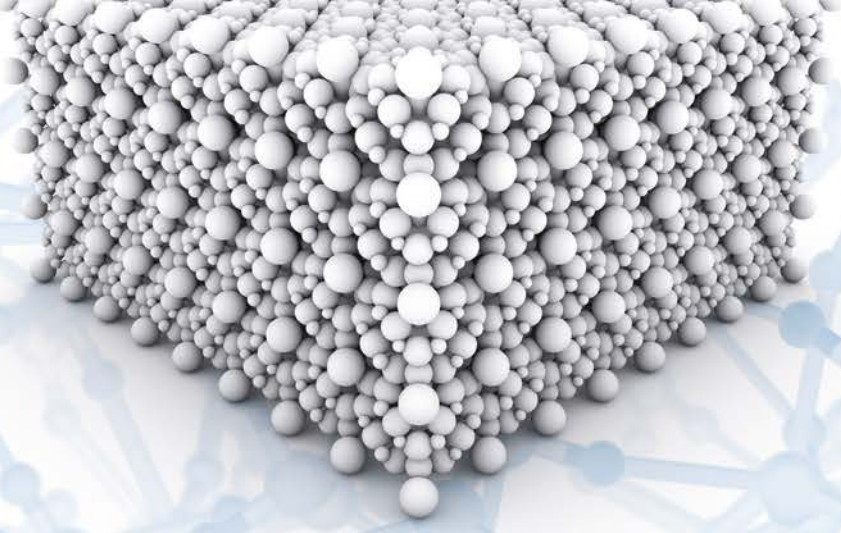
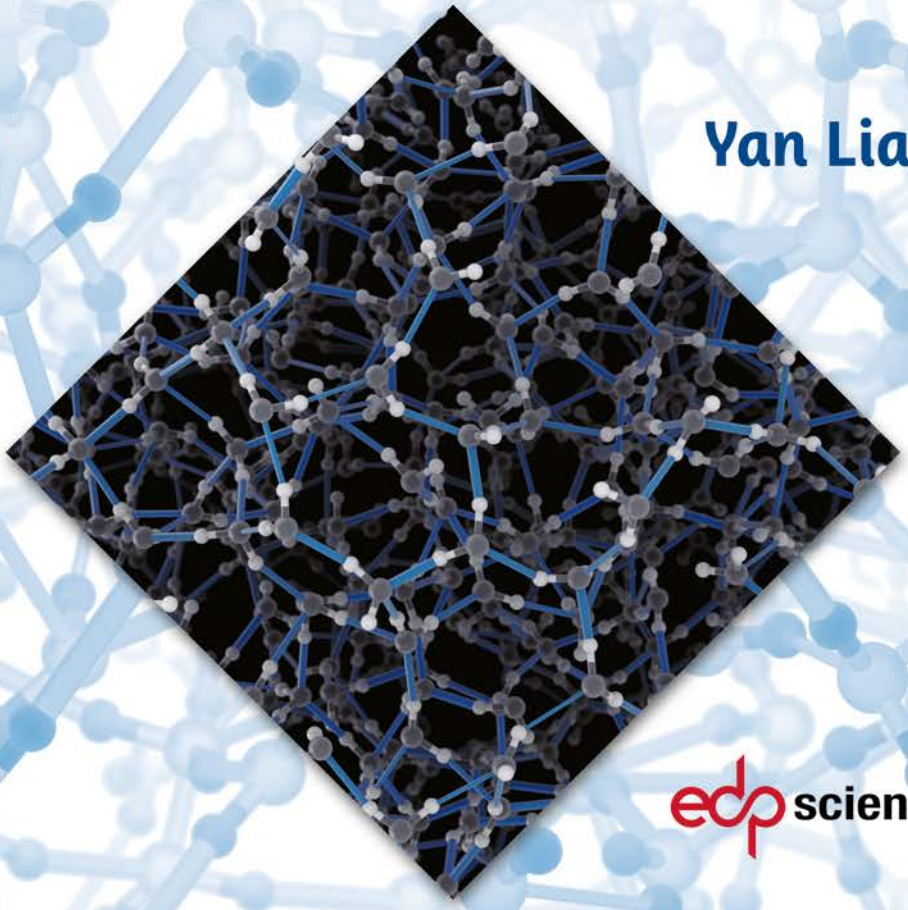
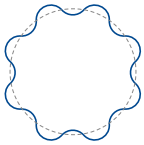
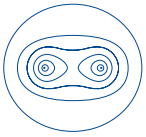
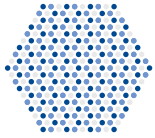
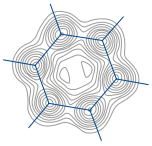
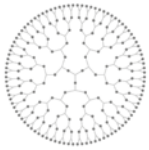
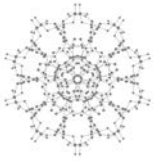
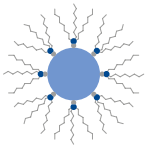
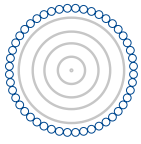


