



EXPOSITION RENNES BRETAGNE  
> du 27 mars au 2 septembre 2012



chimie?

vous avez dit

DOSSIER DE L'EXPO



universcience

# SOMMAIRE

INTENTION DE L'EXPOSITION ..... p 2

RÉSUMÉ ..... p 3

## LES BRIQUES ÉLÉMENTAIRES DE LA MATIÈRE

Les atomes (îlot 1) ..... p 7

Les outils d'investigation (îlot 2) ..... p 8

Les molécules (îlot 3) ..... p 9

## LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

La chimie du vivant (îlot 4) ..... p12

Séparation (îlot 5) ..... p14

Dissolution et cristallisation (îlot 6) ..... p15

Les électrons mènent la danse (îlot 7) ..... p16

L'art de mélanger (îlot 8) ..... p17

## LA CHIMIE AUJOURD'HUI

Une chimie plus verte (îlot 9) ..... p20

Une chimie plus innovante (îlot 10) ..... p22

BIBLIOGRAPHIE ..... p25

# Tout est chimie

Lumière de luciole, odeur de lavande, diamant et sel de table..., les réactions chimiques sont aussi notre lot quotidien. La chimie est la science qui permet de comprendre et d'expliquer la matière et ses transformations.

Un clou, de l'air, une plante, du plastique, un bout de mon corps..., tout peut être décrit comme un assemblage d'atomes ou de molécules.

Dans notre assiette, dans notre salle de bain, dans nos médicaments...  
la chimie c'est aussi une industrie qui invente, fabrique, améliore des produits que nous utilisons tous les jours.

Selon la définition du dictionnaire :

*« la chimie est la science qui étudie la constitution, les transformations et les propriétés de la matière en analysant ses plus petites composantes, atomes et molécules et leurs interactions ».*

## La chimie est donc au cœur de la matière et de la vie ...

Pourtant, dans le langage commun, on oppose souvent le « chimique » au « naturel » pour l'associer à une industrie polluante et à des produits toxiques.

Dès lors, on est en droit de s'interroger : c'est quoi la chimie ?

## Cette exposition propose de découvrir la chimie dans tous ses états, de la matière première jusqu'à ses formes les plus innovantes.

Interactive et ambitieuse, l'exposition comporte notamment 4 véritables expériences de chimie : la distillation, l'oxydoréduction, la chimiluminescence et l'électrolyse.

Ces expériences, simples et étonnantes, fonctionnent en direct et de manière automatique.



**L'exposition comprend un préambule et 3 parties thématiques, chacune d'elles regroupant plusieurs îlots (entre 2 et 5).**

## PRÉAMBULE

Le préambule aborde quelques notions essentielles en chimie. On incite donc le public à visiter le préambule en premier, les 3 parties et leurs îlots sont quant à elles, indépendantes.

## PARTIE 1 – LES BRIQUES ÉLÉMENTAIRES DE LA MATIÈRE

**Îlot 1** Les atomes

**Îlot 2** Les outils d'investigation

**Îlot 3** Les molécules

## PARTIE 2 – LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

**Îlot 4** La chimie du vivant

**Îlot 5** Séparation

**Îlot 6** Dissolution et cristallisation

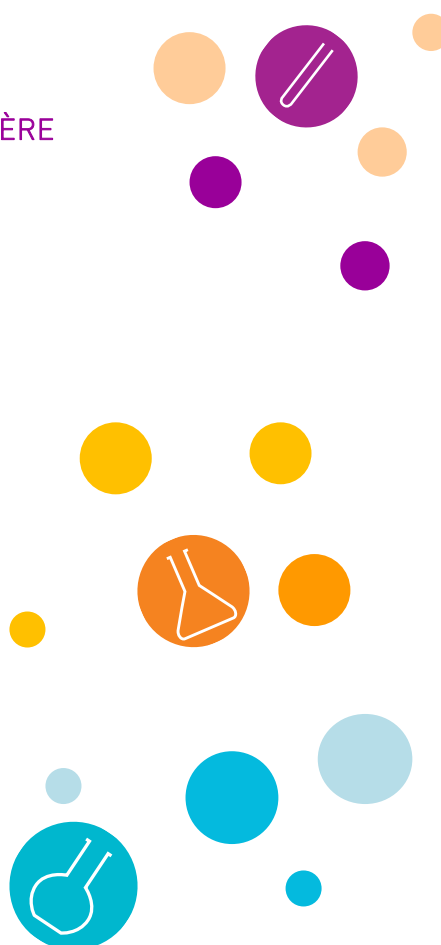
**Îlot 7** Les électrons mènent la danse

**Îlot 8** L'art de mélanger

## PARTIE 3 – LA CHIMIE AUJOURD'HUI

**Îlot 9** Une chimie plus verte

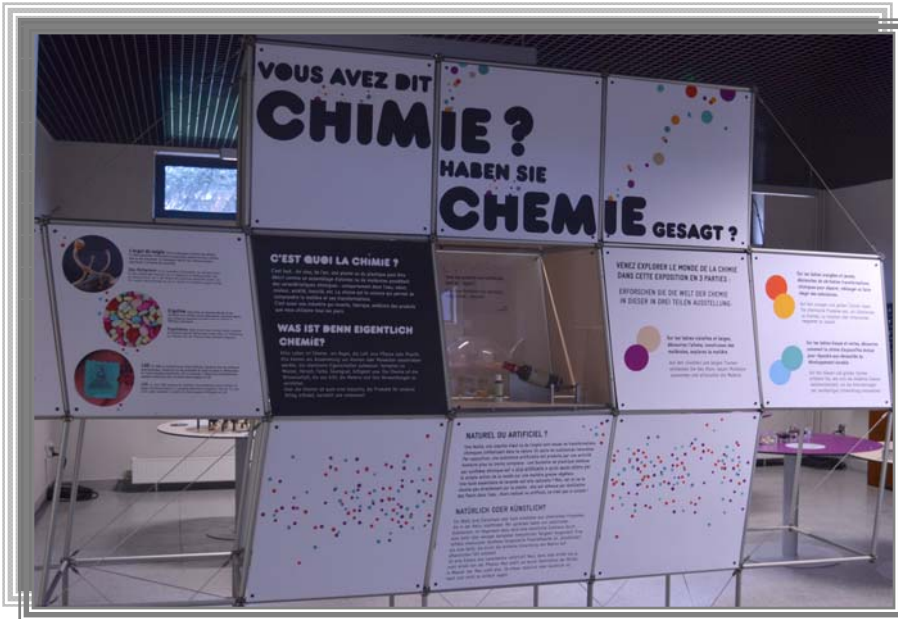
**Îlot 10** Une chimie plus innovante



De nombreuses ressources liées à l'exposition « Vous avez dit chimie ? » sont à retrouver sur le site de l'Espace des sciences :

<http://espace-sciences.org/expochimie>








## «C'EST QUOI LA CHIMIE ?»

C'est tout... un clou, de l'air, une plante ou du plastique peut être décrit comme un assemblage d'atomes ou de molécules possédant des caractéristiques chimiques : comportement dans l'eau, odeur, couleur, acidité, toxicité, etc. La chimie est la science qui permet de comprendre et d'expliquer la matière et ses transformations.

C'est aussi une industrie qui invente, fabrique, améliore des produits que nous utilisons tous les jours.

## EXPLORER LE MONDE DE LA CHIMIE DANS CETTE EXPOSITION EN 3 PARTIES

-  Sur les tables violettes et beiges, découvrez l'atome, construisez des molécules, explorez la matière.
-  Sur les tables orangées et jaunes, déclenchez de véritables transformations chimiques pour séparer, mélanger ou faire réagir des substances.
-  Sur les tables bleues et vertes, découvrez comment la chimie d'aujourd'hui évolue pour répondre aux nécessités du développement durable.

## CHIMIQUE OU TOXIQUE?

« C'est naturel, alors c'est bon ! » Eh bien non... car il y a des poisons dans la nature : certains champignons (amanite phalloïde), animaux (serpent venimeux) ou minéraux (cinabre contenant du mercure) en sont la preuve. Inversement, de nombreuses substances artificielles ne sont pas dangereuses en soi. Chimique ne signifie donc pas toxique !... La toxicité dépend surtout de la quantité de matière en jeu. Par exemple, les vitamines sont indispensables en petites quantités mais sont des poisons mortels à haute dose.



**L'ergot de seigle** est un champignon parasite des céréales. Il a été responsable d'intoxications accidentelles, parfois mortelles, connues sous le nom d'ergotisme. Ce champignon sécrète des molécules actives appartenant à la famille des alcaloïdes.



**Ergotine.** Aujourd'hui, de nouveaux dérivés de ces alcaloïdes sont utilisés comme médicaments vasoconstricteurs pour traiter les migraines ou lutter contre la maladie de Parkinson notamment des alcaloïdes.



**LSD.** En 1938, un chimiste suisse, Albert Hoffman, travaillant dans une entreprise pharmaceutique, transforme l'un des alcaloïdes de l'ergot de seigle en diéthylamide de l'acide lysergique (abréviation LSD en allemand). Il découvrira accidentellement quelques années plus tard les effets hallucinogènes du LSD.



### Naturel ou artificiel ?

Une feuille, une coquille d'œuf ou du calcaire sont issus de transformations chimiques s'effectuant dans la nature. On parle de substances naturelles. Par opposition, une substance artificielle est produite par une activité humaine plus ou moins complexe : une bouteille de plastique obtenue par synthèse chimique est « plus artificielle » qu'un savon obtenu par simple action de soude sur une matière grasse végétale.

Une huile essentielle de lavande est-elle naturelle ? Non, car on ne la récolte pas directement sur la plante : elle est obtenue par distillation des fleurs dans l'eau... Alors naturel ou artificiel, ce n'est pas si simple !



### Objets dans la vitrine

*Pétrole brut, huile essentielle de lavande, caoutchouc, vin.*

Tous ces objets contiennent des produits artificiels sauf un... lequel ?

