

Epreuve : ① Chimie Organique
② Hydrocarbures ③ fonctions chimiques
④ piles + tondeuse

Les fonctions chimiques

Pourquoi les acides ont-ils une saveur piquante? Pourquoi les alcools sont-ils solubles dans l'eau, et les composés soufrés aussi nauséabonds? La réponse se trouve dans la structure des molécules et particulièrement dans certains groupes d'atomes que l'on a identifiés dans des molécules très différentes. Qu'ils soient extraits des êtres vivants ou synthétisés par l'homme, les composés organiques sont essentiellement formés de carbone et d'hydrogène. Ces deux éléments s'unissent de diverses façons pour constituer l'ossature (le «squelette») de la molécule. Viennent souvent s'y greffer des «groupements fonctionnels» ou «fonctions chimiques», qui confèrent à la molécule des propriétés particulières.

On peut construire la plupart des fonctions avec trois éléments chimiques seulement: l'oxygène, l'azote et le soufre. D'autres atomes, tels les halogènes, le phosphore ou l'arsenic, interviennent plus rarement. C'est essentiellement par l'intermédiaire des fonctions que les molécules participent à des réactions chimiques. Deux squelettes hydrocarbonés très différents, mais munis de la même fonction, auront ainsi des propriétés chimiques voisines. D'autres caractéristiques, telles la solubilité, la couleur, l'odeur ou la saveur, sont aussi liées à la présence d'une fonction particulière. Les fonctions acide et amine jouent un rôle biologique crucial puisqu'elles sont toutes deux présentes dans chacun des vingt «acides aminés». Assemblés en longues chaînes moléculaires selon les instructions codées dans l'ADN, ceux-ci constituent les protéines, «briques» élémentaires de la matière vivante.

Quelques fonctions

L'ADJONCTION D'UN PETIT GROUPE DE DEUX OU TROIS ATOMES À UNE MOLÉCULE ORGANIQUE SUFFIT À LUI CONFÉRER DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES SPÉCIFIQUES

- OH : les alcools

Tous les alcools possèdent dans leur molécule un groupe -OH. Le plus simple, le méthanol CH_3OH , dérivé du méthane CH_4 par remplacement d'un hydrogène par un groupe hydroxyle. Il est fortement déconseillé d'en boire car l'organisme transforme l'alcool en aldéhyde puis en acide qui s'attaque en priorité aux cellules de la rétine et mène à une cécité totale.

L'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a, par contre, l'effet bénéfique, selon ses adeptes, de dilater les vaisseaux sanguins. C'est l'alcool, obtenu par fermentation des sucres, que l'on trouve dans le vin. On le prépare dans l'industrie par addition de l'eau à l'éthylène. Ces alcools et leurs congénères ont la propriété d'être solubles dans l'eau, à cause des liaisons hydrogène que leurs groupes OH contractent avec les molécules d'eau. Cependant, à mesure qu'augmente le nombre de carbones de l'hydrocarbure, cette solubilité diminue et le produit se comporte de plus en plus comme un hydrocarbure.

L'alcool du vin

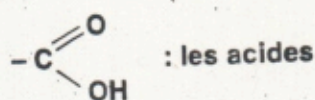
Lors de la fermentation, le sucre du vin est transformé en alcool sous l'action d'enzymes sécrétées par des micro-organismes. Cette réaction produit du gaz carbonique et s'accompagne d'une élévation de température.

C_6H_5 -OH : les phénols

Lorsque le groupe hydroxyle est lié à un noyau benzénique, ses propriétés chimiques sont modifiées. Ces composés se comportent en effet comme des acides et forment des sels avec les bases. Le plus simple d'entre eux, le phénol $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, doit son caractère acide à l'influence du noyau benzénique qui attire vers lui les électrons de la liaison O-H, ce qui donne une grande mobilité à l'hydrogène. On utilise les phénols comme antioxydants pour les huiles et les caoutchoucs, après avoir longtemps mis à profit leur pouvoir antiseptique.

