

INTRO DUC TION

UNE INTRODUCTION À

LE VERRE

Un matériau éternel

Didier Roux

edp sciences

INTRO UNE INTRODUCTION À DUC TION

Didier Roux

LE VERRE

Un matériau éternel

Ce livre décrit les multiples facettes du verre, ce matériau extraordinaire qui a toujours suscité la fascination et traversé des millénaires, omniprésent dans l'architecture et dans notre vie quotidienne. Deux caractéristiques remarquables distinguent le verre : sa transparence exceptionnelle, une rareté parmi les matériaux minéraux pouvant être fabriqués en grandes quantités, et sa viscosité extrêmement variable sur une large plage de température, permettant des procédés de mise en forme industrielle uniques.

À travers une narration qui entremêle histoire, science, industrie et économie, cet ouvrage propose une exploration captivante de la singularité du verre. Il souligne comment ses propriétés uniques l'ont maintenu à une place privilégiée, en détaillant son évolution à travers les époques. En suivant ce parcours au fil des très belles illustrations, les lecteurs découvriront une histoire riche d'enseignements, révélant l'influence du verre sur divers aspects de notre vie et de notre culture.

Didier Roux est membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies. Il est un spécialiste du verre et a occupé divers postes dont celui de directeur scientifique adjoint de Rhône Poulenc et de directeur de la R&D et de l'Innovation de Saint-Gobain.

edp sciences
www.edpsciences.org

Isbn : 978-2-7598-3177-7

9 782759 831777

Création graphique : Béatrice Couëdel

La collection « UNE INTRODUCTION À... » se propose de faire connaître à un large public les avancées les plus récentes de la science. Les ouvrages sont rédigés sous une forme simple et pédagogique par les meilleurs experts français.

Collection « Une introduction à »
Dirigée par Michèle Leduc et Michel Le Bellac

Le verre

Un matériau éternel

Didier Roux

EDP Sciences
17, avenue du Hoggar
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Dans la même collection

L'énergie solaire photovoltaïque
Daniel Suchet et Erik Johnson

Neutrinos, les messagers de l'invisible
François Vannucci

L'Univers décrypté par les énigmes
Cumrun Vafa, traduit par Michel Le Bellac

Atomes, ions, molécules ultrafroids et technologies quantiques
Robin Kaiser, Michèle Leduc et Hélène Perrin

Un siècle de gravitation
Ron Cowen, traduit par Michel Le Bellac

Quantique : au-delà de l'étrange
Philip Ball, traduit par Michel Le Bellac

Retrouvez tous nos ouvrages et nos collections sur http://laboutique.edpsciences.fr

Ouvrage publié avec le soutien de Saint-Gobain.

Leader mondial de la construction durable, Saint-Gobain conçoit, produit et distribue des matériaux et services pour les marchés de l'habitat et de l'industrie. Développées dans une dynamique d'innovation permanente, ses solutions intégrées pour la rénovation des bâtiments publics et privés, la construction légère et la décarbonation du monde de la construction et de l'industrie apportent durabilité et performance. L'engagement du Groupe est guidé par sa raison d'être « MAKING THE WORLD A BETTER HOME ».

ISBN (papier) : 978-2-7598-3177-7 – **ISBN (ebook)** : 978-2-7598-3178-4

© **2024, EDP Sciences,** 17, avenue du Hoggar, BP 112, Parc d'activités de Courtabœuf, 91944 Les Ulis Cedex A

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle). Des photocopies payantes peuvent être réalisées avec l'accord de l'éditeur. S'adresser au : Centre français d'exploitation du droit de copie, 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris. Tél. : 01 43 26 95 35.

L'ambition de ce livre est d'illustrer à travers les propriétés du verre et son histoire les liens entre la science, la technologie et l'innovation.

En décrivant ce matériau aux propriétés extraordinaires, nous présenterons de façon trés simple les principes physiques permettant d'en comprendre la nature et les propriétés en donnant des explications dans le texte ou par des encarts spécifiques.

Nous illustrerons aussi comment la technologie a permis de développer des procédés uniques et pourquoi l'évolution de ces procédés a conduit à des produits répondant aux besoins du marché. Le lien entre économie et technologie sera une des lignes directrices de ce texte.