*Le pétrole*

### La chimie, une industrie

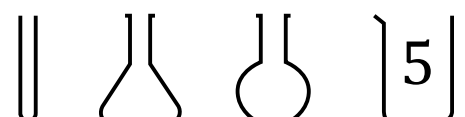
L'industrie chimique transforme des matières premières comme l'air, le pétrole, des minerais, la biomasse pour aboutir à des produits finis. La plupart de ces transformations nécessitent de l'énergie et produisent des déchets. Les grandes préoccupations de l'industrie chimique aujourd'hui sont de consommer moins de matières premières, moins d'énergie, de générer moins de déchets et d'être moins dangereuse. On parle de *chimie verte*.

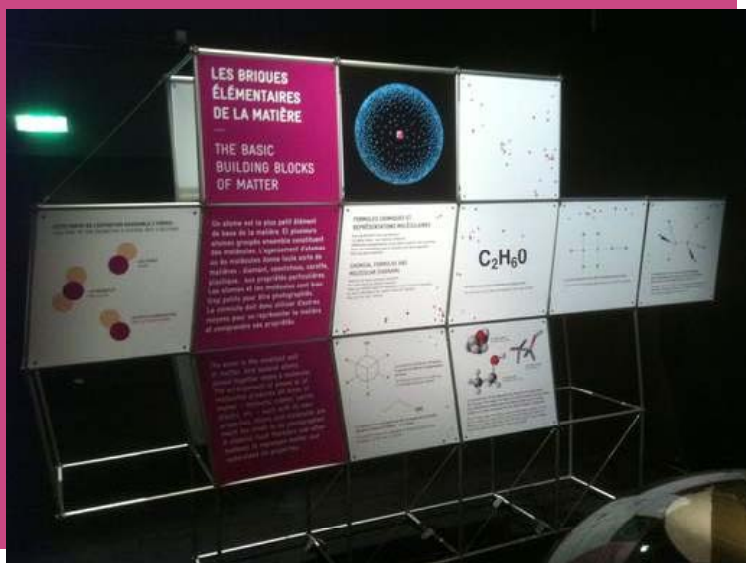


### La chimie sans le savoir

Les hommes réalisaient des mélanges et des transformations bien avant de comprendre les processus chimiques en jeu. Ainsi, les égyptiens savaient fabriquer du khôl, les sumériens du savon et les romains du vin...

Aujourd'hui aussi, nous faisons de la chimie à la maison sans le savoir ! Les odeurs d'un pain grillé et d'un bon steak proviennent de réactions chimiques. De même, se teindre les cheveux met en jeu des modifications chimiques de la fibre capillaire pour qu'elle fixe la couleur.





## LES BRIQUES ÉLÉMENTAIRES DE LA MATIÈRE

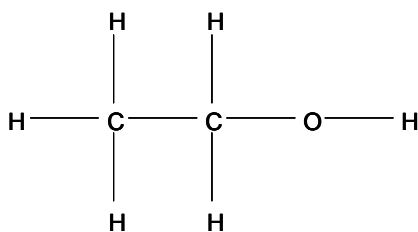
Un atome est le plus petit élément de base de la matière. Et plusieurs atomes groupés ensemble constituent des molécules. L'agencement d'atomes ou de molécules donne toute sorte de matières : diamant, caoutchouc, carotte, plastique... aux propriétés particulières.

Les atomes et les molécules sont bien trop petits pour être photographiés. Le chimiste doit donc utiliser d'autres moyens pour se représenter la matière et comprendre ses propriétés.

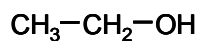
### Formules chimiques et représentation moléculaires

Que représentent tous ces dessins ? La même chose : une molécule d'éthanol.

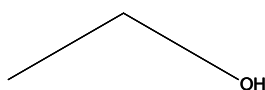
Différentes représentations d'une même molécule sont possibles, selon les informations que le chimiste veut faire apparaître. Voici les plus courantes.



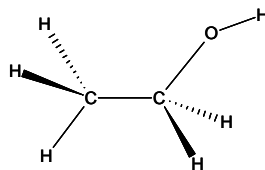
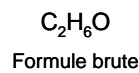
Formule développée plane



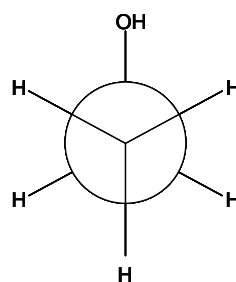
Formule semi-développée



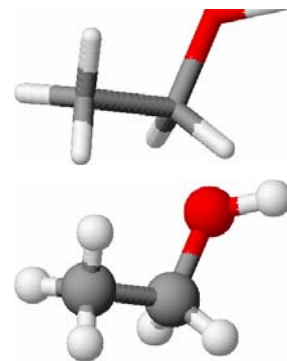
Représentation topologique



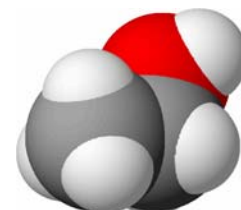
Représentation de Cram



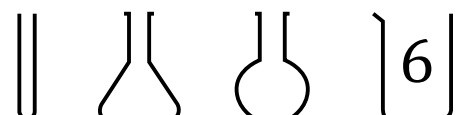
Projection de Newman



Représentation tubes et éclatée



Représentation compacte



# LES ATOMES



## C'EST QUOI UN ATOME ?

Chaque grain de sable est un assemblage d'un nombre gigantesque de minuscules « grains » de matière qu'on appelle atomes. L'atome est le plus petit élément de base de n'importe quelle matière : notre corps, cette table, les étoiles, l'air ou l'eau, etc. Mais cette « brique élémentaire » de la matière est beaucoup, beaucoup, beaucoup, beaucoup, beaucoup... plus petite qu'un grain de sable.

**10 000 000 000 000 000 000 000 000**, soit dix mille milliards de milliards, c'est le nombre approximatif d'atomes contenus dans chacun de ces objets sous la loupe : un morceau d'étain, de charbon de bois, de soufre et du fil de cuivre. L'hélium, quant à lui, est un gaz : il est infiniment moins dense que ces objets solides. Le volume occupé par l'hélium est beaucoup plus important pour un même nombre d'atomes.

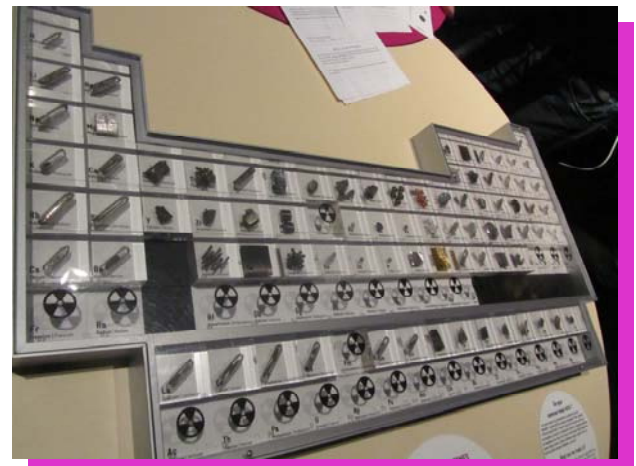
### Le nombre d'Avogadro

Pour éviter de manipuler des nombres trop grands d'entités (atomes ou molécules), les scientifiques utilisent une quantité de référence, la mole, qui contient  $6,022 \times 10^{23}$  entités, soit six cent deux mille deux cent milliards de milliards. C'est le nombre d'Avogadro, qui, conventionnellement, correspond au nombre d'atomes contenus dans 12 g de carbone 12.

## LA PALETTE D'ATOMES

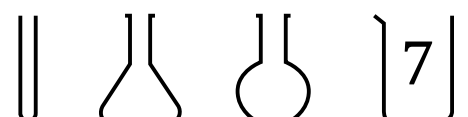
On doit principalement à Dimitri Mendeleïev (1834-1907), un chimiste russe du XIXe siècle, ce tableau qui classe tous les atomes théoriquement possibles dans l'univers. Toute la matière autour de nous n'est constituée que de cette centaine d'atomes, combinés diversement entre eux.

Observez ces 81 échantillons réels de corps simples du tableau de Mendeleïev - un corps simple est une substance constituée d'un seul type d'atome. Seuls les éléments instables et radioactifs n'y figurent pas.



### Pour en savoir plus : De quoi sommes-nous fait ?

Un corps humain est principalement constitué de quatre éléments : oxygène (65 % en masse), hydrogène (10 %), carbone (17 %) et azote (2,8 %). Il contient aussi 2 % de calcium ainsi que du phosphore, du soufre, du potassium, du chlore, quelques grammes de magnésium, fer, fluor, zinc, cuivre et des traces d'iode, aluminium, plomb, titane, arsenic, silicium, sélénium, cobalt, argent et de l'or... Soit une petite trentaine d'éléments.







## ENQUETE MOLECULAIRE

### À vous de jouer !

Dans ce jeu, menez une enquête pour trouver la molécule recherchée parmi cinq possibles en faisant appel à différentes techniques d'analyse...

Comment faire pour identifier une substance dont on ne connaît pas l'origine ou la composition ? Seules des méthodes indirectes permettent d'y parvenir car aucun appareil ne peut photographier directement une molécule. Ainsi, le chimiste dispose de différentes techniques d'analyse grâce auxquelles il peut identifier une molécule.



