



COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

Première - Module 2 - Chimie organique

Physique-Chimie

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**
pour vérifier ses acquis

www.cours-pi.com

Paris & Montpellier



EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

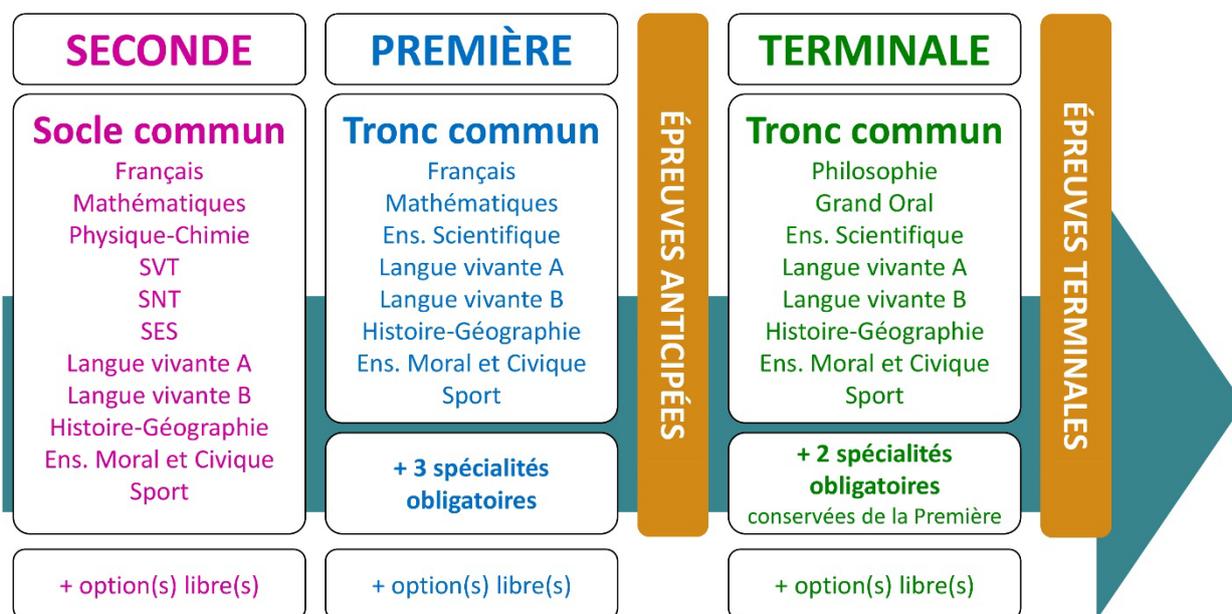
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers **l'excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **L'essentiel** et **le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **À vous de jouer** pour mettre en pratique le raisonnement vu dans le cours et s'accaparer les ressorts de l'analyse, de la logique, de l'argumentation, et de la justification
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin ... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

PHYSIQUE-CHIMIE PREMIÈRE

Module 2 – Chimie organique

L'AUTEURE



Sylvie LAMY

Diplômée de l'Ecole Polytechnique et agrégée de Mathématiques, elle poursuit aujourd'hui son parcours professionnel à l'Institut Géographique National et au Ministère des Transports comme chargée de mission sur les projets spatiaux.
Passionnée par les sciences physiques, son approche pédagogique réside dans la transmission du raisonnement scientifique. Elle attend de ses élèves de comprendre et d'explicitier leur démarche dans la résolution des problèmes.

PRÉSENTATION

Ce **cours** est divisé en chapitres, chacun comprenant :

- Le **cours**, conforme aux programmes de l'Education Nationale
- Des **exercices d'application et d'entraînement**
- Les **corrigés** de ces exercices
- Des **devoirs** soumis à correction (et **se trouvant hors manuel**). Votre professeur vous renverra le corrigé-type de chaque devoir après correction de ce dernier.

Pour une manipulation plus facile, les corrigés-types des exercices d'application et d'entraînement sont regroupés en fin de manuel.

CONSEILS A L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de l'**assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique pour l'enseignement scientifique au Lycée comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**.
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

Donc, dès qu'un devoir est rédigé, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier
*Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur*

N.B. : quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir**.

N.B. : si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.

VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL
EST
SON
RÔLE ?

Orienter les parents et les élèves.

Proposer la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

Faire évoluer les outils pédagogiques.

Encadrer et **coordonner** les différents professeurs.

VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND
PUIS-JE
LE
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.
04.67.34.03.00
scolarite@cours-pi.com



LE SOMMAIRE

Physique-Chimie – Module 2 – Chimie organique

<u>La verrerie</u>	1
<u>La mesure en chimie</u>	3
<u>Le tableau périodique</u>	5
<u>Les pictogrammes</u>	6
<u>Introduction</u>	7

CHAPITRE 1. Structure des entités organiques 9

Q COMPÉTENCES VISÉES

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

1. Formules brutes et semi-développées	10
2. Chaînes carbonnées et nomenclature des alcanes	11
3. Groupes caractéristiques	18
4. Reconnaissance des groupes caractéristiques	23
Le temps du bilan	26
Exercices	28

CHAPITRE 2. Synthèse organique 33

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Identifier, dans un protocole, les étapes de transformation des réactifs, d'isolement, de purification et d'analyse (identification, pureté) du produit synthétisé.
- Justifier, à partir des propriétés physico-chimiques des réactifs et produits, le choix de méthodes d'isolement, de purification ou d'analyse.
- Déterminer, à partir d'un protocole et de données expérimentales, le rendement d'une synthèse.
- Schématiser des dispositifs expérimentaux des étapes d'une synthèse et les légènder.

1. Notion de synthèse chimique	35
2. Les étapes de la synthèse	36
3. Rendement d'une synthèse	41
Le temps du bilan	43
Exercices	44

CHAPITRE 3. Combustion 49

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Citer des exemples de combustibles usuels.
- Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.
- Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons.
- Citer des applications usuelles qui mettent en œuvre des combustions et les risques associés.
- Citer des axes d'étude actuels d'applications s'inscrivant dans une perspective de développement durable.

1. Notion de combustion	51
2. Aspect énergétique des combustions	52
3. Enjeux sociétaux et environnementaux	55
Le temps du bilan	56
Exercices	56
Les Clés du Bac : analyse d'un sujet du Baccalauréat	60

CORRIGÉS à vous de jouer et exercices 67



ESSAIS

- **Une histoire de la physique et de la chimie** *Jean Rosmorduc*
- **Les forces de la nature** *Paul Davies*
- **Des chimistes de A à Z** *Eric Brown*
- **Une histoire de tout, ou presque...** *Bill Bryson*
- **Discours sur l'origine de l'univers** *Etienne Klein*

BANDES-DESSINÉES

- **La physique en BD** *Larry Gonick*
- **La chimie en BD** *Larry Gonick*

PODCASTS

- **La tête au carré** *France Inter*
- **Podcastscience.fm** *www.podcastscience.fr*
- **De cause à effet** *France Culture*

DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **Les secrets de la matière (3 épisodes)** *Jim Al-Khalili*
- **L'histoire de l'électricité (3 épisodes)** *Jim Al-Khalili*
- **Cosmos : une odyssée à travers l'univers (13 épisodes)** *Neil deGrasse Tyson*
- **La fabuleuse histoire de la science (6 épisodes)**

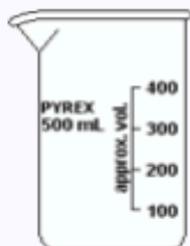


LA VERRERIE DE LABORATOIRE

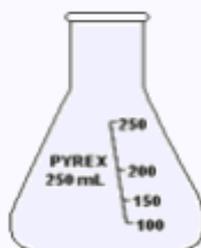
La **verrerie de laboratoire** désigne divers récipients, instruments et équipements en verre (verrerie) utilisés en laboratoire par les chimistes et les biologistes pour des expériences scientifiques ou des procédures à petite échelle. Par extension elle peut également désigner ces mêmes éléments lorsqu'ils sont fabriqués en matières plastiques, mais traditionnellement c'est le verre qui est utilisé, il convient à la plupart des situations. Transparent, non déformable et résistant à des températures élevées, il s'use peu et supporte la stérilisation en autoclave et le nettoyage en autolaveur. Il est chimiquement très résistant à l'eau, aux halogènes, aux solvants et composés organiques et aux acides.



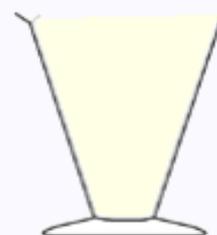
Tube à essais



Bêcher



Erlenmeyer



Verre à pied



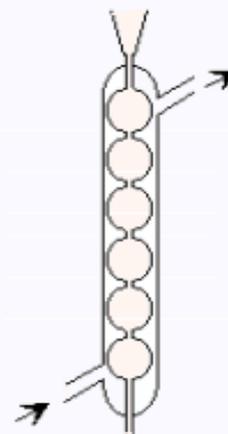
Pipette graduée



Eprouvette graduée



Burette graduée



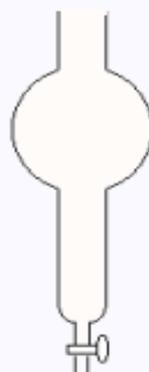
Réfrigérant à boules



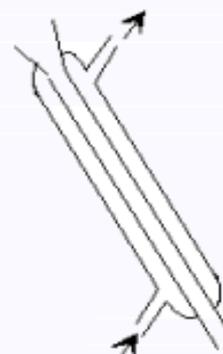
Pipette jaugée



Fiolle jaugée



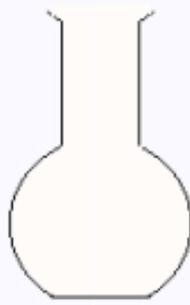
Ampoule à décanter



Réfrigérant droit



Agitateur en verre



Ballon à fond rond



Entonnoir



Colonne de Vigreux

(ou colonne à distiller)



Verre de montre
(ou coupelle)



Fiole à vide



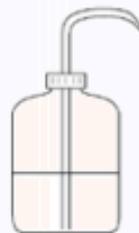
Cristallisateur



Spatule



Tube à dégagement



Pissette



Pince



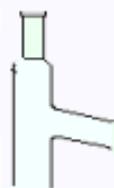
Ampoule de coulée



Pince en bois



Propipette



Tête de colonne



Creuset



Potence



Compte-gouttes



Bec Bunsen

LA MESURE EN CHIMIE

Une unité de mesure est un étalon nécessaire pour la mesure d'une grandeur physique.

Les systèmes d'unités, définis en cherchant le plus large accord dans le domaine considéré, sont rendus nécessaires par la méthode scientifique dont un des fondements est la reproductibilité des expériences (donc des mesures), ainsi que par le développement des échanges d'informations commerciales ou industrielles.

NOMBRE D'AVOGADRO ET MOLE

Le **nombre d'Avogadro** a pour valeur $N_A = 6,02214076 \times 10^{23}$

- On retiendra généralement $N_A = 6,02 \times 10^{23}$

La mole (mol) est l'unité de quantité de matière.

- Comme pour ces unités, on peut utiliser les sous-unités comme la millimole ($1 \text{ mmol} = 10^{-3} \text{ mol}$)
- Il faut faire attention aux entités concernées : on parle de "*n* moles de..."

Exemples :

Une mole d'atome d'oxygène contient $6,02 \times 10^{23}$ atomes d'oxygène.

Une mole de dioxygène contient $6,02 \times 10^{23}$ de molécules de O_2 ,
donc $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ atomes de O.

3 mmol de carbone contient $3 \times 10^{-3} \times 6,02 \times 10^{23} = 1,806 \times 10^{19}$ atomes de carbone.

MASSE MOLAIRE

La masse molaire atomique d'un élément est la masse d'une mole d'atomes de cet élément.

- La masse molaire s'exprime généralement en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exemple : $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La masse molaire moléculaire d'une espèce moléculaire est la masse d'une mole de ses molécules. Elle est la somme des masses molaires atomiques correspondant aux atomes constituant une molécule

Exemple : $M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \times 1 + 16 = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Pour les ions, on procède comme pour les atomes et les molécules (on néglige les masses des électrons en excès ou en défaut).

VOLUME MOLAIRE

Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par 1 mole de ce gaz.

- Le volume molaire s'exprime généralement en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
Il dépend de la température, mais est identique en première approximation pour les gaz courants.

TITRE MOLAIRE ET MASSIQUE

Le titre (ou concentration) massique *t* est la masse de soluté par litre de solution.

- Le titre massique s'exprime généralement en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le titre (ou concentration) molaire *c* est la quantité de matière de soluté par litre de solution.

