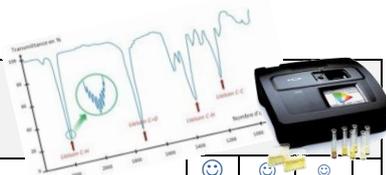


Thème 1 : Onde support de l'information

Chapitre 4 : Analyse spectrale.



Objectifs :

Associer un groupe caractéristique à une fonction pour les alcools, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.
 Connaître les règles de nomenclature de ces composés ainsi que celles des alcanes et des alcènes.....
 Exploiter des spectres UV-visible. Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption.....
 Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels
 Mise en évidence de la liaison hydrogène
 Identification de molécules organiques à l'aide : du déplacement chimique, de l'intégration, de la multiplicité du signal
 Extraire et exploiter des informations sur différents types de spectres et sur leurs utilisations

😊	😊	😊

EN TP

Mettre en oeuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.

Ressources : Consulter les ressources suivantes et compléter la trace écrite au crayon papier.

Attention les questionnaires doivent être remplis au plus tard la veille du cours à 21h30 pour être pris en compte dans la note.

Règles de nomenclature 1/2  http://goo.gl/forms/37is90Qo5h	Règles de nomenclature 2/2  http://goo.gl/forms/bkjbAUtyqR	Spectres UV-Visible  http://goo.gl/forms/sOSNXZNxvS
Comment faire un dosage par étalonnage  http://urlz.fr/2rBD	Spectres IR  http://goo.gl/forms/rv9G6aLCrF	Spectres RMN  http://goo.gl/forms/90GDCF8EyX

☑	☒

Travail à faire :

Consulter les ressources.....
 Compléter la trace écrite.....
 S'exercer sur les exercices obligatoires
 S'exercer sur les exercices autocorrigés.....
 Pour les plus avancés tutorer les autres ou passer sur un thème libre.....
 Faire la carte conceptuelle résumant le cours (et la partager sur le compte Twitter ou padlet de la classe).....
 Apprendre le cours avant l'interro et refaire des exercices avant le DS.....

☑	☒

I. Comment nommer les molécules en chimie organique ?

Rappels des règles de nomenclature.

① Déterminer la chaîne carbonée la plus longue qui sera identifiée par le préfixe suivant :

Nombre de C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
préfixe										

② S'il y a des ramifications (groupe):

- leur nom correspond au préfixe de leur nombre d'atomes de..... suivi du suffixe -yl
- leurs positions seront numérotées à partir de l'une de ses extrémités, de telle façon que l'indice de position du groupe alkyle soit le plus
- S'il y a plusieurs ramifications, les noms des ramifications alkyles sont présentés dans l'ordre, en les faisant précéder de leur
- Pour les fonctions aldéhyde, acide carboxylique, ester et amide on prendra toujours le carbone portant le groupe comme le

③ La terminaison du nom dépend du type de liaisons de cette chaîne carbonée et des groupes fonctionnels présents : (Voir tableau ci-joint).

Compléments.

Le nom d'un **ester** comporte **deux termes** :

- Le premier, avec la terminaison désigne la chaîne carbonée **R-C**, numérotée à partir de **C** ;
- Le seconde, avec la terminaison est le nom du groupe alkyle **R'**, numéroté à partir de l'atome de carbone lié à l'atome d'oxygène **O**.

Le nom d'une **amine** ou d'un **amide** :

- Lorsque l'atome d'azote **N** est lié à des groupes alkyle, le nom de l'amide ou de l'amine et précédé de la mention

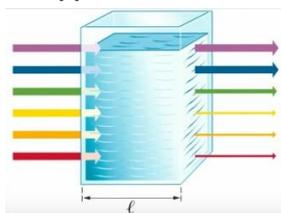
Compléter le tableau ci-contre

ICI

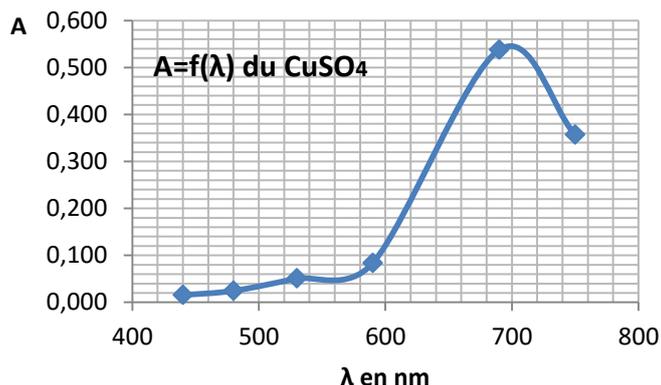


II. Comment interpréter un spectre UV-Visible ?

1. Rappels de 1ère



Lorsque de la lumière polychromatique ou ultraviolette traverse une solution colorée, certaines radiations sont



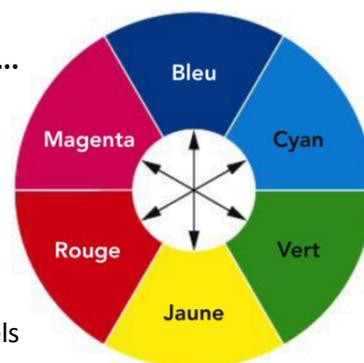
Grace aux spectrophotomètres il est possible de mesurer de la solution en fonction de la **A=f(λ)** (voir exemple ci-contre).

Chaque espèce est caractérisée par une longueur d'onde λ_{\max} correspondant au maximum de la solution.

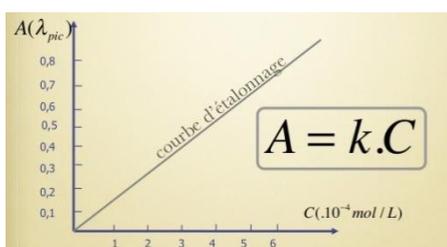
λ_{\max} = sur l'exemple ci-contre.

D'une manière générale la couleur associée à λ_{\max} est la couleur de la solution (voir cercle chromatique).

Exemple : Pour le permanganate de potassium (KMnO_4) de couleur magenta, le maximum d'absorption correspond à une valeur de λ_{\max} dans le



2. Loi de Beer-Lambert



Pour une solution colorée l'absorbance est proportionnelle à la concentration tels que :

Loi de Beer-Lambert

$$A = k.C$$

Avec

A :

C :

k :

L'absorbance d'une solution dépend de :

- ..
- ..

Tels que :

$$A = \dots\dots\dots$$

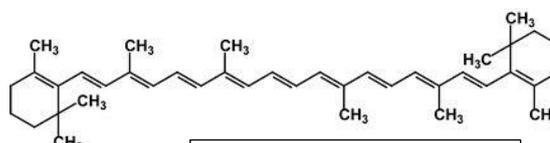
Avec : A

l

C

$\epsilon(\lambda)$

Rmq : La plupart des molécules organiques comportant des liaisons **conjuguées** (alternance de liaisons simples et) sont colorées (exemple : le carotène).



Molécule de carotène β

Fonction	Groupe caractéristique	Formule et nom générique	Exemple nom	Exemple formule semi développée	Exemple formule topologique
Alcane		C_nH_{2n+2} <u>Alcane</u>			
Alcool		R-OH <u>Alcan-x-ol</u>			
Alcène		C_nH_{2n} <u>Alc-x-ène</u>			
Aldéhyde		R-CHO <u>Alcandol</u>			
Cétone		R-CO-R' <u>Alcan-x-one</u>			
Acide Carboxylique		R-COOH <u>Acide alcanoloïque</u>			
Ester		R-COOR' <u>Alcanoate d'alkyle</u>			
Amine		R-NH ₂ Alcan-x-amine RR'NH N-alkyl-alcan-x-amine RR'R''N N-alkyl-N-alkyl -alcan-x-amine			
Amide		R-CO-NH ₂ <u>Alcanamide</u> R-CO-NHR' N-alkyl-alcanamide R-CO-NR'R'' N-alkyl-N-alkyl-alcanamide			



CORRECTION

<http://padlet.com/vosnico/vra596dxuct>

III. Quels renseignements fournit un spectre infra rouge ?

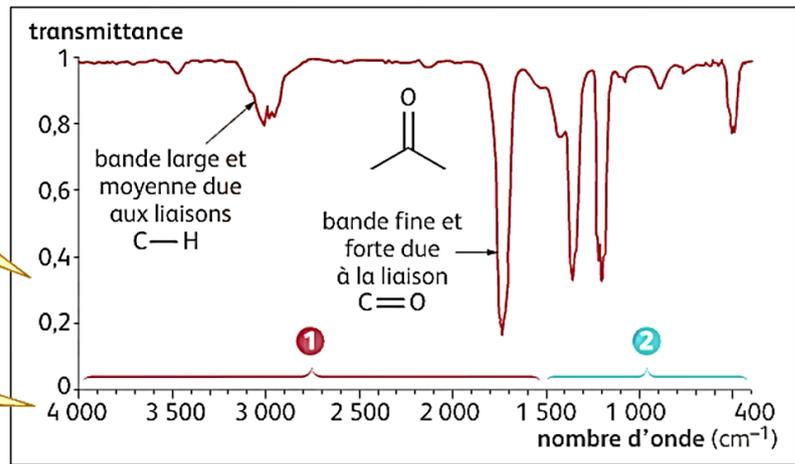
1- Allure et exploitation des spectres IR.

Les spectres IR présentent :

- **En abscisse**, le , exprimé en L'échelle est orientée
- **En ordonnée**, la

Une faible valeur de transmittance correspond à une forte absorption. Les bandes sont donc orientées vers le bas.

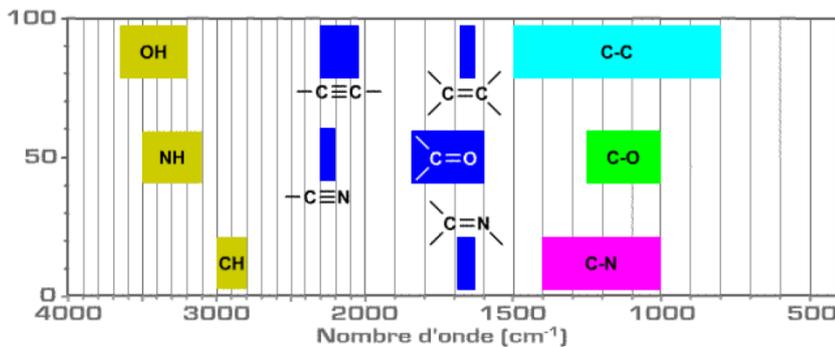
L'axe des abscisses est orienté vers la gauche.



Les pics vers le bas représentent les **pics d'absorption** de l'espèce analysée. Ils permettent grâce à **des tables de données** de **déterminer** le type de présentes dans la **substance** analysée.

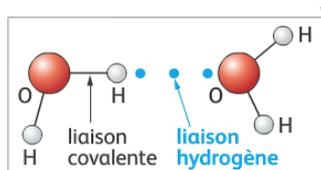
Rmq : Les pics observables entre **400 et 1500 cm⁻¹** ne permettent **pas d'identifier des groupes caractéristiques** mais ils sont de la molécule.

Liaison	Nombre d'ondes (cm⁻¹)	Intensité
O-H	3200 à 3650	F
N-H	3100 à 3500	M
C-H _{tri}	3000 à 3100	M
C-H _{tét}	2800 à 3000	F
C=O	1650 à 1750	F
C=C	1625 à 1685	M
C-H _{tét}	1415 à 1470	F
C-O	1050 à 1450	F



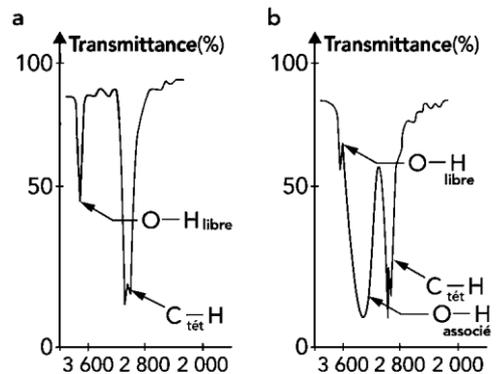
2- Particularité de la liaison hydrogène.

La présence de liaisons hydrogène O-H, influence les positions et l'allure des bandes d'absorption.



Ainsi pics d'absorption **étroit** de intensité due à la liaison **O-H** est observée en **phase gazeuse** autour de **3600 cm⁻¹**.

Alors qu'en **phase condensée** (état ou), la liaison hydrogène **O-H** engendre l'apparition un pic large de intensité vers **3300 cm⁻¹**. (Voir exemple de l'éthanol ci-contre).



Doc. 14 Extrait des spectres de l'éthanol C_2H_5-O-H : (a) à l'état gazeux ; (b) à l'état liquide.