#### La spectrométrie de masse

*C'est une technique très courante qui permet de déterminer la structure moléculaire de n'importe quelle substance : elle consiste à fragmenter la molécule puis à détecter les fragments obtenus.*

#### La résonance magnétique nucléaire (RMN)

*Cette technique consiste à placer une substance moléculaire dans un champ magnétique intense et continu puis à envoyer un nouveau champ magnétique sous forme de brèves impulsions. Ceci génère une « réponse » des noyaux des atomes de la molécule analysée : le signal RMN.*

*Ce signal renseigne sur la nature des atomes et de leurs plus proches voisins. On peut ainsi déterminer la structure de la molécule.*

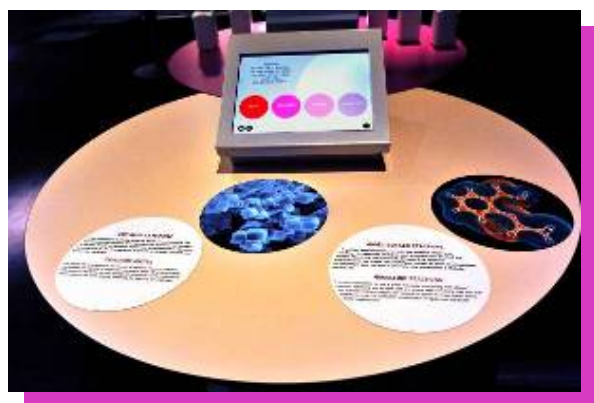
#### La spectroscopie infrarouge

*Cette technique consiste à éclairer une substance avec un rayonnement infrarouge qui fait vibrer la molécule, chaque partie de la molécule (un groupement chimique) vibrant à une certaine fréquence.*

*Le spectre infrarouge de la molécule mesure ces différentes fréquences : à chaque creux du spectre correspond une fréquence de vibration, donc un groupement chimique de la molécule.*

#### Le test à l'eau de brome

*Ce test permet de mettre en évidence les doubles liaisons carbone - carbone, notées C=C, dans une molécule. L'eau de brome est une solution rouge. Si la molécule testée contient une double liaison C=C, on observe une décoloration de l'eau de brome. Dans le cas contraire, la solution reste rouge.*



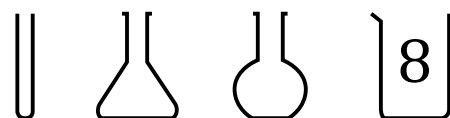
## EXPLORER LA MATIERE ET MODELISER LES REACTIONS

### Explorer la matière

Il est impossible de photographier un atome ou une molécule. Les microscopes électroniques font cependant des prouesses. En sondant la matière à l'aide de faisceaux d'électrons, ils permettent de distinguer des structures ou des arrangements à l'échelle de l'atome, révélant ainsi le cœur des matériaux.

### Modéliser les réactions

Il est tout aussi impossible de voir une molécule réagir avec d'autres : les réactions chimiques sont si rapides qu'il faudrait une caméra filmant dix mille milliards d'images à la seconde ! Afin de franchir ces limites, les scientifiques mettent en œuvre des simulations sur ordinateur pour les aider à décrypter des mécanismes complexes à l'échelle moléculaire.



# LES MOLECULES



## C'EST QUOI UNE MOLECULE ?

### À vous de jouer !

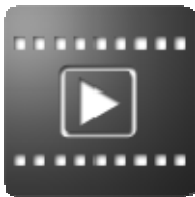
Combinez, par simple contact, le H (hydrogène) ou le OH mobiles avec l'une des 3 structures moléculaires fixes devant vous. Observez la molécule obtenue sur l'écran. Entre le H et le OH, il n'y a qu'un atome O en plus. Et pourtant... la molécule obtenue avec l'un ou l'autre est bien différente.

Lorsque des atomes s'assemblent, ils forment des molécules. Les propriétés d'une molécule proviennent de la nature de ses atomes mais aussi de sa structure, c'est-à-dire de la façon dont ses atomes sont positionnés. Par exemple, les molécules du parfum de framboise, celles du plastique ou celle du venin d'une fourmi sont toutes constituées des mêmes atomes mais leurs structures moléculaires sont très différentes.

## QU'Y A-T-IL DANS... ?

Toute matière, matériau ou objet contient plusieurs sortes de molécules qui sont des assemblages d'atomes. Ces molécules confèrent au matériau ses principales caractéristiques : dureté, goût, senteur...

*Appuyez sur le bouton pour découvrir sur l'écran de verre la composition moléculaire de l'objet situé devant vous : chocolat, bois ou plastique.*



### Œuf en chocolat

*Le chocolat au lait, c'est d'abord une formule de fabrication : un mélange dans certaines proportions de cacao, sucre, lait et additifs. Pour un chimiste, c'est un mélange de composés aux propriétés très différentes : des cristaux, de 10 micromètres de long environ, sont composés de saccharose, fructose et glucose désignés sur l'étiquette par le terme « sucres » ! Autour de ces cristaux de sucre, une substance brune, visqueuse est constituée principalement d'acide palmitique, stéarique et oléique, que l'on nomme couramment lipides. Le chocolat contient aussi quelques drogues : de la caféine et de la théobromine. Elles n'ont qu'une faible action stimulante sur notre organisme mais sont bien présentes.*



### Bûche de bois

*Quand le chimiste s'intéresse à un morceau de chêne, il voit tout d'abord plusieurs couches successives : l'écorce, couche extérieure et protectrice, l'aubier, contenant des cellules vivantes, et le duramen, fait de cellules mortes. En observant de plus près par exemple l'aubier, partie vivante de l'arbre, le chimiste y observe des cellules à membranes minces, constituées de molécules de celluloses, le constituant principal du bois, mais*



également d'hémicelluloses et de lignine. Enfin à l'intérieur de ces cellules, le chimiste observe des matières nutritives qui s'accumulent et de la sève brute qui circule et qui est composée très majoritairement d'eau et de sels minéraux.

### Bouteille en plastique (PET)

Cette bouteille est en plastique et plus précisément en PET, abréviation pour Polyéthylène Téréphtalate.

Comme toutes les matières plastiques, le PET est constitué de très longues molécules appelées aussi macromolécules. Elles sont étirées en longueur et en largeur lors de la mise en forme des bouteilles ce qui confère une grande rigidité au matériau.

Chacune de ces molécules est construite par la répétition d'un même motif de base un très grand nombre de fois. En effet, lors de la synthèse, les molécules d'éthylène glycol et d'acide téréphtalique ont réagi ensemble, formant le motif de base, qui lui-même s'est lié à un autre motif de base et ainsi de suite jusqu'à former des molécules géantes.

Ces mêmes macromolécules permettent de donner naissance lors du recyclage des bouteilles aux fibres textiles appelées « laine polaire ».



## FAUX JUMEAUX

Des molécules chirales sont des molécules qui, comme vos pieds, sont images l'une de l'autre dans un miroir mais non superposables : vous ne pouvez pas mettre votre pied gauche dans la chaussure droite... Les deux formes chirales d'une molécule sont appelées gauche (notée -) et droite (notée +) car chacune dévie dans un sens différent la lumière polarisée. Cette subtile différence peut pourtant avoir des effets majeurs au niveau optique, gustatif, olfactif ou toxicologique.

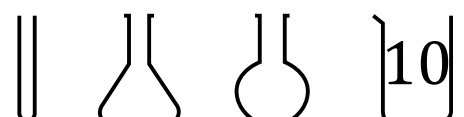


### Bon ou dangereux...

Les propriétés des médicaments peuvent être très différentes selon la forme gauche ou droite d'une molécule chirale. Ainsi, dans le Thalidomide la forme droite soulage des nausées, alors que la forme gauche est hautement toxique. Autre exemple, le Propoxyphène peut être un analgésique (nom commercial, le Darvon) ou un antitussif (le Novrad) selon sa forme.

### À vous de jouer !

Comparez les odeurs dégagées par les deux molécules chirales : le limonène + (diffuseur à votre droite) qui évoque les agrumes, la menthe ou la réglisse et le limonène - (à gauche) qui évoque le plus souvent la menthe, le sous-bois ou le pin.



## LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES



Cette partie de l'exposition rassemble 5 thèmes : Séparation, Dissolution/Cristallisation, L'art de mélanger, La chimie du vivant, Les électrons mènent la danse.

Le chimiste fait souvent des transformations qui modifient la matière sans produire de nouvelles substances : il sépare les composants d'un mélange, change leur état (solide, liquide, gaz...) ou bien fait des mélanges complexes.

Mais il existe de nombreuses transformations chimiques qui, elles, produisent de nouvelles substances : ce sont les réactions chimiques.

**PRODUITS CHIMIQUES**

**Les 9 nouveaux pictogrammes de danger**

**Dangers physiques**

- J'EXPLOSE**
  - Je peux exploser, suivant le cas, au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc, de frottements...
- JE FLAMBE**
  - Je peux m'enflammer, suivant le cas, 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 au contact de l'eau si je dégage des gaz inflammables.
- JE FAIS FLAMBER**
  - Je peux provoquer ou aggraver un incendie, ou même provoquer une explosion en présence de produits inflammables.
- JE SUIS SOUS PRESSION**
  - Je peux exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimés, gaz liquéfiés, gaz dissous).
  - Je peux causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).

**Dangers pour la santé**

- JE RONGE**
  - Je peux attaquer ou détruire les métaux.
  - Je ronge la peau et/ou les yeux en cas de contact ou de projection.
- JE TUE**
  - J'empoisonne rapidement, même à faible dose.
- J'ALTÈRE LA SANTÉ**
  - J'empoisonne à forte dose.
  - J'irrite la peau, les yeux et/ou les voies respiratoires.
  - Je peux provoquer des allergies cutanées (eczéma par exemple).
  - Je peux provoquer somnolence ou vertiges.
- JE NUIS GRAVEMENT À LA SANTÉ**
  - Je peux provoquer le cancer.
  - Je peux modifier l'ADN.
  - Je peux nuire à la fertilité ou au fœtus.
  - Je peux altérer le fonctionnement de certains organes.
  - Je peux être mortel en cas d'ingestion puis de pénétration dans les voies respiratoires.
  - Je peux provoquer des allergies respiratoires (asthme par exemple).

**Dangers pour l'environnement**

- JE POLLUE**
  - Je provoque des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique (poissons, crustacés, algues, autres plantes aquatiques...).

### La sécurité en chimie

Depuis le 1er décembre 2010 et jusqu'au 1er juin 2015, un nouveau système de classification et d'étiquetage des produits chimiques entre progressivement en vigueur.

Neuf nouveaux pictogrammes illustrent les dangers associés aux produits selon 3 types (danger pour la santé, pour l'environnement ou physique),





## LA CHIMILUMINESCENCE



Lorsqu'une réaction chimique produit de la lumière, on parle de chimiluminescence. Ce phénomène a parfois lieu dans des organismes vivants (il s'agit de bioluminescence).

Dans cette expérience, la lumière est produite par une réaction chimique entre deux substances : le luminol et l'eau oxygénée. Mais il faut en ajouter une troisième pour accélérer le processus : le catalyseur. Sans lui, pas de lumière.

