



Matière en transition

Réalisé en collaboration avec les départements de Chimie et de Physique de l'ULg



Wallonie



Service public
de Wallonie



FÉDÉRATION
WALLONIE-BRUXELLES



Province
de Liège

Culture



Auteurs de ce livret guide :

partim physique : Audrey DEGEE¹, Stéphanie KRINS¹, Hervé CAPS^{1,4}

partim chimie : Virginie BERTRAND^{1,3}, Raphaël CLOSSET^{1,3}

R. CAHAY^{1,2,3}, C. HOUSSIER^{1,2,3}, F. REMY^{1,2,4},

Mise en page, photographies et illustrations : Aude LEMAIRE¹ et Bernard GUILLOT¹, APE

L'a.s.b.l. Science et Culture tient à remercier tout spécialement :

- Le Service public de Wallonie - Direction générale opérationnelle de l'Economie, de l'Emploi et de la Recherche (DGO6) ;
- La Direction générale de l'Economie et de l'Emploi du Ministère de la Région Wallonne ;
- Le Service de l'Education Permanente de la Fédération Wallonie-Bruxelles ;
- La Direction Générale du Service des Affaires Culturelles de la Province de Liège ;
- M. A. CORHAY, Recteur de l'Université de Liège ;
- M. R. CLOOTS, Vice-Recteur à la Recherche de l'Université de Liège ;
- M. P. PONCIN, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Liège ;
- M. T. BASTIN, Président du Département de Physique de l'Université de Liège ;
- M. J.F. FOCANT, Président du Département de Chimie de l'Université de Liège ;
- Le GRASP⁴ (Group for Research and Applications in Statistical Physics) ;
- Mme B. Vertruyen, Chargé de cours, Département de Chimie de l'Université de Liège ;
- Mme B. Monfort^{1,2} et MM. R. Cahay^{1,2,3}, C. Houssier^{1,2,3}, R. Moreau^{1,4} et F. Remy^{1,2,4,5} ;
- M. F. Ouhib, Centre d'Etudes et de Recherche sur les Macromolécules (CERM) ;
- Le GRASP⁴ (Group for Research and Applications in Statistical Physics) ;
- Mme M. JAMINON, Directrice et M. P. CUYPERS, Animateur, Maison de la Science ;
- Mme M. L. MOREAU-COLIN⁴, Chef de Travaux hre ;
- M. B. CAHAY, Galephar, Bioanalyse ;
- Mmes Ch. PROSPERI⁴ et C. XHROUET³, Logisticiennes ;
- Mmes S. KOSTA⁴, J. HOTTECHAMPS⁴, F. WEYER⁴, MM. A. DARRAS⁴, P-X MARIQUE⁴, présentateurs (physique) ;
- Mmes C. PIFFET³, M. VALENTIN³, présentateurs (chimie) ;
- MM. S. CARION³, S. CAUBERGH³, T. DEFIZE³, M. TIQUET³, présentateurs (chimie) ;
- Mmes J. JAMIN et L. BILQUIN L et M. A. FREDERIX, Administration des Ressources Immobilières, ULg ;
- Mme J. CRAHAY-DETILLOUX⁴, M. J.M. LENOIR⁴, techniciens, ULg ;
- M. B. PHILIPPE, EKLYPS SC ;
- Mme P. ROBERT pour sa relecture attentive du fascicule.

Illustrations

Couverture II : Grand Prismatic Spring du parc national Yellowstone (USA)

Table des matières :

Couverture III : Gouttes de rosées sur un pissenlit

1: ASBL Science et Culture

2: Laboratoire d'Enseignement Multimédia de l'ULg (LEM)

3: Département de Chimie de l'ULg

4: Département de Physique de l'ULg

5: Département d'Astrophysique, Géophysique et Océanographie de l'ULg



et

Matière

en

transition

par

Science et Culture asbl

du 29 septembre au 28 octobre

et du 7 au 10 novembre 2016

Démonstrations expérimentales organisées sur réservation,
tous les lundis, mardis, jeudis et vendredis à 10h et à 13h45, et les mercredis à 10h
en la salle de Théâtre de l'ULg au Sart Tilman.

Science et Culture est une association sans but lucratif (a.s.b.l.) fondée en 1954 qui œuvre à la diffusion des sciences et de la culture pour un public aussi large que possible.

Parmi ses activités principales, figurent l'organisation d'expositions scientifiques orientées vers le public des élèves de l'Enseignement secondaire et l'organisation de conférences pour le grand public. De plus, Science et Culture produit des livrets-guides d'expositions et édite un bulletin bimestriel à l'attention de ses membres.