IV. Comment utiliser la RMN ?

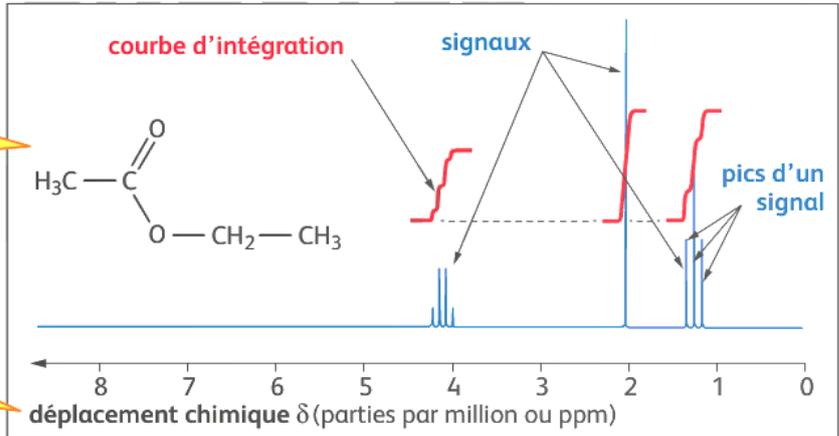
A- Qu'est ce qu'un spectre de RMN ?

La **spectroscopie IR** renseigne sur la présence et la nature de certains dans une molécule. Pour en savoir plus les chimistes utilisent la **RMN** R.....M.....N.....

Exemple de spectre RMN.

Usuellement, on ne précise pas la grandeur en ordonnée car on compare des grandeurs relatives.

L'axe des abscisses est orienté vers la gauche, la grandeur associée est le déplacement chimique δ (ppm).



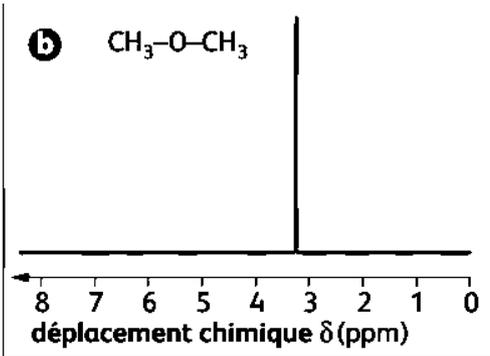
Pour repérer un signal sur un spectre RMN, on utilise en abscisse : **le** Il s'agit d'une grandeur sans dimension exprimée **en**

B- Comment analyser un spectre RMN ?

1- Notion de proton équivalent.

Dans une molécule, les **protons** (noyau des atomes d'hydrogène) sont dit s'ils ont le même environnement chimique (c'est-à-dire les mêmes atomes autour d'eux). Sur le spectre chaque groupe de **protons équivalents** est représenté par sur le spectre RMN de la molécule.

Exemples :



SPECTRE 1 : C₃H₇Br

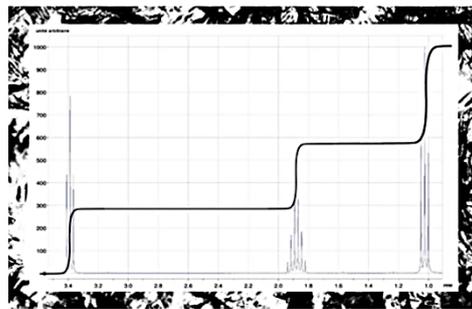
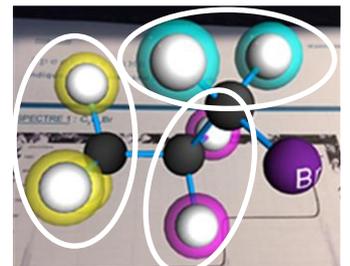


Image à scanner avec l'application Mirage de l'application 4

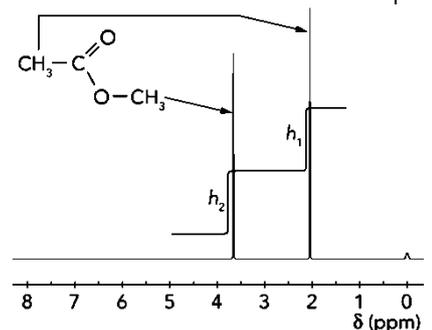


C₃H₇Br
3 Groupes de protons équivalents

Dans la molécule ci-contre les **protons des 2 groupes méthyl** **équivalents**, ils n'ont pas le même environnement chimique, donc ils ont des valeurs de déplacement chimique différents. Le **spectre RMN** de la molécule présente donc

Rmq :

- Les **protons** liés à des atomes différents sont s'il existe une **relation de** dans la molécule.



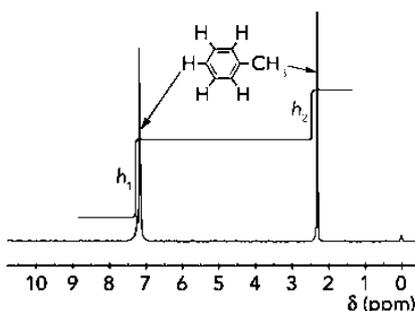
2- Table des valeurs des déplacements chimiques.

Les tables présentant les valeurs de **déplacement chimiques** δ des protons permettent d'identifier des groupes de

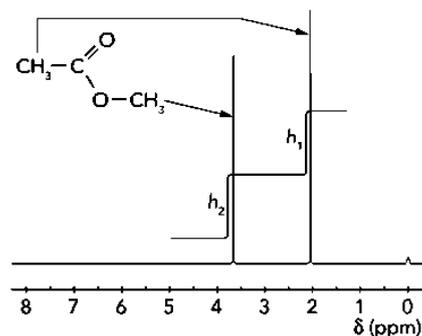
Type de proton	Exemple	δ (ppm)
Proton d'un alcane ou d'une chaîne carbonée éloignée d'atomes électronégatifs	<chem>CH3-CH2-CH2-CH3</chem>	0,8 – 2,5
Proton lié à l'atome de carbone d'un groupe carbonyle	<chem>CH3-C(=O)-H</chem>	9,5 – 11
Proton du groupe carboxyle	<chem>CH3-CO2H</chem>	10,5 – 12
Proton du groupe hydroxyle	<chem>CH3-OH</chem>	0,5 – 5,5
Proton d'un groupe amino	<chem>CH3-NH2</chem>	0,5 – 5,5

3- Comment interpréter les courbes d'intégrations ?

Sur les spectres RMN il est possible de superposer une dont la forme rappelle des **escaliers**. (Voir exemples ci-dessous).



Doc. 17 Spectre de RMN du toluène C6H5-CH3.

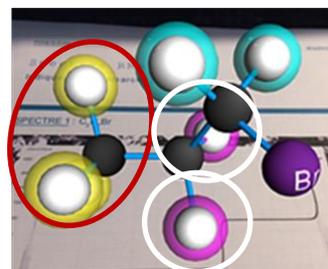


Doc. 18 Spectre de RMN de l'éthanoate de méthyle CH3-C(=O)-O-CH3.

La hauteur entre deux paliers est au nombre de protons responsable de chaque pic.

4- Comment interpréter la multiplicité des signaux ?

Sur les spectres RMN on retrouve parfois des séries de pics appelés **Multiplets ou Massifs**. Cela est dû aux interactions des protons avec les protons



C3H7Br

Le groupe de protons équivalents CH2 a 2 protons voisins

Règle des (n+1) uplets.

Chaque groupe de proton équivalent est à l'origine (voir exemple).

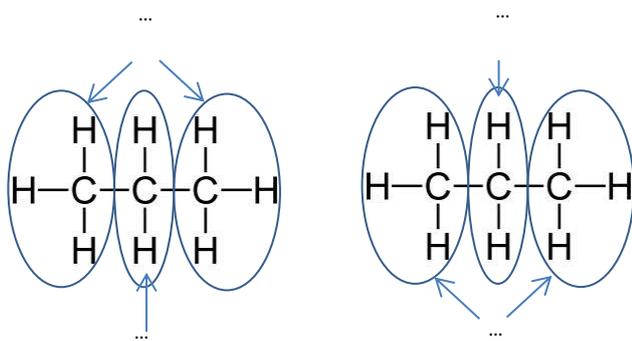
Le nombre de multiplet associé à un groupe de proton équivalent est égal au nombre de protons + 1 entourant directement le groupe de proton équivalent (voir exemple ci-près).

Rmq :

- Chaque multiplet porte un nom différent en fonction de son (voir tableau ci-contre).
- Lorsqu'un spectre présente un nombre de pics non précis on parle de
- Les protons des groupes hydroxyle -OH, carbonyle -COOH, amine -NH2 ou -NH- ne peuvent se coupler avec d'autres atomes d'hydrogène : ils donnent des

Nombre de pics du signal	Nom du signal
1	singulet
2	doublet
3	triplet
4	quadruplet
5	quintuplet
6	sextuplet
7	septuplet
nombre non précis	massif

Exemple : Le propane.

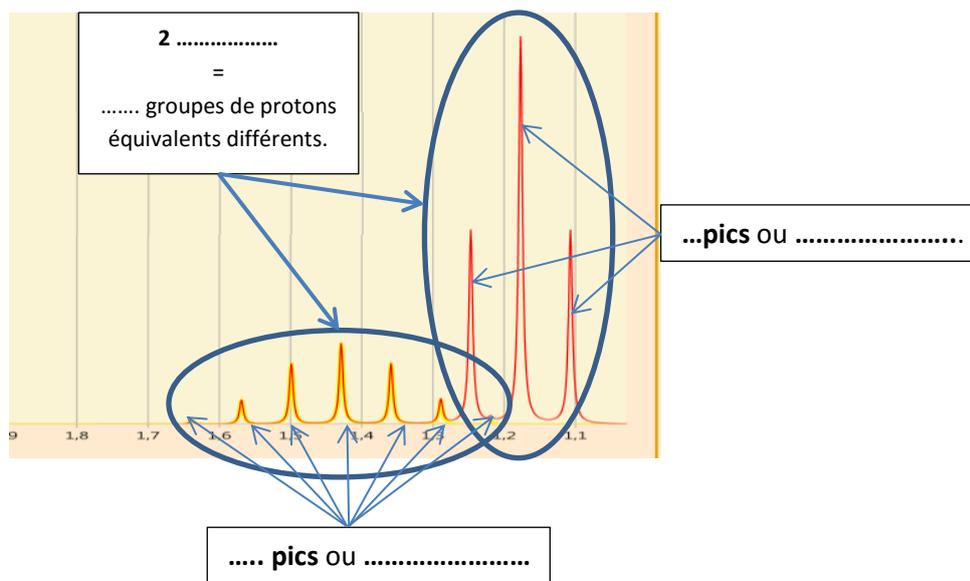


Il y a groupes de protons équivalents différents donc multiplets sur le spectre.

Les deux groupes de protons équivalents identiques (2 groupes méthyl des cotés) ont protons voisins soit pics.

Le groupe de protons équivalents central (-CH₂-) a protons voisins soitpics.

Spectre RMN du propane.



5- Méthode d'analyse d'un spectre RMN.

Méthode :

- ① Compter le nombre de signaux pour déterminer le nombre de groupes de protons équivalents.
- ② Utiliser la courbe d'intégration pour déterminer la proportion de protons associés à chaque signal.
- ③ Analyser la multiplicité d'un signal pour connaître le nombre de protons voisin (règle des n+1 uplets)
- ④ Utiliser éventuellement une table de valeurs de déplacement chimique pour vérifier la formule de la molécule.

Pour en savoir plus sur l'environnement de travail des chercheurs et sur la spectroscopie visionner cette petite vidéo

Vidéo spectre RMN et IR maison de la chimie



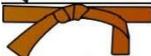
http://actions.maisondelachimie.com/outils_pedagogiques.html

EXERCICES À FAIRE

SPECTRE UV-VISIBLE

 Ceinture Jaune (obligatoire)	 Ceinture Marron (Pour les plus rapides ou en révision de DS)
8p108 6p478	9p108 correction à la fin du livre

NOMENCLATURE

 Ceinture Jaune (obligatoire)	 Ceinture Marron (Pour les plus rapides ou en révision de DS)
12p105 14p105 a - b - c - d - e seulement	11p105 correction à la fin du livre

**AVEC CE JEU DE NOMENCLATURE TENTE
DE BATTRE TOUS LES RECORDS
ET DEVIENS UN #TEAMPHYS BEST HEROS**



MY BEST SCORE : 25.5 \$

CONNECTE-TOI AU SITE ET CLIQUE SUR SCATTER POUR LANCER LE JEU.

