

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

VANILLE-FRAISE ?

DE L'UTILITÉ DE LA PHYSICO-CHEMIE POUR PRÉPARER RAPIDEMENT DE BONNES GLACES

LES SECRETS DE LA GLACE



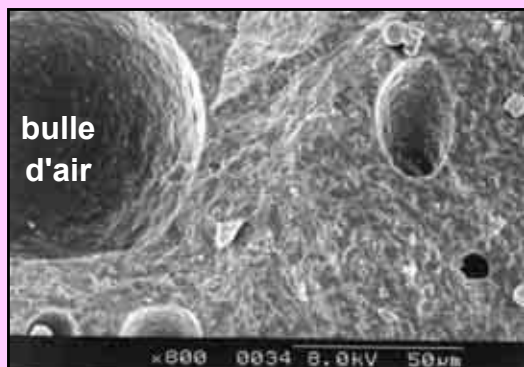
Le premier sorbet nous vient de Néron, qui mélangeait de la neige des Alpes avec du miel et du vin. Il faut attendre 1533 (Catherine de Medicis) pour que la glace apparaisse en France.

La glace est une *émulsion solidifiée* contenant des *bulles d'air* (jusqu'à 50%) dispersées dans les *corps gras* (8-12%) de la préparation, et des *cristaux de glace*.

La glace contient de la crème et du lait, contrairement au sorbet (< 3% de corps gras).



LA STRUCTURE DE LA CRÈME GLACÉE SOUS LE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE



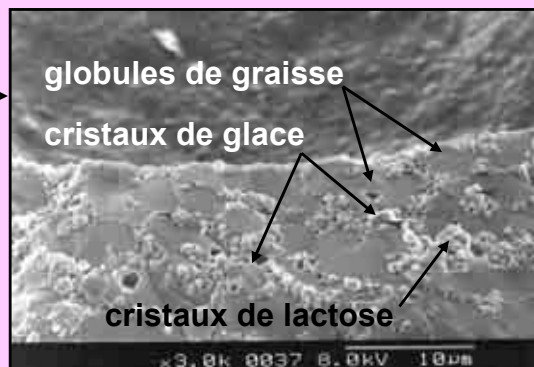
bulle d'air



≈700x



≈2400x



globules de graisse

cristaux de glace

cristaux de lactose

VOTRE GLACE, VOUS LA VOULEZ RAPIDEMENT OU ULTRA-RAPIDEMENT ?

GLACE RAPIDE :

1. Verser la préparation à glace dans le ZipLoc 1; fermer hermétiquement.
2. Introduire de la glace et du sel au fond du ZipLoc 2.
3. Introduire le ZipLoc 1 dans le ZipLoc 2.
4. Compléter le ZipLoc 2 avec de la glace et du sel.
5. Envelopper d'un journal, agiter 5-10min, puis déguster !

GLACE ULTRA-RAPIDE :

- En remplaçant le congélateur et l'air (glace traditionnelle) par de l'**azote liquide** (température : **-196°C**), on peut obtenir une glace instantanée (émulsion de **bulles d'azote**, de corps gras et de cristaux de glace).



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

LCD : ILS SONT PARTOUT !

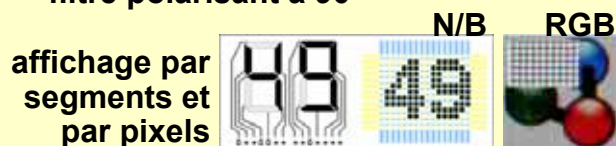
DERRIÈRE LES ÉCRANS À CRISTAUX LIQUIDES SE CACHENT DES MERVEILLES MOLÉCULAIRES

LA RÉVOLUTION DU LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) DANS NOTRE QUOTIDIEN

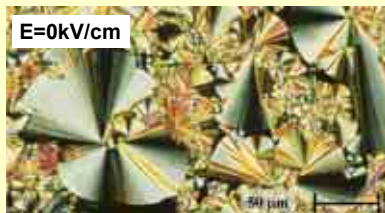
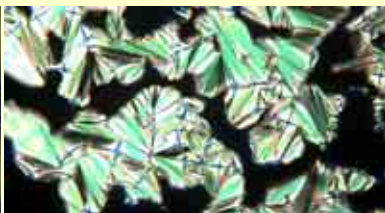


Communiquer, se divertir, contrôler, travailler : les LCD ont profondément modifié notre approche du monde environnant.

Illustrations : encyclopédie en ligne Wikipedia (<http://fr.wikipedia.org>)



ET À L'ÉCHELLE MOLÉCULAIRE : DUPIN ...ET DES JEUX !