- La concentration molaire s'exprime généralement en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

MASSE VOLUMIQUE ET DENSITÉ

Pour un même volume occupé, les espèces chimiques ne possèdent pas la même masse.

Si le volume V (en m^3) d'un corps homogène a une masse de m (en kg), on définit la **masse volumique** ρ (en $kg \cdot m^{-3}$) comme étant le rapport :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

➤ La **masse volumique de l'eau** à température ambiante ($20^\circ C$) est :

$$\rho(\text{eau}) = 1000 \text{ kg} \cdot m^{-3} = 1 \text{ kg} \cdot L^{-1} = 1 \text{ g} \cdot cm^{-3}$$

La **densité** d d'un liquide ou d'un solide de masse volumique ρ se définit généralement par rapport à l'eau.

$$d = \frac{\rho}{\rho(\text{eau})}$$

➤ La densité est **une grandeur sans unité**.

➤ La densité d'un gaz se définit généralement par rapport à l'air.

RELATIONS UTILES POUR LES SOLUTIONS

On appelle n la quantité de matière du soluté, M sa masse molaire, t le titre massique, c la concentration molaire, V le volume.

$$m = n \times M \quad \text{ou} \quad n = \frac{m}{M}$$
$$t = \frac{m}{V} \quad c = \frac{n}{V} \quad t = c \times M$$

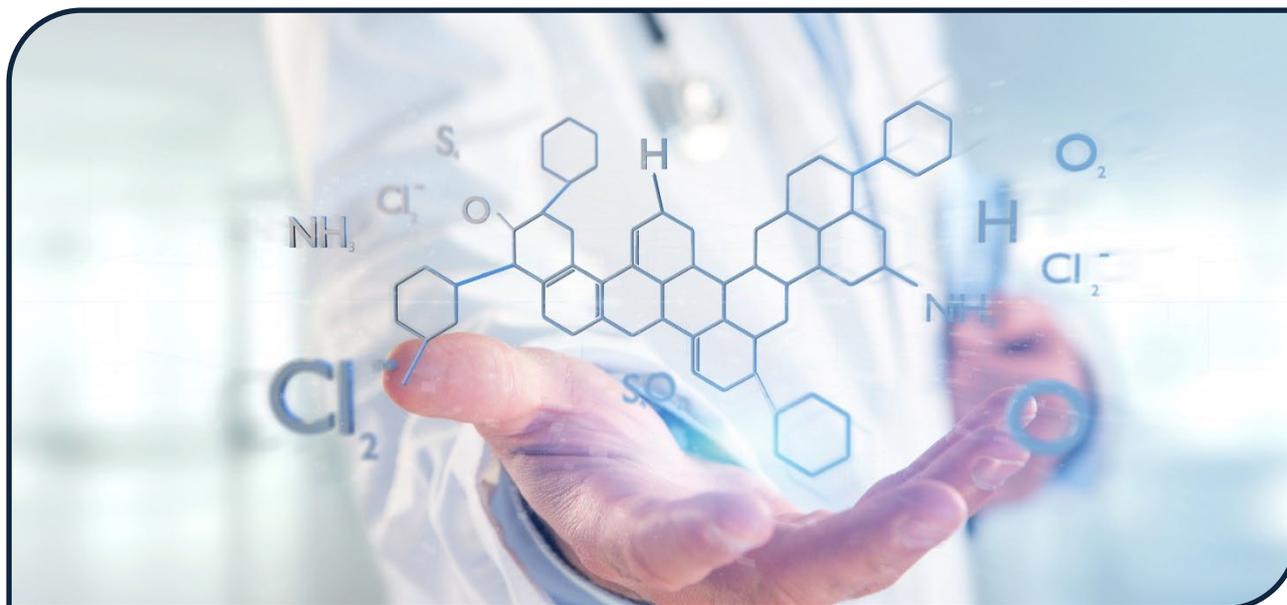


LES PICTOGRAMMES EN CHIMIE

Voici Un tableau des symboles de dangers chimiques.

	<p>Ça explose Peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, sous l'effet de la chaleur, d'un choc, d'un frottement ...</p>		<p>Inflammable Peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou de l'eau (dégagement de gaz inflammables) ...</p>
	<p>Gaz sous pression Peut exploser sous l'effet de la chaleur ou causer des brûlures ou blessures liées au froid.</p>		<p>Comburant peut provoquer ou aggraver un incendie.</p>
	<p>Corrosif</p> <ul style="list-style-type: none"> • peut attaquer et ronger la peau • peut attaquer les métaux 		<p>Toxique cancérogène ou mutagène ou provoquant des allergies ou ayant des effets néfastes sur les poumons au d'autres organes.</p>
	<p>Danger poison à forte dose ou irritant ou provoquant des allergies ou provoquant vertige ou somnolence.</p>		<p>Ça empoisonne Poison, même à faible dose ; peut provoquer différents troubles et entraîner la mort</p>
	<p>Ça nuit à l'environnement Néfaste pour les organismes du milieu aquatique.</p>		

INTRODUCTION

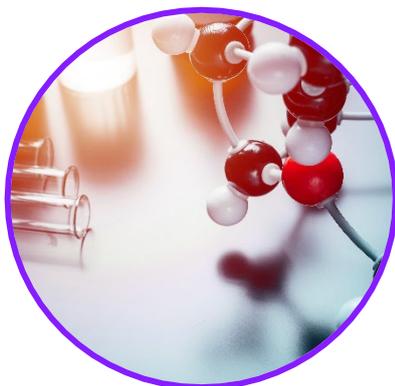


2-méthylbutanol... L'acide 3-éthylhexanoïque... Le 2-éthyl-2,3-diméthylpentanol... Montage à reflux... Décantation... Spectroscopie infrarouge... Chromatographie sur couche mince... Des noms de molécules et de manipulations, des mots entremêlés de chiffres et de sons souvent symbole de la chimie organique... De la synthèse organique en laboratoire à la caractérisation par infrarouge en passant par la purification par filtration ou évaporation, ce domaine de la chimie nous semble pourtant si lointain par les termes qui le caractérisent. Il est pourtant omniprésent dans notre quotidien par l'intermédiaire du pétrole, de nos voitures, de nos parfums et de nos médicaments.

En prenant appui sur des applications concrètes, nous allons chercher à illustrer le caractère opérationnel de la chimie, de faire prendre conscience des évolutions qu'elle a permises dans l'histoire de l'humanité et des défis scientifiques auxquels elle doit faire face en termes d'efficacité ou d'empreinte environnementale : synthèses de médicaments, utilisation de l'eau comme solvant, combustibles fossiles versus carburants agrosourcés, méthanisation, etc.

CHAPITRE 1

STRUCTURE DES ENTITÉS ORGANIQUES



Au cours de ce premier chapitre, nous verrons tout d'abord les grandes familles de composés chimiques et comment les reconnaître. Nous apprendrons alors la méthode pour nommer une molécule possédant un seul groupe caractéristique.

Enfin, nous étudierons la manière d'exploiter un spectre d'absorption infrarouge.

Q COMPÉTENCES VISÉES

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

Q PRÉ-REQUIS

- Structure électronique des atomes.
- Modèle de Lewis.



Première approche

ACTIVITÉ 1

L'objectif de cette activité est de vous faire découvrir ChemsKetch, un logiciel permettant de dessiner les molécules de chimie organique et de les représenter en 3D.

Attention, ce logiciel est en anglais.

Vous pouvez le charger sur : <https://chemsketch.fr.softonic.com/>

Vous trouverez des tutoriels par exemple à l'adresse : www.ac-clermont.fr/disciplines/index.php?id=5536

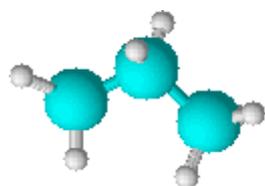
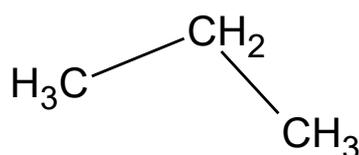
Reproduisez ces 2 molécules en 2D puis 3D.

Propane C_3H_8 – Ethanol C_2H_6O

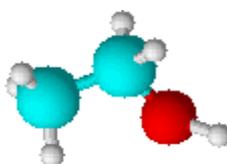
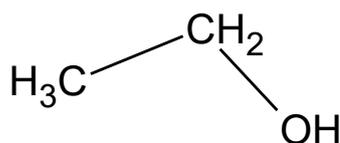
SOLUTION DE L'ACTIVITÉ 1

Voilà le résultat que vous devriez obtenir :

Propane C_3H_8



Ethanol C_2H_6O



01

STRUCTURE DES ENTITÉS ORGANIQUES

Formules brutes et semi-développées



L'ESSENTIEL

Les **molécules organiques** contiennent essentiellement des atomes de **carbone** et d'**hydrogène**, et éventuellement des atomes d'**azote**, de **chlore**, de **fluor**, d'**oxygène**,....

➤ La présence du carbone est la seule indispensable pour parler de molécule organique.

La molécule de dioxyde de carbone CO_2 n'est pas considérée comme une molécule organique.



À VOUS DE JOUER 1

Entourez les molécules organiques. C_2H_6 CO_2 CNH CF_4 $C_2H_4O_2$ H_2O



L'ESSENTIEL

- La formule brute d'une molécule donne sa composition en termes d'atomes.
- La formule développée d'une molécule fait apparaître toutes les liaisons.
- La formule semi-développée d'une molécule est la formule développée mais dans laquelle on ne fait pas apparaître les liaisons avec les atomes d'hydrogène.

Exemple :

	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée
éthane	C_2H_6	<pre> H H H-C---C-H H H </pre>	H_3C-CH_3
éthène (éthylène)	C_2H_4	<pre> H H \ / C=C / \ H H </pre>	$H_2C=CH_2$
éthyne	C_2H_2	<pre> H-C≡C-H </pre>	$HC≡CH$



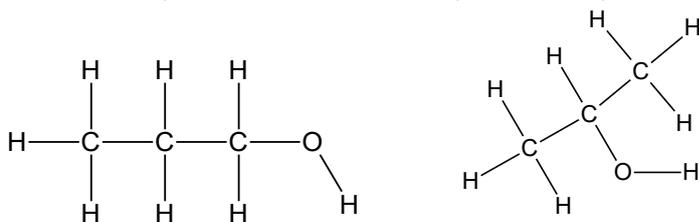
À VOUS DE JOUER 2

Donnez la formule développée et semi-développée de : CH_2F_2 .

- Les formules développées sont des schémas de Lewis simplifiés dans lesquels on ne fait apparaître que les doublets liants.
- Les formules développées et semi-développées sont des représentations planes des molécules même si la plupart des molécules sont tridimensionnelles
- Deux molécules ayant la même formule brute peuvent avoir des formules développées et semi-développées différentes, et par conséquent des propriétés différentes. De telles molécules sont dites **isomères**.

Exemple :

C_3H_8O correspond à ces 2 molécules qui n'auront pas les mêmes propriétés chimiques :



02

STRUCTURE DES ENTITÉS ORGANIQUES

Chaînes carbonées et nomenclature des alcanes

On considère les molécules organiques dont tous les atomes de carbone sont liés les uns aux autres.

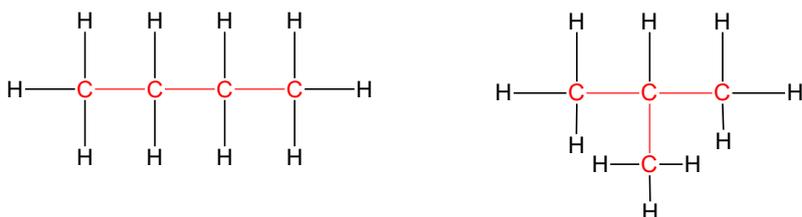


L'ESSENTIEL

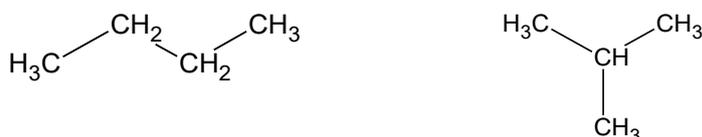
Les atomes de carbone forment le squelette carboné de la molécule.

Exemple :

2 isomères de C_4H_{10} avec des squelettes carbonés différents.



Représentations semi-développées de ces molécules.



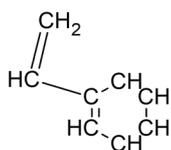
Un squelette carboné (ou une partie d'un squelette) peut présenter les formes suivantes :

Squelette linéaire	Chaque atome de carbone est lié, au plus, à deux autres atomes de carbone.	
Squelette ramifié	Au moins un atome de carbone est lié, au moins, à trois autres atomes de carbone.	
Squelette cyclique	Une partie forme une chaîne fermée.	