Un jeu de révision en nomenclature



<https://quizlet.com/85661320/alcools-aldehydes-cetones-acides-carboxyliques-amines-et-amides-nomenclature-flash-cards/>

SPECTRE IR

 Ceinture Jaune (obligatoire)	 Ceinture Marron (Pour les plus rapides ou en révision de DS)
16p105 correction à la fin du livre 17p106 18p106	Activité 3-Ap90-91 correction sur https://youtu.be/mEnpxCGLItA



SPECTRE RMN

 Ceinture Jaune (obligatoire)	 Ceinture Marron (Pour les plus rapides ou en révision de DS)			
Application 2 21p106 Application 3 Application 4	24p107 correction à la fin du livre 32p109 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Correction exercice 32p109</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">https://www.youtube.com/watch?v=6a9vq5N4DgI</td> </tr> </table>	Correction exercice 32p109		https://www.youtube.com/watch?v=6a9vq5N4DgI
Correction exercice 32p109				
https://www.youtube.com/watch?v=6a9vq5N4DgI				

EXERCICE TYPE BAC

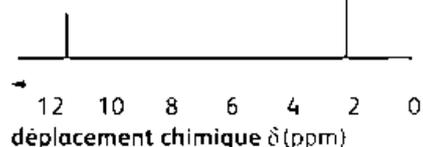
 Ceinture Jaune (obligatoire)	 Ceinture Marron (Pour les plus rapides ou en révision de DS)
Exercice BAC	

Application 2 :

Le spectre RMN de l'acide éthanoïque est donné ci-contre.

Il présente deux signaux à 11,42 et 2,1 ppm.

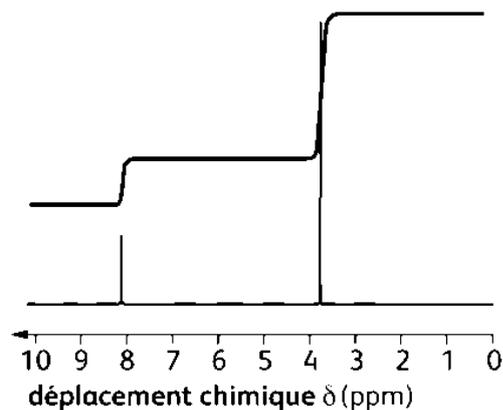
- 1- De quelle famille chimique l'acide éthanoïque fait-il parti?
- 2- Donner sa formule brute et sa formule développée.
- 3- Expliquer la présence de deux pics sur ce spectre.
- 4- A partir du tableau des déplacements chimiques du cours, identifier à quel proton ou groupe de proton appartient chaque pic du spectre.



Application 3 :

Le spectre RMN du méthanoate de méthyl est représenté ci-contre.

- 1- De quelle famille chimique le méthanoate de méthyl fait-il parti?
- 2- Donner sa formule brute et sa formule développée.
- 3- Expliquer la présence de deux pics sur ce spectre.
- 4- Mesurer les hauteurs respectives h_1 et h_2 de chaque palier.
- 5- Que dire du nombre de protons équivalents de responsables de chaque pic.
- 6- Donner la valeur du déplacement chimique δ correspondant à chaque proton ou groupe de proton équivalent de la molécule de méthanoate de méthyl.



Application 4 :

TÉLÉCHARGEZ L'APPLICATION DE RÉALITÉ AUGMENTÉE ET VIVEZ UNE AVENTURE INTERACTIVE HORS DU COMMUN.



<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.canopegre.noble.rmn>



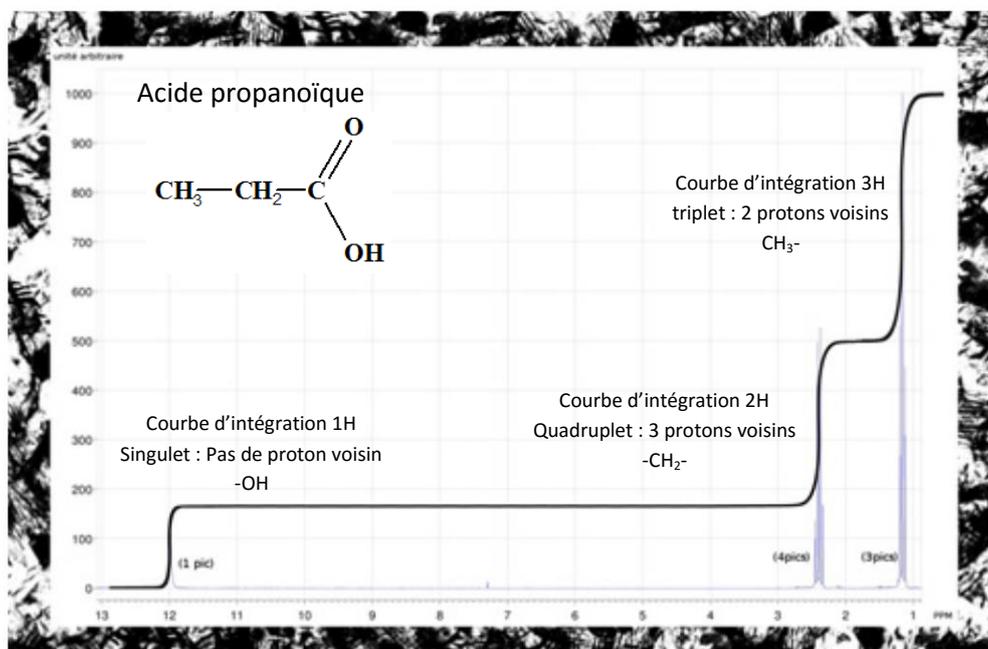
<https://itunes.apple.com/fr/app/spectre-rmn-mirage/id943065961?mt=8>



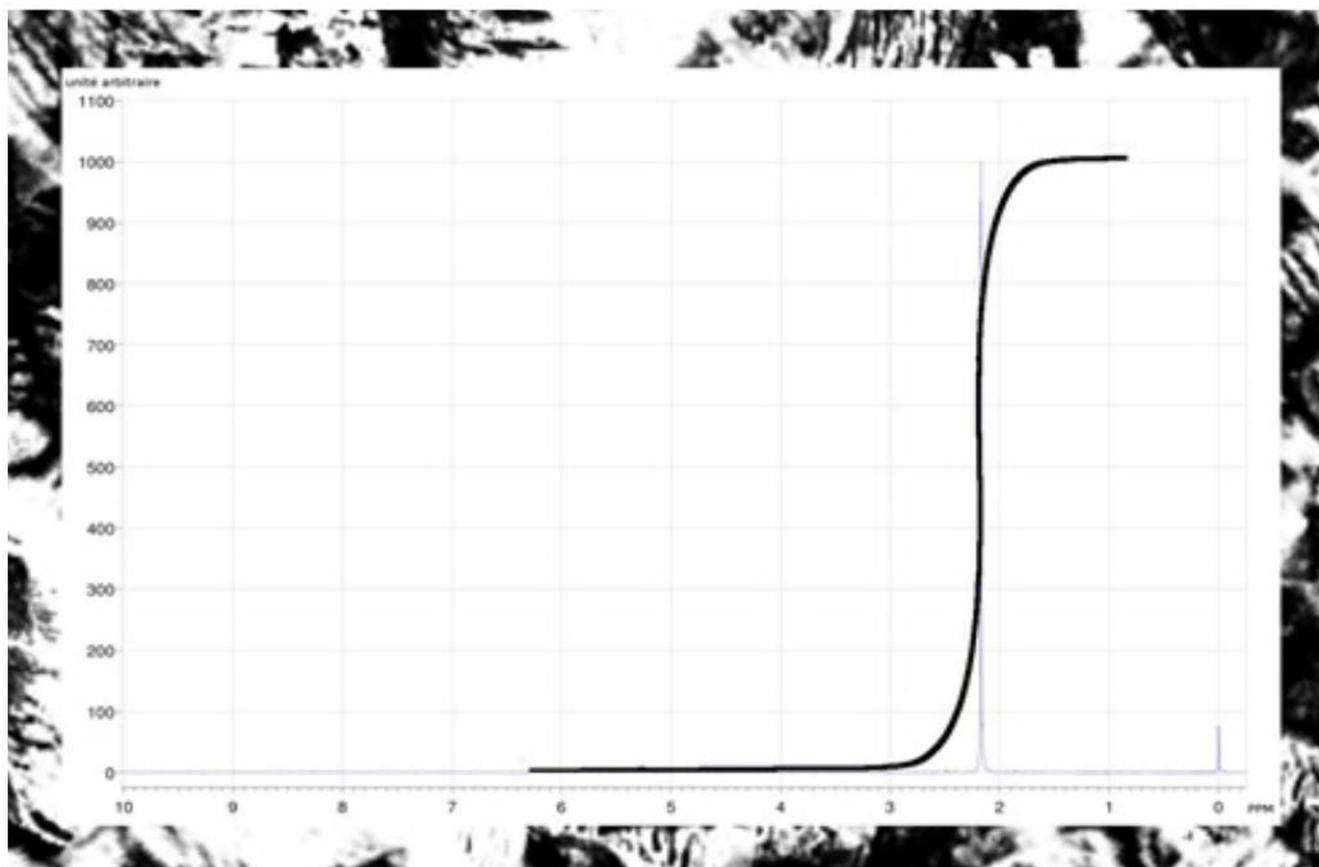
Dans les cas suivants observez le spectre de la molécule étudiée avec l'application mirage puis :

- Donner le nom et formule semi-développée de la molécule étudiée.
- Pour chaque multiplet interpréter la courbe d'intégration en donnant la hauteur de chaque palier (voir exemple spectre 2).
- Justifier le nombre de pics des chaque multiplet en donnant le nombre de protons voisins (voir exemple spectre 2).
- **Indiquer** la partie de la molécule responsable du multiplet.