-O- : les éthers-oxydes

La fonction éther peut être considérée comme dérivant de la fonction alcool. L'absence d'hydrogène lié à l'oxygène exclut toute possibilité d'association entre les molécules, d'où une assez grande volatilité. Ainsi l'éther des pharmaciens ou diéthyliether ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$) bout à 34°C , alors que l'alcool de même masse moléculaire, le butanol $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ bout à 118°C . Les éthers sont des composés peu réactifs, utilisés comme solvants.



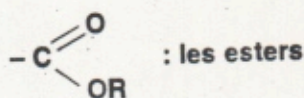
Ce qui pique la langue et met le calcaire en effervescence a de bonnes chances d'avoir dans sa molécule une fonction acide constituée d'un atome d'oxygène doublement lié au carbone et d'un groupe hydroxyle OH. Son caractère acide tient à ce que l'oxygène du groupe C=O attire vers lui les deux électrons de la liaison covalente O-H.

Comme un acide minéral (HCl, H₂SO₄, etc.) un acide organique ou «carboxylique» peut libérer un hydrogène sous forme d'ion H⁺. Les acides organiques peuvent donc neutraliser les bases et former des sels. Le plus simple d'entre eux est l'acide formique ou méthanoïque H-COOH. On le trouve dans les glandes à venin des fourmis, mais les industriels préfèrent l'obtenir par action du monoxyde de carbone CO sur la soude NaOH. L'acide acétique ou éthanoïque CH₃COOH est un composant essentiel du vinaigre, auquel il confère son odeur piquante. C'est une bactérie, présente dans la mère du vinaigre, qui le fabrique par oxydation à l'air de l'éthanol du vin.

Les corps gras contiennent de très longues chaînes hydrocarbonées dont une extrémité porte une fonction acide. Ces «acides gras», donnent des sels de sodium très utiles: les savons.

L'acide des fourmis

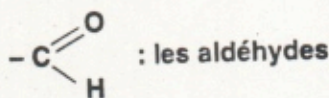
L'acide méthanoïque, ou formique, a d'abord été obtenu par distillation des fourmis! On le prépare aujourd'hui par des méthodes plus respectueuses du monde animal.



Ils dérivent des acides comme les éthers-oxydes des alcools, c'est-à-dire qu'un radical hydrocarboné R prend la place de l'hydrogène. On les obtient par action d'un acide sur un alcool (estérification). Outre leur propriété d'être de bons solvants, ce sont les spécialistes des odeurs.

L'acétate de méthyle (CH₃-COO-CH₃) sent la menthe, l'acétate de benzyle (CH₃-COO-C₆H₅) le jasmin, et le butyrate de butyle (C₄H₉-COO-C₄H₉) l'ananas.

Parmi les 150 composés auxquels les fraises doivent leur odeur, 42 sont des esters. Certains de leurs polymères, les «polyesters» tels que le Tergal ou le Dacron sont d'une grande importance industrielle.



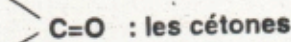
Ces composés doivent leur nom au fait qu'on les fabrique par dé(s)hydrogénation des alcools. La liaison

double C = O est très réactive. De nombreux composés peuvent venir s'y additionner. Le plus simple des aldéhydes est le formol

L'aldéhyde du saumon

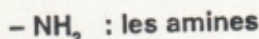
Le saumon fumé est protégé de toute altération par l'action d'un aldéhyde, le formol ou méthanal, présent dans la fumée de bois brûlé.

H-CHO, fabriqué industriellement par oxydation du méthanol et commercialisé en solution dans l'eau à 37%. Ces solutions ne sont pas stables et laissent déposer une poudre blanche qui est un polymère à partir duquel on obtient les résines Delrin, dont on fait des engrenages qui ont la solidité de l'acier. Le formol préserve certains aliments (viandes, poissons) de la dégradation bactérienne. Il réagit avec les groupements -NH et -NH₂ des protéines, protégeant ainsi les molécules sous-jacentes. Le benzaldéhyde C₆H₅-CHO a la même odeur d'amande amère que le cyanure sans en avoir la toxicité: on l'utilise en pâtisserie ...