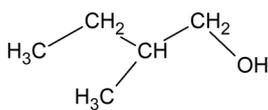


À VOUS DE JOUER 3

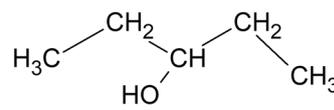
Compétez les phrases ci-dessous avec linéaire / ramifié / cyclique.



A



B



C

La molécule A a un squelette

La molécule B a un squelette

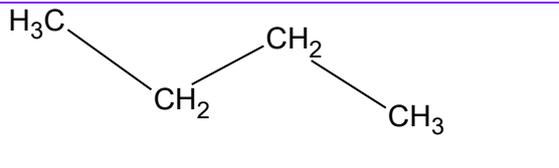
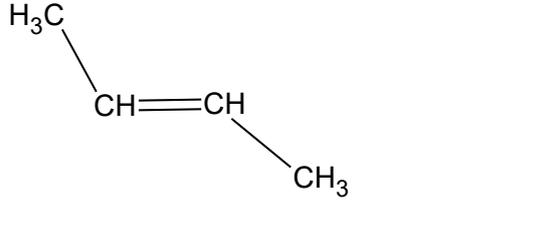
La molécule C a un squelette



L'ESSENTIEL

Un squelette carboné est saturé si tous les atomes de carbones sont liés par des liaisons simples.

Exemple :

	Squelette saturé
	Squelette insaturé

Dans la suite, on n'étudiera que les molécules saturées.

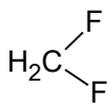


L'ESSENTIEL

Les alcanes sont les molécules organiques ayant un squelette saturé, et composé uniquement de carbone et d'hydrogène.

Les alcanes ont pour formule brute : C_nH_{2n+2}

Exemple :

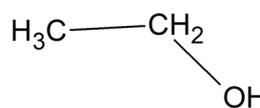
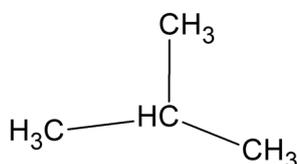
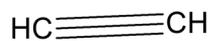
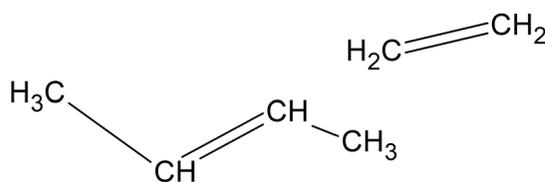
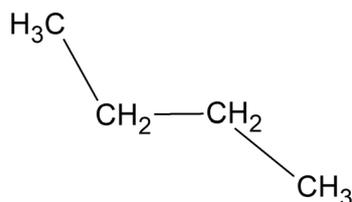
H_3C-CH_3	alcane
$H_2C=CH_2$	non alcane
	non alcane



À VOUS DE JOUER 4

1) Entourez les alcanes. C_2H_6 C_2H_4 C_2H_6O C_4H_{10}

2) Entourez les alcanes.





L'ESSENTIEL

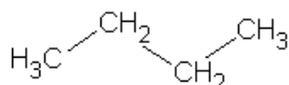
Nomenclature des alcanes linéaires.

- On détermine la **longueur** de la chaîne carbonée (nombre d'atomes de carbones sur la chaîne).
- On utilise en fonction de cette longueur un préfixe :

Nombre de C	Préfixe
1	Méth-
2	Eth-
3	Prop-
4	But-
5	Pent-
6	Hex-
7	Hept-
8	Oct-

- Ajoute le suffixe **-ane** qui correspond aux alcanes.

Exemple :



La chaîne est de longueur 4 (préfixe but-). C'est donc une molécule de **butane**.

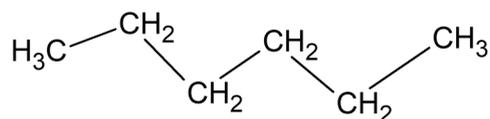


À VOUS DE JOUER 5

- 1) Je suis un alcane linéaire ayant 8 atomes de carbone.

Je suis une molécule d'.....

- 2) Quel est le nom de cette molécule ?

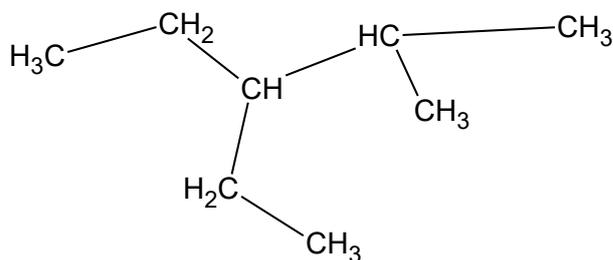


- 3) Dessinez une molécule de propane.

Nomenclature des alcanes ramifiés

Nous allons donner la méthode sur l'exemple suivant.

Exemple :



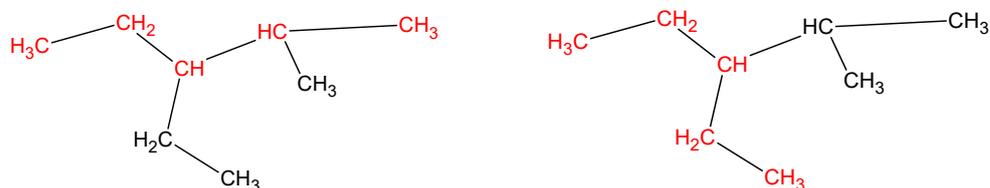


L'ESSENTIEL

Étape 1

On détermine la **longueur** de la chaîne carbonée la **plus longue** appelée **chaîne principale**. Cela donnera le nom de l'alcane. On évite, s'il y a plusieurs chaînes de longueur égale, de prendre une chaîne dont les ramifications comportent des sous-ramifications.

Exemple :



On a le choix entre 2 chaînes principales de longueur 5. Mais si on prend la seconde, la ramification comporte elle-même une ramification.

La longueur étant 5, cette molécule fait partie des pentanes.

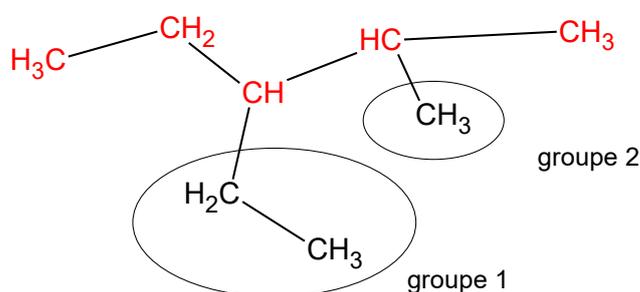


L'ESSENTIEL

Étape 2

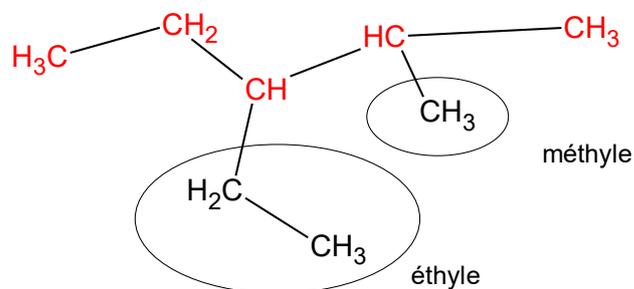
On détermine les chaînes ramifiées qui sont appelés groupes alkyles : leur nom est construit comme celui des alcanes linéaires, en mettant en suffixe **-yle** .

Exemple :



On a 2 chaînes ramifiées. Le groupe 1 est de longueur 2 : c'est donc le groupe **éthyle**.

Le groupe 2 est de longueur 1 : c'est donc le groupe **méthyle**.



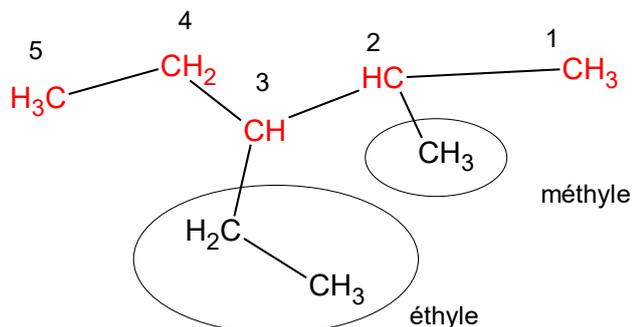
L'ESSENTIEL

Étape 3

On numérote les carbones de la chaîne principale, pour que le premier groupe ramifié ait le numéro le plus petit possible.

Exemple :

Si on numérote de gauche à droite, le premier groupe rencontré (groupe éthyle) est ramifié sur le carbone 3. Si on numérote de droite à gauche, le premier groupe rencontré (groupe méthyle) est ramifié sur le carbone 2. On choisit donc cette numérotation.



L'ESSENTIEL

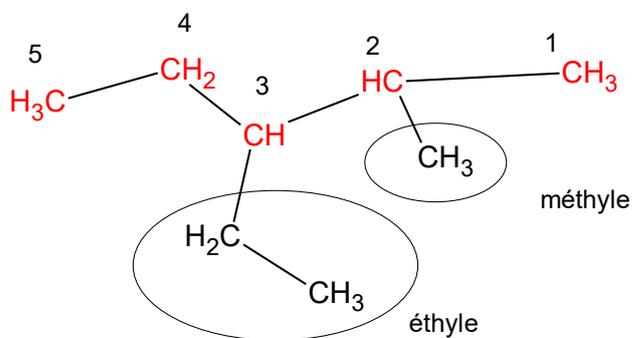
Étape 4

On construit le nom :

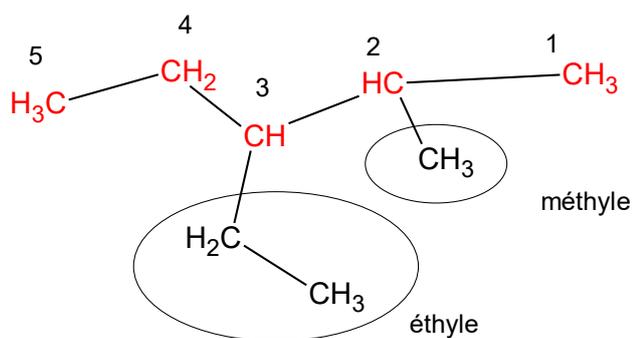
- On ordonne les groupes alkyles par ordre alphabétique (on ne met pas le e final dans le nom) .
- Pour chaque groupe, on met devant son nom le numéro du carbone qui le porte. Les numéros et groupes sont séparés par un tiret- .
- On ajoute à la fin le nom de l'alcane trouvé à la première étape.

Exemple :

Par ordre alphabétique, **éthyle** (carbone 3) doit être placé avant **méthyle** (carbone 2).

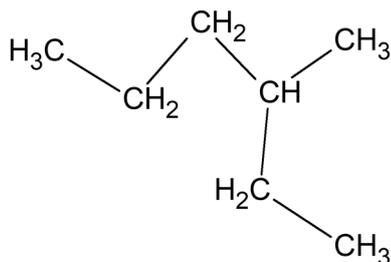


Nom de la molécule : **3-éthyl-2-méthylpentane**





À VOUS DE JOUER 6



- 1) Déterminez la plus longue chaîne
- 2) Sa longueur est ; la molécule est donc dans la famille des
- 3) Il y a un groupe alkyle. Entourez-le. Quel est son nom ?.....
- 4) Sur quel carbone de la chaîne principale le groupe est-il attaché ?
- 5) Donnez le nom de la molécule :

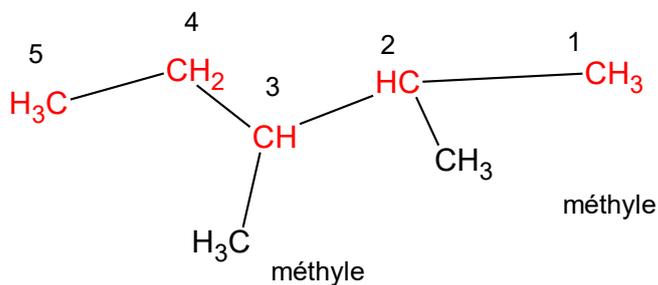


À VOUS DE JOUER 7

Dessinez la molécule de 4 éthyle 2 méthyleptane.

Si on a 2 chaînes ramifiées identiques, on sépare le numéro de carbone par des virgules, et on met **di** devant le nom du groupe. Pour 3 groupes identiques, on mettra **tri** devant le nom du groupe.

