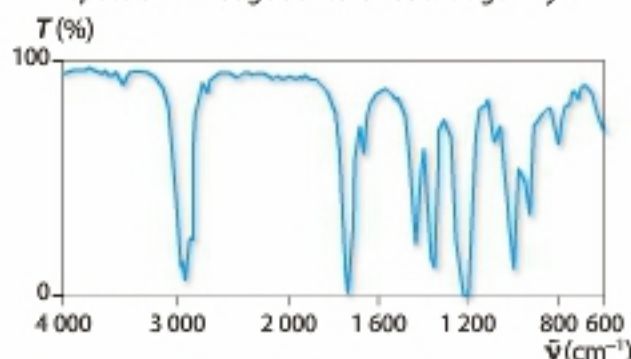
Données. Formules des constituants de l'huile essentielle :



Spectre UV-visible du géraniol



Spectre infrarouge de l'éthanoate de géranyle



1. Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents dans les molécules de géraniol et d'éthanoate de géranyle.

On peut préparer l'éthanoate de géranyle à partir d'un acide carboxylique.

2. Sachant que le mot « éthanoate » dérive de cet acide, donner son nom et sa formule semi-développée.

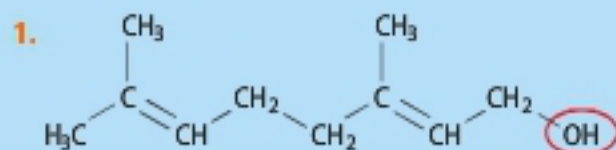
3. Du spectre d'absorption UV-visible donné ci-dessus, déduire la couleur d'une solution de géraniol. On pourra utiliser l'étoile chromatique donnée page 97.

4. Sur le spectre infrarouge de la molécule d'éthanoate de géranyle, identifier les deux bandes caractéristiques d'un ester. On pourra utiliser la table de bandes caractéristiques donnée sur les rabats avant du manuel.

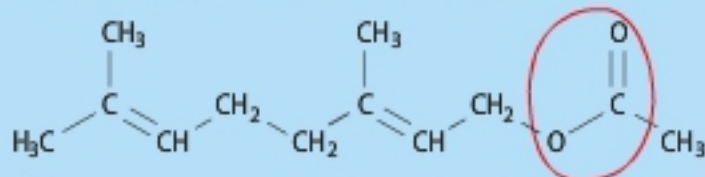
➤ Coups de pouce

1. Un groupe d'atomes caractéristique définit une famille de molécules ; les alcools, par exemple, contiennent le groupe d'atomes caractéristique hydroxyle -OH.
3. La couleur perçue d'une solution est la couleur complémentaire de la couleur correspondant au maximum d'absorption.
4. Certains groupes d'atomes donnent des bandes caractéristiques dont on trouve le nombre d'onde dans des tables.

EXEMPLE DE RÉOLUTION

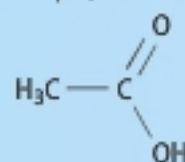


Le géraniol contient le groupe hydroxyle.



L'éthanoate de géranyle contient le groupe ester.

2. D'après le nom de l'ester, l'acide carboxylique utilisé pour la synthèse est l'acide éthanoïque, de formule semi-développée :