Pour plus d'informations sur nos activités : www.sci-cult.ulg.ac.be

A.S.B.L. Science et Culture
Institut de Physique B5, Sart Tilman
B-4000 Liège

tél: 04/366.35.85
courriel : sci-cult@guest.ulg.ac.be



Table des Matières

Matière
en transition

POLYMÈRES

Outils du voyage	4	Introduction	22
Liquide - Solide	9	Les polymères de leurs débuts à nos jours... 25	
Solide - Gaz	13	1. Les polymères naturels.....	25
Liquide-Gaz	14	2. Les polymères naturels transformés	25
Le plasma, un quatrième état	20	3. Les polymères de synthèse	27
		Les polymères: de leurs débuts à nos jours....	29
		Le recyclage des polymères	38
Mots croisés	21	Bibliographie	40



Un jour recouvert d'un voile blanchâtre ou gris, un jour d'un bleu azur... Serein au matin et crachant de grosses gouttes d'eau l'après-midi... Tantôt bombardant le sol de billes dures et glacées semblant prêtes à tout casser sur leur passage ; tantôt faisant virevolter d'élégants flocons blancs qui peu à peu recouvriront le sol d'un tapis duveteux... Que d'événements mystérieux le ciel offre-t-il à l'humanité depuis son origine ! Mais d'où viennent ces gouttes, ces grêlons et ces flocons ?

Au fil des siècles, l'Homme a tenté d'apprivoiser les éléments qui se présentent à lui ; il a tiré parti de l'expérimentation pour s'assurer survie et, parfois, confort. La glace froide et collante - au fait, pourquoi colle-t-elle à la peau ? - omniprésente au Nord du Canada s'est muée en abris, l'iglou. Des réflexes se sont immiscés dans notre quotidien, nous laissant parfois oublier leur origine. Est-ce vraiment utile de souffler sur une tasse de thé trop chaud pour le refroidir ?

C'est à ce type de questionnement que nous allons essayer de répondre dans la première partie de ce fascicule. Pour ce faire, nous suivrons la voie tracée par nos aïeux scientifiques de la Grèce Antique (V^e siècle avant notre ère) et entrerons dans l'intimité de la matière ; au plus profond de ses composants, les atomes comme les nommait déjà Démocrite... bien que sa conception ne soit pas celle admise de nos jours. Les liens qui unissent ces composants sont en effet à la base des principaux états de la matière : solide, liquide et gaz.

Les travaux de Francis Bacon, de Joseph Black et de bien d'autres, aux XVII^e et XVIII^e siècles, ont jeté les bases de notre compréhension actuelle de la matière et du lien entre ce que nous appelons aujourd'hui la température et le mouvement de ces particules. Les mécanismes par lesquels un même corps peut devenir solide, liquide ou gaz, ont, petit à petit, été identifiés et, finalement, maîtrisés. Les principaux concepts issus de ces recherches serviront de base à ce fascicule ; nous l'appelons la "boîte à outils" et elle commence au verso de cette page.

Il est sans doute bon de rappeler que cette recherche de la compréhension du monde qui nous entoure tire sans doute et avant tout son origine dans la beauté fascinante des phénomènes naturels qui s'offrent à nous. Aussi, c'est dans un voyage autour du monde que la première partie de ce fascicule vous emmène. Deux explorateurs (pour ne pas alourdir le texte, le mot sera toujours au masculin mais il vous est loisible d'y lire du féminin) vont à l'encontre de paysages époustouflants. Etant attentifs à leur environnement, ils observent de curieux phénomènes. Nous allons les accompagner, munis de nos lunettes de physicien(ne)s et tenter d'y apporter des explications.

De leurs études sur les liens qui unissent les constituants de la matière, les scientifiques ont découvert, à la fin du XVIII^e siècle, que certaines molécules peuvent prendre l'aspect de chaînettes plus ou moins longues. La combinaison ou l'enchevêtrement de ces chaînettes peut alors donner un matériau aux propriétés nouvelles, différentes de celles de ses constituants initiaux. La polymérisation était découverte... bien qu'elle fut présente depuis l'aube de notre temps ! Notre ADN et les glutens de blé ne sont que deux exemples de polymères.

En quelques décennies, la science permit de passer du stade de récupération de polymères à l'état naturel à celui de transformation puis, au XX^e siècle, au stade de synthétisation. L'essor de ces matériaux est tel qu'aujourd'hui il serait impossible de dénombrer les produits fabriqués à base de polymères ; de la bouteille d'eau au gilet pare-balles, en passant par l'isolation de nos maisons, ces matériaux sont modulables et modulés à loisir, dans leurs propriétés physiques (résistance, flexibilité, etc.) et chimiques (thermosensible, biodégradable, etc.).