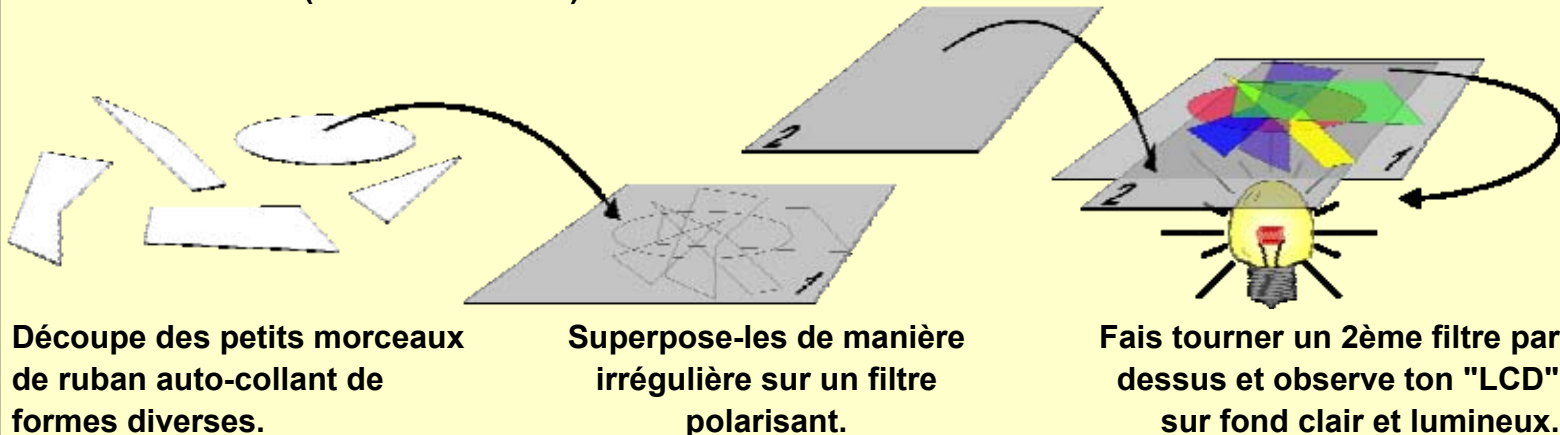


Phases smectiques A de cristaux liquides. Textures dites à "focales cônes", explicables à l'aide de "cyclides" de Dupin.

Molécules bananes produisant des cristaux liquides colonnaires électriquement polarisables; possibilité de réponse ultra-rapide, idéale pour les consoles de jeux.

Synthèse et caractérisation des cristaux liquides : Prof. C. Pigué, Dr H. Nozary, Dr J.-P. Rivera

CONSTRUIS (ET PARS AVEC) TON SIMULATEUR D'ÉCRAN À CRISTAUX LIQUIDES !



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

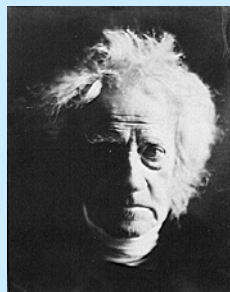
FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

PHOTO NON-NUMÉRIQUE

CHIMIE ET PHOTOGRAPHIE FONT BON MÉNAGE LORSQUE LE SOLEIL EST DE LA PARTIE

CYANOTYPE : PHOTOGRAPHIE SOLAIRE AU BLEU DE PRUSSE



Le chimiste et astronome anglais **J. F. W. Herschel** invente en 1842 le **cyanotype**, un ingénieux procédé photographique monochrome.

Ce procédé a été longtemps utilisé pour les plans d'architectes ("blueprint").



C.-F. Jeandel (1885; Musée d'Orsay)



DU CÔTÉ DES MOLÉCULES, UN PEU DE MYSTÈRE...

La mixture qui produit les cyanotypes est une combinaison de 2 molécules contenant du Fe^{3+} (comme dans la rouille) :

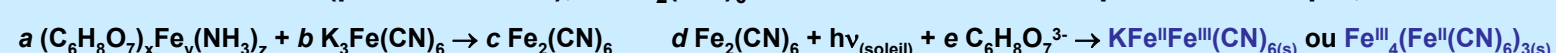
- **citrate ammoniacal de fer ferrique** $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7)_x\text{Fe}_y(\text{NH}_3)_z$ (formule non élucidée)
- **ferricyanure de potassium** $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$

Leur mélange produit un composé verdâtre, instable à la lumière (photosensible), le $\text{Fe}_2(\text{CN})_6$

En présence de lumière et de citrate, l'un des deux ions Fe^{3+} du $\text{Fe}_2(\text{CN})_6$ se fait réduire en Fe^{2+}

Les constituants individuels de la mixture se combinent différemment pour former une nouvelle molécule stable, le **bleu de Prusse** $\text{KFe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6$ ou $\text{Fe}^{\text{III}}_4(\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6)_3$