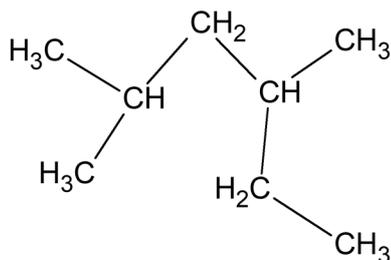
Exemple :



2,3-diméthylpentane



À VOUS DE JOUER 8



- 1) Quelle est la longueur de la plus longue chaîne ?..... La molécule est donc dans la famille des
- 2) Il y a 2 groupes alkyles identiques. Les entourer.
- 3) Quel est leur nom ?.....
- 4) Sur quel carbone de la chaîne principale sont-ils attachés ? et
- 5) Donner le nom de la molécule :
- 6) Donnez le nom de la molécule :



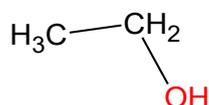
STRUCTURE DES ENTITÉS ORGANIQUES

Groupes caractéristiques

Certains groupes caractéristiques confèrent à une molécule des propriétés particulières qu'on appelle **fonction**.

Exemple :

La présence du groupe $-OH$ (groupe hydroxyle) sur une molécule lui donne la fonction **alcool**.



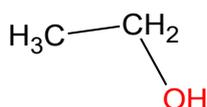
GRUPE HYDROXYLE : FONCTION ALCOOL



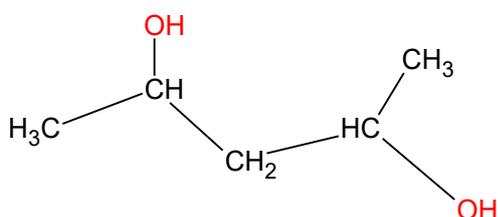
L'ESSENTIEL

$-OH$ est le groupe hydroxyle. Il correspond à la fonction alcool.

Exemple :



Cette molécule possède 2 fonctions alcool.



Cette molécule possède 2 fonctions alcool.

Remarque :

- On peut indiquer dans une formule brute une ou des fonctions alcool.

Exemples :

Formule brute du méthanol : CH_3OH plutôt que CH_4O

Formule brute du méthane-diol : $\text{CH}_3(\text{OH})_2$ plutôt que CH_4O_2



L'ESSENTIEL

Nomenclature des alcools

La terminaison représentative de la fonction alcool est « **ol** ».

Le principe est proche de la nomenclature des alcanes.



L'ESSENTIEL

On détermine la longueur de la chaîne carbonée la plus longue. Cela donne le préfixe.

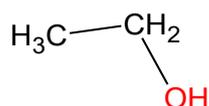
On numérote les carbones de la chaîne principale (le numéro du carbone portant la première fonction doit être le plus petit possible).

On ajoute le suffixe **-ol** qui correspond aux alcools.

Remarque :

- Quand la fonction est en bout de chaîne, on ne met pas le "1" du carbone porteur de la fonction.

Exemple :



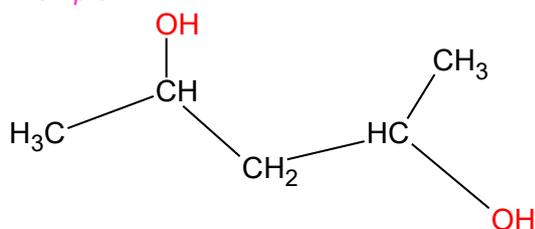
Chaîne de longueur 2 → éthan-

Fonction alcool (forcément en bout de chaîne) : **éthanol**

Remarque :

- Si on a 2 fonctions alcool, le suffixe devient diol ; pour 3, il devient triol,...

Exemple :



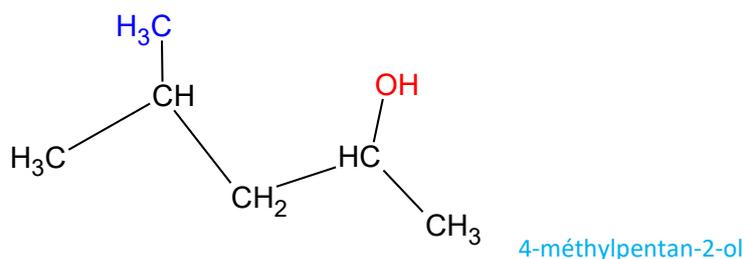
Chaîne de longueur 5 → pentan-

2 fonctions alcool (positions 2 et 4) : **pentan-2,4-diol**

Remarque :

- La fonction alcool est prioritaire par rapport aux groupes alkyle dans la numérotation des carbones.

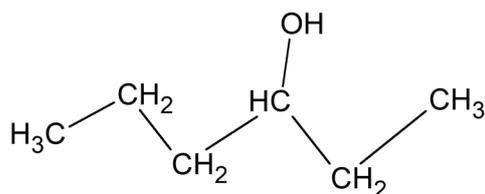
Exemple :



On numérote à partir de la droite pour avoir le numéro du carbone qui porte la fonction alcool le plus petit possible.



À VOUS DE JOUER 9



Cette molécule est un car elle contient le groupe

Son nom est :

GRUPE CARBONYLE : FONCTIONS ALDÉHYDE ET CÉTONE

Le **formol** est une solution de méthanal (CH_2O). Concentré, il permet la conservation en anatomie. Dilué, il sert de désinfectant.

Les **aldéhydes** et **cétones** peuvent aussi avoir des **arômes et parfums**, ainsi certains arômes artificiels utilisés en pâtisserie (café, vanille, moka...). Par exemple, l'éthanal possède une odeur de pomme verte caractéristique.



L'ESSENTIEL

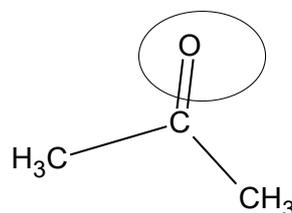
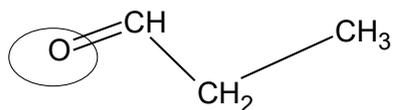
Les **dérivés carbonylés** constituent une famille de dérivés oxygénés qui possèdent un même groupe caractéristique : **le groupe carbonyle C = O**

Il existe deux types de dérivés carbonylés :

- **les aldéhydes** : la fonction carbonyle est toujours en bout de chaîne, la dernière liaison étant occupée par un hydrogène,
- **les cétones** : la fonction carbonyle est toujours en milieu de chaîne.

Groupe caractéristique	Dérivés carbonylés	
	Aldéhydes	Cétone
Carbonyle	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array} $

Exemples :



aldéhyde (groupe carbonyle en bout de chaîne)

cétone (groupe carbonyle en milieu de chaîne)

- La différence de position de la fonction carbonyle va influencer les propriétés physiques et chimiques des molécules. On a donc pour ce groupe 2 fonctions différentes.
- La **formule brute** d'un dérivé carbonyle (avec une seule fonction) est $C_nH_{2n}O$.



L'ESSENTIEL

Nomenclature

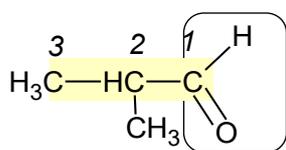
La terminaison représentative de la famille des aldéhydes est « al ».

La terminaison représentative de la famille des cétones est « one ». On indique pour une cétone le numéro du carbone qui porte la fonction carbonyle.

La démarche est identique à celle des alcools.

- Pour les aldéhydes, il n'est pas nécessaire de préciser la numérotation puisque la fonction est prioritaire et positionnée sur un carbone en bout de chaîne carbonée.

Exemple 1 :



2-méthylpropanal

Cette molécule possède une fonction aldéhyde (elle est entourée).

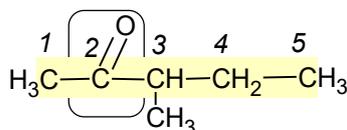
La **chaîne principale** possède 3 atomes de C. Il s'agit donc d'un **propanal**.

Pour numérotter la chaîne, il faut partir du carbone portant la double liaison =O.

Il y a une ramification avec un groupe méthyle portée par le carbone 2.

Il s'agit donc d'une molécule de : **2-méthylpropanal**.

Exemple 2 :



3-méthylpentan-2-one

Cette molécule possède une fonction cétone (elle est entourée). La

chaîne principale possède 5 atomes de C. Il s'agit donc d'un **pentanone**.

Pour numérotter la chaîne, il faut partir du carbone le plus proche de la double liaison =O.

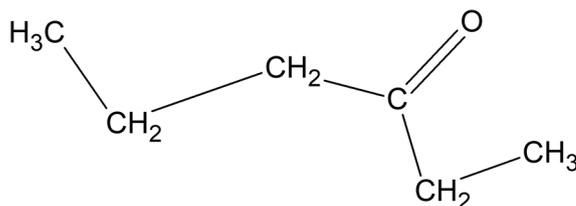
Il y a une ramification avec un groupe méthyle portée par le carbone 3

Il s'agit donc d'une molécule de **3-méthylpentan-2-one**.



À VOUS DE JOUER 10

1.



Cette molécule est une car elle contient le groupe
en de chaîne.

Son nom est :

2. Dessinez la molécule de propanal.

GRUPE CARBONYLE : FONCTION ACIDE CARBOXYLIQUE



L'ESSENTIEL

Les acides carboxyliques sont des dérivés oxygénés qui possèdent deux oxygènes liés à un même atome de carbone (fonction alcool + fonction aldéhyde).

Groupe caractéristique	Acides carboxyliques
—COOH	R—COOH

- Cette fonction est toujours située en extrémité de chaîne carbonée.
- L'acide carboxylique le plus simple est l'acide méthanoïque : HCOOH.
- La **formule brute** d'un acide carboxylique (avec une seule fonction) est de la forme $C_nH_{2n}O_2$

Remarque :

- On peut indiquer dans une formule brute une fonction acide carboxylique.



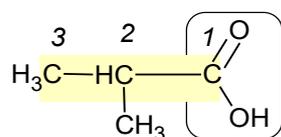
L'ESSENTIEL

Nomenclature

Le nom d'un acide carboxylique est précédé du mot acide et se termine par « oïque ». La fonction acide carboxylique est toujours prioritaire sur les autres constituants.

La nomenclature des acides carboxyliques prend en considération les règles pour les hydrocarbures. La fonction étant toujours en début de chaîne, la numérotation débute du carbone qui la porte.

Exemple :



acide 2-méthylpropanoïque

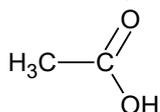
Cette molécule possède une fonction carboxylique (elle est entourée). La **chaîne principale** possède 3 atomes de C. Il s'agit donc d'un **acide propanoïque**.

Pour numéroter la chaîne, il faut partir du carbone la fonction carboxylique.

Il y a une ramification avec un groupe méthyle portée par le carbone 2.

Il s'agit donc d'une molécule d'**acide 2-méthylpropanoïque**.

Autre exemple :

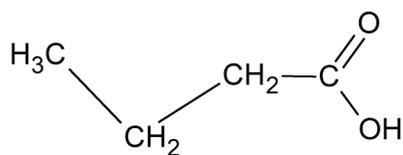


acide éthanoïque (acide acétique)

- Certains acides carboxyliques portent des noms courants, ainsi que leur base conjuguée ($RCOO^-$)
HCOOH/HCOO⁻ : **acide formique** (acide méthanoïque) / **formiate**
CH₃-COOH / CH₃-COO⁻ : **acide acétique** (acide éthanoïque) / **acétate**



À VOUS DE JOUER 11



Cette molécule est un car elle contient le groupe
(Entourer le groupe)



STRUCTURE DES ENTITÉS ORGANIQUES

Reconnaissance des groupes caractéristiques

RÉACTIONS, TESTS DE RECONNAISSANCE

Les acides carboxyliques donnent des solutions acides. On peut donc utiliser les tests de pH.

Exemple :

Si on verse quelques gouttes d'une solution d'acide carboxylique dans une solution de bleu de bromothymol (BBT), celle-ci vire au jaune.

Les aldéhydes et cétones donnent un précipité jaune caractéristique avec la 2,4 D.N.P.H. (2,4 dinitrophénylhydrazine).

Les **aldéhydes** possèdent également des **propriétés réductrices** importantes. **On peut les mettre en évidence par la formation d'un précipité rouge brique avec la liqueur de Fehling.**

Les acides carboxyliques donnent des solutions acides. On peut donc utiliser les tests de pH.