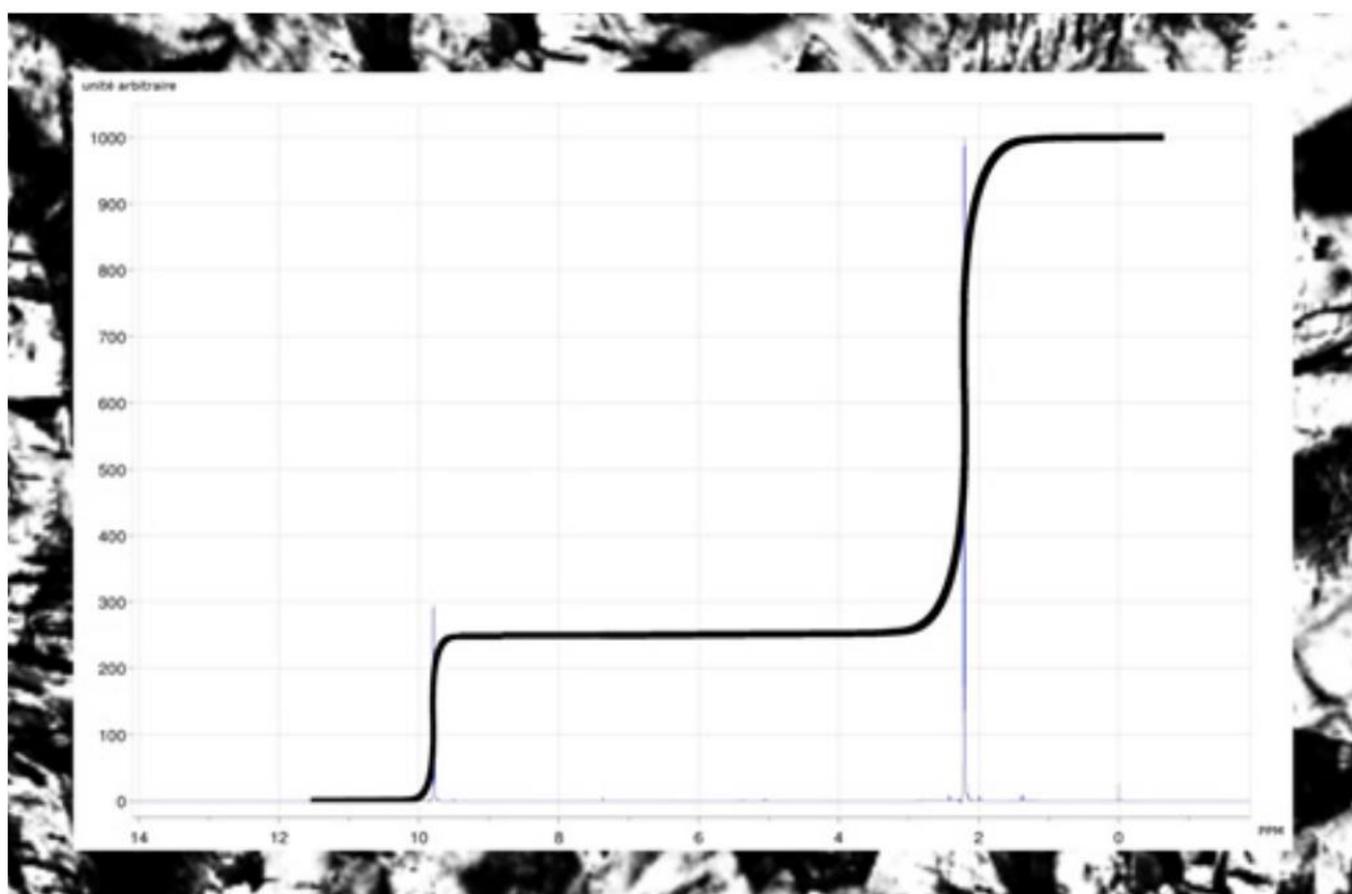
SPECTRE 2 : C₃H₆O₂



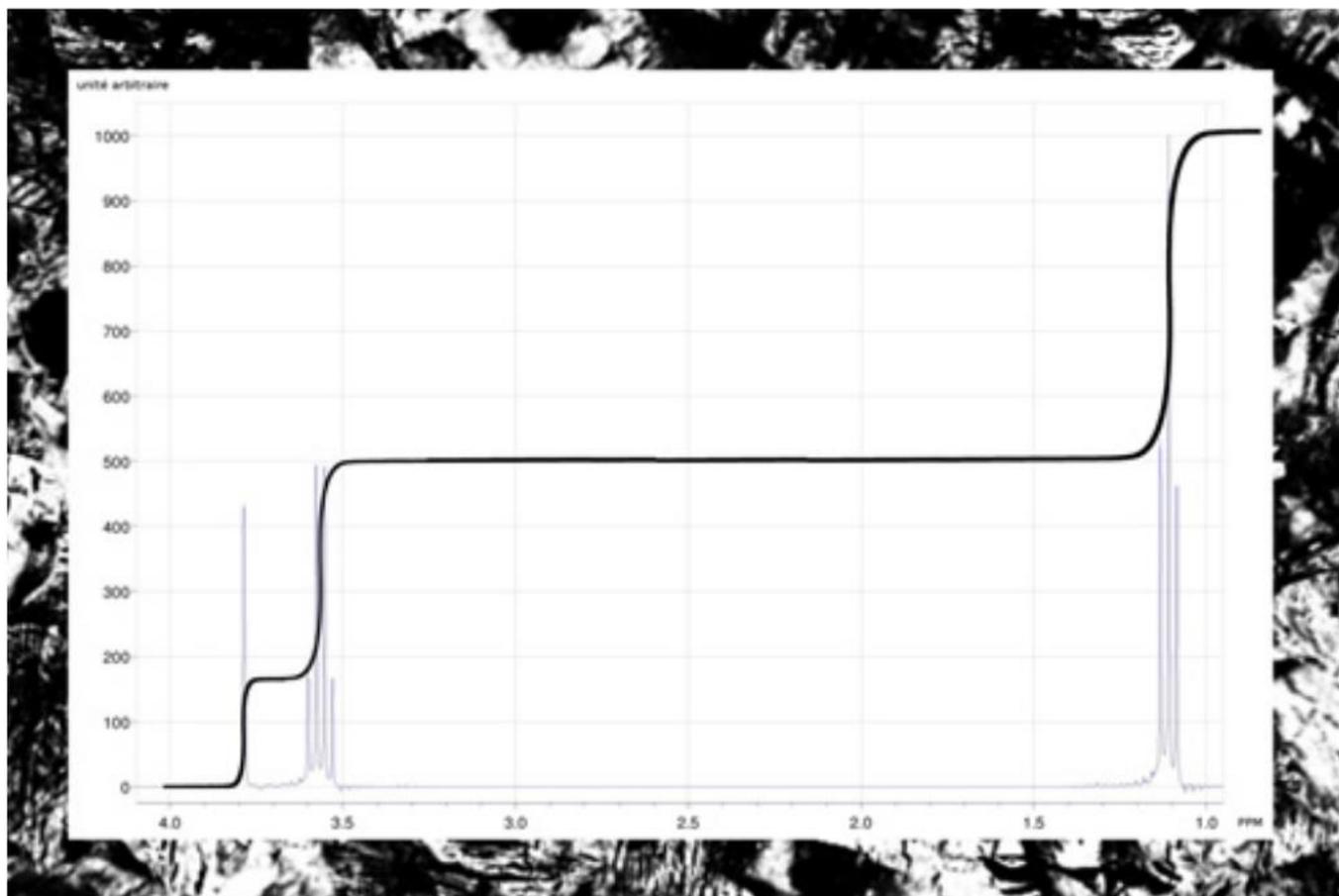
SPECTRE 3 : C₃H₆O



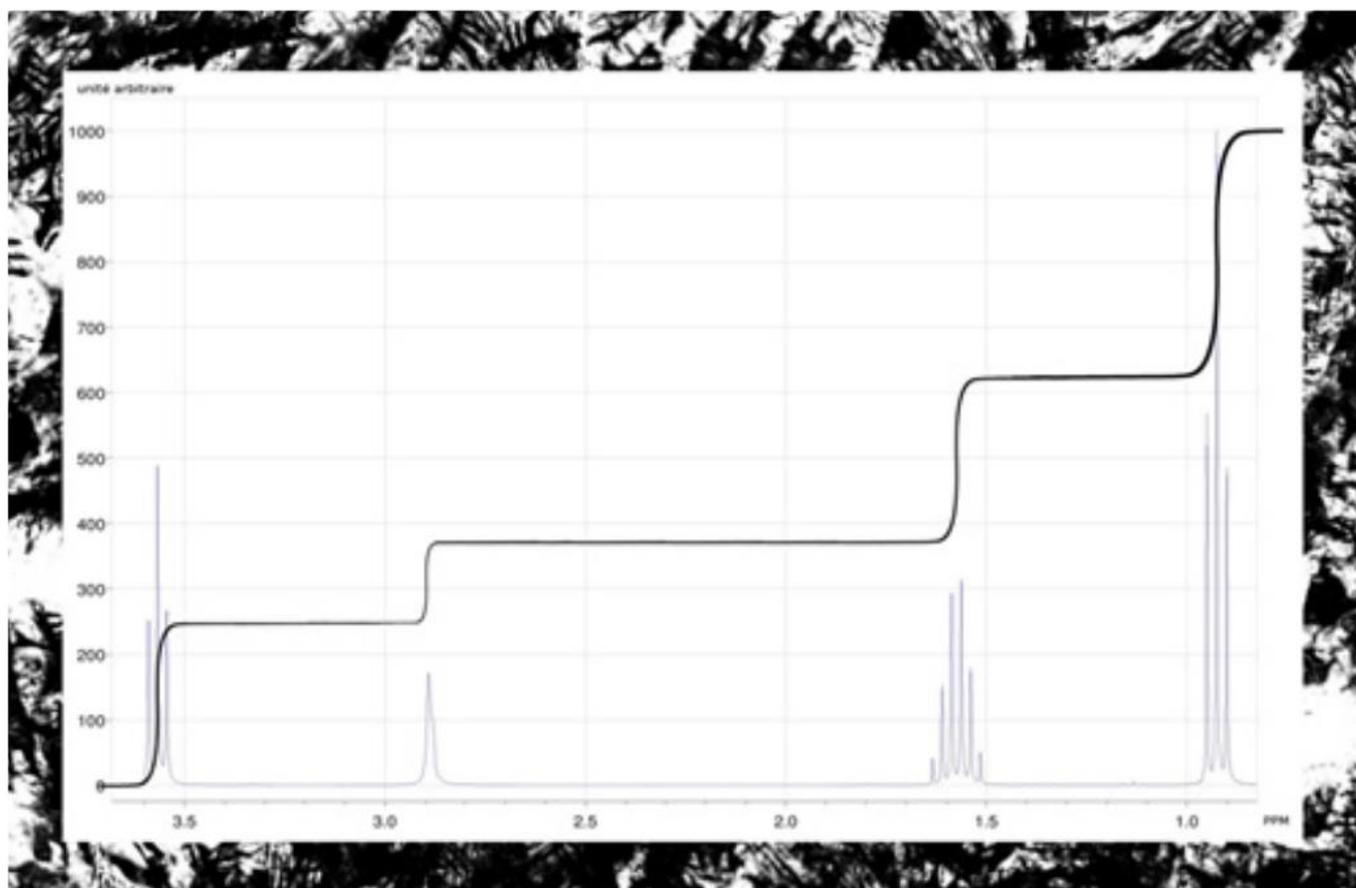
SPECTRE 4 : C₂H₄O



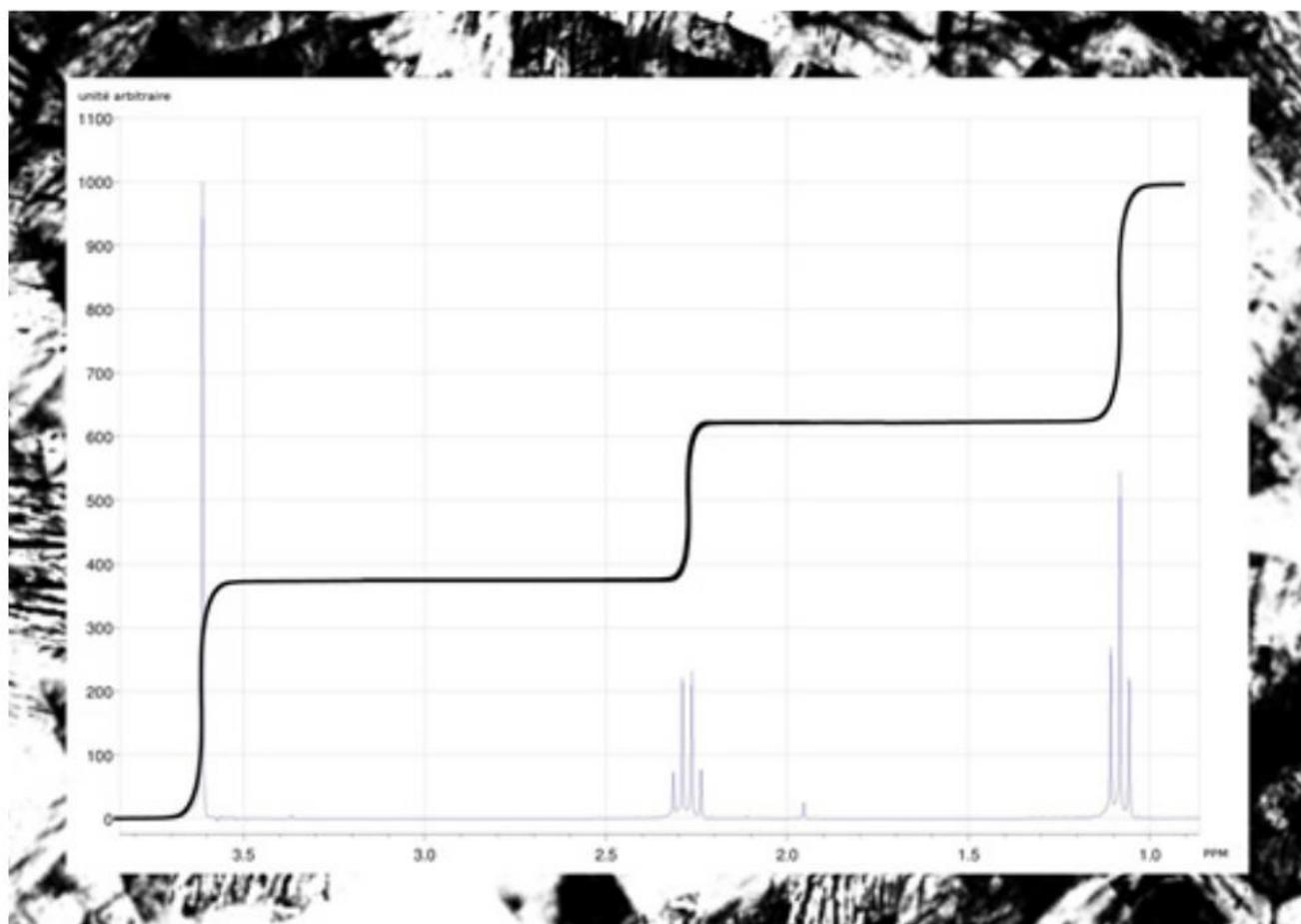
SPECTRE 5 : C₂H₆O



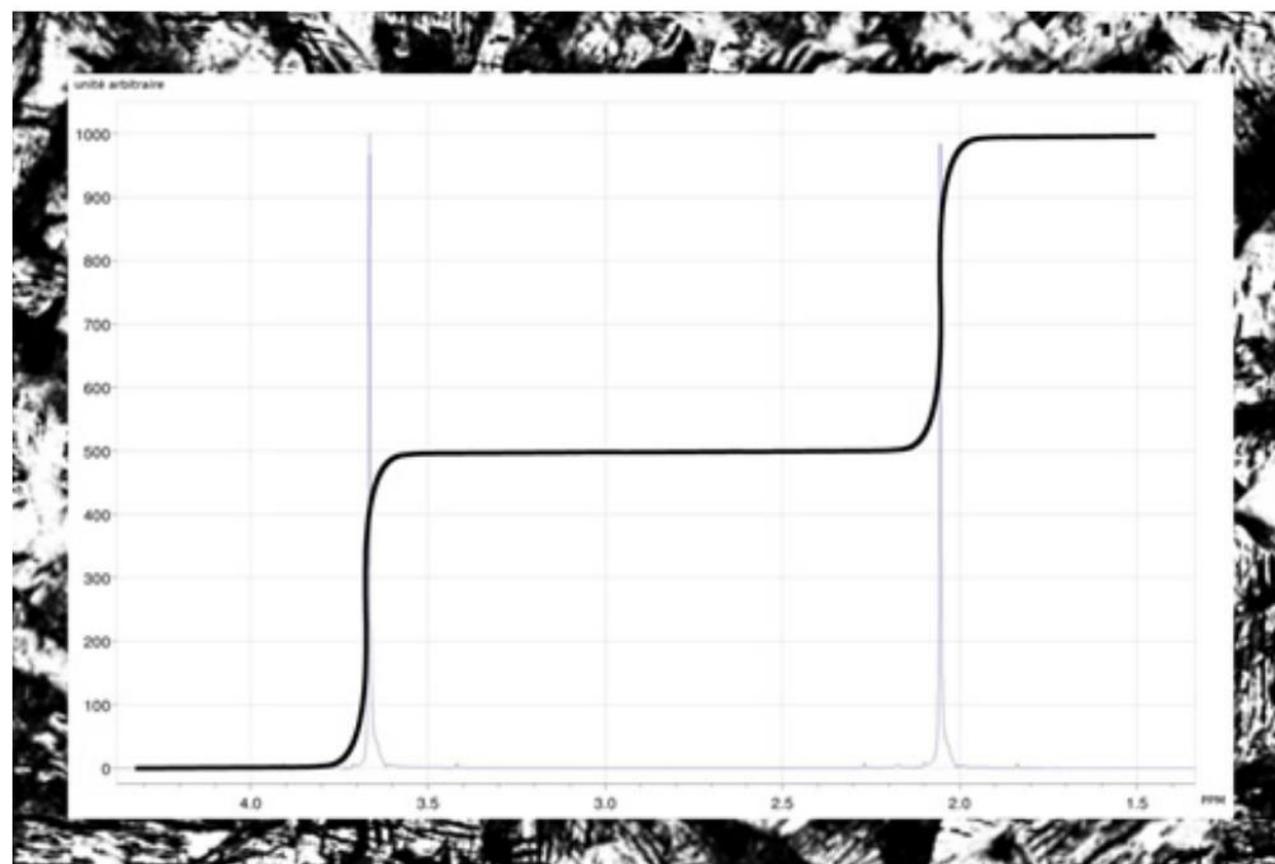
SPECTRE 6 : C₃H₈O



SPECTRE 7 : $C_4H_8O_2$



SPECTRE 8 : $C_3H_6O_2$



Exercice BAC

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol : C_2H_6O

Enzyme ADH

Ethanal C_2H_4O

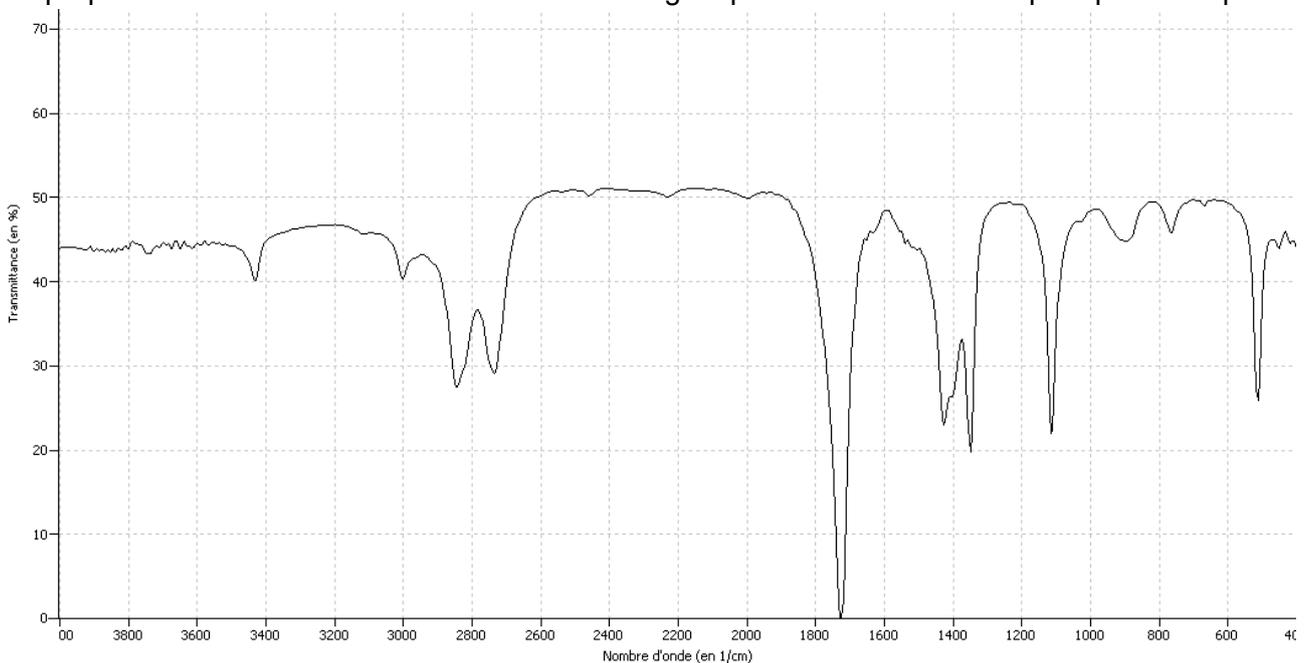
Dégradation ultérieure...

Synthèse du cholestérol

Document 1

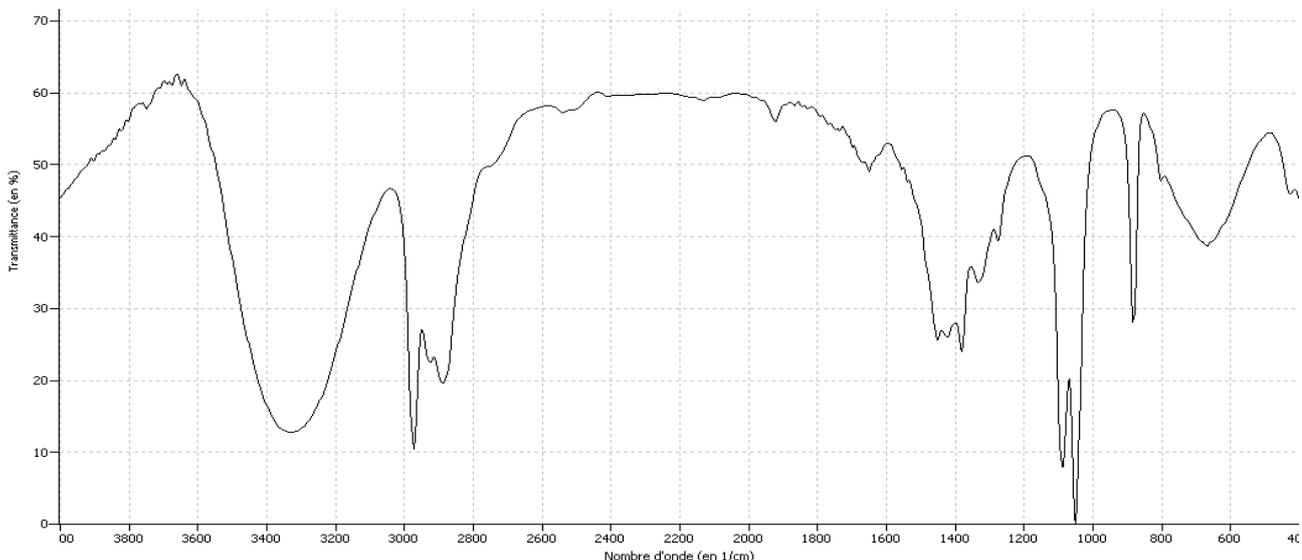
1. Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1

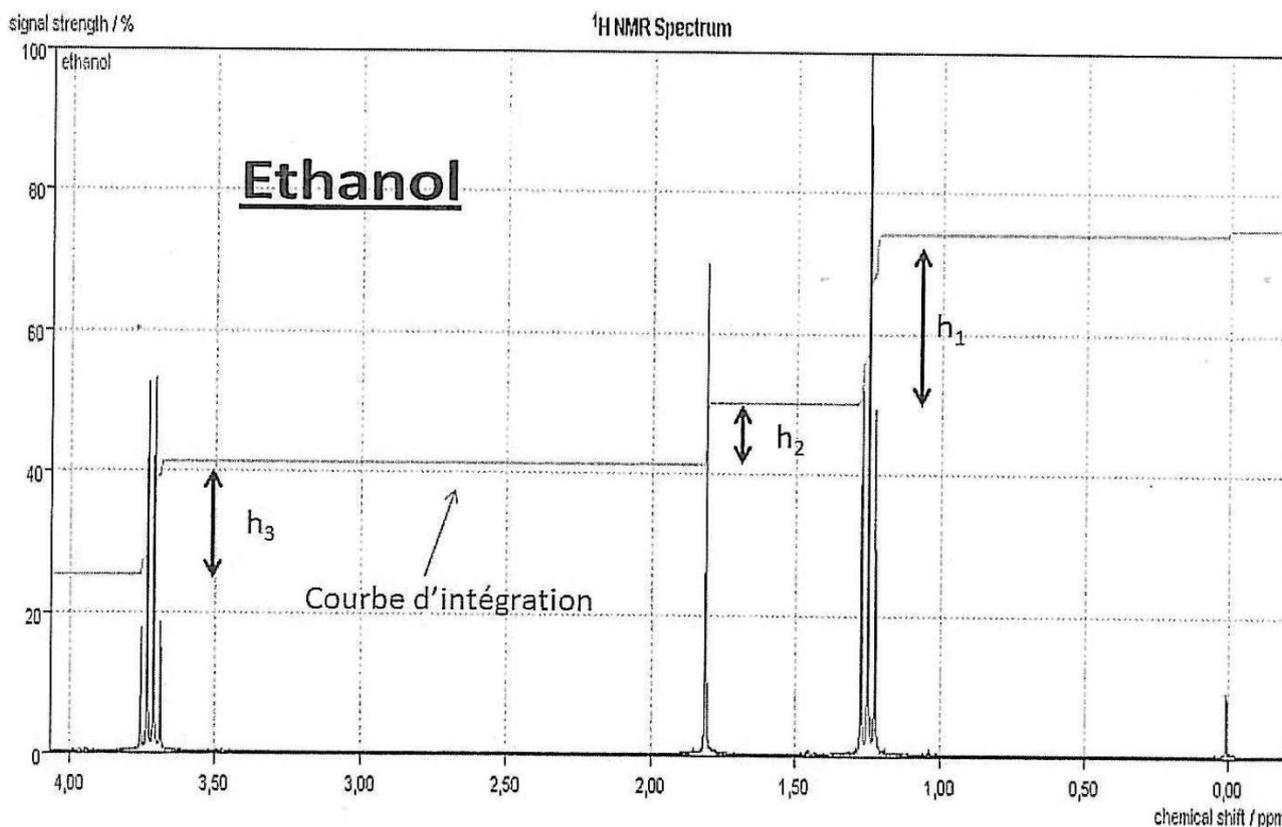


<http://www.sciences-edu.net>

Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2

Liaison	C - C	C - O	C = O (carbonyle)	C - H	O - H
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000-1250	1050-1450	1650-1740	2800-3000	3200-3700

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR

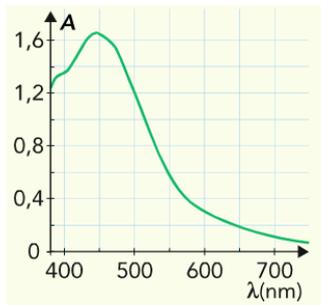


Document 3 : Spectre de RMN de l'éthanol

- 1.1. Le document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter en formule semi-développée ces deux molécules et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
- 1.2. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.3. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.4. En utilisant les données spectroscopiques du document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.
- 1.5. Le document 3 présente le spectre RMN de l'éthanol. En utilisant la courbe d'intégration, calculer les rapports h_1/h_2 et h_3/h_2 .
- 1.6. Utiliser les rapports calculés pour associer aux trois massifs du spectre, les groupes de protons équivalents de l'éthanol.
- 1.7. Le massif de pics situé au déplacement chimique 1,25 ppm se présente sous la forme d'un triplet. En utilisant la règle des (n+1)-uplets, justifier cette multiplicité en évoquant le nombre d'atomes d'hydrogène voisins.