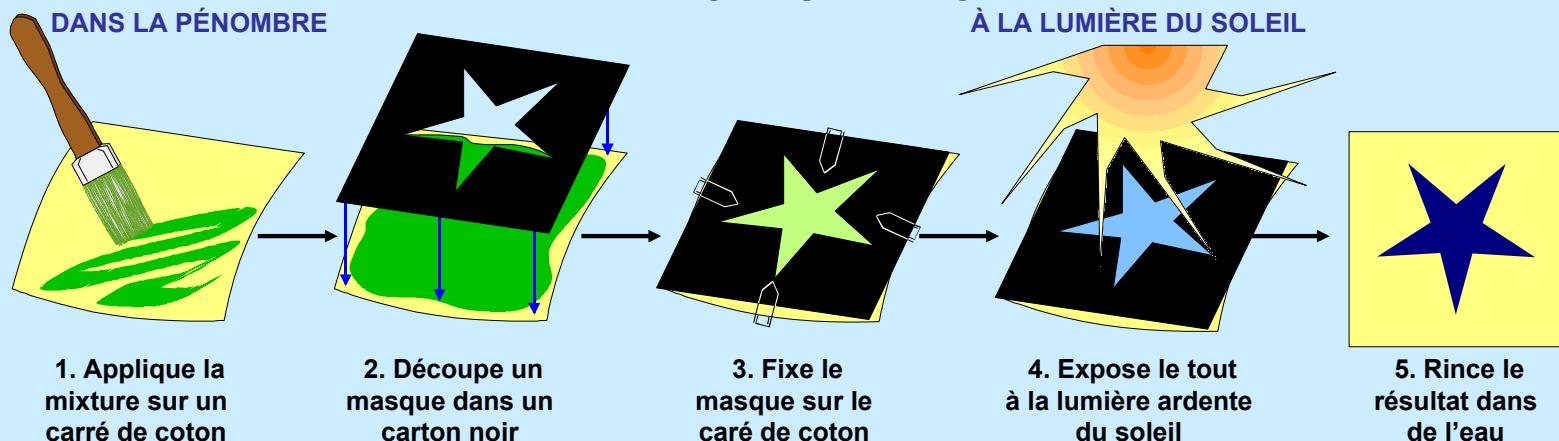
En équation chimique, cela donne :



PRÉPARATION D'UN CYANOTYPE

DANS LA PÉNOMBRE

À LA LUMIÈRE DU SOLEIL



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

ALCHIMIE OU CHIMIE ?

CERTAINES TRANSFORMATIONS PASSENT POUR MAGIQUES, MAIS LA SCIENCE A DES EXPLICATIONS...

LA TRANSMUTATION : UN VIEUX RÊVE

Transformer le cuivre en argent, puis l'argent en or ?



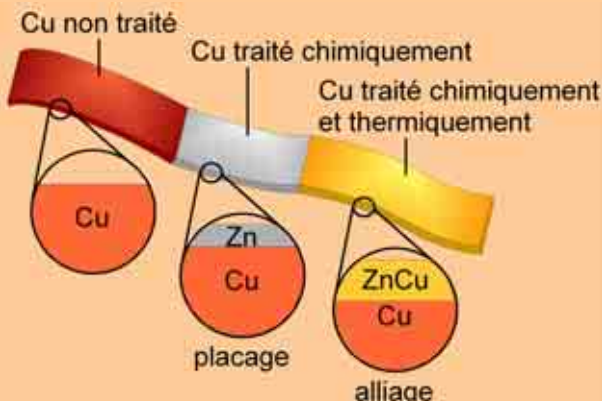
Avec quelques boniments bien placés, rien de plus facile pour un charlatan, mais gare aux pigeons !

MATIÈRE AUTO-GÉRÉE

Posséder la matière qui crée ses propres vagues ou se mue chronométriquement ?

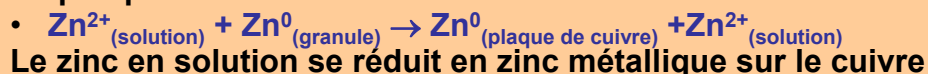


LA TRANSMUTATION DÉCORTIQUÉE PAR LE PROFESSEUR ATOMIC



Aucune magie ou alchimie derrière cette transformation !

Il s'agit simplement d'une réaction d'oxydation-réduction un peu particulière :



Le zinc en solution se réduit en zinc métallique sur le cuivre

En chauffant ce placage de zinc, il se combine au cuivre pour former un alliage, le laiton :



LES RÉACTIONS AUTO-GÉRÉES DÉCRYPTÉES PAR LE PROFESSEUR ATOMIC

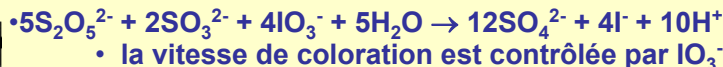
Pas de miracle non plus avec la fameuse réaction oscillante de Belousov-Zhabotinsky !

Elle consiste en 11 réactions en série, possédant chacune sa propre cinétique.

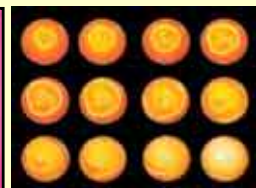
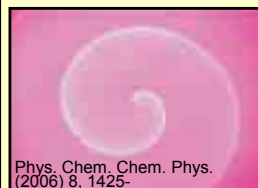
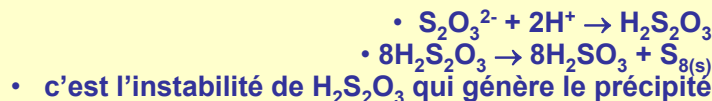
Et rien de bien sorcier derrière les réactions chronométriques !