Les bracelets lumineux, vendus dans des fêtes, fonctionnent sur le même principe.

### La bioluminescence

Le calamar, comme plus de 700 autres espèces vivantes, est capable de produire de la lumière grâce à des réactions chimiques se produisant dans son organisme. Comme toutes les réactions chimiques du vivant, ce phénomène n'aurait pas lieu sans un catalyseur biologique appelé enzyme.

## L'USINE VEGETALE

Les plantes n'utilisent qu'un petit nombre de ressources : le gaz carbonique de l'air, l'eau et les sels minéraux du sol. Elles les transforment en des milliers de molécules souvent très complexes qui leur permettent d'assurer leurs fonctions vitales et leur croissance. Leurs cellules sont d'extraordinaires usines chimiques miniatures. Elles fabriquent aussi de nombreuses molécules qui nous sont indispensables et que, pour certaines, nous sommes incapables de synthétiser.



**Feuille.** Les plantes se fabriquent en exploitant la lumière du soleil. C'est le processus de photosynthèse que l'on peut résumer en : [traitement graphique] Gaz carbonique + eau + lumière → sucres (glucose, fructose...) + oxygène.

**Tige/branches.** Les plantes construisent leurs tiges et leurs branches en assemblant bout à bout des molécules sous forme de longues chaînes : des polymères. La cellulose, principal constituant du bois, résulte de l'assemblage de milliers de molécules de glucose.

**Graines/tubercule.** Les graines et les tubercules sont les réservoirs énergétiques de la plante. Elle y stocke l'amidon, un polymère du glucose, qui est une immense ressource nutritive : la moitié des calories ingérées par l'espèce humaine provient de l'amidon contenu dans le riz et le blé.



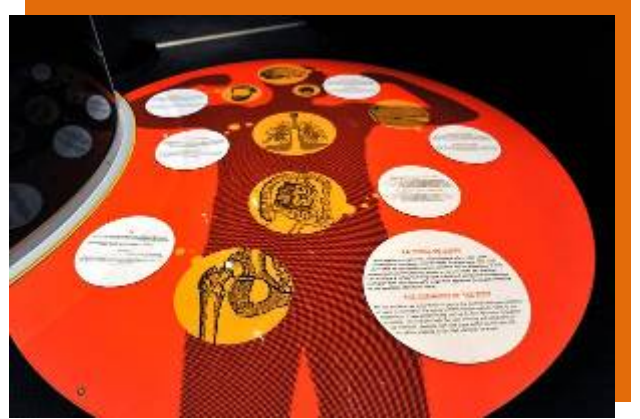
**Fleur.** Le coquelicot (rouge) et le bleuet (bleu) tiennent tous deux leur couleur de la cyanidine. La différence d'acidité de leur sève provoque néanmoins une réaction chimique qui leur donne des couleurs différentes.

**Fruit.** Les fruits contiennent des substances chimiques diverses. L'arôme des pommes provient, entre autres, de l'hexanal, du butanoate de méthyle... et de près de 250 autres composés !

**Bulbe.** Pour se protéger des prédateurs, les plantes ont des mécanismes chimiques de défense. Certaines, comme le radis, fabriquent des glucosinolates, amères et piquantes. D'autres synthétisent des substances qui vont attirer les guêpes pour les protéger des chenilles.

## LA CHIMIE DU CORPS

Nous voyons, nous pensons, nous bougeons grâce, entre autres, aux réactions chimiques continuellement à l'œuvre dans notre corps. L'ensemble de ces transformations constitue notre métabolisme. Il s'est progressivement construit par essais-erreurs au cours de l'évolution. Cela explique à la fois la très grande diversité et complexité des réactions chimiques dont nous sommes le siège mais également l'incroyable stabilité de nos équilibres chimiques vitaux.



**Cheveux/poils.** Nos cheveux sont constitués à 95% de kératine. Cette substance est fabriquée par le corps en assemblant de longues chaînes d'acides aminés qui contiennent du soufre. Celui-ci lie ces chaînes entre elles assurant ainsi la solidité du cheveu.



**Cerveau/nerfs.** Le long d'un neurone, l'information circule sous forme électrique. Mais pour passer d'un neurone à un autre, c'est un signal chimique qui prend le relais : une substance, un neurotransmetteur, est libérée puis captée de l'autre côté, donnant naissance à un nouveau signal électrique.

**Veines/poumons.** Au niveau des poumons, les globules rouges du sang se chargent en oxygène et le transportent jusqu'aux cellules où il participe à la

production d'énergie stockée sous forme chimique : ces molécules réservoirs s'appellent adénosine triphosphate (ATP).



**Bouche/estomac/intestin.** L'appareil digestif est une véritable usine de transformation chimique. Les aliments ingérés sont généralement constitués de molécules trop longues pour être absorbées dans l'intestin et passer dans le sang. Le système digestif les découpe en molécules plus petites.



**Muscles (biceps).** Les cellules de nos muscles sont constituées de filaments de protéines, l'actine et la myosine. Le muscle se contracte lorsque ces filaments coulissent les uns par rapport aux autres. Ce glissement ne se fait que s'il y a une arrivée massive de calcium dans la cellule.

**Os.** Nos os sont formés de collagène, une protéine, et de phosphore et calcium des minéraux. Ces derniers forment des cristaux d'hydroxyapatite fixés dans une trame de collagène. Cette structure confère à l'os à la fois résistance et légèreté.



## LES OUTILS D'EXTRACTION

La plupart des substances n'existent pas à l'état pur. Il faut donc savoir séparer les constituants d'un mélange pour extraire une substance recherchée ou éliminer une substance (ex. : dépollution d'une atmosphère, dessalement de l'eau) ou les analyser.

Le chimiste dispose de nombreuses techniques de séparation adaptées à chaque situation. Il aura parfois besoin d'utiliser plusieurs méthodes successives.

### ENSEMBLE 1 :

Pour séparer un solide d'un liquide, la filtration s'impose. Pour ce faire, un simple entonnoir muni d'un papier filtre peut suffire. Mais il est parfois nécessaire d'accélérer le phénomène en aspirant grâce à la pompe à vide surmontée du filtre Büchner.

### ENSEMBLE 2 :

Pour séparer des composés dissous dans un liquide homogène, on peut faire appel à la filtration sur charbon actif qui permet d'éliminer certains composés du mélange. On peut aussi les séparer par des méthodes de chromatographie - sur couche mince ou en phase gazeuse par exemple - en vue notamment de les identifier.

### ENSEMBLE 3 :

Pour séparer deux liquides non miscibles, on utilise une ampoule à décanter : secouer, dégazer, laisser reposer et recueillir les liquides dans différents récipients. On peut ainsi transférer un produit d'un liquide à un autre - appelé solvant d'extraction - dans lequel il se dissout mieux.

### ENSEMBLE 4 :

Pour séparer des composés à l'état gazeux, on emploie des membranes très sélectives. Les techniques de séparation membranaires sont, par exemple, utilisées pour purifier le gaz naturel en éliminant certains composés comme le dioxyde de carbone ou la vapeur d'eau.

## LA DISTILLATION

C'est une technique d'extraction qui permet de séparer des liquides en portant le mélange à ébullition. Ici, on extrait de l'huile essentielle de lavande. Les substances odorantes des fleurs de lavande situées dans le ballon (1) sont entraînées par la vapeur d'eau dans la colonne (2). Le tout redevient liquide dans le réfrigérant (3) avant de tomber dans le vase (4) : l'huile essentielle (légèrement colorée) étant moins dense que l'eau, elle reste à la surface. Sentez le parfum qui s'en dégage.



### Un peu d'histoire

Plus de mille ans avant J.-C., la distillation était connue pour la fabrication des parfums. Plus tard, elle fut utilisée par les marins grecs pour récupérer de l'eau douce à partir d'eau de mer. Mais le véritable appareil à distiller fut décrit pour la première fois au IV<sup>e</sup> siècle après J.-C. et c'est seulement au XIII<sup>e</sup> siècle que commença la distillation de l'alcool.



## C'EST QUOI UN CRISTAL ?

Un cristal est une forme de matière particulièrement bien organisée. Les atomes ou groupes d'atomes qui le constituent sont empilés de façon très régulière et selon un motif qui se répète. Cette structure ordonnée confère aux cristaux des propriétés mécaniques, optiques ou électriques très performantes.

### À quoi servent les cristaux ?

On utilise les cristaux en optique pour changer la couleur des lasers ou pour en fabriquer de très puissants. Ils servent aussi à produire de l'électricité à partir de lumière (cristaux électro-optiques) ou de chocs (cristaux piézoélectriques). Mais ils constituent parfois une nuisance, comme le tartre qui se dépose dans les canalisations ou sur nos dents.

## OU EST PASSE LE SEL ?

Quand on verse du sel dans l'eau, il semble disparaître. En réalité, il reste bien présent à l'état dissous : les molécules d'eau ont fragmenté le sel et dispersé ses constituants qui sont donc solvatés. Au-delà d'une certaine quantité de sel mis dans l'eau, celui-ci ne se dissout plus : l'eau est saturée. Cependant, avec un autre liquide, comme ici l'éthanol, cette quantité limite de sel dissous change. On dit que chaque liquide a son propre pouvoir de solvatation.



### La dissolution, comment ça marche ?

Les molécules d'eau ont la particularité de pouvoir entourer les constituants du cristal de sulfate de cuivre. Elles les séparent un à un et les dispersent. Si l'eau s'évapore, un nouveau cristal peut se reformer.



## CRISTAL OU PAS CRISTAL ?

On trouve des cristaux partout dans la nature, ils constituent même 80% des matériaux – sels, métaux, roches, os, coquilles, etc. Mais tout ce qui est brillant, géométrique, solide, précieux ou transparent n'est pas forcément un cristal - et vice versa...

Découvrez ici quelques structures cristallines qui se cachent derrière des objets courants.