À VOUS DE JOUER 12

Mettre la fonction mise en évidence par le test :

Liqueur de Feeling :

DNPH :

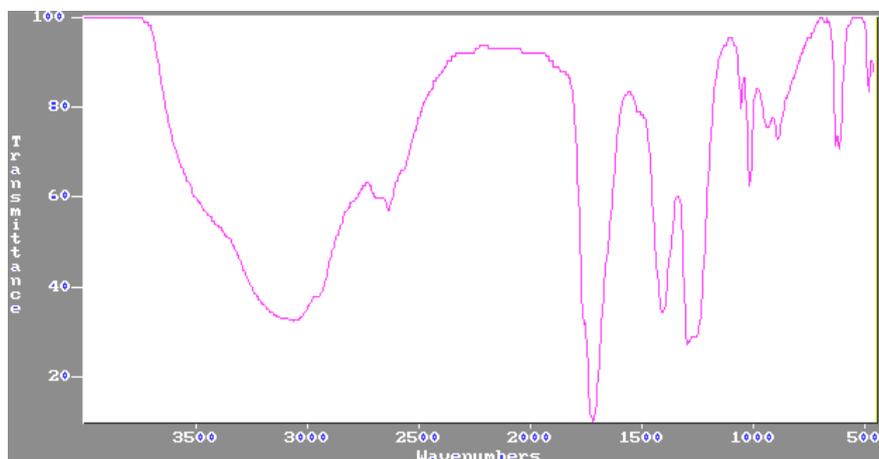
Test de PH :

SPECTRES INFRAROUGES

Principe spectroscopie infrarouge

Une liaison chimique entre deux atomes peut être vue comme un ressort, les atomes étant assimilés à des masses accrochées à ses extrémités. Ce système présente une **fréquence d'oscillation propre** caractéristique de la liaison (C-C, C-H, C-O, ...). Quand ce "ressort" reçoit une radiation électromagnétique de fréquence égale à sa fréquence propre, il entre en résonance et se met à vibrer. L'énergie absorbée correspond à l'énergie utilisée pour mettre en vibration la liaison.

Pour les liaisons chimiques, les fréquences propres se situent dans l'**infrarouge (IR)**, entre 2,5 μm et 25 μm . On envoie donc des radiations IR dans cette gamme de fréquence sur un échantillon à tester. **Certaines longueurs d'onde sont alors absorbées** dans l'échantillon. On génère alors un **spectre IR**, qui permet de **déterminer ces liaisons chimiques.**



L'axe des abscisses est gradué en **nombre d'onde** σ ($\sigma = \frac{1}{\lambda}$: unité cm^{-1}) est orienté **de droite à gauche**.

- L'axe des ordonnées est gradué en pourcentage (%) de **transmittance**.



L'ESSENTIEL

La transmittance est le rapport entre l'intensité lumineuse transmise I et l'intensité lumineuse incidente I_0 .

L'analyse des bandes de minimum d'absorption permettent de retrouver des **groupes caractéristiques**.

Méthode :

1. On repère dans les tables les nombres d'ondes correspondant aux bandes d'absorption.
2. On analyse leur largeur.
3. En s'appuyant sur des tables données, on détermine ainsi les groupes caractéristiques.

➤ Dans la plupart des exercices, le spectre IR permet de différencier différentes structures.

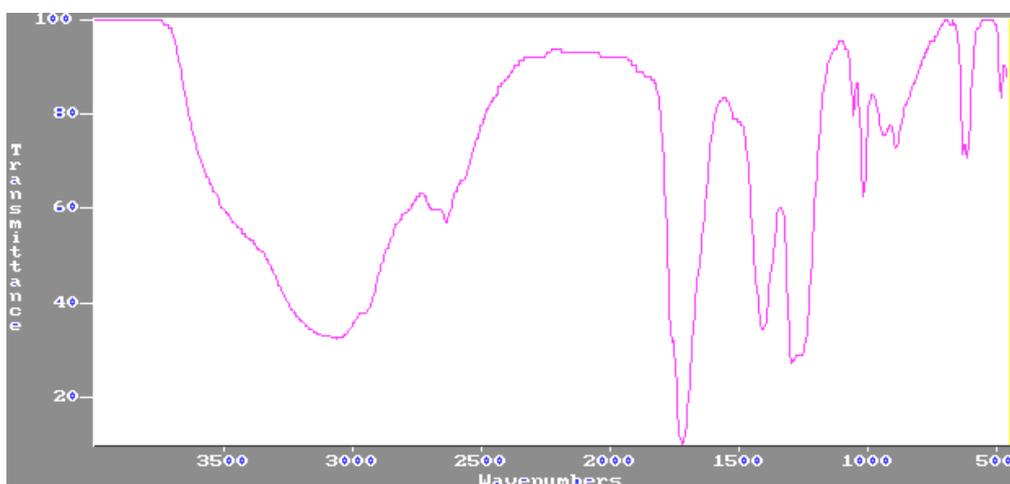
- Données de spectroscopie infrarouge (IR) :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O-H libre	3500-3700	Forte, fine
O-H liée	3200-3400	Forte, large
O-H acide carboxylique	2500-3200	Forte à moyenne, large
C-H	2800-3000	Forte
C=O aldéhyde et cétone	1650-1730	Forte
C=O acide carboxylique	1680-1710	Forte
C=C	1640-1680	Moyenne

➤ Le spectre est modifié en cas de liaisons hydrogène intermoléculaires (ponts hydrogène) : on appelle ces liaisons **O-H liée**. On constate une **bande large vers 3200 cm^{-1}** . La structure de cette bande dépend de la concentration.

Exemple d'analyse

Est-ce le spectre de l'acide éthanoïque ou de l'éthanol ?



On constate une bande vers 1700 cm^{-1} caractéristique d'une liaison C=O. Il s'agit donc de l'acide éthanoïque. On remarque également :

Une bande à 3200 cm^{-1} caractéristique d'une liaison O-H liée (pont hydrogène).



POUR ALLER PLUS LOIN

LES SECRETS DE LA MATIÈRE – série documentaire de Jim Al Khalili
Episode 1 – La naissance de la chimie

Dans ce premier épisode, le chercheur Jim Al-Khalili reconstitue les recherches des alchimistes qui voulaient accéder au cœur de la matière. Il montre ainsi la naissance de la chimie, où l'on apprend comment, en deux siècles, nous sommes passés de quatre éléments à quatre-vingt-douze substances chimiques élémentaires dûment répertoriées, jusqu'au fonctionnement de l'hydrogène, du carbone, de l'azote, de l'oxygène, du fer, de l'argent ou de l'or. La chimie se révèle être un monde immensément coloré, à la fois magnifique et bien réel.

Disponible en DVD ou en replay sur internet

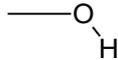
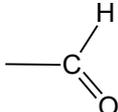
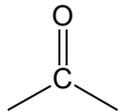
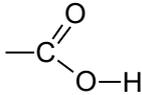
LE TEMPS DU BILAN

- **Molécule organique = squelette carboné + éventuellement groupes**

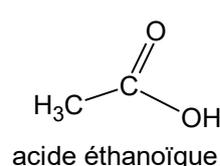
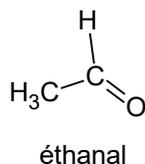
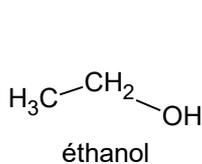
Dans ce chapitre nous avons :

- **appris à nommer les alcanes.**
Il s'agit de plusieurs étapes.
Étape 1 : chercher la chaîne carbonée principale (la plus longue) pour déterminer le nom du préfixe.
Étape 2 : identifier les ramifications (méthyl-, éthyl-, propyl-) et les énumérer par ordre alphabétique.
Étape 3 : numéroter la chaîne carbonée principale d'un bout à l'autre de telle manière que le ou les atomes de carbones portant un radical alkyle aient le plus petit nombre possible.
- **appris à reconnaître 3 groupes fonctionnels et les fonctions associées : hydroxyle (alcool), carbonyle (aldéhyde et cétone), carboxyle (acide carboxylique).**

Familles simples des composés organiques

Groupe	Groupe caractéristique	Fonction /suffixe des molécules
Groupe hydroxyle		Alcool Suffixe : -ol
Groupe carbonyle		Aldéhyde Suffixe : -al
		Cétone Suffixe : -one
Groupe carboxyle		Acide carboxylique Acide + ... + -ique

Exemples :



L'éthanol contient un groupe hydroxyle (fonction alcool).
L'éthanal contient un groupe carbonyle (fonction aldéhyde).

➤ **appris à nommer les alcanes.**

Il s'agit de plusieurs étapes.

Étape 1 : chercher la chaîne carbonée principale (la plus longue) pour déterminer le nom du préfixe.

Étape 2 : identifier les ramifications (méthyl-, éthyl-, propyl-) et les énumérer par ordre alphabétique.

Étape 3 : numéroter la chaîne carbonée principale d'un bout à l'autre de telle manière que le ou les atomes de carbones portant un radical alkyle aient le plus petit.

➤ **exploité les spectres IR .**

L'analyse infrarouge permet d'identifier les groupes caractéristiques d'une molécule.

Méthode :

Étape 1 : on repère les principales bandes d'absorption.

Étape 2 : on repère dans les tables les nombres d'ondes correspondant aux bandes d'absorption.

Étape 3 : on analyse leur largeur.

Étape 4 : en s'appuyant sur des tables données, on détermine ainsi les groupes caractéristiques.

Voici un exemple de table infrarouge (les tables infrarouges ne sont pas à connaître).

Données de spectroscopie infrarouge (IR) :

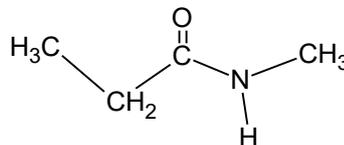
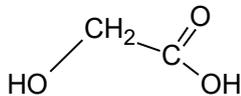
Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O-H libre	3500-3700	Forte, fine
O-H liée	3200-3400	Forte, large
O-H acide carboxylique	2500-3200	Forte à moyenne, large
C-H	2800-3000	Forte
C=O aldéhyde et cétone	1650-1730	Forte
C=O acide carboxylique	1680-1710	Forte
C=C	1640-1680	Moyenne

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances.
Les exercices ont été classés dans un ordre d'approfondissement croissant.
Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE

01

Entourez et nommez les groupes caractéristiques



EXERCICE

02

Entourez le groupe caractéristique puis nommer les molécules suivantes :

Molécule A	Molécule B	Molécule C
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$	$\text{HC}(\text{O})-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$

Parmi ces molécules, lesquelles sont des molécules isomères ?

EXERCICE

03

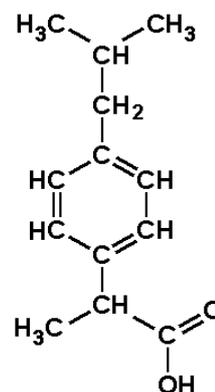
Un composé organique a pour formule brute $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$. Les tests caractéristiques ont montré que cette espèce chimique réagit positivement à la D.N.P.H. mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.

1) Quel est le groupe caractéristique mis en évidence par la D.N.P.H. ?

2) Quelle est la nature précise du composé ?

3) Sachant que le composé est linéaire, déterminez tous ses isomères ainsi que leurs noms.

L'ibuprofène est la dénomination commune internationale de l'acide alpha-méthyl-4-(2-méthylpropyl)phényl]propanoïque. Il s'agit de la substance active d'un médicament AINS (anti-inflammatoire non stéroïdien) utilisé pour soulager les symptômes de l'arthrite, de la dysménorrhée primaire, de la pyrexie ; et comme analgésique, spécialement en cas d'inflammation. L'ibuprofène a été développé par les chercheurs de chez Boots, dans les années 1960, à la suite d'un test systématique des propriétés antipyrétiques et analgésiques de 600 molécules potentielles. Il est commercialisé sous divers noms commerciaux, par exemple Brufen, Advil, Nurofen, Upfen, Motrin, Algifen.



Molécule d'ibuprofène

 IBUPROFENE MYLAN 400 mg cp efferv	
Fiche descriptive abrégée du médicament : IBUPROFENE MYLAN 400 mg cp efferv	
Forme : comprimé effervescent	
	par 1 comprimé effervescent
ibuprofène	400 mg
Excipients : acide citrique anhydre, bicarbonate de sodium, sorbitol, croscarmellose sel de Na, acide fumarique, sodium laurylsulfate, gesweet, (saccharine sodique, sodium gluconate, D-gluconolactone), citron arôme Permaseal, (maltodextrine de maïs, gomme arabique, acide ascorbique, butylhydroxyanisole).	
Classement pharmaco-thérapeutique VIDAL : Anti-inflammatoire non stéroïdien : ibuprofène \ Antalgique	

1) L'ibuprofène est-il une espèce naturelle ?

.....

2) Quel est le principe actif de l'Advil ?

.....

3) La molécule d'ibuprofène contient-elle un groupe caractéristique ? Citez-le. Pouvait-on le prévoir d'après le texte ?