Moins réactives que les aldéhydes, les cétones sont souvent utilisées comme solvants. C'est le cas de la diméthyl-cétone (ou acétone) CH₃-CO-CH₃ et de la méthyl-éthylcétone (ou M.E.C.) CH₃-CO-C₂H₅.

La muscone, extraite des sécrétions du rat musqué, et la civettone, extraite de la civette, sont des cétones formant de grands cycles hydrocarbonés ayant respectivement 15 et 17 atomes de carbone. A peine moins odorante est l'heptanone C₅H₁₁-CO-CH₃ des matières grasses rancies et du roquefort.



Comme l'ammoniac NH₃, les amines sont des bases. On les emploie dans les herbicides, les fongicides ou les accélérateurs de vulcanisation («colle à rustines»). L'aniline (C₆H₅-NH₂) donne des médicaments et des colorants, tandis que l'hexaméthylène diamine NH₂-(CH₂)₆-NH₂ est un élément de base de la fabrication du Nylon. La pentaméthylène diamine ou «cadavérine» et la tétraméthylène diamine ou «putrescine», qui n'en diffèrent que par un ou deux groupes CH₂, sont formées par la décomposition des cadavres ...

La chimie organique au quotidien

De toutes les sciences, de toutes les techniques, la chimie est certainement celle dont l'impact sur la vie quotidienne est le plus important. Dans l'habitat, dans l'habillement, dans l'alimentation, dans la médecine, dans les loisirs, la chimie, les produits chimiques, naturels ou de synthèse, sont omniprésents. Le monde qui nous environne est entièrement transformé, façonné par les matériaux issus de la chimie.

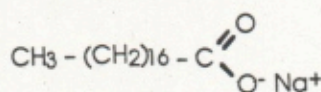
Souvent en bien (les médicaments, les vêtements synthétiques), parfois en mal (la pollution chimique de l'air et surtout de l'eau). La chimie se vit désormais au quotidien. En particulier, la chimie du carbone, qui occupe une place primordiale, avec la possibilité qu'elle offre de disposer de molécules très longues, très variées, aux multiples fonctions. La tradition est d'appeler cette branche de la chimie «organique», par opposition au reste de la

De la cuisine à la salle de bains, on trouve dans tous les foyers un nombre impressionnant de produits

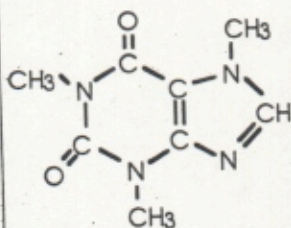
chimiques: de l'ammoniac et de l'eau de Javel pour les gros nettoyages, des cires, des dissolvants, des insecticides, des détachants, des désinfectants, des cosmétiques et, bien sûr, des médicaments. L'action de tous ces produits n'est jamais à sens unique; l'ammoniac nettoie mais dégage des vapeurs

Stéarate de sodium

Les savons sont des sels d'acides gras. Leur action détergente est due au fait que la longue chaîne carbonée $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16}$ est attirée à l'intérieur du corps gras, l'extrémité COONa restant en surface au contact de l'eau. La molécule de savon établit une liaison entre l'eau et le corps gras qui va pouvoir être entraîné par l'eau.



toxiques; les détachants ôtent les taches mais sont facilement inflammables; les médicaments soignent ou soulagent la douleur, mais amènent en retour ou des accoutumances ou des effets secondaires nocifs. Connaître la composition des produits que nous utilisons, comprendre leur action : cette démarche devrait nous être familière. La chimie fait partie de notre vie quotidienne, elle nous aide à mieux vivre, elle facilite la plupart de nos tâches: il nous suffirait de faire un petit effort pour en saisir tous les avanta-



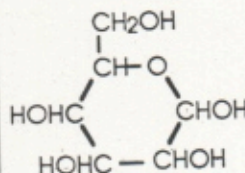
Caféine

Contenue dans le café comme dans le thé, c'est un alcaloïde connu pour ses propriétés stimulantes. Sa synthèse a été réalisée en 1861. Depuis, elle entre dans la composition de nombreux médicaments.