**Œuf de poule :** La coquille d'œuf est constituée à 95% de cristaux de carbonate de calcium. La fabrication de cet ensemble poreux cristallin est contrôlée par une matrice de protéines qui contribue à sa grande solidité. **Oreille interne :** Notre oreille interne renferme de petits cristaux de carbonate de calcium appelés otolithes. Ils contribuent à notre perception du mouvement et à notre équilibre. **Argile :** L'argile est une roche cristalline composée de feuillets qui lui permettent d'absorber de l'eau et d'être malléable. **La tourmaline :** La tourmaline est une pierre qui comme la neige croît sous forme d'aiguilles. Mais elle est translucide et dure tandis que la neige est blanche et fragile à cause de son organisation en flocons. **Coquillage :** Comme tous les coquillages, les coquilles de la *Pinna nobilis* sont formées de couches cristallisées de carbonate de calcium. D'un mollusque à l'autre, les cristaux formés sont différents. **Un verre en « cristal »** ressemble à un matériau cristallin, pourtant il ne l'est pas... Le verre, tout comme l'ambre, a une structure désordonnée.



## LA BOUTEILLE BLEUE

Cette expérience met en jeu un cycle de deux réactions d'oxydoréduction qui se répètent un grand nombre de fois tant qu'il y a assez de produits.

En agitant le liquide, on y introduit un peu d'oxygène de l'air qui réagit avec une substance chimique incolore. Il en résulte une substance bleue. Puis le glucose, également dans la solution, réagit avec la substance bleue et lui redonne sa forme incolore. Ce processus se poursuit jusqu'à consommation complète du glucose ou disparition de l'oxygène.

### L'oxydoréduction

Respiration, rouille, combustions... derrière ces phénomènes, il y a des réactions chimiques qui mettent en jeu des échanges d'électrons (charges électriques négatives de l'atome). Ce sont les réactions d'oxydoréduction au cours desquelles certaines espèces chimiques vont céder des électrons alors que d'autres vont les accepter. L'oxygène est souvent à l'origine de ces réactions.

## L'ELECTROLYSE DE L'EAU

L'électrolyse est un processus de conversion d'énergie électrique en énergie chimique.

Quand le courant électrique passe dans la solution, les molécules d'eau se décomposent en dioxygène  $O_2$  à l'électrode + (l'anode) et en dihydrogène  $H_2$  à l'électrode - (la cathode). La réaction en jeu est :  $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

Un indicateur coloré (le bleu de bromothymol) dans la solution révèle la présence d'espèces acides (coloration jaune) à l'anode et d'espèces basiques (coloration bleue) à la cathode qui se forment au moment de l'électrolyse.



### La pile à combustible

Elle fonctionne sur le mode inverse de l'électrolyse de l'eau. Cette fois,  $H_2$  (dihydrogène) et  $O_2$  (dioxygène) se recombinent pour former de l'eau en créant un courant électrique. Le principe paraît simple mais sa mise en œuvre est complexe et nécessite l'utilisation de métaux coûteux, tels que le platine et l'iridium. Malgré d'importants progrès réalisés récemment, le coût de fabrication de ces piles est encore très élevé.





## FORMULES MAGIQUES

Les produits de notre quotidien sont capables de contradictions étonnantes : une peinture glisse et adhère à la fois, un bonbon fond dans la bouche mais pas dans la main, un shampoing nettoie mais n'irrite pas... Ces propriétés parfois antinomiques sont possibles grâce à de subtils mélanges de substances chimiques qui ne réagissent pas entre elles mais « combinent » leurs propriétés pour aboutir au produit.

Cet « art » de mélanger les ingrédients s'appelle la formulation. En voici 3 exemples :

### Peinture

Ammoniaque	0,07%	Enlève l'acidité
Ether de cellulose	0,3%	Pour ne pas que cela ne coule pas du pinceau
Benzoate de Sodium	0,3%	Protège de la rouille
Zinc Pyrithione, Oxyde de Zinc	0,4%	Contre la moisissure
Huile minérale et silice	0,4%	Empêche que cela mousse
Polyacrylate d'ammonium	0,5%	Evite les grumeaux
Ether de glycol	0,7%	Antigel pour les hivers rudes
Butyl et Methylisothiazolinone	0,15%	Conservateur pour les pots oubliés dans le garage.
Monoisobutyrate de triméthylpentanediol	3%	Pour que la peinture s'étale bien
Talc	8%	Pour un aspect mat et une meilleure facilité d'application
Dioxyde de titane	10%	Le pigment donne la couleur et l'opacité
Copolymère acrylique	15%	Le liant rend solidaire les différents composants et permet à la peinture d'adhérer sur le support
Eau	22%	Le solvant dilue l'ensemble
Carbonate de calcium et Silicate d'aluminium	39%	Les charges pour les effets de style : relief, volume, transparence, l'aspect mat ou satiné.

### Shampoing

Extrait de germe de blé	0,5 %	Pour des cheveux solides et brillants
Hydroxycellulose ammonium	1%	Pour des cheveux souples et soyeux
Propylène glycol	2%	Nourrit les cheveux secs et abimés
Dodécylamidopropyl Sulfobétaine	3%	Nettoie et dégraisse
Hydrolysate de protéines (Hp)	5 %	Pour que cela ne pique pas
Alcanolamide Ester de l'acide sulfosuccinique	8%	Pour une mousse stable et onctueuse
Lauryl éther sulfate de sodium	30%	Emporte la saleté et tue les bactéries
Eau et autres ingrédients	le reste	Pour diluer l'ensemble

### Bonbon gélifié

Sirop de maïs	42,50%	Pour un bonbon bien lisse
Sucre	26,25%	Pour le goût !
Eau	23,25%	Pour diluer la gélatine
Protéine de lait hydratée	4,00%	Figé et épaissit le bonbon
Glycerol	2,70%	Empêche le bonbon de sécher
Carraghénane [E407]	0,80%	Gélatine, donne le moelleux
Citrate de sodium [E442]	0,25%	Empêche que ce soit trop acide
Methyl anthranilate et Ethyl caproate	0,25%	Arômes artificiels, la petite touche fruitée
Curcumine, Azorubine, ou Indigotine	Selon la couleur désirée	Colorant alimentaire, parce que c'est plus joli







## MELANGER LE NON MELANGEABLE

L'huile et l'eau, c'est bien connu, ne se mélangent pas. On peut pourtant les réconcilier à l'aide d'un tensioactif, la lécithine du jaune d'œuf, pour faire de la mayonnaise. Un tensioactif est une substance dont la molécule (en vert sur le schéma) a, d'un côté, une partie hydrophile (affinité avec l'eau, en bleu) et, de l'autre côté, une partie lipophile (affinité avec de l'huile, en jaune). Ainsi, en se liant avec l'eau et avec l'huile, le tensioactif permet la formation de petites gouttelettes d'huile dans l'eau qui constitue une émulsion (photo).



### Tensioactif et marée noire

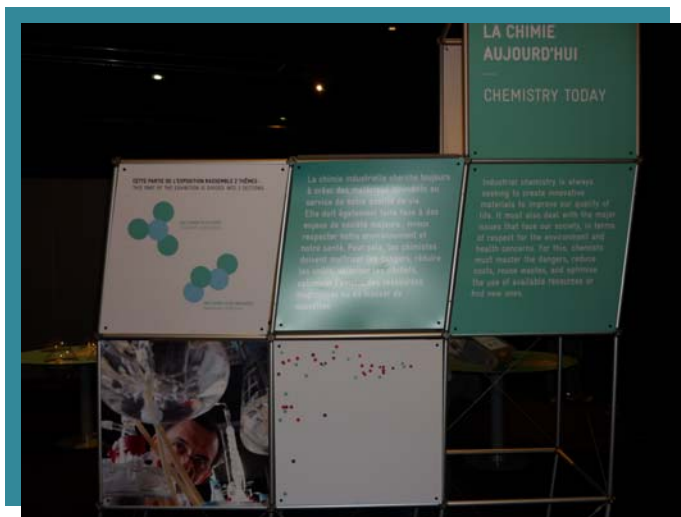
On trouve des tensioactifs dans les détergents et savons, pour enlever le gras, mais aussi dans des produits de traitement de nappes de pétrole lors de marées noires. Dans ce cas, le tensioactif permet de fragmenter la nappe de pétrole dans l'eau, favorisant sa dispersion dans la mer et accélérant ainsi sa dégradation dans le milieu naturel.

## PLUS BLANC QUE BLANC

La lumière ultraviolette met en évidence la présence d'agents fluorescents dans certains de ces objets.

Un agent fluorescent est une substance chimique particulièrement lumineuse. Ajouté à de la lessive ou à des textiles, il permet de renforcer le blanc du linge car la lumière bleutée qu'il produit compense le jaunissement du tissu. Il sert aussi à obtenir des papiers, marquer des billets de banques... Les agents fluorescents peuvent aussi être ludiques, comme dans une bouteille de soda.





## LA CHIMIE AUJOURD'HUI

Cette partie de l'exposition rassemble 2 thèmes : *Une chimie plus verte* et *Une chimie plus innovante*. La chimie industrielle cherche toujours à créer des matériaux innovants au service de notre qualité de vie. Elle doit également faire face à des enjeux de société majeurs : mieux respecter notre environnement et notre santé. Pour cela, les chimistes doivent maîtriser les dangers, réduire les coûts, valoriser les déchets, optimiser l'emploi des ressources disponibles ou en trouver de nouvelles.

### La réglementation européenne REACH

Pour mieux évaluer les risques liés à l'utilisation des produits de notre quotidien, une nouvelle réglementation REACH est entrée en vigueur en 2007. Désormais, les industriels ont la responsabilité de démontrer que les substances qu'ils fabriquent, importent et mettent sur le marché sont utilisées de manière sûre tout au long de leur cycle de vie, aussi bien sur le plan santé humaine que sur le plan environnemental.





## RETOUR AU NATUREL

Les substances chimiques d'origine végétale ont un double avantage : elles sont toujours renouvelables et souvent biodégradables. Cependant, leur exploitation massive peut nuire aux écosystèmes donc à la biodiversité. La chimie verte cherche à utiliser des ressources naturelles, on parle de biosourcing, tout en respectant l'environnement. Découvrez ici quelques produits issus de la transformation de substances naturelles.