Le chronomètre coloré :



Le chronomètre trouble :



Phys. Chem. Chem. Phys. (2006) 8, 1425-



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

MAIN GAUCHE – MAIN DROITE

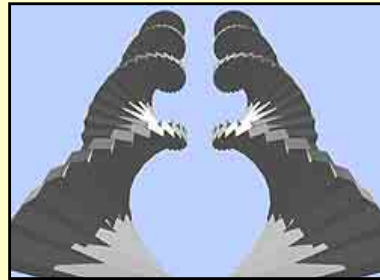
LA NATURE JOUE AVEC DE SUBTILES DIFFÉRENCES MOLÉCULAIRES... LES CHIMISTES AUSSI !

AVEZ-VOUS DÉJÀ ESSAYÉ D'ENFILER UN GANT GAUCHE SUR VOTRE MAIN DROITE ?



Nos mains (et gants), nos pieds (et chaussures), mais aussi les escargots sont "chiraux"

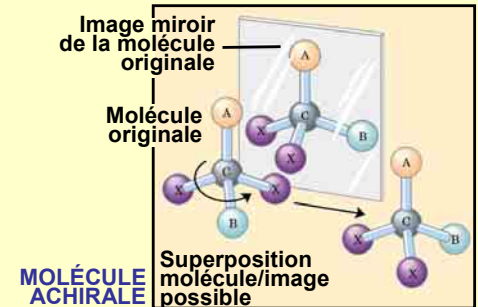
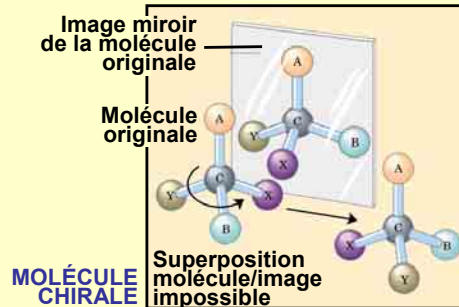
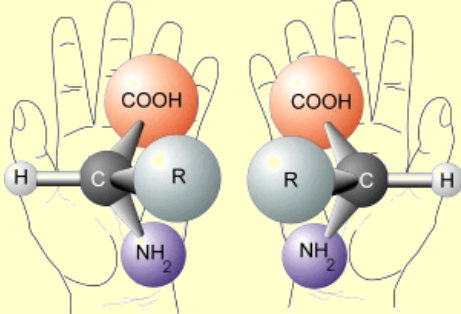
Certaines constructions sont "chirales", comme notre ADN, ou la plupart des substances bio-actives



LA CHIRALITÉ : UNE HISTOIRE DE MIROIR EXPLIQUÉE PAR LE CHIMISTE

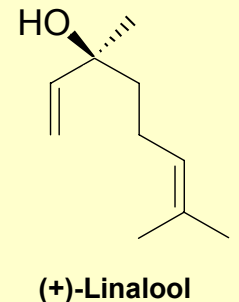
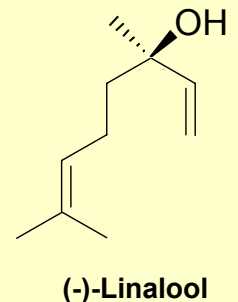
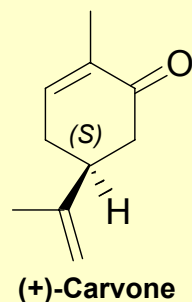
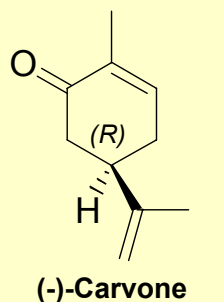
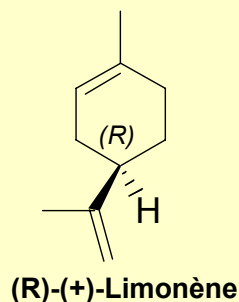
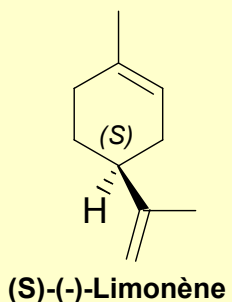
La **chiralité** tient son étymologie du grec **chyros**, qui signifie main.

Deux **molécules énantiomères** sont **chirales** si elles ne sont pas superposables, et sont images l'une de l'autre dans un miroir.



ET QU'EN EST-IL DU PARFUM DE MOLÉCULES CHIRALES ?

Les **propriétés chimiques** de deux énantiomères peuvent être différentes, notamment dans les mécanismes biologiques. Par exemple, les **récepteurs olfactifs** sont formés de protéines (chirales); pour cette raison, certaines molécules énantiomères ont donc des odeurs légèrement différentes !