chimie qualifiée de «minérale». Cette tradition remonte au début du XIXe siècle, lorsque l'on distinguait le règne «vivant», seul capable de produire des molécules organiques, du règne «minéral». Mais depuis 1828 et la synthèse de l'urée par Friedrich Wöhler (1800-1882), on sait que la fabrication des substances organiques n'est pas le privilège exclusif des organismes vivants. Alors jeune chimiste, Wöhler fit réagir à haute température deux composés du «règne minéral», le cyanate d'argent et le chlorure d'ammonium, et il obtint de l'urée, relevant indubitablement du «règne organique». Cette découverte porta un coup fatal à la théorie de la «force vitale» propre à la chimie des êtres vivants, et ouvrit la porte aux recherches sur la synthèse de molécules organiques de plus en plus complexes, clés des applications multiples de la chimie contemporaine.

Glucose

Extrait industriellement de la canne ou de la betterave, le glucose, le plus simple des sucres, est aussi présent dans les fruits et les légumes. En plus de son pouvoir édulcorant, il joue un rôle de conservateur, comme dans les confitures.



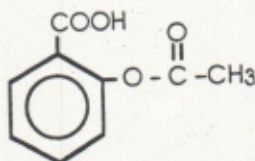
ges et aussi toutes les limites. De la même façon, notre nourriture, elle aussi, peut être analysée chimiquement. Elle se décompose en un nombre limité

d'éléments (6 sur les 93 existant sur la terre), mais les combinaisons de ceux-ci sont infinies. C'est le carbone qui est à l'origine de tous les organismes vivants: ses atomes, qui se lient très facilement, s'assemblent avec les autres éléments de la matière vivante: hydro-

gène, oxygène, azote, phosphore et soufre, pour produire les innombrables substances formant la vie.

Acide acétylsalicylique

Présent à l'état naturel dans l'écorce de saule, il a été synthétisé en 1899: l'aspirine était née. Calmant la douleur et réduisant la fièvre, c'est le médicament le plus utilisé dans le monde.



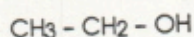
La chimie organique au quotidien (suite)

Les alcools : comment sont-ils formés ?

Prenez un hydrocarbure quelconque et remplacez l'un de ses atomes d'hydrogène par un groupement OH (appelé hydroxyle). Vous obtenez un alcool. Le plus répandu des alcools est l'éthanol plus connu sous le nom d'alcool éthylique. Comme l'éthane, hydrocarbure qui est son proche parent, l'éthanol possède deux atomes de carbone. Sa formule est C_2H_5OH . L'éthanol est produit naturellement dans la fermentation du glucose (un sucre de formule $C_6H_{12}O_6$), ou par synthèse à partir de l'éthylène (C_2H_4). Un autre alcool simple est le glycol, de formule CH_2OH-CH_2OH . Possédant une température d'ébullition très élevée ($198^\circ C$), le glycol est utilisé comme antigel. Un troisième exemple, le glycérol, $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$, par réaction avec l'acide nitrique (HNO_3), produit la nitroglycérine.

Alcool éthylique

L'alcool est distillé à partir de glucose fermenté (sucres et amidons) et se mélange facilement à l'eau.

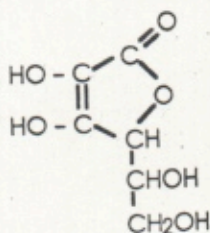


Les acides organiques : de quoi s'agit-il ?

Les alcools sont des molécules carbonées possédant une ou plusieurs «fonctions alcool», autrement dit, groupements hydroxyle OH. De la même manière, les acides organiques sont des molécules comprenant une ou plusieurs «fonctions acide», en l'occurrence des groupements «carboxyle» : $COOH$. Le plus simple est l'acide formique $H-COOH$, qui est le produit injecté par les fourmis lorsqu'elles piquent. L'acide acétique CH_3-COOH se trouve dans le vinaigre. L'acide butyrique $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ (ainsi dé-

Acide ascorbique

Présent dans les agrumes et les tomates, l'acide ascorbique ou vitamine C est l'agent principal de la lutte contre le scorbut.



nommé car on peut l'extraire du beurre) est une substance très odorante, libérée notamment par le corps humain. Ses dérivés sont largement utilisés dans l'industrie du parfum.