**T-shirt** En fermentant, le sucre du maïs peut effectivement produire des fibres textiles. Ces fibres présentent une bonne élasticité, une grande douceur, résistent au chlore et sèchent rapidement. Parfait pour les vêtements de sport et les maillots de bain ! *Fibres Sorona développé par DuPont de NemoursTM*

**Boucle de chaussure de ski** Le plastique Hytrel® RS contient entre 20% et 60% de matériaux d'origine renouvelable, dont le maïs. Il est résistant à l'impact mais aussi très flexible, même à très basse température et donc sur les pistes de ski. *Polymère Hytrel® RS développé par DuPont de NemoursTM*

**Panier à vaisselle** Le panier est revêtu de Rilsan®, une matière plastique fabriquée à partir de l'huile de ricin, qui le protège durablement de la corrosion et de l'abrasion et le rend résistant à la chaleur et à l'agression des détergents. *Polymère Rilsan®, développé par Arkema*

**Crème auto-bronzante** Le Vegetan®, issu du colza et 100% naturel, est présent dans la composition d'autobronzants. C'est un sucre qui provoque le brunissement naturel de la peau, en réagissant avec la kératine de celle-ci. *Vegetan®, procédé développé par Soliance R&D*

**Colle** La Biolignine® est l'un des principaux composants de la paille, mais n'était pas valorisée jusqu'à présent. Aujourd'hui, elle est utilisée en remplacement du phénol, hautement toxique, dans l'essentiel de ses applications notamment pour les colles pour le bâtiment.

**Biocarburant** Le Miscanthus peut être transformé par voie biologique (enzymes, levures) en carburant pour les moteurs de voiture. Dans les agro-carburants de seconde génération, les sucres et l'amidon à usage alimentaire (blé, maïs, betterave) ne sont plus nécessaires.

## DES DECHETS UTILES

Donner une seconde vie aux déchets contribue à préserver notre environnement et à faire face au manque de ressource dans un contexte d'accroissement démographique. Qu'il soit un produit en fin de vie ou un résidu généré lors de la fabrication d'un produit, un déchet peut être recyclé sous forme de matière première ou d'énergie (chaleur ou biocarburant).

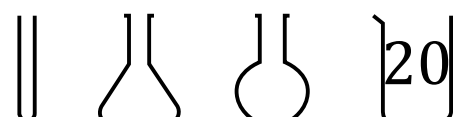
La valorisation des déchets issus de la production du papier kraft à partir du bois en est un exemple décrit ici.

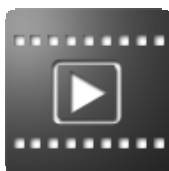


(1) Le **pin** est la matière première utilisée pour la fabrication du papier Kraft. Il est transformé en pâte à papier puis en feuilles de papier. (2) Des **déchets** sont produits lors de la transformation du pin en pâte à papier, comme le tall oil ou l'essence de papèterie. (3) La **distillation** de la résine de pin que l'on peut extraire en préservant l'arbre donne de la colophane et de l'essence de térébenthine.

*A partir des déchets issus de la fabrication de la pâte (2) et/ou les produits issus de la distillation (3), on synthétise des substances permettant la fabrication d'adhésifs, de chewing-gum, de parfums et de vernis industriels notamment.*

(4) Le recyclage du **papier** Kraft, quant à lui, permet de fabriquer à nouveau de la pâte à papier.





## UNE CHIMIE ECONOMOME

Les progrès scientifiques et technologiques conduisent à une meilleure connaissance des mécanismes chimiques et ouvrent de nouvelles méthodes de production. Ainsi, lors de la fabrication d'un produit, science et ingénierie permettent de réduire la consommation d'énergie ou de matière : réactifs et/ou solvant.



La décaféinisation du thé ou du café, par exemple, utilise aujourd'hui un solvant très efficace, le CO<sub>2</sub> supercritique, qui peut être recyclé. On réalise ainsi une économie considérable de matière.

### La synthèse du Nylon-6

Le Nylon 6 est un plastique très utilisé pour faire des cordages, des vêtements ou les poils de brosses à dent : plusieurs millions de tonnes sont produits chaque année. La société Rhodia a reçu en 2006 le prix Pierre Potier de l'innovation en chimie pour avoir modifié l'une des étapes de sa synthèse qui ne génère plus de déchet ni de gaz à effet de serre, ne nécessite aucun solvant et consomme 50% en moins d'énergie.

## MAITRISER LES RISQUES



La maîtrise des risques doit être pensée à plusieurs niveaux : sécurité des utilisateurs de produits ou de matériaux (consommateurs ou travailleurs) et sûreté des usines.

Les milliréacteurs sont, dans ce domaine, un exemple particulièrement représentatif. Depuis quelques années, les réacteurs chimiques traditionnels de gros volumes commencent à être remplacés par des chaînes de tous petits réacteurs à très faible volume, ce qui permet un meilleur contrôle des réactions chimiques qui s'y déroulent.

### Le bitume « vert »

La pose de ce bitume se fait à plus basse température que pour un bitume traditionnel. Elle nécessite entre 20 et 40% d'énergie en moins et émet moins de CO<sub>2</sub>, de fumée et de poussière. Ainsi, ce procédé permet d'améliorer les conditions de travail des ouvriers des travaux publics et représente un progrès en matière d'environnement.

Ce bitume a reçu le prix Pierre Potier de la chimie en faveur du développement durable.





## DES MATÉRIAUX PAS ORDINAIRES

Plus respectueuse de l'environnement, la chimie ne cesse également d'innover et de repousser les limites des matériaux. Vitres incassables, tissus indéchirables, caoutchouc auto-réparant, gel absorbant de choc,...sont autant de matériaux qui pourraient changer notre vie.



### Un caoutchouc auto-réparant

Fabriqué à partir d'huiles végétales, le Reverlink™ se comporte comme un caoutchouc (il est élastique) et possède une propriété étonnante d'auto-réparation : deux morceaux coupés peuvent se recoller ensemble sans chauffer et sans colle. Cette prouesse est rendue possible par le très grand nombre de liaisons hydrogène. Les liaisons hydrogène sont des liaisons intermoléculaires d'intensité 20 fois plus faible que des liaisons classiques, ce qui leur permet d'être réversibles et donc de se défaire ou de se refaire très facilement. Le Reverlink™ est un matériau développé par le groupe Arkema.

### Des murs régulateurs de température

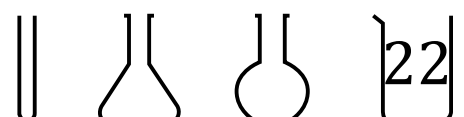
Le matériau Energain® est une réponse innovante aux changements de températures importants que peut subir une maison. Il est composé de panneaux d'aluminium renfermant une cire à base de paraffine (60%) et d'éthylène (40%). Lorsqu'il fait chaud, la cire fond et absorbe la chaleur de la pièce, ce qui la rafraîchit. Lorsqu'il fait froid, la cire se solidifie à nouveau et libère la chaleur emmagasinée. Ce type de matériau à changement de phase (MCP) repose sur le même principe que le glaçon : lorsqu'il fond, ce dernier absorbe la chaleur de votre boisson. L'Energain® est un matériau développé par la société DuPont.

### Des gels qui se fluidifient (et inversement)

Les laboratoires de recherche PolymerExpert ont mis au point des produits qui deviennent visqueux quand la température augmente contrairement aux matières usuelles. Ce sont des mélanges d'eau et de polymères (longues chaînes moléculaires) qui se présentent sous forme liquide à température ambiante et gélifient à une température légèrement plus élevée, proche de celle du corps. Le phénomène est réversible : en refroidissant, le gel redevient fluide. Les applications de l'ExpertGel® sont multiples : cosmétique, chirurgie réparatrice, collyres, ciment, peinture... L'ExpertGel® est un matériau développé par la société PolymerExpert.

### Un polymère de l'extrême

Le polymère Oxpekk®, matière plastique, est doté de propriétés incomparables : résistance aux températures extrêmes, très grande pureté et propriétés mécaniques de haut niveau. Par ailleurs, il est aussi biocompatible – et peut donc être utilisé pour des implants chirurgicaux – ignifuge et très résistant à l'usure. C'est pourquoi il trouve des applications dans l'aéronautique pour remplacer certaines pièces métalliques par exemple. L'Oxpekk® est un matériau développé par le groupe Arkema.





**Un pneu « vert »** Les nombreux composants d'un pneu assurent solidité et haute performance mais influent aussi sur la consommation en essence d'un véhicule : un pneu même bien gonflé se déforme et s'échauffe. Ce phénomène est appelé « résistance au roulement » et participe pour environ 30 % à la consommation d'un plein. Michelin a diminué cette résistance de 20 % en réduisant notamment la masse du pneu, en remplaçant le noir de carbone de la gomme par de la silice nouvelle génération et en mettant au point un procédé inédit de fabrication. D'où une économie d'essence et moins de CO2 rejeté dans l'atmosphère. *Le pneu Pilot Sport 3 est développé par la société Michelin.*



**Une combinaison de natation qui n'aime pas l'eau** Une combinaison de natation bien conçue peut réduire sensiblement la résistance de l'eau sur le nageur et renforcer la stabilité de la nage. La combinaison présentée ici fait partie de la dernière génération des combinaisons Arena : la gamme PowerSkin™. Le matériau de ces combinaisons présente des propriétés étonnantes comme l'hydrophobie (l'eau glisse sans imprégner le tissu), une légèreté extrême (jusqu'à 60% plus léger que les maillots classiques), une élasticité isotrope (extensible dans tous les sens) et des traitements anti-chlore et anti-UV. *La combinaison PowerSkin™ est un produit développé par la société Arena.*

**Du plastique indéchirable** Ce sac et ce parapluie sont fabriqués en Tyvek®, un matériau à base de fibres de polyéthylène (un plastique courant). Les fibres sont disposées de façon aléatoire et ensuite consolidées sous pression. À l'œil et au toucher, le Tyvek® ressemble à du papier... Pourtant c'est bien un plastique qui possède quelques propriétés uniques : très léger (200 fois plus que le papier), naturellement blanc et lisse, résistant à l'eau, aux solvants et aux acides, non toxique, recyclable et surtout quasiment indéchirable!  
*Le Tyvek® est un matériau développé par la société DuPont.*