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

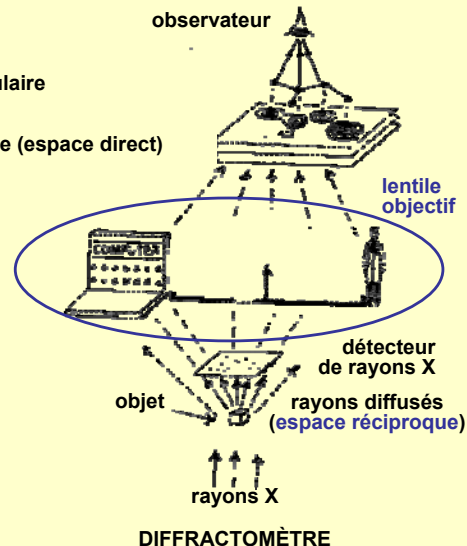
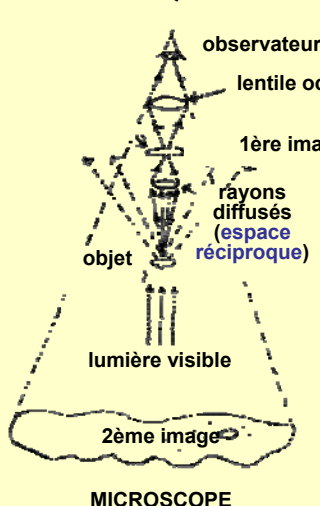
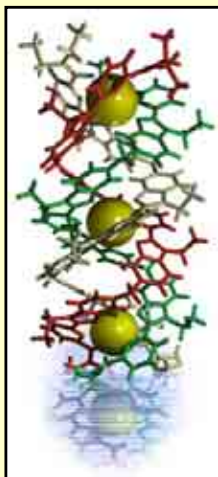
"VOIR" LES ATOMES

LA DIFFRACTION AUX RAYONS X EST LE "MICROSCOPE" DU CHIMISTE

LES RAYONS X NE SONT PAS UTILES QU'AUX MÉDECINS ET DENTISTES !

Les atomes ou molécules, aussi complexes soient-ils, peuvent s'ordonner dans l'espace pour former des **cristaux**.

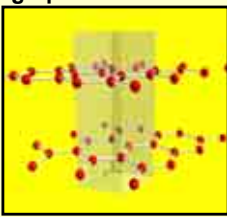
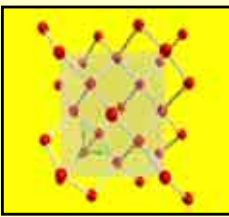
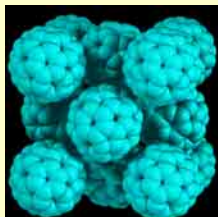
En 1912, la **diffraction aux rayons X** (découverts en 1895 par W. C. Röntgen) a révolutionné la capacité de "voir" les structures cristallines, comme au travers d'un microscope.



footballène

diamant

graphite



Par exemple, le "footballène" (C₆₀), le diamant et le graphite contiennent le même élément, mais ont des structures cristallines et des propriétés physico-chimiques différentes.

Les rayons X sont une radiation électromagnétique de très courte longueur d'onde ($\approx 1 \text{ \AA}$).

La **loi de Bragg** est une expression qui relie les caractéristiques des rayons X qui frappent la matière, à l'agencement des atomes qui constituent cette matière.

Cette loi s'exprime sous la forme : $n\lambda = 2d \cdot \sin(\theta)$

SIMULATION D'UN DIFFRACTOMÈTRE AUX RAYONS X AVEC UN LASER

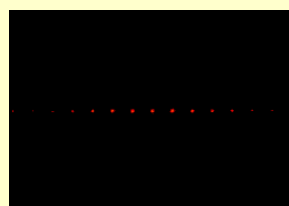


Cet instrument mime un diffractomètre aux rayons X. La puissante radiation X est remplacée par un faisceau laser (lumière cohérente), tandis que le cristal est simulé par une diapositive illustrée.

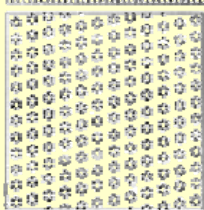
Sur cette diapo, l'espace réel est constitué de **lignes équidistantes**.



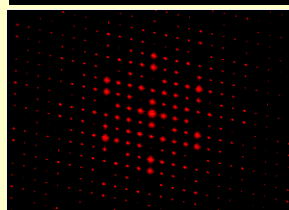
L'espace réciproque visualisé est constitué de **spots équidistants**.



Sur celle-ci, l'espace réel est constitué d'un **réseau ordonné de molécules**.



L'espace réciproque visualisé est constitué de **spots symétriquement répartis**.



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

POLYMÈRES À TOUT FAIRE

DE L'ALIMENTAIRE AUX EAUX USÉES, LEUR PLASTICITÉ NE FINIT PAS D'ÉTONNER

LES POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES AU ROYAUME DES COMBINAISONS INFINIES




Qu'il s'agisse d'alimentation ou de traitement des eaux, mais également de mobilier, d'extraction de pétrole, d'équipement automobile, de protection anti-feu, de pièges à eau dans les zones arides, de vecteurs médicamenteux, ou simplement de vaisselle pour le pic-nic, les **polymères** améliorent et simplifient notre quotidien.