MERVEILLEUSES STRUCTURES



Yan Liang

edp sciences

MERVEILLEUSES STRUCTURES

Yan Liang

Traduction de Jacques Covès

edp sciences

Authorized French translation from the Chinese language edition, entitled Beautiful Structures, 9787302442189 by Yan Liang, published by Tsinghua University Press Limited, copyright © 2016. All Rights Reserved.

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-2135-8 – ISBN (ebook) : 978-2-7598-2191-4

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2017

Préface

Au sujet de BeautifulChemistry.net

BeautifulChemistry.net est né d'une collaboration entre l'Université de sciences et technologie de Chine (USTC) et les Presses universitaires Tsinghua (TUP). L'objectif de ce projet est de mettre en avant la beauté de la chimie pour le grand public grâce aux médias numériques et à la technologie. Par exemple, nous avons utilisé des appareils photographiques ultra HD 4K équipés d'objectifs macro pour capter les réactions chimiques dans leurs plus infimes détails sans être gênés par des béchers ou des tubes à essai. À l'échelle moléculaire, nous nous sommes servis de l'infographie pour mettre en valeur quelques-unes des plus belles structures issues de la chimie parmi toutes celles de la littérature scientifique.

BeautifulChemistry.net a été lancé le 30 septembre 2014. À la fin 2015, plus de 310 000 personnes (68 000 rien qu'aux États-Unis) avaient visité le site web, générant plus de 6 millions de visites de page. Nos vidéos de réactions chimiques ont été visionnées plus de 5 millions de fois. BeautifulChemistry.net a été couvert par de nombreux médias anglais influents, comme *Time, Huffington Post, Business Insider, Colossal, Gizmodo, C/Net, Creators Project, Slate*, mais aussi par d'autres médias majeurs en Chine, France, Russie, Italie, Argentine, Hongrie, Grèce, Pays-Bas, et bien d'autres pays. Avec autorisations, nos photos de réactions chimiques sont publiées sur de nombreux supports comme *BBC's Newsnight, Discovery Channel's Daily Planet*, les cours en lignes du MITx, ainsi que sur la page d'accueil du site web du département de chimie de l'université de Columbia. Ce n'est pas tout, notre projet a aussi été lauréat de nombreux prix parmi lesquels le prix du Choix des Experts dans la catégorie vidéo du *VIZZIES Visualization Challenge* en 2015, organisé par la NSF* et Popular Science.

Au sujet du livre

En nous appuyant sur le succès de BeautifulChemistry.net, nous avons préparé deux livres : *Merveilleuses réactions* (*Réaction* en abrégé) et *Merveilleuses structures* (*Structure* en abrégé). *Réaction*, en préparation, pourra être recommandé pour tous lecteurs, y compris ceux qui sont néophytes en chimie, qui apprécieront les merveilleuses formes et couleurs générées par les réactions chimiques. *Structure* est plutôt recommandé aux lecteurs qui maîtrisent un peu plus la chimie et seront sensibles à l'éblouissante collection des plus belles structures chimiques.

* NSF : *National Science Foundation* [ndt].