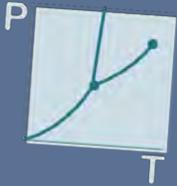
Dans la seconde partie de ce fascicule, nous vous invitons à une plongée dans l'univers fascinant et étonnant des polymères. Nous irons chercher l'origine de leurs propriétés au plus profond de leur structure ; nous vous proposerons de les tester expérimentalement ; nous tenterons de comprendre leur impact sur notre vie et notre environnement.





$$Q = L$$

Outils du voyage



$$Q = mc\Delta T$$

$$PV = nRT$$

Un échantillon **solide** a une forme et un volume bien déterminés (qu'il conserve, sauf si on le casse). Des forces d'interaction agissent entre ses particules constituantes (atomes et molécules) et les maintiennent à une position particulière, les empêchant de se déplacer les unes par rapport aux autres. Les particules du solide ne peuvent que vibrer autour d'un point fixe (grâce à l'**agitation thermique**).

Dans un **liquide**, les particules constituantes sont libres de bouger les unes par rapport aux autres et de se déplacer. Un liquide peut donc s'écouler. Il prend la forme du récipient dans lequel il est versé.

Dans un **gaz**, les particules sont très éloignées les unes des autres et elles n'interagissent presque pas. Elles sont libres de se déplacer de façon aléatoire. Un gaz n'a par conséquent pas de volume ni de forme définis. Placé dans un récipient, il occupe le plus de place possible, il est expansible.

Le nombre de particules par unité de volume, la **masse volumique**, est beaucoup plus élevé pour les états solide et liquide que pour l'état gazeux (Fig. 1). De plus, pour la majorité des substances, les états solides sont plus denses (de plus grande masse volumique) que les états liquides.

En effet, lors de la solidification, il se crée un maximum de forces intermoléculaires et les molécules ont tendance à se rapprocher. L'eau est une exception à la règle ! La glace est moins dense que l'eau liquide (ce qui permet d'ailleurs aux icebergs de flotter). Nous y reviendrons en détail dans la suite.

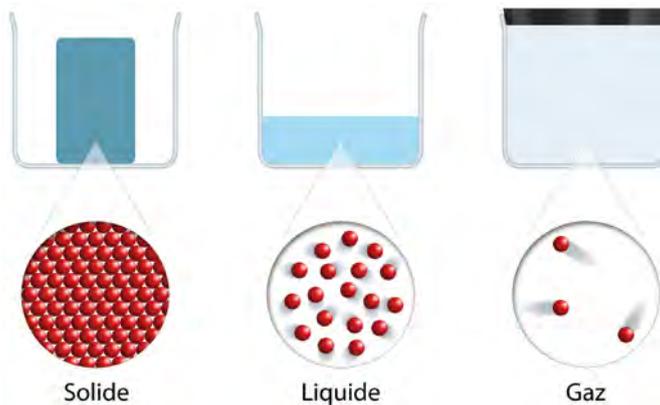


Fig. 1 : Zoom sur les particules constituantes des états solide, liquide et gazeux.

Définition de la pression

Une pression est une force exercée par unité de surface. Plus précisément, la **pression P** exercée par une force sur un objet est le rapport entre l'amplitude de la composante normale F de cette force et l'aire S de la surface de l'objet :

$$P = \frac{F}{S}$$

Elle se mesure en **pascal (Pa)**. Un pascal correspond à une force de 1 N exercée perpendiculairement sur une surface de 1 m². Une autre unité de mesure est l'atmosphère (atm), **1 atm = 101 325 Pa**.

Pour une même force, plus la surface de contact est grande, moins la pression est importante. Cette propriété est utile aux fakirs : en répartissant leur poids sur plusieurs pointes de clous, la pression est si faible qu'ils sont capables de s'y coucher sans se trouer la peau.



L'unité de mesure de la pression s'appelle le pascal en l'honneur de **Blaise Pascal**, philosophe et savant français (1623-1662). En 1648, Pascal suggère d'élever le baromètre (récemment inventé par l'italien Torricelli) au sommet du Puy de Dôme pour démontrer que "la pesanteur de la masse d'air", connue aujourd'hui sous le nom de "pression atmosphérique", était plus importante en plaine qu'en montagne. Pour son expérience, il a transporté à près de 1500 m d'altitude le fameux baromètre à mercure quelque peu encombrant ! Ce fut heureusement concluant !