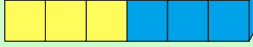
LES POLYMÈRES SYNTHÉTIQUES AU LEGOLAND DES COMBINAISONS INFINIES


La **polymérisation** est la combinaison contrôlée d'un ou plusieurs **monomères** pour construire une **macromolécule** :

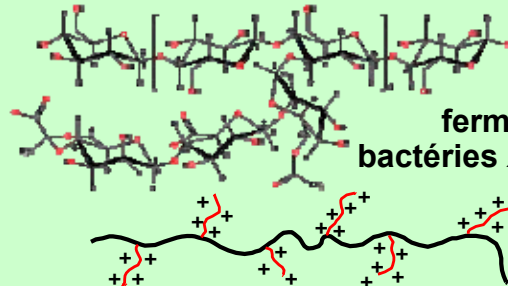
monomères  A  B

homopolymère (A)_n 

copolymère alterné (AB)_n 

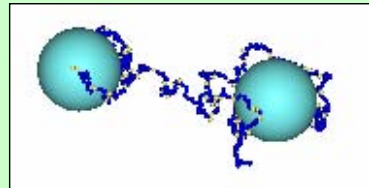
copolymère bloc (A₃B₃)_n 

copolymère statistique 



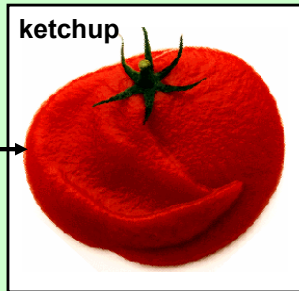
Polymère cationique capturant la matière en suspension grâce à ses nombreux bras fortement chargés.

Xanthane : **biopolymère alimentaire épaississant** produit par fermentation de sucres par les bactéries *Xanthomonas campestris*.



ALIMENTS OU EAUX USÉES : LA PREUVE PAR L'EXEMPLE

ÉPAISSIR UN ALIMENT LIQUIDE :



ketchup

1. Prendre du jus de tomates; ajouter du sel, du poivre et du sucre

2. Ajouter du xanthane, agiter vigoureusement et déguster !

Dans les deux cas, les **propriétés rhéologiques** du produit final sont modifiées:

- viscosité
- élasticité
- plasticité
- fluidité

CLARIFIER UNE SUSPENSION TROUBLE :



eau usée



eau épurée

1. Prendre une eau trouble (contenant des matières en suspension)

2. Ajouter du polymère, attendre pour laisser décanter; c'est propre !



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

NYLON: UN SACRÉ POLYMÈRE

SA DÉCOUVERTE A OUVERT LES PORTES DE LA CRÉATION DE CENTAINES DE PLASTIQUES DIFFÉRENTS

LE NYLON, UN POLYMÈRE MYTHIQUE ET PRÉCURSEUR



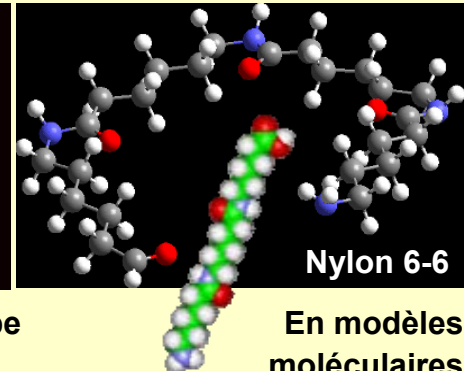
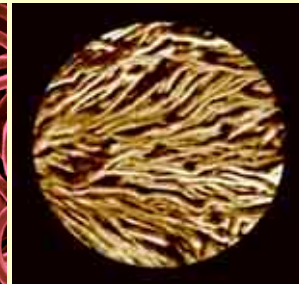
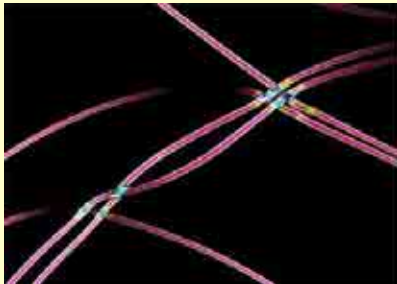
Aujourd'hui, sa production annuelle (4 millions de tonnes) représente à peine plus de 10% de la production totale de polymères synthétiques.

Les fibres les plus connues (pour des milliers d'applications): Nylon, Teflon, Kevlar, Nomex, polyester, polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polyéthylène terephthalate (PET), fibres cellulosiques, fibres acryliques.



Le chimiste Wallace Carothers a inventé le Nylon en 1935. Ses premières applications: les poils de brosse à dents (1938), les bas pour femmes (1940) et le parachute (1941).