Afin d'étendre le propos et le registre de ces livres, nous avons ajouté à chacun d'eux plus de 50 pages d'une partie « Histoire ». Dans *Réaction*, nous nous focaliserons sur l'histoire de la chimie de 1660 à 1860 par la description des instruments de travail de 12 chimistes célèbres : Robert Boyle (1627-1691), John Mayow (1641-1679), Stephen Hales (1677-1761), Henry Cavendish (1731-1810), Carl Wilhem Scheele (1742-1786), Joseph Priestley (1733-1804), Antoine Lavoisier (1743-1794), Alessandro Volta (1745-1827), Humphry Davy (1778-1829), Michael Faraday (1791-1867), Justus von Liebig (1803-1873), Gustav Kirchhoff (1824-1887). Durant ces 200 années, la chimie est passée du stade des travaux pratiques et de l'alchimie mystérieuse à celui d'une science physique de grande précision. Dans *Structure*, nous voyons comment les scientifiques ont découvert le monde invisible des molécules à travers 10 sujets : symboles chimiques, structure atomique, liaisons chimiques, structure cristalline, molécules organiques, polymères, bio-macromolécules, nanoparticules, nanostructure de carbone, et structure de surface.

De plus, chaque livre inclut une partie « Galerie ». Dans *Réaction*, les lecteurs pourront trouver des reconstitutions photographiques réalistes de 15 instruments importants dans l'histoire de la chimie, extraites de nos vidéos grand public 4 K. Dans *Structure*, les lecteurs peuvent visualiser 58 structures chimiques et les captures d'écran d'animations infographiques réalisées pour mettre en valeur la beauté sans pareille de ces structures.

Pendant la préparation de ces deux livres, nous avons prêté une attention majeure à la qualité des illustrations. Ainsi, les dessins à la main et les rendus infographiques des instruments chimiques historiques dans les parties « Histoire » et « Galerie » de *Réaction* sont le résultat de dizaines d'heures de recherche littéraire pour retrouver le moindre détail de ces instruments, et de l'œuvre passionnée de notre équipe artistique. Associées à des textes concis et précis, nous espérons que ces illustrations communiqueront réellement le désir de s'ouvrir à la connaissance et à la beauté de la chimie.

Remerciements

Pour BeautifulChemistry.net. Nous souhaitons remercier les personnes suivantes : Dr Jian Qin (Université de Chicago), Felice Frankel (MIT), Dr Xiaoming Sun (Université de Technologie chimique de Pékin), Dr Hailong Jiang (USTC*), Dr Mingming Ma (USTC), Dr Shun Wang (Université Jiao-tong de Shanghai), Yifan Zhang (Institut de chimie, Académie chinoise des sciences), Dr Charles Xie (Consortium Concord), Dr Yang Wu (Université Tsinghua), et Dr Feng Li (Institut de recherche sur les métaux, Académie chinoise des sciences) pour leurs conseils précieux tout au long de ce projet. Nous voulons aussi exprimer notre reconnaissance à la Société chinoise de chimie pour nous avoir invités à présenter ce projet lors de son 29e congrès. Enfin, nous remercions également le Centre de didactique en chimie expérimentale de l'USTC de nous avoir donné accès à ses produits chimiques et à ses laboratoires afin de photographier des réactions chimiques.

Pour les livres. Nous souhaitons remercier M. Hui Liu pour sa généreuse donation, grâce à laquelle nous avons pu terminer les images d'infographie de haute qualité ainsi que les animations sur les instruments chimiques historiques. Nous remercions également le Dr Rongting Zhou, responsable du *Department of Sci-Tech Communication and Policies* à l'USTC, pour son aimable soutien à notre projet. Enfin, nos remerciements iront aux artistes de *Shanghai Imagehost Digital Technology Co., Ltd (IHDT)* pour leur exceptionnelle production d'images infographiques et leur acharnement constant vers la perfection. Remerciements spéciaux au Dr Yang Wu qui a traduit la majorité des textes de ce livre.

Beauté de la chimie

L'origine

* USTC : *University of Science and Technology of China* [ndt].