.....

.....

4) Quelle est la formule brute et la masse molaire de l'ibuprofène ?

.....

.....

5) Quelle est la quantité de matière d'ibuprofène contenu dans un comprimé ?

.....

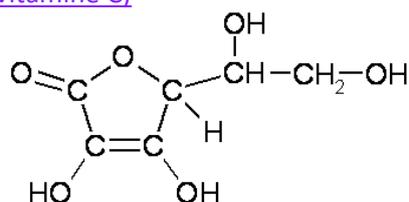
.....

.....

1) Quel(s) est(sont) le(s) principe(s) actif(s) de ce médicament ?

.....

2) A propos de l'acide ascorbique (vitamine C)



a) Quelle est la formule brute de l'acide ascorbique ?

.....

b) Repérez sur la molécule les groupes caractéristiques et donnez leurs noms.

c) Calculez la masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique.

.....

.....

d) Quelle est la quantité de matière d'acide ascorbique contenue dans une gélule ?

.....

.....

3) A propos du sulfate ferreux

Données : masses molaires atomiques : $M(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $M(S) = 32,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Les espèces $\text{SO}_2(\text{aq})$, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ et $\text{I}^-(\text{aq})$ sont incolores en solution. De plus, l'empois d'amidon prend, en présence de diiode, une coloration gris-bleu.

a) Calculez la masse molaire du sulfate ferreux FeSO_4 .

.....

.....

b) Calculez la quantité de matière en fer contenue dans une gélule.

.....

.....



Au cours de ce deuxième chapitre, nous commencerons par apprendre à identifier les grandes étapes d'une transformation chimique. Nous préciserons ensuite les différentes techniques pour isoler, purifier et analyser un produit chimique.

Puis nous apprendrons la notion de rendement d'une synthèse et son calcul. Enfin, nous apprendrons à schématiser un dispositif expérimental et à le légènder.

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Identifier, dans un protocole, les étapes de transformation des réactifs, d'isolement, de purification et d'analyse (identification, pureté) du produit synthétisé.
- Justifier, à partir des propriétés physico-chimiques des réactifs et produits, le choix de méthodes d'isolement, de purification ou d'analyse.
- Déterminer, à partir d'un protocole et de données expérimentales, le rendement d'une synthèse.
- Schématiser des dispositifs expérimentaux des étapes d'une synthèse et les légènder.

Q PRÉREQUIS

- Réactions chimiques ; tableau d'avancement.
- Unité et mesure en chimie.
- Chromatographie, spectres IR.
- Les processus de séparation (extraction par solvant, décantation).
- La verrerie et les montages.



ACTIVITÉ 2

Marcelin Berthelot effectue la synthèse de l'alcool.



« Une découverte scientifique est le maillon d'une évolution basée sur des découvertes antérieures, à l'inverse d'une œuvre littéraire ou artistique dont l'inspiration est propre à son auteur.

Lavoisier est reconnu comme le créateur de la chimie moderne. Pourtant, s'il a étudié l'analyse, il a ignoré la synthèse qui est l'opération inverse : au lieu d'analyser un corps en le décomposant, la synthèse recrée un corps à l'aide de ses composants élémentaires. La synthèse est le second volet de la chimie : elle est devenue familière en partie grâce aux travaux d'un jeune et déjà brillant chimiste, Marcelin Berthelot qui, en janvier 1851, est nommé à 24 ans préparateur du cours de chimie d'Antoine Balard au Collège de France.

Berthelot comprit très vite l'intérêt de la chimie du carbone. À cette époque, on pensait qu'un composé organique ne pouvait être créé qu'en présence des êtres vivants, en quelque sorte par leur action : on appelait cela, sans pouvoir mieux le définir, la *force vitale*. Les

travaux de Berthelot, avec pour point de départ la préparation synthétique des carbures d'hydrogène, vont ruiner cette théorie et engager la synthèse dans une voie d'avenir : celle de l'alcool méthylique, en 1854 – voilà seulement 150 ans – joua un rôle fondamental puisque initial.

Cette synthèse montrait aussi l'étroite association de la chimie minérale et de la chimie organique, c'est-à-dire *l'unité de la chimie*. Sa découverte conduisit Berthelot vers une longue suite d'autres synthèses, toutes exécutées dans les laboratoires du Collège de France.

Devenu quelques années plus tard professeur de chimie organique au Collège de France, il réalisa la synthèse de l'acétylène en associant le carbone et l'hydrogène sous la puissance de l'arc électrique – l'électricité était utilisée pour la première fois en chimie – dans un appareil surnommé œuf de Berthelot. Cette grande métamorphose de la matière en laboratoire, cette « synthèse totale », ouvrit alors la voie à d'immenses perspectives : depuis la création d'engrais, de colorants, d'explosifs, de matières plastiques jusqu'à la fabrication d'aliments, de médicaments et de produits pharmaceutiques... Bien d'autres synthèses -suivront, faisant apparaître des séries de corps nouveaux, ignorés même dans la nature.

Les découvertes de synthèses de Berthelot ont été exploitées par l'industrie, toujours poursuivies et développées afin de mieux répondre aux besoins sans cesse plus exigeants des hommes ».

Daniel Langlois-Berthelot

1) Quelles synthèses a effectuées Marcellin Berthelot (donner les noms actuels) ?

.....

.....

2) Quel est l'intérêt des synthèses organiques ?

.....

.....

SOLUTIONS DE L'ACTIVITÉ 2

- 1) Alcool méthylique (**méthanol**) et acétylène (**éthyne**)
- 2) La synthèse organique a permis la création des matières plastiques, des engrais, des médicaments...



SYNTHÈSE ORGANIQUE

Notion de synthèse chimique

ESPECES NATURELLES, SYNTHÉTIQUES ET ARTIFICIELLES (RAPPELS)



L'ESSENTIEL

Une substance ou une espèce chimique est naturelle quand elle existe dans la nature

Exemple :

Le lait, le bois sont des substances naturelles. Ils contiennent des espèces chimiques naturelles.



L'ESSENTIEL

Une substance ou une espèce chimique synthétique est une espèce chimique que l'on trouve à l'état naturel mais qui a été fabriquée. Les molécules de synthèse sont semblables aux molécules naturelles qui leur ont servi de modèle. La définition d'une espèce synthétique peut s'élargir à des molécules inspirées des espèces chimiques naturelles mais qui sont modifiées pour certains usages.

Exemple :

Une grande partie des arômes fruités alimentaires est obtenue par copie de la substance originale. Ces molécules sont souvent transformées pour augmenter leurs qualités odorantes ou gustatives.



L'ESSENTIEL

Une espèce artificielle est une espèce chimique qui n'existe pas dans la nature et qui est créée par la chimie industrielle.

- De nombreuses molécules, utilisées en chimie alimentaire, dans les textiles... n'existent pas dans la nature.
- On utilise souvent « synthétiques » pour toutes les espèces fabriquées (qu'elles existent ou non à l'état naturel).

Exemples :

E131 (bleu) et E102 (jaune) sont deux colorants artificiels qui rentrent dans la composition des sirops de menthe verts du commerce.

POURQUOI SYNTHÉTISER ?



L'ESSENTIEL

La chimie de synthèse permet :

- de produire des espèces mieux adaptées à notre société (textiles plus solides, matériaux performants).
- de produire en plus grande quantité et moins cher des espèces qu'on pourrait trouver à l'état naturel, ou qui leur sont comparables.

Dans le sport on utilise des vêtements textiles à base de nylon ou des matières plastiques

La **chimie lourde** permet de fabriquer en grande quantité une espèce chimique pour un coût peu élevé (peu d'étapes de réaction, matières premières facilement accessibles). On distingue :

- La **chimie minérale** : elle utilise l'eau, l'air, le sel, le soufre et les phosphates : production pour d'acides sulfurique, de chlore, de soude, d'ammoniac...
- La **chimie organique** qui utilise les matières organiques (principalement du pétrole) : production de matières plastiques, caoutchouc synthétique, et de produits intermédiaires organiques (éthylène, benzène, éthanol, acétone...).

La **chimie fine** permet d'élaborer des produits finaux à haute valeur ajoutée comme les parfums ou des médicaments. Ces produits peuvent être très coûteux.



SYNTHÈSE ORGANIQUE

Les étapes de la synthèse

Une synthèse chimique s'effectue selon un **protocole opératoire** qui décrit les différentes étapes de la synthèse (on parle dans l'industrie de « process »). Lorsque la synthèse se passe en laboratoire, on parle de **protocole expérimental**.

- Les espèces chimiques nécessaires à la synthèse sont **les réactifs de la synthèse**. Les espèces chimiques obtenues sont appelées **les produits de la synthèse**.

Une synthèse comporte généralement les étapes suivantes :

- 1) **transformation chimique**
 - 2) **isolement** : on sépare le produit de synthèse des autres produits obtenus après la transformation chimique
 - 3) **purification** : élimination des impuretés et des traces de solvant
 - 4) **analyse** de l'espèce chimique synthétisée.
- Le **protocole opératoire**, outre les réactifs et le mode de réalisation de la synthèse, précise les règles de sécurité.



L'ESSENTIEL

La chimie verte, appelée aussi chimie durable ou chimie écologique, prévoit la mise en œuvre de principes pour réduire et éliminer l'usage ou la génération de substances néfastes pour l'environnement. Ceci doit se faire par de nouveaux procédés chimiques et des voies de synthèses « propres », c'est-à-dire respectueuses de l'environnement. C'est une philosophie de la recherche chimique et du génie chimique qui encourage la conception des produits et des processus chimiques qui diminuent l'utilisation et la production de substances dangereuses. Tandis que l'écologie est la chimie de l'environnement naturel, s'intéressant surtout aux polluants chimiques présents dans la nature, la chimie verte cherche à réduire et à éviter la pollution depuis sa source.

C'EST PAS SORCIER



POUR ALLER PLUS LOIN

C'EST PAS SORCIER – la chimie verte

Le pétrole est utilisé dans la fabrication de la plupart des objets en plastique de notre quotidien. Mais ce procédé est très polluant, et le pétrole va se raréfier dans les décennies à venir. Sabine et Jamy vont à la rencontre de chimistes qui veulent remplacer le pétrole par des végétaux comme matière première de demain.

Disponible sur la chaîne YouTube de C'est pas sorcier

La chimie verte repose sur douze principes fondateurs :

1. Prévention
2. Économie d'atomes
3. Synthèses chimiques moins nocives
4. Conception de produits chimiques plus sécuritaires
5. Solvants et auxiliaires plus sécuritaires
6. Amélioration du rendement énergétique
7. Utilisation de matières premières renouvelables
8. Réduction des sous-produits et intermédiaires
9. Utilisation de catalyseurs (non polluants)
10. Conception de substances non persistantes
11. Analyse en temps réel pour éviter tout risque de pollution
12. Chimie sécuritaire pour prévenir les accidents

ÉTUDIONS LA SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE D'ISOAMYLE

Dans la suite, nous prendrons comme exemple la synthèse de l'acétate d'isoamyle un ester qui a une odeur de banane.

1 Transformation chimique

Choix des réactifs

On choisit des réactifs en fonction de plusieurs critères : coût, impact sur l'environnement et dangerosité, temps de réaction, réaction totale ou non...

On utilise pour la synthèse de l'acétate d'isoamyle la réaction chimique suivante :



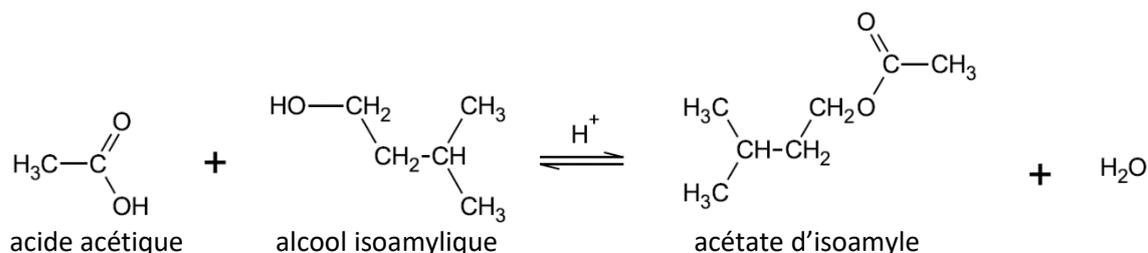
Conditions expérimentales

On doit :

- Respecter les consignes de sécurité
- Déterminer les conditions de température, de pression... En fonction des caractéristiques des produits et de l'équation de synthèse.

➤ Pour provoquer ou accélérer une synthèse, on peut ajouter un **catalyseur** (espèce qui favorise une réaction sans y participer), chauffer...