LE NYLON SOUS L'OEIL DU CHIMISTE



Sous un microscope optique polarisé

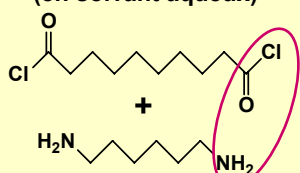
Sous un microscope électronique (SEM)

Sous un microscope atomique (AFM)

En modèles moléculaires

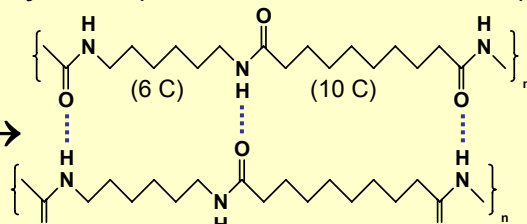
LA MACHINE AUTOMATIQUE À NYLON (MÉTHODE NON INDUSTRIELLE !)

chlorure de sébacyle (en solvant aqueux)

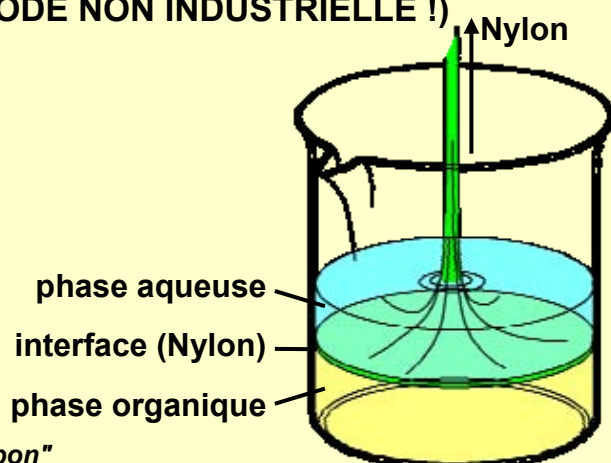


hexaméthylènediamine (en solvant organique)

Nylon 6-10 (insoluble dans les deux solvants)



les chaînes de polymère forment des liaisons hydrogène ... entre elles



Pour l'anecdote, "Nylon" trouverait l'origine de son nom dans l'expression "Now You've Lost, Old Nippon" ou "Now You Lousy, Old Nippon"



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

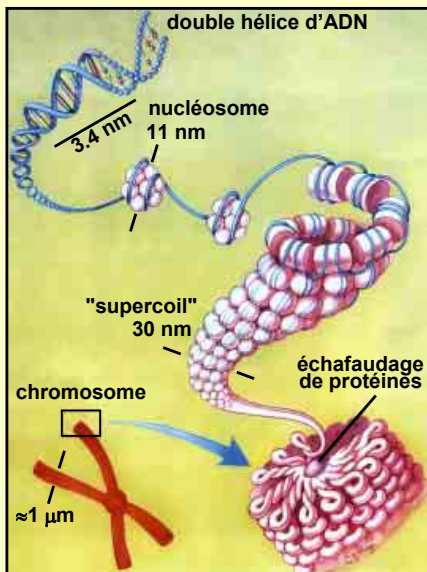
FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

DE L'ADN DANS NOS FRUITS

LES POLYMÈRES D'ADN SONT DANS TOUTE LES CELLULES ...MÊME DANS NOS FRUITS !

L'ADN : À QUOI ÇA SERT ET COMMENT ÇA SE PRÉSENTE ?



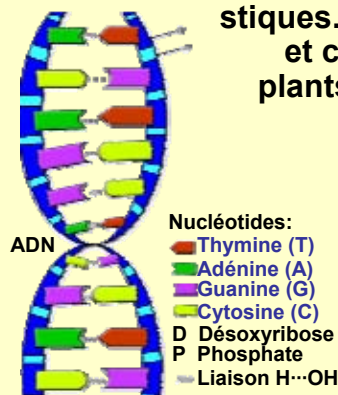
L'**acide désoxyribonucléique (ADN)** est la substance qui transporte l'information génétique des organismes vivants et qui détermine leurs caractéristiques.

Le **double brin hélicoïdal d'ADN** est présent dans toutes les cellules, des bactéries aux humains, sous forme de **chromosomes** (paquets d'ADN retenus par des protéines).

Vous avez les cheveux bruns ou les yeux verts ? C'est l'ADN qui le veut !

Sur ce squelette sont fixées les "**lettres de la vie**" (nucléotides T, A, G, C). Seuls les mariages A-T et G-C sont autorisés.

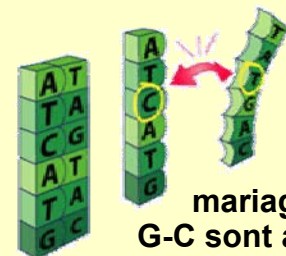
L'ADN est un squelette de phosphate et de sucre (désoxyribose).



ET DANS MES ALIMENTS ?

En moyenne, nous absorbons 1 g de gènes par jour. Nous ne nous transformons pas en bananes après chaque dessert, car les brins d'ADN sont détruits dans l'estomac !

Si on possède une banane qui a un goût particulièrement intéressant, ou qui se conserve longtemps, ou qui résiste aux parasites, il est possible d'identifier dans son ADN quelle séquence de "lettres de la vie" est responsable de ces caractéristiques. Il sera alors possible de copier et coller le gène utile dans d'autres plants de bananes, afin qu'il exprime ses caractéristiques utiles.



Seuls les mariages A-T et G-C sont autorisés.