La composition d'une tranche de jambon ?

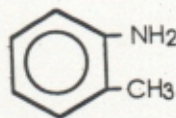
Pour le chimiste, une tranche de jambon comprend les substances suivantes : actomyosine, myogène, nucléoprotéines, peptides, myoglobine, lipides (graisses), acide linoléique, acide oléique, lécithine, cholestérol, sucrose, adénosine tri-phosphate, glucose, collagène, élastine, créatine, acide pyroligné, chlorure de sodium, nitrate de sodium, nitrite de sodium, phosphate de sodium.

Comment créer des colorants synthétiques ?

Le premier colorant synthétique, de couleur mauve, a été préparé en 1856 par William Perkin. Depuis lors, plus de 100 000 molécules colorantes ont été synthétisées. Le principe de leur préparation consiste à introduire dans des molécules organiques «aromatiques» (incluant des groupements benzéniques) des liaisons moléculaires dont on connaît l'effet sur la lumière. Ces liaisons sont appelées des «chromo-

Mauvéine

En procédant à l'oxydation de l'aniline, William Perkin obtint, en 1856, un produit de teinte pourpre, résistant à l'eau et au savon: la première teinture synthétique était née. Aujourd'hui, on en utilise plus de 2000 différentes.



phores», ce qui vient du grec et signifie «porteur de couleur». Le groupe $-N=N-$ appelé «azo» donne ainsi une couleur orange à l'azobenzène, corps de formule $-N=N-$ qui est un chromogène.

Et la guerre chimique ?

Malheureusement, la chimie n'a pas que des applications pacifiques. Pendant la Première Guerre mondiale, en 1915, les Allemands ont utilisé du chlore comme gaz de combat et les Alliés ont répondu avec un composé six fois plus dangereux, le phosgène, $COCl_2$, fabriqué facilement à partir du monoxyde de carbone et du chlore : $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$. Depuis 1925, la guerre chimique est interdite par la convention de Genève. Mais il ne fait aucun doute que l'arsenal des gaz de combat est actuellement très riche. Autre utilisation du gaz paralysant: la bombe autodéfense.

Pour nettoyer leurs vêtements, nos ancêtres utilisaient de la cendre : elle contient le carbonate de potassium (K_2CO_3) et le carbonate de sodium (Na_2CO_3) qui réagissent avec l'eau pour former une solution alcaline possédant un pouvoir détergent. Les premiers savons furent ainsi fabriqués au 11^e siècle de notre ère, en mélangeant de l'hydrate de sodium ($NaOH$, obtenu par réaction de la chaux sur le carbonate de sodium) avec des graisses d'origine animale. Mais le savon perd de son efficacité dans les eaux calcaires ou acides; c'est pourquoi on a créé, à partir du pétrole, des détergents totalement synthétiques capables d'agir quel que soit le liquide dans lequel ils sont dilués.

La révolution du monde des plastiques

De la boule de billard en bakélite au seau en plastique, en passant par le disque ou le film, tous ces objets sont caractéristiques d'un siècle: le nôtre. Les matières dites «plastiques» ou «synthétiques» sont aujourd'hui très répandues. Elles constituent la substance du plus grand nombre des vêtements, des objets domestiques, des jouets, des revêtements de sol, des isolants électriques (la production mondiale de nylon approche, en 1980, les 100 millions de tonnes). On ne pourrait énoncer à leur usage sans changer complètement le mode de vie dans les pays industrialisés. Cette révolution du plastique date de moins de trente ans. Elle s'explique par la variété et les remarquables propriétés des substances synthétiques que les chimistes ont appris à préparer: résistant bien aux attaques de l'eau et des agents chimiques, les matières plastiques peuvent se substituer en grande quantité et à faible coût au caoutchouc, au verre, à la laine, au coton, à la soie, souvent au bois et au métal.