On doit également déterminer les quantités de réactifs à introduire : elles dépendent bien évidemment de la quantité de produit de synthèse qu'on veut obtenir, mais également de l'équation de transformation, et du fait que **la réaction n'est pas toujours totale**.



Espèces chimiques	Propriétés physiques	Pictogrammes
Alcool isoamylique	$M = 88,1 \text{ g.mol}^{-1}$ $T_{eb} = 128 \text{ °C}$ $\rho = 0,81 \text{ g.mL}^{-1}$ Très peu soluble dans l'eau	
Acide acétique	$M = 60,1 \text{ g.mol}^{-1}$ $T_{eb} = 118 \text{ °C}$ $\rho = 1,05 \text{ g.mL}^{-1}$ Très soluble dans l'eau	
Acétate d'isoamyle	$M = 130,2 \text{ g.mol}^{-1}$ $T_{eb} = 142 \text{ °C}$ $\rho = 0,87 \text{ g.mL}^{-1}$ Très peu soluble dans l'eau	
Acide sulfurique	Très soluble dans l'eau	

On peut voir que :

- Tous les produits doivent être manipulés avec précaution : l'alcool isoamylique est corrosif et inflammable...
- Les masses molaires et les masses volumiques vont permettre de calculer les quantités de matières introduites.
- La réaction n'est pas totale : la quantité initiale de réactifs devra en tenir compte.
- La réaction se fait en milieu acide

Protocole expérimental

La phase d'analyse précédente faite, on décrit le protocole expérimental.

Se munir des gants et des lunettes pour manipuler tous les produits.



- 1) Verser dans un ballon de 250 mL :
 - ✓ 20 mL d'alcool isoamylique
 - ✓ 15 mL d'acide acétique
 - ✓ 1 mL d'acide sulfurique concentré
- 2) Ajouter dans le ballon quelques grains de pierre ponce
- 3) Installer le ballon dans le chauffe-ballon (en position haute) **d'un ballon à reflux.**
- 4) Mettre en route la circulation d'eau froide.
- 5) Porter le mélange à ébullition (thermostat 6) pendant 30 min environ.

Commentaires :

L'acide sulfurique n'intervient pas dans la réaction, mais il joue le rôle de **catalyseur**.

Le chauffage va également permettre d'accélérer la réaction

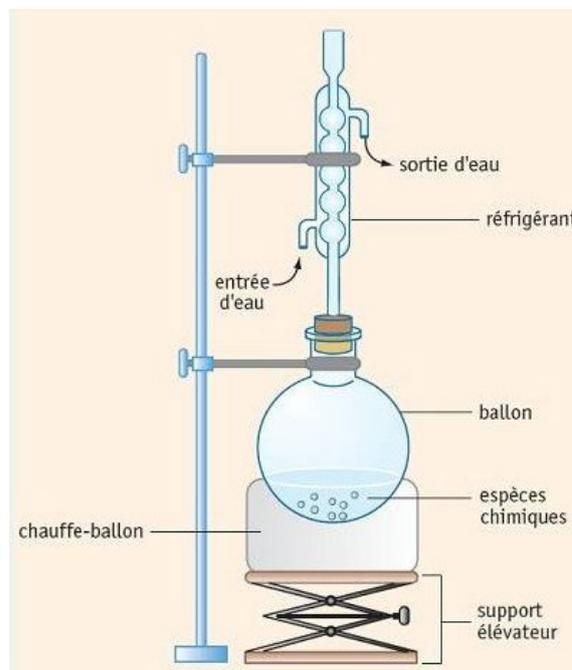
Les grains de pierre ponce permettent d'homogénéiser le mélange.

Le ballon à reflux :

Dans un montage à reflux, les vapeurs qui montent se condensent quand elles rencontrent le réfrigérant puis retombent dans le ballon.

Le chauffage à reflux permet :

- de travailler à une température élevée, donc d'accélérer la synthèse de l'espèce chimique,
- d'éviter les pertes de réactifs et de produits.



À VOUS DE JOUER 13

- 1) Déterminez les quantités de matières initiales d'alcool isoamylique (AI) et d'acide acétique (AA).

$$m(AI) = \rho V = \dots \times \dots = \dots \text{ g} \quad n_{AI} = \frac{\dots}{M(AI)} = 0,18 \text{ mol}$$

$$m(AA) = \rho V = \dots \times \dots = \dots \text{ g} \quad n_{AA} = \frac{\dots}{M(AA)} = 0,26 \text{ mol}$$

- 2) L'..... est introduit en excès.
- 3) En déduire la quantité d'acétate d'isoamyle puis le volume qu'on obtiendrait si la réaction était totale.

On obtiendrait mol d'acétate d'isoamyle soit :

$$m(\text{Acétate}) = n \times \dots = 0,18 \times 130,2 = 23,4 \text{ g} \quad V = \frac{m}{\dots} = 26,9 \text{ ml}$$

- 4) Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

.....

- 5) Quel est l'intérêt d'utiliser un ballon à reflux ?

.....

2 Isolement

Dans le ballon, à la fin de la synthèse, il y a :

- de l'acétate d'isoamyle
- de l'eau
- de l'acide acétique car il a été versé en excès initialement.
- de l'acide sulfurique
- des grains de pierre ponce

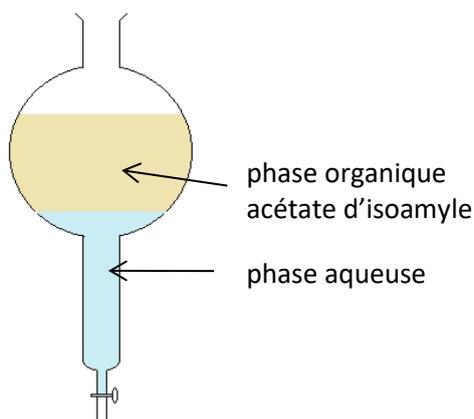
On veut éliminer l'eau, l'acide acétique et l'acide sulfurique. On utilise la décantation.

Espèce chimique	densité	Température d'ébullition (°C)	Solubilité dans l'eau salée
Acide acétique	1,05	118	très grande
Alcool isoamylique	0,81	130	faible
Acétate d'isoamyle	0,87	142	très faible

Se munir des gants et des lunettes pour manipuler tous les produits.



- 1) Arrêter le chauffage, abaisser le chauffe-ballon, et laisser refroidir 5 minutes.
- 2) Plonger le ballon dans l'eau froide.
- 3) Transvaser le tout avec un entonnoir muni d'une grille dans une ampoule à décanter tout en retenant les pierres poncees.
- 4) Agiter l'ampoule et laisser décanter.
- 5) Évacuer toute la phase aqueuse inférieure et récupérer la phase organique.
- 6) Sécher la phase organique



3 Purification

On obtient à l'étape précédente l'acétate d'isoamyle (presque pur !). Mais il est généralement nécessaire de procéder à une dernière étape pour éliminer les traces d'autres produits.



Se munir des gants et des lunettes pour manipuler tous les produits.

- 7) Purifier l'ester par chromatographie sur colonne

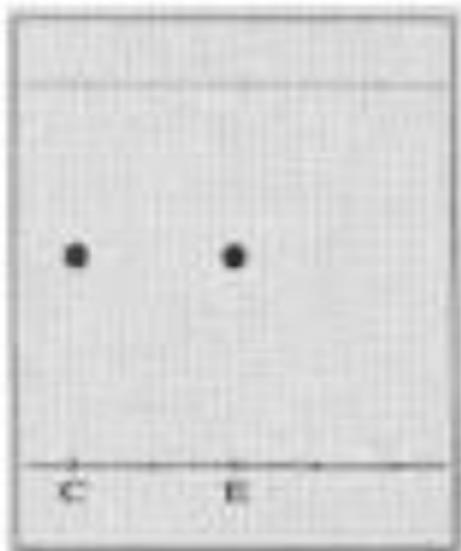
4 Analyse du produit de synthèse

Le produit obtenu est-il pur ?

La caractérisation d'une espèce chimique peut s'effectuer

- en utilisant ses propriétés physiques : couleur, solubilité, température d'ébullition, densité...
- par chromatographie sur couche mince pour comparer avec l'espèce pure
- par comparaison de spectres IR...

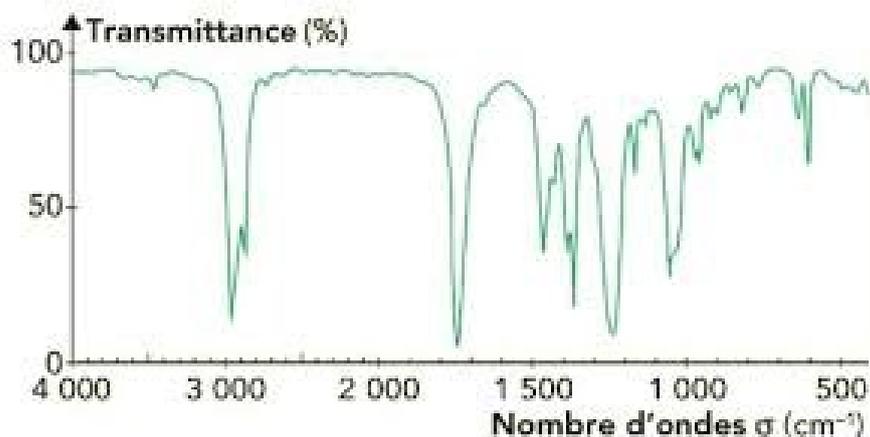
Comparaison par chromatographie :



En E l'espèce synthétisée, en C l'acétate d'isoamyle. On a donc un produit pur.

Comparaison par spectre IR :

On peut faire le spectre IR de l'espèce synthétisée et le comparer avec le spectre de l'acétate d'isoamyle.



SYNTHÈSE ORGANIQUE

Rendement d'une synthèse

Le rendement est un indicateur de l'efficacité d'une synthèse.



L'ESSENTIEL

Rendement d'une synthèse :

$$R = \frac{\text{quantité de matière obtenue}}{\text{quantité de matière maximale attendue}}$$

- Le rendement s'exprime généralement en pourcentage.
- On peut également le calculer à partir des masses ou des volumes.

5 Rendement de la synthèse

La synthèse a permis d'obtenir 20,4 ml d'ester.



À VOUS DE JOUER 14

On avait calculé précédemment que le volume qu'on obtiendrait avec une réaction totale est 26,9 ml.

$$R = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

Le rendement de la réaction est %.



POUR ALLER PLUS LOIN

LES SECRETS DE LA MATIÈRE – série documentaire de Jim Al Khalili
Episode 2 – L'ordre caché

Après avoir exploré la naissance de la chimie dans l'épisode précédent, le professeur Jim Al-Khalili, spécialisé dans la physique nucléaire, part cette fois sur les traces des savants du XIX^{ème} siècle, des chimistes qui se sont efforcés de trouver l'ordre régissant ces substances. Il y a deux siècles, seuls cinquante-cinq éléments, sur les quatre-vingt-douze qui constituent l'univers, étaient connus des chimistes.

Disponible en DVD ou en replay sur internet

LE TEMPS DU BILAN

Dans ce chapitre nous avons :

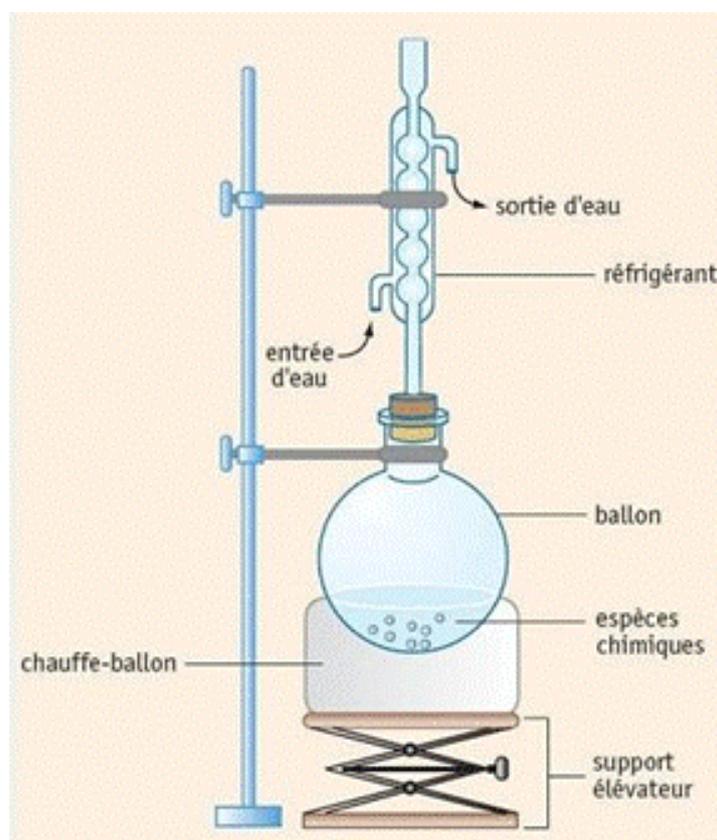
➤ défini les 4 principales étapes d'une synthèse :

Une synthèse comporte généralement quatre grandes étapes :

- ➊ Transformation chimique
- ➋ Isolement : on sépare le produit de synthèse des autres produits obtenus après la transformation chimique
- ➌ Purification : élimination des impuretés et des traces de solvant
- ➍ Analyse de l'espèce chimique synthétisée.