**Un gant très protecteur** Un seul objet combine parfois de nombreuses innovations. Ce gant de course de moto en est un exemple.  
Cuir traité Pittards® : indélébile, résistant à l'eau, à la transpiration, sèche rapidement.  
Membrane Gore-Tex® : effet coupe-vent, imperméable et respirant.  
Coque en carbone et polymère renforcé par fibres de verre.  
Paume en SuperFabric®, fibre très résistante aux coupures, au feu, très légère et durable.  
Dos de la main et pouce renforcés par de la mousse anti-choc Suprotect®, issue de la NASA pour les gants de cosmonautes.  
*Le gant Akira-Evo Tex® est un produit de la marque Held.*

### Un ski éco-responsable

Ce ski présente un bel exemple de réalisation d'une structure « sandwich ». Il combine différents matériaux pour optimiser l'interaction ski-eau-neige (un film d'eau se forme entre le ski et la neige), absorber les vibrations et les chocs et être très résistant mais aussi très souple. Le ski présenté ici est constitué d'un noyau en peuplier protégé par un tressage de fibres de verre et de lin (10%). Il intègre 25% de matériaux recyclables dans sa semelle. *Le ski Attraxion 8 Echo® est un produit de la marque Rossignol.*

### Des balles de golf de haute volée

Lorsqu'une balle de golf est frappée, elle subit de violentes contraintes et se déforme d'un quart de son diamètre. Elle doit donc être très résistante, mais également très dure pour aller loin, tout en restant relativement souple pour permettre des effets. Ces qualités contradictoires sont possibles dans une même balle de golf grâce à l'imbrication de plusieurs couches de résines haute performance (HPF) et de résine Surlyn®. *Le Surlyn® est un matériau développé par la société DuPont.*

## L'OR BLEU

Aujourd'hui 1,2 milliard d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable et 80% des maladies affectant les pays du Sud sont dues à la consommation d'eau polluée. L'accès à une eau saine pour tous est donc un défi humanitaire majeur.



Le dessalement de l'eau de mer permet d'obtenir de l'eau potable. Parmi les différentes méthodes de dessalement, celle basée sur la filtration de l'eau grâce à des membranes haute performance (méthode d'osmose inverse) constitue une innovation très prometteuse.



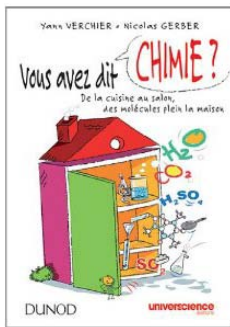
## LE JEU « LE CHOC DES MOLECULES »

Pour terminer votre parcours, testez vos connaissances sur les réactions chimiques de notre quotidien. Ici, pas de microscope, ni d'éprouvette, mais un jeu de rapidité sur écran tactile géant.



## ADULTES

### Vous avez dit chimie ?



Auteur(s) : Yann Verchier et Nicolas Gerber

Editeur : Dunod (2011)

Que se passe-t-il quand un gâteau "monte"? Un antiride peut-il vraiment être efficace? Comment des cristaux peuvent-ils être liquides? Ce livre nous invite à la découverte de la chimie qui se cache dans notre maison.

Des premières expériences de Lavoisier sur la composition de l'atmosphère terrestre aux synthèses les plus récentes, la chimie ne cesse de mettre ses découvertes au service des hommes. Prenant naissance dans les laboratoires, tantôt fruit de nombreuses et laborieuses années de recherche, tantôt fruit du hasard, ces découvertes scientifiques ont un impact de plus en plus fort sur notre quotidien.

### Oh, la Chimie !



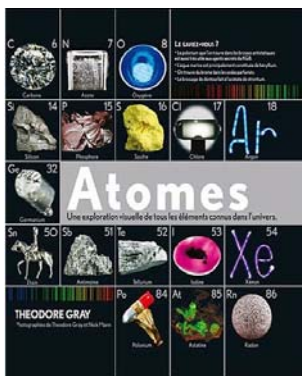
Auteur(s) : Paul Depovere

Collection : Oh, les sciences !

Editeur : Dunod (2008)

Cet ouvrage présente une cinquantaine d'expériences spectaculaires et de phénomènes de la vie courante qui illustrent les grands principes de la chimie. On apprend ainsi pourquoi, par temps chaud, les poules pondent des œufs à la coquille fragile ou comment les calmars se protègent de leurs prédateurs... Dans cette deuxième édition, une collection d'objets étranges issus du monde animal, végétal ou minéral est présentée à la manière d'un cabinet de curiosité. Ce livre réjouira tous les curieux qui veulent comprendre la chimie en s'amusant.

### Atomes : Une exploration visuelle de tous les éléments connus

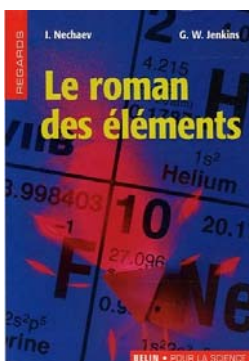


Auteur(s) : Théodore Gray

Photographies : Théodore Gray, Nick Mann

Comment les éléments vivent-ils dans le monde ? Quelle est leur température critique ? Qu'est-ce que la masse atomique, la densité d'un matériau, l'ordre de remplissage des électrons ? Cet ouvrage invite avec pédagogie et humour à un passionnant voyage au pays des éléments, à partir de leur tableau périodique universel. Soutenue par une exploration visuelle qui montre l'élément à l'état pur mais aussi ses composés et ses applications les plus caractéristiques dans la vie quotidienne, cette approche pratique offre une combinaison parfaite de science chimique et de photographies, qui séduira les lecteurs les plus avertis comme tous les autres habitants sensibles de l'univers.

### Le roman des éléments



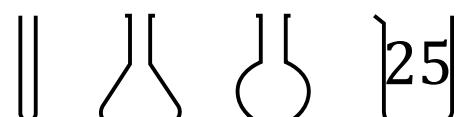
Auteur(s) : I. Nechaev, GW Jenkins, Borin Van Loon, Jean

Deguillaume,

Collection : Regards

Editeur : Belin (7 octobre 2005)

En réalisant de périlleuses expériences dans l'arrière-boutique de son patron, Carl Scheele, chimiste autodidacte, comprend que l'air est composé de deux gaz aux propriétés très différentes. Grâce à la pile électrique fraîchement inventée, Humphry Davy, ancien cancre devenu universitaire, découvre deux nouveaux métaux dans la potasse et la soude. De l'oxygène (XVIIIe siècle) au radium (XXe siècle), cet ouvrage retrace les péripéties qui ont conduit à la découverte des différents éléments constituant la matière.



## Lumière et luminescence



Auteur(s) : Bernard Valeur

Collection : Bibliothèque scientifique

Editeur : Belin (2005)

Si la lumière a livré une grande partie de ses secrets aux physiciens du XXe siècle, le voile n'est pourtant pas complètement levé sur les phénomènes lumineux parfois étranges qui jalonnent notre quotidien, et dont nous sommes loin d'avoir exploré toutes les applications. Synthèse des couleurs, fonctionnement d'un écran plat, azurants optiques qui rendent le linge ou le papier " plus blanc que blanc ", bioluminescence du plancton, principe d'une puce à ADN utilisant la fluorescence : voilà quelques exemples, parmi bien d'autres, détaillés dans ce livre superbement illustré, à l'interface entre la chimie, la biologie et la physique.

## Quelles sont les ressources de la chimie verte ?



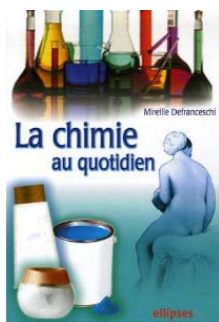
Auteur(s) : Stéphane Sarrade

Collection : Bulles de sciences

Editeur : EDP sciences (2008)

L'ère de la chimie verte s'est ouverte aux ressources multiples et aux principes simples : moins de matières premières fossiles, moins d'énergie utilisée, moins de sous-produits, moins de déchets, moins de toxicité, plus de matières premières renouvelables, plus de catalyseurs utilisés et plus de recyclage. Mettant en œuvre ce mouvement, de nouveaux produits issus de procédés innovants apparaissent dans notre quotidien ; ils utilisent le dioxyde de carbone ou l'eau, des membranes d'ultrafiltration, des réfrigérants d'un nouveau genre, des piles à combustible, des mousses de décontamination...

## La chimie au quotidien



Auteur(s) : Mireille Defranceschi

Editeur : Ellipses Marketing (2006)

Ce sont plusieurs centaines de produits d'utilisation courante qui sont étudiés : les savons, les shampoings, les colorations capillaires, les tissus naturels, artificiels ou synthétiques, les couches, les détergents pour la vaisselle, les lessives, les gels pour la douche, la vaisselle jetable, les ustensiles culinaires pour micro-ondes, les peintures, les traitements anti moisissure, les piles, les lampes, les emballages alimentaires, etc. Pour mettre à la portée de tous la complexité du monde, le livre propose onze chapitres axés sur les applications quotidiennes à la maison, trois chapitres sur les préoccupations environnementales pour un développement durable et enfin un chapitre plus chimique que le chimiste dans l'âme abordera.

## Drôle de chimie !



Auteur(s) : Pierre Laszlo

Collection : Manifestes

Editeur : Le pommier (2011)

La chimie nous maternelle-t-elle ? ou bien nous empoisonne-t-elle ? A cette question abrupte mais que chacun se pose, Pierre Laszlo, donne une réponse nuancée.

Notre société de consommation est la grande responsable des nuisances imputées à la chimie. Déjà capable de copier n'importe quelle substance naturelle, celle-ci conçoit toutes sortes de nouvelles molécules, non seulement pour des médicaments, mais aussi pour en faire des machines à l'échelle du nanomètre. Nourrir, vêtir, soigner, chauffer, transporter l'humanité, les 19 chapitres de ce livre nous permettent de faire la part entre les risques et les bienfaits de cette science méconnue du grand public.