8 Utiliser un spectre pour déterminer une couleur

On utilisera, si nécessaire, l'étoile chromatique du **document 2**, p. 93, ou la **fiche n° 11A**, p. 594.



En réagissant avec les ions thiocyanate SCN^- , les ions fer(III) Fe^{3+} donnent un complexe coloré de formule $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ qui permet de détecter des traces d'ions Fe^{3+} .

Le spectre UV-visible d'une solution diluée contenant cet ion est donné ci-contre.

Quelle est la couleur de cette solution ?

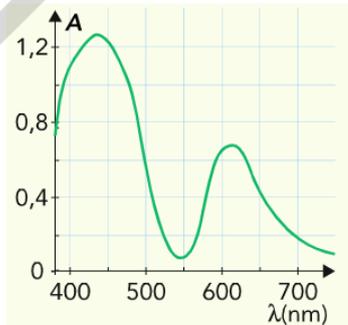
9 Justifier une couleur à partir d'un spectre

On utilisera, si nécessaire, l'étoile chromatique du **document 2**, p. 93, ou la **fiche n° 11A**, p. 594.

Le vert de bromocrésol est un indicateur coloré acido-basique ; ces solutions sont vertes lorsque leur pH est compris entre 3,8 et 5,4.

Le spectre d'une solution de pH = 4,6 est donné ci-contre.

Justifier la couleur de cette solution à partir de ce spectre.



25 Couleurs et radiations absorbées

COMPÉTENCES Mobiliser ses connaissances ; exploiter un graphique ; raisonner.

On utilisera, si nécessaire, l'étoile chromatique du **document 2**, p. 93, ou la **fiche n° 11A**, p. 594.

1. Une solution aqueuse de chlorure de titane (III) absorbe principalement des radiations jaunes et vertes. Quelle est sa couleur ?

2. Une solution de dichromate de potassium, $2 \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$, est jaune-orangé.

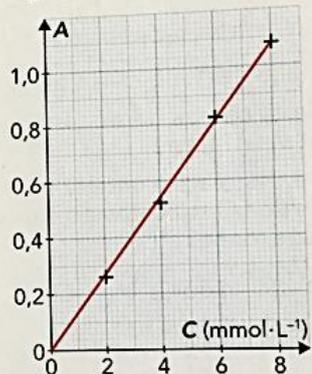
a. Dans l'hypothèse où son spectre UV-visible ne présenterait qu'un seul maximum, dans quel domaine de longueur d'onde se trouverait-il ?

b. En réalité, son spectre UV-visible présente deux maxima, l'un pour $\lambda = 430 \text{ nm}$, l'autre pour $\lambda = 500 \text{ nm}$. Interpréter alors la couleur de la solution.



6 Utiliser la loi de Beer-Lambert

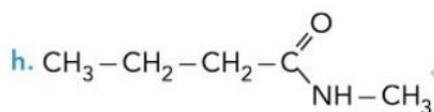
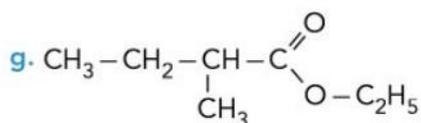
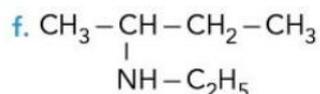
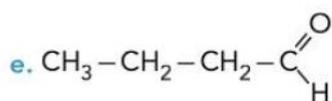
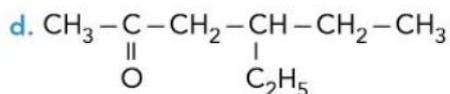
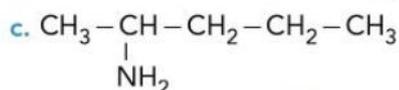
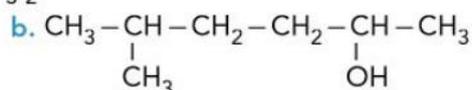
On dispose d'une échelle de teinte en diiode dont les concentrations C sont connues. Un spectrophotomètre, réglé sur la longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$, permet de mesurer l'absorbance A des solutions de l'échelle de teinte. On peut alors tracer le graphe $A = f(C)$.



1. Comment appelle-t-on le graphe $A = f(C)$?
2. La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée?
3. Sans modifier les réglages du spectrophotomètre, on mesure l'absorbance $A_S = 0,64$ d'une solution S d'eau iodée. En déduire la concentration C_S en diiode de la solution S.

11 Nommer des composés organiques

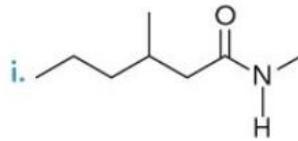
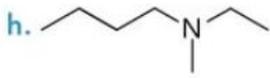
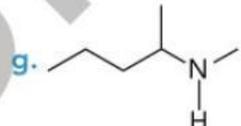
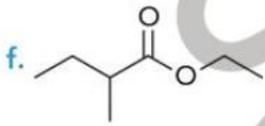
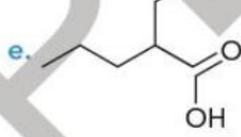
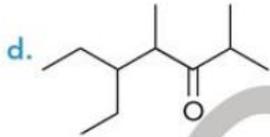
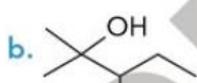
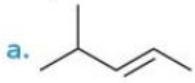
1. Repérer les groupes caractéristiques présents dans les composés, dont les formules semi-développées sont données ci-après. Associer à chacun d'eux une fonction :



2. Nommer ces composés.

12 Utiliser des formules topologiques

1. Repérer les groupes caractéristiques présents dans les composés, dont les formules topologiques sont données ci-après. Associer à chacun d'eux une fonction :



2. Nommer ces composés.

14 Écrire une formule topologique à partir d'un nom

1. Écrire les formules topologiques des composés suivants :

- a. (E)-5-méthylhex-3-ène;
- b. 4-méthylpentan-2-ol;
- c. 4-éthyl-2-méthylhexan-3-one;
- d. acide 2-éthylpentanoïque;
- e. propanoate de 1-méthyléthyle;
- f. 3-méthylpentanoate de 2-méthylpropyle;
- g. N-méthyl-N-éthyl-propan-2-amine;
- h. N-éthyl-3-méthylpentanamide.

2. Repérer les groupes caractéristiques présents, en associant à chacun d'eux une fonction chimique.

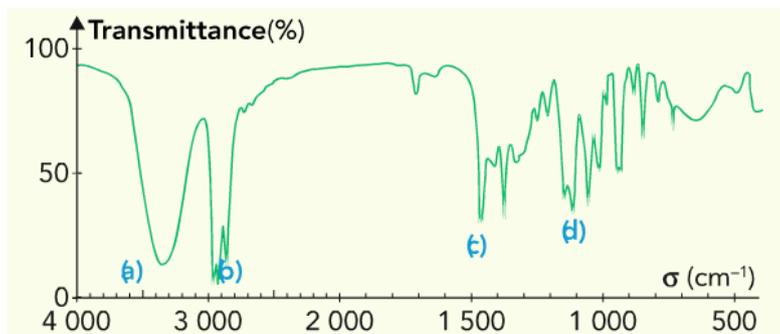
16 Reconnaître des bandes d'absorption

On utilisera si nécessaire le tableau du **document 11**, p. 96, ou de la **fiche n° 11B**, p. 594.

Un extrait du spectre infrarouge de l'hexan-2-ol est donné ci-dessous.

1. Écrire la formule semi-développée de l'hexan-2-ol.
En déduire le groupe caractéristique et la fonction chimique de ce composé.

2. Identifier alors les bandes d'absorption notées (a), (b), (c) et (d).



B Groupes caractéristiques et bandes d'absorption en infrarouge (IR)

Fonction	Alcool	Aldéhyde	Cétone	Acide carboxylique	Alcène	Ester	Amine	Amide
Groupe caractéristique	-O-H Hydroxyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Carbonyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C-C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{C} \end{array}$ Carbonyle	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ Carboxyle	$\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \end{array}$ Alcène	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \\ \text{O-C} \end{array}$ Ester	$\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \\ \end{array}$ Amine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \\ \text{N} \\ \end{array}$ Amide

Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾
O-H _{libre} ⁽²⁾	3580-3650	F; fine
O-H _{lié} ⁽²⁾	3200-3400	F; large
N-H	3100-3500	M
C _{tri} -H ⁽³⁾	3000-3100	M
C _{tri} -H _{aromat.} ⁽⁴⁾	3030-3080	M
C _{tét} -H ⁽⁵⁾	2800-3000	F
C _{tri} -H _{aldéhyde}	2750-2900	M
O-H _{acide carb.}	2500-3200	F; large

Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾
C=O _{ester}	1700-1740	F
C=O _{aldéh. cétone}	1650-1730	F
C=O _{acide}	1680-1710	F
C=C	1625-1685	M
C=C _{aromat.}	1450-1600	M
C _{tét} -H	1415-1470	F
C _{tét} -O	1050-1450	F
C _{tét} -C _{tét}	1000-1250	F

(1) L'intensité traduit l'importance de l'absorption : F : forte ; M : moyenne.

(2) O-H_{libre} : sans liaison hydrogène ; O-H_{lié} : avec liaison hydrogène.

(3) C_{tri} : correspond à un carbone trigonal (engagé dans une double liaison).

(4) **aromat.** : désigne un composé avec un cycle aromatique comme le benzène  ou ses dérivés.

(5) C_{tét} : correspond à un carbone tétragonal (engagé dans quatre liaisons simples).

17 Utiliser un spectre pour déterminer une fonction

On utilisera si nécessaire le tableau du [document 11](#), p. 96, ou de la [fiche n° 11B](#), p. 594.

Un extrait du spectre infrarouge d'un composé A est donné ci-dessous.

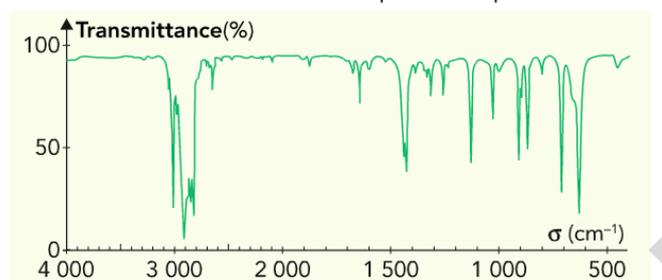
1. Les molécules du composé A peuvent-elles, *a priori*, posséder :

- a. une liaison $C_{\text{tét}}-H$?
- b. une liaison $C_{\text{tri}}-H$?
- c. une liaison $C-C$?
- d. une liaison $C=C$?
- e. une liaison $O-H$?

En déduire la fonction du composé A.

2. Le composé A est l'hex-1-ène.

Justifier alors les bandes d'absorption du spectre.



18 Utiliser un spectre pour identifier une fonction

On utilisera si nécessaire le tableau du [document 11](#), p. 96, ou de la [fiche n° 11B](#), p. 594.

Un extrait du spectre infrarouge d'un composé B est donné ci-dessous.

1. Les molécules du composé B peuvent-elles, *a priori*, posséder :

- a. une liaison $C_{\text{tét}}-H$?
- b. une liaison $C-C$?
- c. une liaison $C=C$?
- d. une liaison $O-H$?
- e. une liaison $C=O$?
- f. une liaison $C-O$?

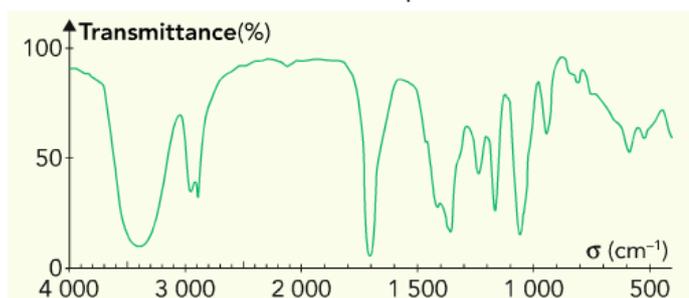
2. Le composé B peut-il, *a priori*, présenter :

- a. une fonction alcool?
- b. une fonction cétone?
- c. une fonction acide carboxylique?

3. Le composé B est la 1-hydroxybutanone



Justifier alors les bandes d'absorption.



A Analyse de quelques spectres

Qu'est-ce qu'un spectre infrarouge ?

Le document 8 présente le spectre infrarouge du pentane C_5H_{12} . En ordonnée figure la **transmittance T** ou intensité lumineuse transmise par l'échantillon analysé. Elle est exprimée en pourcentage.