➤ appris le montage à reflux

Le montage à chauffage à reflux est un montage expérimental qui permet de chauffer un mélange réactionnel afin d'accélérer sa vitesse de réaction. Ce montage permet aussi d'éviter les pertes des réactifs et des produits.



➤ calculé le rendement d'une synthèse.

Rendement d'une synthèse :

$$R = \frac{\text{quantité de matière obtenue}}{\text{quantité de matière maximale attendue}}$$

Le rendement d'une synthèse est compris entre 0 et 1. Il est possible de le convertir en pourcentage en multipliant par 100 sa valeur.

L'acétate de cellulose est une matière plastique très utilisée : montures de lunettes, vernis, tissus (viscose)...
Le coton est une matière naturelle contenant de la cellulose.
Voici un protocole expérimental simplifié permettant la synthèse de l'acétate de cellulose.

- A. On introduit dans un ballon 1g de coton.
- B. On ajoute 50mL d'acide acétique et quelques gouttes d'acide sulfurique.
- C. On utilise un montage à reflux et on chauffe le ballon 30 min.
- D. On introduit peu à peu 50mL d'anhydride acétique et on chauffe jusqu'à la disparition du coton.
- E. On refroidit et on ajoute de l'eau chaude jusqu'à précipitation.
- F. On filtre avec un montage Büchner.
- G. On lave et sèche le précipité qui est de l'acétate de cellulose.

1) Citez les réactifs et le catalyseur.

.....

2) Associez les étapes A à G aux principales étapes du cours.

Transformation chimique :

Isolement :

Purification :

3) Quel est l'intérêt du montage à reflux ?

.....

.....

4) Chercher le principe d'une filtration avec un montage Büchner.

.....

.....

On peut industriellement fabriquer du méthanal par oxydation du méthanol avec du dioxygène à une température importante en présence d'oxydes de fer et de molybdène.

1) Écrivez les formules semi-développées du méthanal et du méthanol.

.....

.....

2) Écrivez l'équation de la réaction de synthèse.

.....

- 3) Sachant que le rendement de cette réaction n'est que de 85 %, quelle masse de produit peut-on obtenir avec une tonne de réactif ?

.....

.....

.....

.....

- 4) Imaginez ce qui se passe si on poursuit la réaction.

.....

.....

EXERCICE

09

D'après un sujet Bac.

La benzocaïne (4-aminobenzoate d'éthyle) est utilisée en médecine comme anesthésique local d'usage externe. Elle est présente dans des crèmes pour le traitement des coups de soleil, mais on la trouve aussi dans de nombreuses autres préparations : pastilles contre les maux de gorge, produits gingivaux contre les douleurs dentaires.

Données :

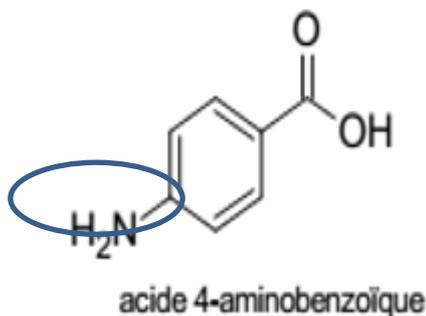
- Masse molaire moléculaire en g.mol^{-1} :
éthanol : 46,0 ; benzocaïne : 165,2 ; acide-4-aminobenzoïque : 137,1
- Masse volumique de l'éthanol : $0,79 \text{ g.mL}^{-1}$
- Degré de pureté d'une espèce chimique : rapport de la masse de cette espèce chimique présente dans un échantillon sur la masse de cet échantillon.

1. Étude préliminaire

Lors de la phase de recherche bibliographique, deux documents ont été retenus : le document 1 et le document 2 en fin de sujet.

- 1) Représentez sur votre copie la molécule de l'acide 4-aminobenzoïque. Un groupe caractéristique (H_2N : groupe amine) a été entouré. Il y en a un autre. Entourez-le, donnez son nom et donnez la famille chimique correspondante.

Note : La représentation est dite topologique. On ne met pas les atomes C sur la chaîne carbonée, ni les atomes H (sauf s'ils font partie d'un groupe caractéristique).



- 2) L'étape (b) fait intervenir un métal, le palladium (Pd), en tant que catalyseur. Indiquer les propriétés d'un catalyseur.

.....

.....

Réalisation de la dernière étape de la synthèse et détermination de son rendement

La réaction de synthèse est la suivante : $C_9H_{11}NO_2 + C_2H_6O \xrightarrow{H^+} C_{11}H_{15}O_2 + H_2O$

Dans un ballon de 100 mL, introduire une masse $m = 1,50$ g de l'acide 4-aminobenzoïque solide et un volume $V = 20,0$ mL d'éthanol. Agiter doucement le mélange, le ballon étant placé dans un bain de glace et ajouter goutte à goutte 1 mL d'une solution concentrée d'acide sulfurique.

Chauffer à reflux pendant une heure, puis laisser revenir le mélange à température ambiante.

Après plusieurs étapes de séparation afin de récupérer le produit formé, on obtient un solide blanc qui est séché et pesé.

- 3) Montrez que la masse de benzocaïne, notée $m_{théorique}$ que l'on peut espérer former à l'issue de la synthèse vaut : $m_{théorique} = 1,80$ g.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 4) En fin de synthèse, la masse de produit récupéré est $m_{expérimental} = 0,81$ g. Définissez et calculez le rendement de cette réaction.

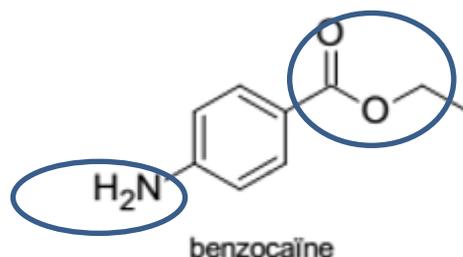
.....

.....

Identification du produit formé

- 5) Dans le document 2, on donne les spectres infrarouges de l'acide 4-aminobenzoïque et du produit obtenu.

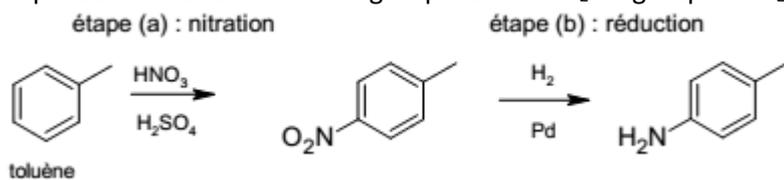
Indication : on a entouré le groupe ester et le groupe amine sur la molécule de benzocaïne :



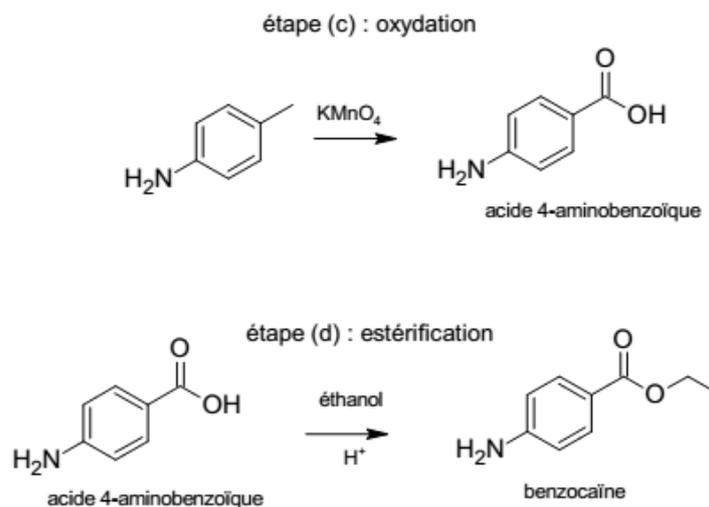
Document 1 : La synthèse de la benzocaïne

La benzocaïne est préparée à partir du toluène en plusieurs étapes.

La première étape débute par une nitration du toluène, suivie par une hydrogénation catalytique en présence de palladium afin de réduire le groupe nitro $-\text{NO}_2$ en groupe $-\text{NH}_2$.



On procède ensuite à une oxydation sélective, par du permanganate de potassium, pour obtenir l'acide 4-aminobenzoïque, suivie d'une estérification pour obtenir la benzocaïne.



Adapté d'un ouvrage universitaire de chimie organique (J. Clayden & al. Chimie organique)

Document 2: Analyse du produit obtenu**Spectres infrarouges de l'acide 4-aminobenzoïque et du produit obtenu**

Table spectroscopique IR simplifiée :

Remarque :

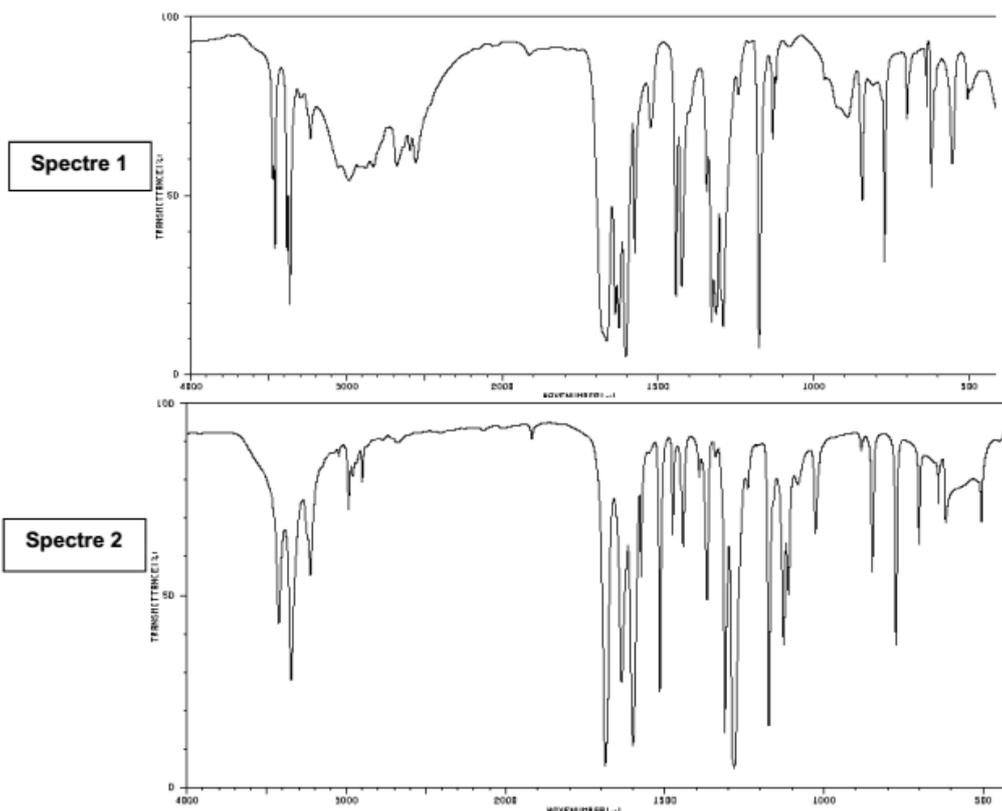


Table spectroscopique IR simplifiée :

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O-H alcool libre	3500 - 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 - 3500	moyenne
N-H amide	3100 - 3500	forte
N-H amine ou amide	1580 - 1640	forte ou moyenne
C _{tri} - H	3000 - 3100	moyenne
C _{tet} - H	2800 - 3000	forte
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O amide	1650 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide	1680 - 1710	forte

Remarque :

C_{tri} signifie que l'atome de carbone est trigonal, c'est-à-dire relié à trois voisins.C_{tet} signifie que l'atome de carbone est tétragonal, c'est-à-dire relié à quatre voisins.

Associez à chaque molécule son spectre IR en justifiant.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Vous pouvez maintenant
faire et envoyer le **devoir n°1**