## 50 expériences pour épater vos amis à table



Auteur(s) : Jack Guichard, Guy Simonin

Editeur : Le pommier (2011)

Vous allez surprendre vos amis avec 50 expériences plus étonnantes les unes que les autres : retournez votre verre de vin sans en perdre une goutte, transformez l'eau en vin, créez un nuage dans une bouteille, mettez une olive en lévitation

## La chimie et l'art, le génie au service de l'homme



Auteur(s) : Minh-Thu Dinh-Audouin, Rose Agnès Jacquesy, Danièle Olivier, Paul Rigny,

Editeur : EDP SCIENCES (17 juin 2010)

L'ouvrage présente les relations insoupçonnées entre ces deux univers, a priori éloignés et pourtant indissociables. 9 chapitres traitent des domaines suivants : - Aglaé, l'accélérateur de particules du Louvre - Les trésors de la mémoire et le mode opératoire des œuvres - Vision commune de la chimie analytique dans l'art et le patrimoine - Matériaux du patrimoine et altération - Couleurs originelles des bronzes grecs et romains - la chimie crée sa couleur sur la palette du peintre - Ateliers et athanors - Faïence et verre, de la protohistoire à l'histoire ancienne - L'art du verrier : des nanotechnologies depuis l'antiquité.

## Les odeurs nous parlent-elles ?



Auteur(s) : Pierre Laszlo

Collection : Les Petites Pommés du Savoir

Editeur : Le pommier

D'abord, qu'est-ce qu'une odeur ? D'où vient la distinction entre bonnes et mauvaises odeurs ? Comment expliquer que tous s'accordent sur la puanteur des pieds et pas sur celle du camembert ? Que l'odeur d'un lieu éveille tant de souvenirs ? Celle d'un parfum tant de désirs ?

## La chimie est-elle réellement dangereuse ?



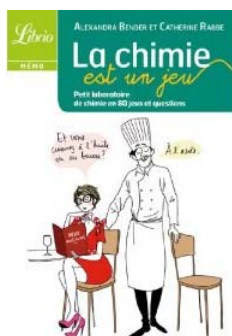
Auteur(s) : Stéphane Sarrade

Collection : Les Petites Pommés du Savoir

Editeur : Le pommier

D'abord, la chimie, qu'est-ce que c'est ? Qu'apporte-t-elle à l'humanité depuis des millénaires ? Pourquoi fait-elle peur, même si, dans le même temps, nous ne pourrions-nous en passer ? Comment composer avec ce paradoxe et, ainsi, fortifier le futur de notre planète et de ses habitants ? Les Petites Pommés du savoir. Des réponses brèves, claires et sérieuses aux questions que vous vous posez sur le monde.

## La chimie est un jeu

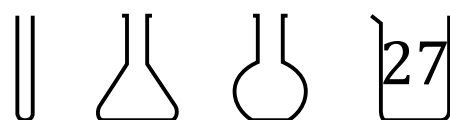


Auteur(s) : Alexandra Bender, Catherine Rabbe

Collection : Libro Mémò

Editeur : J'ai lu (12 janvier 2011)

Pourquoi la glace flotte-t-elle sur l'eau ? A quelle molécule doit-on son bronzage ? Quel célèbre tableau est menacé de disparition à cause d'une réaction chimique ? Êtes-vous sûr de savoir ce qu'est une hormone ? La chimie est partout autour de nous et pas seulement dans les laboratoires. Pour tout savoir sur la matière et ses transformations, nul besoin de blouse blanche ni de lunettes de protection ! En 80 jeux, questions et expériences, sans formules compliquées ni équations obscures, (re)découvrez la chimie tout en vous amusant. Une expérience à ne pas rater !



# ENFANTS

## La chimie



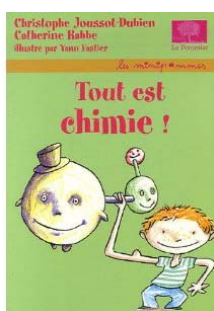
Auteur(s) : Charles Dingersheim

Collection : Kézako

Editeur : Mango (12 février 2004)

La chimie ne se fait pas que dans des laboratoires et de usines. Toi aussi, tu en fais chaque jour, sans même le savoir. Quand tu te laves les mains, c'est de la chimie ! Pareil quand tu fais cuire un gâteau ! Et ton corps est une véritable usine chimique ! Avec Julie et Valentin, réalise les expériences de ce livre, et cette science fascinante n'aura plus de secrets pour toi.

## Tout est chimie !



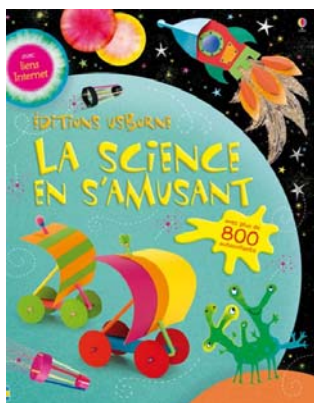
Auteur(s) : Christophe Jousset-Dubien et Catherine Rabbe

Collection : Les minipommes

Editeur : Le pommier (2006)

Ce petit livre de poche à la couverture souple propose une découverte assez complète du monde de la chimie. Le texte, rédigé par deux chimistes au Commissariat à l'énergie atomique de Marcoule, est présenté sous forme de dialogues qui stimulent l'intérêt et la concentration. Il est soutenu par des dessins colorés et humoristiques qui s'avèrent indispensables car ils rendent la lecture attractive tout en renforçant les explications. Cet ouvrage qui relève le défi de traiter d'un thème compliqué sous un aspect ludique aurait gagné à employer un vocabulaire moins familier. **Âge: Dès 8 ans.**

## La science en s'amusant



Auteur(s) : Rebecca Gilpin et Léonie

Illustrations : Joséphine Thompson

Traductions : Claire Lefebvre

Editeur : Usborne (2006)

Plus de 50 projets amusants et variés permettant de réaliser des choses qui volent, valsent, poussent, pétillent, grimpent ou flottent...

Des explications étape par étape pour chacun, avec une courte présentation du principe scientifique à sa base.

Une liste de sites Web à visiter pour en savoir plus et faire des expériences et des jeux en ligne.

Plus de 800 autocollants argentés et en couleur.

Idéal pour s'initier à la science tout en s'amusant.

## Expériences pour découvrir la chimie



Auteur(s) : Delphine Grinberg

Illustrations : Nathalie Choux

Editeur : Nathan Jeunesse / Universcience

Des expériences simples et amusantes, pour donner aux enfants l'envie de croquer dans la science !

Fais disparaître la coquille d'un œuf, concocte une bonne pâte « dégouilifante », fais tourner des raisins « bullo-plongeurs »...

Des volets à soulever, des livrets à feuilletter, un décor en relief... pour éveiller la curiosité et questionner le monde.

Avec un arbre magique à faire « pousser ».

**4 ans et plus**



L'Espace des sciences attire chaque année  
**150 000 visiteurs**  
 grâce à ses différentes activités :

### Le Planétarium

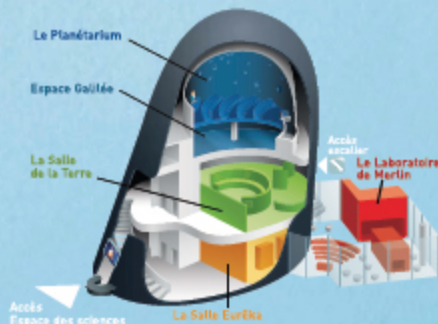
Le Planétarium vous emmène aux confins de l'Univers, dans un voyage fantastique vers l'infiniment grand. L'Univers à portée de rêves!

### La salle de la terre

Une exposition permanente « Roches armoricaines » (fermeture définitive 3 juin) pour découvrir la géologie du Massif armoricain et l'activité de la planète.

### La salle Eurêka

Deux expositions temporaires par an avec des thématiques variées : les mathématiques, la biologie, la musique... A partir du 25 septembre 2012, « Les trésors du vivant » une exposition produite par l'Espace des sciences.



### Le laboratoire de Merlin

30 manipulations ludiques pour toute la famille pour une découverte interactive des sciences ! Fabriquer de l'électricité, observer son squelette, créer du mouvement, faire disparaître des objets... Tous vos sens sont sollicités dans cette exploration !

### Les conférences : les mardis de l'Espace des Sciences

Chaque semaine, une conférence présentée par des scientifiques de renom pour couvrir tous les champs de la recherche.

## Infos Pratiques

### Ouverture au public (fermé les lundis et jours fériés)

Mardi	12h à 21h
Mercredi / Jeudi / Vendredi	12h à 19h
Samedi / Dimanche	14h à 19h

### Période estivale (juillet et août)

Mardi / Mercredi / Jeudi / Vendredi	13h à 19h
Samedi / Dimanche	14h à 19h

### Groupes et scolaires (exclusivement sur réservation)

Mardi / Jeudi / Vendredi	
Matin	de 9h à 10h15 et de 10h30 à 11h45
Après-midi	de 14h à 15h15 et de 15h30 à 16h45
Mercredi et vacances scolaires	10h30 à 11h45

### Renseignements et réservations

02 23 40 66 00

En raison d'une importante fréquentation pendant les vacances, l'accès à l'exposition peut être soumis à un délai d'attente.



### Tarifs

**Plein** : 4,5 € (+ supplément planétarium 3,5 €)  
**Réduit** : 3 € (+ supplément planétarium 2 €)  
**Gratuit** pour les moins de 8 ans accompagnés  
**Gratuit** pour les moins de 26 ans le mardi entre 19h et 21h

### Animations Grand Public

Tous les jours



Visuel de l'exposition : le visuel et des illustrations de l'exposition sont disponibles, en téléchargement, sur le site internet [www.espace-sciences.org/journalistes](http://www.espace-sciences.org/journalistes), ou sur simple demande au 02 23 40 66 40.

[www.espace-sciences.org](http://www.espace-sciences.org)

Association loi 1901, créée en 1984 à Rennes, l'Espace des sciences est un centre régional de culture scientifique, technique et industrielle qui est labellisé "Science et Culture, Innovation". Elle bénéficie du soutien du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du Ministère de l'Education nationale, de Rennes Métropole, du Conseil régional de Bretagne, du Conseil général d'Ille-et-Vilaine, du Conseil général du Finistère, du Conseil général des Côtes-d'Armor, de la Ville de Morlaix, de la Délégation régionale du CNRS, de la Fédération bretonne du Crédit Agricole et des fonds européens.