En abscisse est porté le **nombre d'ondes σ** , inverse de la longueur d'onde λ , ($\sigma = 1/\lambda$), exprimé généralement en cm^{-1} . Les radiations infrarouge exploitées en chimie organique s'étendent de 600 cm^{-1} à 4000 cm^{-1} .

Un spectre infrarouge renseigne sur la nature des liaisons présentes dans une molécule.

Les bandes d'absorption associées à chacune des liaisons rencontrées en chimie organique (C-C, C-H, O-H, N-H, C-O, C=C, C=O, etc.) correspondent à un domaine de nombre d'ondes bien précis (doc. 9).

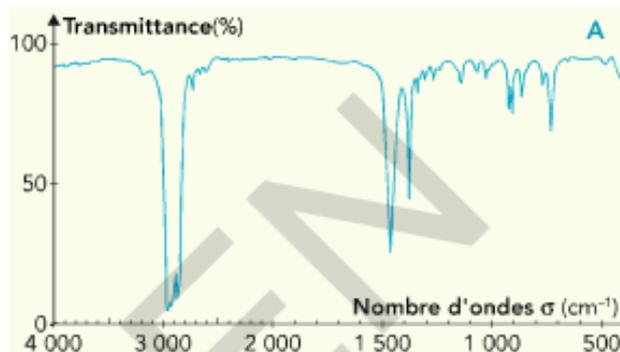
Ainsi, dans le spectre du pentane (doc. 8) on reconnaît les bandes d'absorption relatives aux liaisons C-H ($\sigma \approx 2950\text{ cm}^{-1}$ et $\sigma \approx 1460\text{ cm}^{-1}$). En revanche celle relative au groupe C-C est inexploitable.

- 1 Que signifie une transmittance de 100 % ? Une transmittance de 0 % ? Justifier alors pourquoi les bandes d'absorption d'un spectre IR pointent vers le bas.
- 2 Quelles sont les valeurs limites des longueurs d'onde (exprimées en nm et μm) des radiations utilisées en spectroscopie infrarouge ?
- 3 Pourquoi n'exploite-t-on généralement pas la bande relative à la liaison C-C ?

Reconnaissance de groupes caractéristiques

Les documents 10a et 10b présentent les spectres infrarouge du pent-1-ène (B), du pentan-1-ol (C), du pentanal (D), de la pentan-3-one (E), de l'acide penta-noïque (F), de la pentan-1-amine (G), du propanoate d'éthyle (H) et du pentanamide (I).

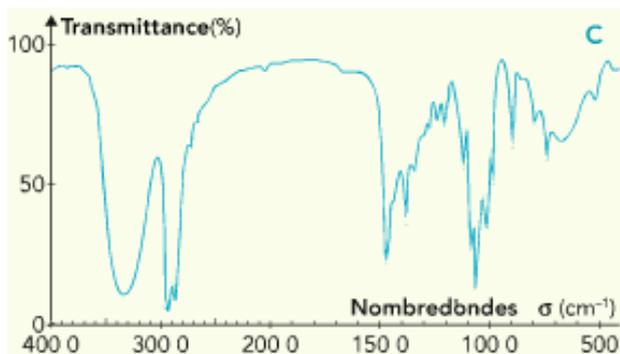
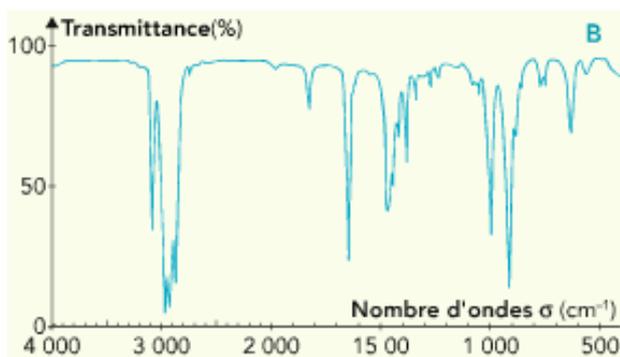
- 4 Écrire la formule développée de chacun de ces huit composés et repérer son groupe caractéristique.
- 5 À l'aide des documents 8 et 9 et de la fiche n° 11B, p. 594, retrouver dans le spectre de chaque composé les bandes d'absorption relatives aux principales liaisons présentes. Reporter les nombres d'ondes correspondant sur les formules développées.



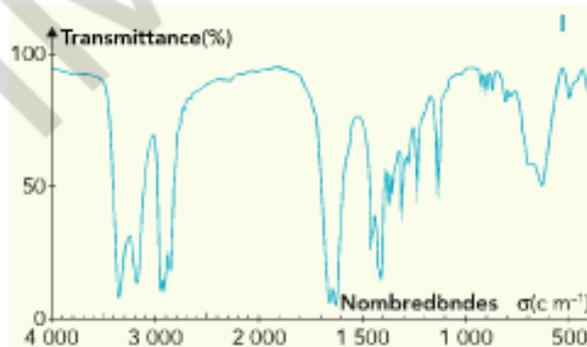
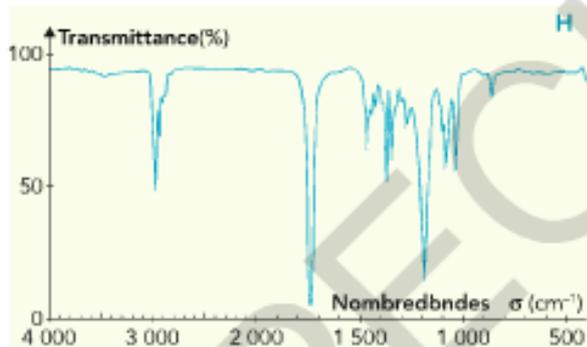
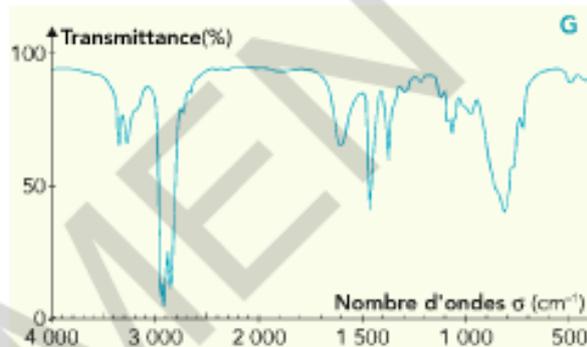
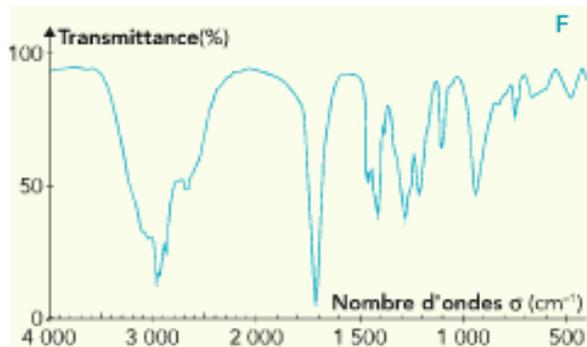
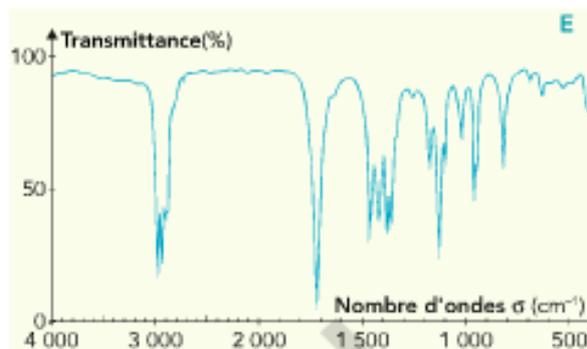
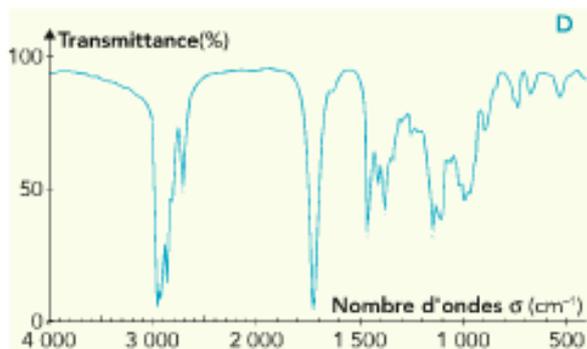
Doc. 8 Spectre infrarouge du pentane (A).

Liaison	-O-H	-N-H	C-H _{tri}	C-H _{tét}	C=O
σ (cm^{-1})	3200 à 3650	3100 à 3500	3000 à 3100	2800 à 3000	1650 à 1750
Liaison	C=C	C-H _{tét}	-C-C-	-C-O-	
σ (cm^{-1})	1625 à 1685	1415 à 1470	1000 à 1250	1050 à 1450	

Doc. 9 Nombres d'ondes associés aux liaisons.



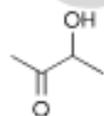
Doc. 10 a. Spectres du pent-1-ène (B) et du pentan-1-ol (C).



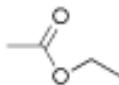
Doc. 10 b. Spectres du pentanal (D), de la pentan-3-one (E), de l'acide pentanoïque (F), de la pentan-1-amine (G), du propanoate d'éthyle (H) et du pentanamide (I).

B Identification d'un composé

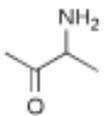
Le document 11 fournit le spectre de l'un des quatre composés suivants :



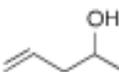
J 3-hydroxybutanone



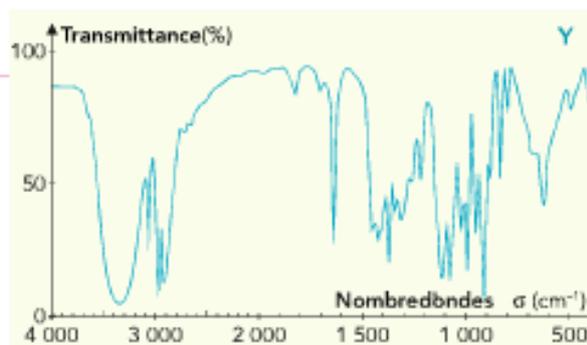
K Éthanoate d'éthyle



L 3-aminobutanone



M Pent-4-èn-2-ol



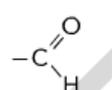
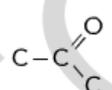
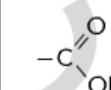
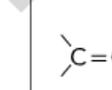
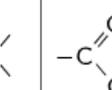
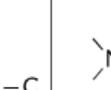
Doc. 11 Spectre IR de l'un des composés J, K, L et M.

6 À quel composé le spectre Y correspond-il ?

Un pas vers le cours...

7 Rédiger une synthèse présentant les apports de la spectroscopie infrarouge à la détermination de la formule développée d'un composé organique.

B Groupes caractéristiques et bandes d'absorption en infrarouge (IR)

Fonction	Alcool	Aldéhyde	Cétone	Acide carboxylique	Alcène	Ester	Amine	Amide
Groupe caractéristique	-O-H Hydroxyle	 Carbonyle	 Carbonyle	 Carboxyle	 Alcène	 Ester	 Amine	 Amide

Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾
O-H _{libre} ⁽²⁾	3580-3650	F; fine
O-H _{lié} ⁽²⁾	3200-3400	F; large
N-H	3100-3500	M
C _{tri} -H ⁽³⁾	3000-3100	M
C _{tri} -H _{aromat.} ⁽⁴⁾	3030-3080	M
C _{tét} -H ⁽⁵⁾	2800-3000	F
C _{tri} -H _{aldéhyde}	2750-2900	M
O-H _{acide carb.}	2500-3200	F; large

Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾
C=O _{ester}	1700-1740	F
C=O _{aldéh. cétone}	1650-1730	F
C=O _{acide}	1680-1710	F
C=C	1625-1685	M
C=C _{aromat.}	1450-1600	M
C _{tét} -H	1415-1470	F
C _{tét} -O	1050-1450	F
C _{tét} -C _{tét}	1000-1250	F

(1) L'intensité traduit l'importance de l'absorption : F : forte ; M : moyenne.

(2) O-H_{libre} : sans liaison hydrogène ; O-H_{lié} : avec liaison hydrogène.

(3) C_{tri} : correspond à un carbone trigonal (engagé dans une double liaison).

(4) **aromat.** : désigne un composé avec un cycle aromatique comme le benzène  ou ses dérivés.