DEVOIRS À DOMICILE : EXTRAIRE LE POLYMÈRE D'ADN PRÉSENT DANS DES FRUITS



1. Broye en pâte homogène $\frac{1}{4}$ de banane + 1 volume d'eau dans un mixer
2. Transfère 1 cuillère de cette purée de banane dans un gobelet, ajoute 1 cuillère de détergent et 1 petite cuillère de sel.
1. Mélange le tout durant 1 à 2 minutes.
2. Passe ce mélange au travers d'un filtre à café (cela prend du temps).
3. Transfère le filtrat (liquide sous le filtre) dans une éprouvette.
4. Ajoute très lentement 1.2 volume d'alcool à brûler, en laissant s'écouler l'alcool contre la paroi de l'éprouvette.
5. Observe les 2 phases; tu devrais voir à présent une **substance gluante** : c'est l'ADN (avec des résidus de carbohydrates et de protéines) !
6. Enroule l'ADN autour d'une tige en bois; tu peux finalement transférer l'ADN dans une mini-éprouvette et l'emporter comme souvenir !



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

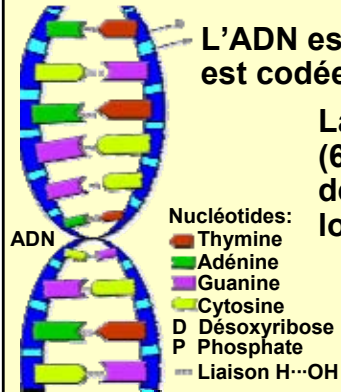
FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie

LA (R)ÉVOLUTION DES MÉCANOS MOLÉCULAIRES

LA CHAÎNE DU BONHEUR

LES PROTÉINES SONT DES PHRASES DE 20 MOTS ÉLÉMENTAIRES ASSEMBLÉS COMME DES POLYMÈRES

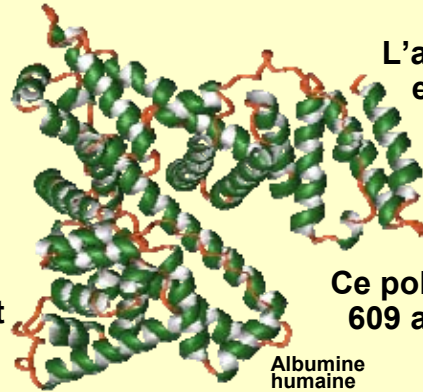
LORSQU'UN POLYMÈRE NATUREL PRODUIT UNE INFINITÉ D'AUTRES POLYMÈRES...



L'ADN est un polymère dont la séquence est codée par 4 **nucléotides** (A, T, G, C).

La lecture de 3 nucléotides voisins (64 possibilités de combinaisons) détermine le choix d'un **acide aminé** lors de la synthèse des **protéines**.

Les 64 combinaisons de codage des 20 acides aminés permettent la synthèse d'un nombre quasi infini de protéines.



L'albumine humaine est un des milliers d'exemples de protéines dont nos cellules sont constituées.

Ce polymère contient 609 acides aminés.

GFP ET CFP : DES PROTÉINES LUMINEUSES ET PARTICULIÈREMENT UTILES !



La protéine **CFP** (Cyan Fluorescent Protein) est une variante de GFP; seuls 10 acides aminés (sur 237) sont différents entre GFP et CFP.

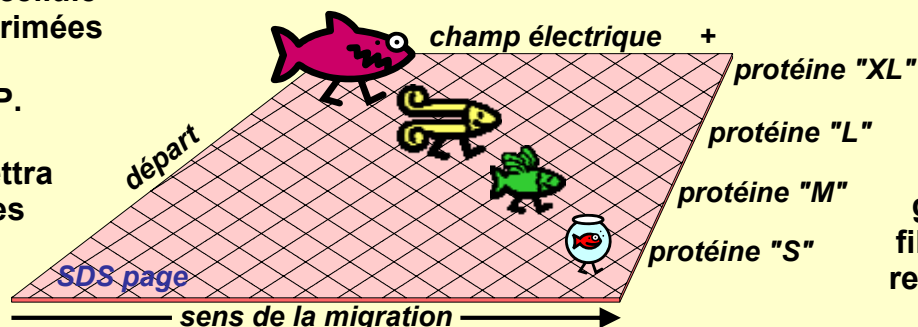
La méduse contient la **protéine GFP** (Green Fluorescent Protein). Le gène qui code GFP peut être cloné et exprimé chez différents organismes, comme les souris ou les levures. Cette faculté est un outil puissant pour le biochimiste.

UTILISER LES OUTILS GFP ET CFP POUR VISUALISER DES MÉCANISMES BIOCHIMIQUES

En insérant le gène codant GFP ou CFP dans une cellule hôte, les protéines exprimées par la cellule seront couplées à GFP ou CFP.

La fluorescence permettra de les identifier et de les localiser facilement dans la cellule hôte.

Les protéines peuvent être séparées sur un gel (SDS page) soumis à un champ électrique.



Les protéines (chargées -) se déplacent vers le pôle + du gel.

Les petites protéines migrent plus loin sur le gel, à l'image d'un filet de pêcheur qui retient les poissons selon leur taille.



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Section de chimie et biochimie