Sommaire

Histoire **1**

Symboles chimiques – *un nouveau langage* 2

Structure atomique – *de la théorie atomique à la mécanique quantique* 6

Liaisons chimiques – *le fondement de toutes structures chimiques* 12

Structure cristalline – *de la géométrie macroscopique à l'arrangement atomique* 16

Structure moléculaire organique – *les innombrables possibilités des atomes de carbone* 24

Polymères – *les fondations du concept macromoléculaire* 30

Bio-macromolécules – *les machines moléculaires sophistiquées de la vie* 34

Les nanoparticules – *d'hier à aujourd'hui* 40

Nanostructure de carbone – *l'exaltation pour la recherche encore et encore* 44

Structure atomique de surface – *de l'observation au mouvement* 48

Galerie **53**

Molécules 55

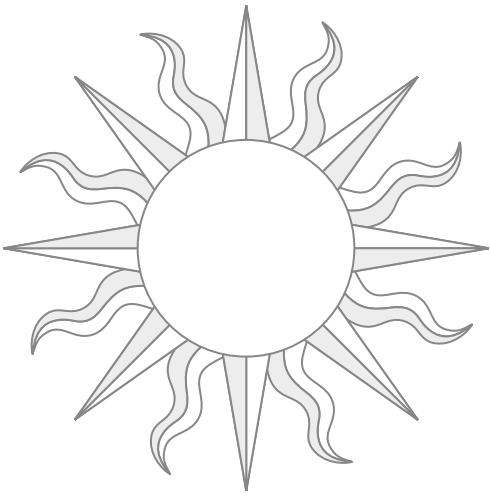
Bio-macromolécules 67

Cristaux 81

De l'ordre au désordre 103

Animations 111

HISTOIRE



Le symbole du Soleil représentant l'or au temps de l'alchimie

Symboles chimiques
un nouveau langage

La nomenclature chimique et les symboles sont deux des plus importantes parties du langage de la chimie. Initialement, la nomenclature était totalement empirique. Il pouvait en résulter une grande confusion entre les noms des substances et leurs propriétés chimiques. Par exemple, « huile de vitriol » était le nom de l'acide sulfurique, qui n'est pas du tout une huile. Vers le milieu du XVIII^{e} siècle, un grand nombre de substances furent découvertes grâce aux progrès rapides de la chimie. La vieille nomenclature ne pouvait plus suffire aux besoins des chimistes. Ainsi, à la fin du XVIII^{e}, Antoine Lavoisier engagea la révolution chimique, remplaçant la nomenclature empirique obsolète par une nouvelle nomenclature basée à la fois sur la composition chimique et les propriétés de ces substances.

Les premières utilisations des symboles chimiques se retrouvent dans les hiéroglyphes de l'ancienne Égypte et dans les manuscrits grecs. Les experts pensent qu'un petit nombre de symboles chimiques ont pu découler des hiéroglyphes égyptiens tandis que quelques autres viendraient des manuscrits grecs. La majorité des symboles utilisés par les alchimistes entre le XVII^{e} et le XVIII^{e} siècle avaient été créés par les alchimistes eux-mêmes. Certains des symboles de l'alchimie se voulaient des représentations picturales des dispositifs chimiques, tandis que d'autres étaient simplement des constructions graphiques aléatoires. L'intérêt principal d'utiliser des symboles était de réduire les textes et d'améliorer la vitesse de lecture des livres d'alchimie. Cependant, de nombreux alchimistes croyaient aussi que les secrets de la pierre philosophale étaient cachés derrière les symboles et travaillaient sans fin pour les découvrir. Les symboles de l'alchimie pouvaient aussi se révéler confus : certains symboles de sens différents se ressemblaient, et le même symbole pouvait avoir des sens différents selon l'alchimiste qui l'utilisait. À cause de la nature mystique et déroutante des symboles de l'alchimie, certains érudits s'attachèrent à créer un nouveau système pour les remplacer. Lavoisier proposa que l'information chimique soit contenue dans les symboles. En 1808, John Dalton publia un nouveau système de symboles qui constitua une avancée considérable. Dalton conçut un symbole circulaire pour chacun des éléments connus en son temps. Dans son système, un composé était un assemblage graphique des symboles élémentaires basé sur leurs proportions. Cependant, les symboles de Dalton n'étaient pas faciles à écrire et à mémoriser, tout comme les anciens symboles des alchimistes. Nous pouvons remercier Jacob Berzelius pour le système de symboles chimiques, encore en cours aujourd'hui (par exemple Na pour sodium, NaCl pour le sel, ou H_2O pour l'eau). Bien que Berzelius n'ait pas été pionnier pour utiliser l'initiale des noms des éléments comme symbole, il fut le premier à appliquer ce système à toutes les substances chimiques connues à son époque.