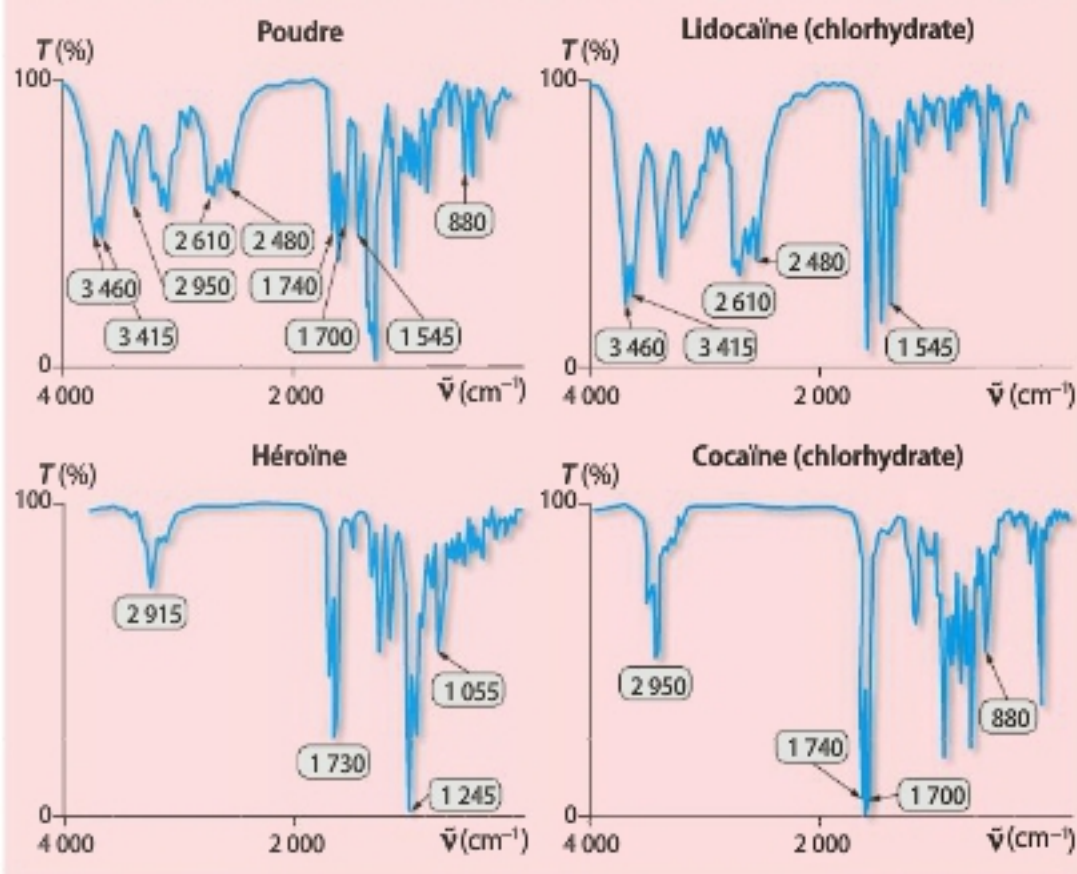


3. Le maximum d'absorption de la solution de géraniol se situe à 440 nm, c'est-à-dire dans le bleu. La solution est donc jaune.

4. Les principales bandes sont dues à la liaison C=O, vers 1 740 cm⁻¹, et à la liaison C-O, vers 1 230 cm⁻¹.

Des preuves irréfutables

Les enquêteurs se basent souvent sur l'analyse des preuves réalisée dans les laboratoires de la police scientifique. Dans le cadre d'une enquête sur un trafic de drogue, ils étudient un échantillon de poudre blanche. Le laboratoire leur a fourni les spectres suivants, qui, excepté peut-être celui de la poudre, correspondent à des produits purs.



1. En observant les spectres ci-dessus et en justifiant, citer la technique utilisée par les policiers scientifiques pour résoudre cette affaire.
2. Lors de la mise en œuvre de cette technique, que se passe-t-il quand une molécule reçoit des radiations appartenant au bon domaine de longueurs d'onde ?
3. Sur une échelle de longueurs d'onde, situer par rapport au domaine du visible la position des radiations utilisées pour obtenir les spectres.
4. Les enquêteurs hésitent entre un trafic de cocaïne et un trafic d'héroïne. Que peuvent-ils déduire de l'étude des spectres ?
5. Cette drogue est-elle « coupée » (c'est-à-dire est-ce un mélange) ? Justifier.

Les compétences évaluées

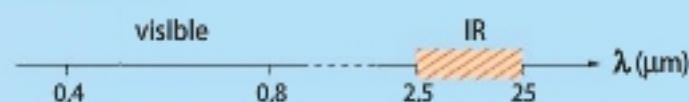
- Connaître les groupes caractéristiques et les règles de nomenclature.
- Exploiter un spectre infrarouge.

➤ Coups de pouce

3. Le domaine des longueurs d'onde du visible s'étend de 400 (violet) à 800 nm (rouge) environ.
4. La spectroscopie IR permet d'identifier une molécule en comparant son spectre aux spectres enregistrés dans des banques de données.

EXEMPLE DE RÉOLUTION

1. Les spectres proposés représentent la transmittance en fonction du nombre d'onde. Il s'agit de spectroscopie infrarouge, qui fait intervenir des nombres d'onde allant de 4 000 à 400 cm^{-1} .
2. Une molécule qui reçoit des radiations dans l'infrarouge peut absorber certaines d'entre elles, à des longueurs d'onde qui correspondent aux fréquences de vibration des groupes chimiques la constituant.
3. $\lambda(\mu\text{m}) = 10\,000/\tilde{\nu}(\text{cm}^{-1})$, donc les longueurs d'onde utilisées varient de :
 $\lambda = 10\,000/4\,000 = 2,5\ \mu\text{m}$ à $\lambda = 10\,000/400 = 25\ \mu\text{m}$.



4. Il s'agit d'un trafic de cocaïne car les spectres de la cocaïne et de la poudre présentent plusieurs bandes communes : 2950, (1740-1700) et 880 cm^{-1} .
5. La drogue n'est pas pure : la lidocaïne est un des constituants principaux présents dans l'échantillon car on retrouve plusieurs bandes communes dans les deux spectres : (3460-3415), (2 610-2 480) et 1 545 cm^{-1} .