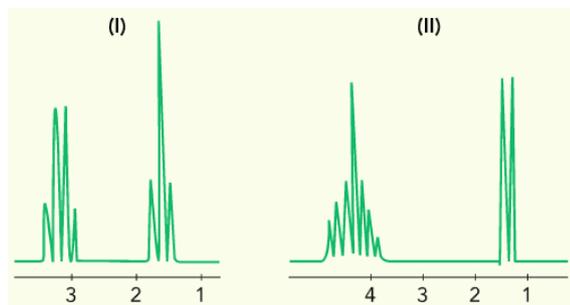
(5) C_{tét} : correspond à un carbone tétraédrique (engagé dans quatre liaisons simples).

24 Reconnaître des signaux par leur multiplicité

On dispose des deux spectres (I) et (II) de RMN ci-dessous. Ces spectres sont ceux de deux composés choisis parmi les quatre composés suivants :

- a. $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{NO}_2$; b. $\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN}$;
c. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; d. $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$.

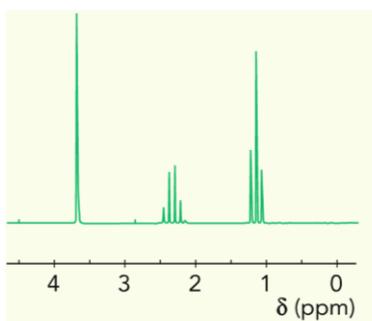
En exploitant les multiplicités des signaux, attribuer chacun des spectres à son composé.



32 Du spectre à la molécule

COMPÉTENCES Exploiter un tableau et un graphique; mobiliser ses connaissances.

On utilisera la fiche n° 11C, p. 595.



Le spectre de RMN d'un composé organique A, de formule brute $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, est donné ci-contre.

1. Pourquoi le composé A ne peut-il pas être l'acide butanoïque?

2. Le composé A est-il le propanoate de méthyle ou l'éthanoate d'éthyle?

Correction exercice 32p109



<https://www.youtube.com/watch?v=6a9vq5N4DgI>

A Analyse de quelques spectres

Qu'est-ce qu'un spectre infrarouge ?

Le **document 8** présente le spectre infrarouge du pentane C_5H_{12} . En ordonnée figure la **transmittance T** ou intensité lumineuse transmise par l'échantillon analysé. Elle est exprimée en pourcentage.

En abscisse est porté le **nombre d'ondes σ** , inverse de la longueur d'onde λ , ($\sigma = 1/\lambda$), exprimé généralement en cm^{-1} . Les radiations infrarouge exploitées en chimie organique s'étendent de 600 cm^{-1} à 4000 cm^{-1} .

Un spectre infrarouge renseigne sur la nature des liaisons présentes dans une molécule.

Les bandes d'absorption associées à chacune des liaisons rencontrées en chimie organique (C-C, C-H, O-H, N-H, C-O, C=C, C=O, etc.) correspondent à un domaine de nombre d'ondes bien précis (**doc. 9**).

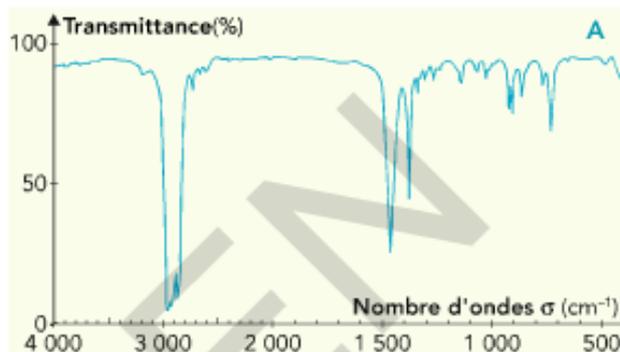
Ainsi, dans le spectre du pentane (**doc. 8**) on reconnaît les bandes d'absorption relatives aux liaisons C-H ($\sigma \approx 2950\text{ cm}^{-1}$ et $\sigma \approx 1460\text{ cm}^{-1}$). En revanche celle relative au groupe C-C est inexploitable.

- 1 Que signifie une transmittance de 100 % ? Une transmittance de 0 % ? Justifier alors pourquoi les bandes d'absorption d'un spectre IR pointent vers le bas.
- 2 Quelles sont les valeurs limites des longueurs d'onde (exprimées en nm et μm) des radiations utilisées en spectroscopie infrarouge ?
- 3 Pourquoi n'exploite-t-on généralement pas la bande relative à la liaison C-C ?

Reconnaissance de groupes caractéristiques

Les **documents 10a et 10b** présentent les spectres infrarouge du pent-1-ène (**B**), du pentan-1-ol (**C**), du pentanal (**D**), de la pentan-3-one (**E**), de l'acide penta-noïque (**F**), de la pentan-1-amine (**G**), du propanoate d'éthyle (**H**) et du pentanamide (**I**).

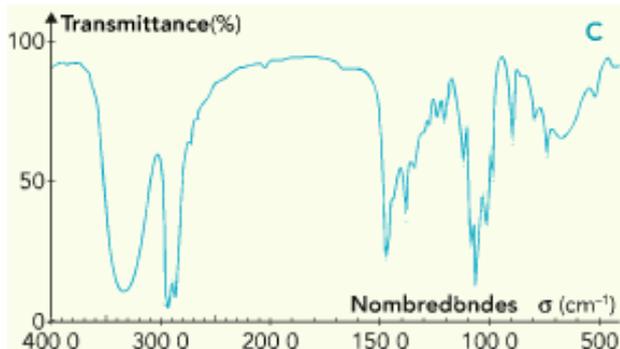
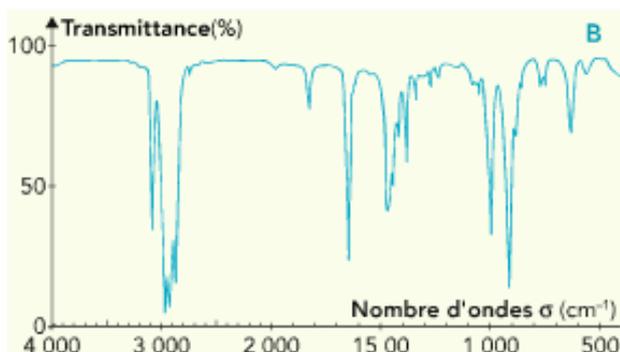
- 4 Écrire la formule développée de chacun de ces huit composés et repérer son groupe caractéristique.
- 5 À l'aide des **documents 8 et 9** et de la fiche n° 11B, p. 594, retrouver dans le spectre de chaque composé les bandes d'absorption relatives aux principales liaisons présentes. Reporter les nombres d'ondes correspondant sur les formules développées.



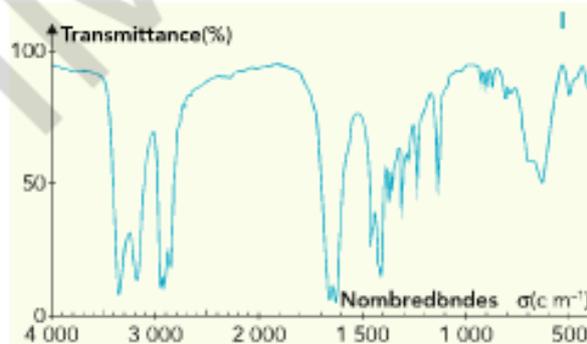
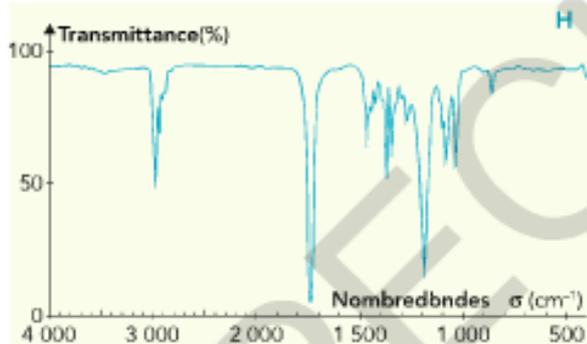
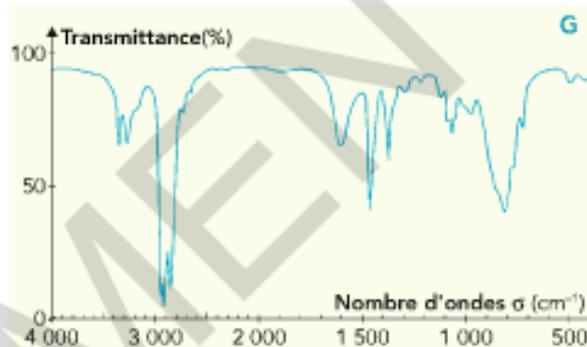
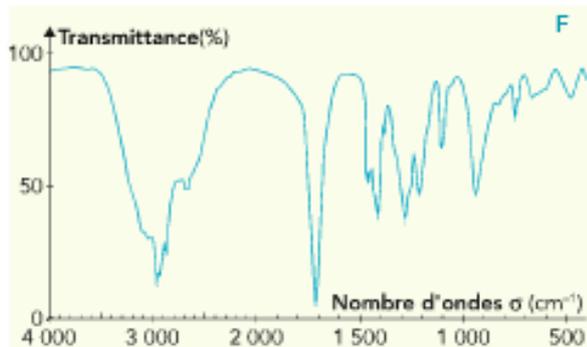
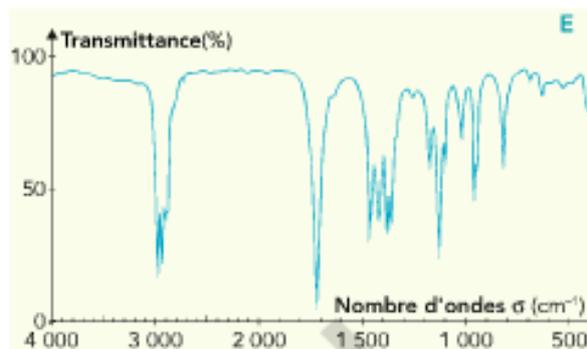
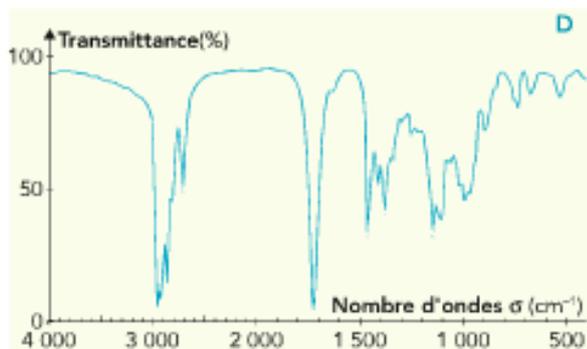
Doc. 8 Spectre infrarouge du pentane (A).

Liaison	-O-H	-N-H	C-H tri	C-H tét	C=O
σ (cm^{-1})	3200 à 3650	3100 à 3500	3000 à 3100	2800 à 3000	1650 à 1750
Liaison	C=C	C-H tét	-C-C-	-C-O-	
σ (cm^{-1})	1625 à 1685	1415 à 1470	1000 à 1250	1050 à 1450	

Doc. 9 Nombres d'ondes associés aux liaisons.



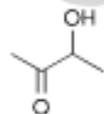
Doc. 10 a. Spectres du pent-1-ène (B) et du pentan-1-ol (C).



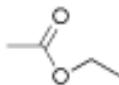
Doc. 10 b. Spectres du pentanal (D), de la pentan-3-one (E), de l'acide pentanoïque (F), de la pentan-1-amine (G), du propanoate d'éthyle (H) et du pentanamide (I).

B Identification d'un composé

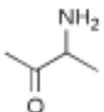
Le document 11 fournit le spectre de l'un des quatre composés suivants :



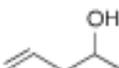
J 3-hydroxybutanone



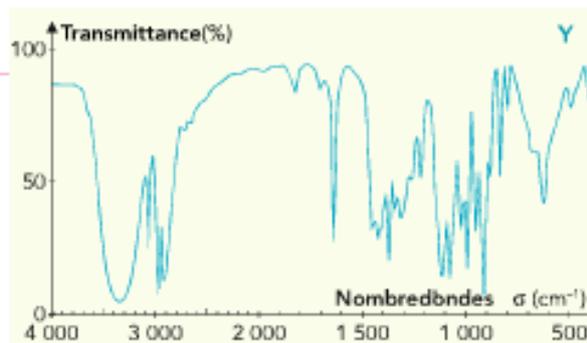
K Éthanoate d'éthyle



L 3-aminobutanone



M Pent-4-én-2-ol



Doc. 11 Spectre IR de l'un des composés J, K, L et M.

6 À quel composé le spectre Y correspond-il ?

Un pas vers le cours...

7 Rédiger une synthèse présentant les apports de la spectroscopie infrarouge à la détermination de la formule développée d'un composé organique.

Correction activité 3 A p90-91



<http://youtu.be/vOyIRxRaejY>

<https://quizlet.com/85661320/alcools-aldehydes-cetones-acides-carboxyliques-amines-et-amides-nomenclature-flash-cards/>