L'ère des plastiques,

inaugurée avec le celluloïd et la bakélite, s'est enrichie de milliers d'autres composés, grâce auxquels les objets de la vie quotidienne ont pu être multipliés à bas prix. Souples ou rigides, fusibles ou au contraire résistants à la chaleur, les plastiques diffèrent tous les uns des autres. Il existe, en effet, une infinie variété de combinaisons entre les éléments qui les composent. Les sacs sont en polyéthylène, un matériau «thermoplastique», que l'on peut remodeler aussi souvent qu'on le désire en le portant à haute température. Le disque 78 tours, lui, est en bakélite, substance «thermodurcissable» malléable à la première élévation de température, mais qui, une fois durcie, ne peut plus être remodelée à chaud.

C'est l'étude de produits naturels comme la laine, le coton ou le caoutchouc, qui permit aux chimistes d'expliquer, entre 1900 et 1930, les propriétés particulières des matières plastiques qu'ils commençaient à fabriquer dans leurs laboratoires.

En effet, comme ces produits, les matériaux plastiques de synthèse sont formés de très longues molécules comprenant des milliers ou des dizaines de milliers d'atomes.

Polyéthylène

Les molécules d'éthylène peuvent s'accrocher les unes aux autres, à la manière des danseurs se donnant la main dans une farandole. Elles constituent ainsi une immense chaîne de polyéthylène.

Une molécule de polyéthylène peut comprendre des millions d'atomes.

Le plus simple est la polymérisation de l'éthylène qui conduit au polyéthylène, l'une des matières plastiques les plus utilisées: sa production atteignait en 1970, pour les seuls Etats-Unis, 9,6 millions de tonnes par an.

Celluloïd, bakélite: premiers plastiques

La fabrication de la première substance que l'on peut appeler matière plastique, le celluloïd, remonte à 1869. Elle est due à un inventeur américain, John Wesley Hyatt, qui participait à un concours lancé parmi les chimistes pour la découverte d'un substitut de l'ivoire. Hyatt partit d'un produit naturel, la cellulose, que l'on extrait des végétaux et qui constitue, par exemple, pratiquement à l'état pur, le coton hydrophile. En faisant agir, sur un dérivé de la cellulose, du camphre et de l'alcool éthylique, il obtint une matière blanche que l'on pouvait modeler à chaud: le fameux celluloïd. Ce n'est pourtant que quarante ans plus tard, en 1909, qu'un chimiste américain d'origine belge, Léo Baekeland, produisit la première matière plastique totalement synthétique: la bakélite. Cette fois encore, le but poursuivi était la recherche d'un succédané d'un produit naturel: la laque. Baekeland obtint la bakélite en chauffant un mélange d'acide formique et de phénol. Il en vendit le secret à George Eastman, l'inventeur de la caméra Kodak et de la pellicule 35mm utilisée par la cinématographie.

Le travail d'une équipe de chercheurs

Polystyrène

A cause de la présence des grosses molécules de benzène, les chaînes de polystyrène restent éloignées les unes des autres. C'est pourquoi le polystyrène est léger et bon isolant de la chaleur.

De 1927 à 1929, les chimistes de la société I.G. Farben, le grand trust chimique d'Allemagne, travaillèrent à établir les bases d'une théorie d'ensemble de la structure des molécules géantes, ainsi que des techniques de synthèse. Le polystyrène est lancé sur le marché en 1929; il sera suivi de centaines d'autres polymères,

que l'on désignera à partir de ce moment sous le nom de matières plastiques.

Des plastiques pour tous les usages

Le processus qui conduit à la polymérisation de l'éthylène s'applique à de nombreuses molécules voisines.

Ainsi, en partant du chlorure de vinyle: $\text{CH}_2=\text{CHCl}$, on obtient le chlorure de polyvinyle ($-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$) $_n$ bien connu par son emploi dans la production des bouteilles plastiques.

De la même manière, la polymérisation du styrène: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ conduit au polystyrène qui, produit sous forme de mousse, constitue un excellent isolant.

Chlorure de polyvinyle

Ce polymère est constitué par une chaîne de molécules de chlorure de vinyle, autrement dit d'éthylène dans lequel un atome d'hydrogène est remplacé par un atome de chlore.

Le chlorure de polyvinyle sert à faire des bouteilles, du cuir synthétique, des canalisations d'eau, etc.