À chaque fois, nous donnerons une illustration prise dans la vie courante ou liée à une histoire des propriétés du verre. Les riches documentations des archives de Saint-Gobain et de Corning apportent un complément illustratif à ce livre :

http://www.saint-gobain350ans.com/#!/fr

https://www.cmog.org/francais

Table des matières

	L'auteur	vii
	Introduction Les merveilles du verre	1
1	D'où vient le verre ?	9
2	Les propriétés exceptionnelles du verre	21
3	L'utilisation incontournable du verre	27
4	Le contrôle des propriétés	35
5	La fabrication du verre	53
	Conclusion	81
	Remerciements	85
	Bibliographie	87
	Biographies	89

L'auteur

Didier ROUX est membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies.



Didier Roux est né en 1955, ancien élève de l'ENS de Saint-Cloud, membre du CNRS de 1980 à 2005. Il est lauréat de nombreux prix et distinctions. Il est titulaire de la médaille d'argent du CNRS. Il crée deux start-ups en 1994 et 1998, il est directeur scientifique adjoint de Rhône-Poulenc puis de Rhodia entre 1997 et 2005. Il occupe entre 2005 et 2017 le poste de directeur de la R&D et de

l'innovation du groupe Saint-Gobain. Il est membre de l'Institut de France (Académie des sciences) et de l'Académie des technologies. Il a été professeur au Collège de France (chaire annuelle 2016-2017 Innovation technologique Liliane Bettencourt). Il préside ou est membre de nombreux conseils scientifiques (Cyprus Institute, École des mines, École des ponts et chaussées, CEA, OPECST, HCERES...) et siège au conseil d'administration de plusieurs PMI/PME. Il est président d'Unitec : une technopole qui s'occupe d'accompagner des start-ups et est président de la fondation La Main à la pâte qui promeut l'enseignement des sciences à l'école.

Introduction
Les merveilles du verre

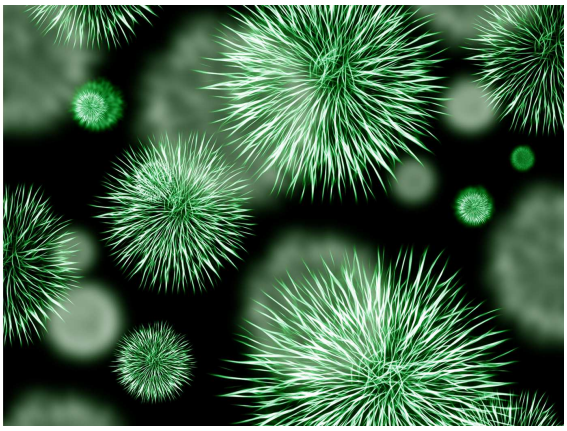
Le verre est un matériau universel connu depuis des millénaires. Depuis sa découverte, il a été façonné par l'homme qui lui a trouvé de nombreux domaines d'applications. Qui parle de verre parle de transparence et c'est effectivement une propriété extraordinaire. En effet, jusqu'au développement récent des matières plastiques dans la deuxième moitié du XXe siècle, il était l'unique matériau solide pouvant être produit en grande quantité avec cette propriété intrinsèque, unique et merveilleuse : la transparence. Seules les pierres précieuses qui sont des monocristaux [1], par essence rares et précieux, avaient cette même propriété. Du fait de sa transparence, nous retrouvons le verre dans de très nombreuses applications. De façon spectaculaire, il est à l'origine de notre capacité de voir le monde qui nous entoure depuis les objets les plus petits jusqu'aux grandes structures de l'Univers. Il est l'élément essentiel des microscopes optiques dont les lentilles de verre nous permettent de voir l'intérieur des cellules avec une résolution exceptionnelle (figure 1).

Mais c'est aussi grâce au verre que nous sommes capables d'observer les objets les plus lointains. On peut ainsi, depuis l'existence des premières lunettes astronomiques jusqu'aux télescopes actuels, observer les planètes, les étoiles et les galaxies qui nous entourent (figure 2). Les miroirs des immenses

[1] Un monocristal est un arrangement parfaitement ordonné d'atomes ou de molécules. C'est l'état le plus stable de la matière condensée, mais les monocristaux sont la plupart du temps de petite taille. Seules des conditions contrôlées permettent d'obtenir des monocristaux de taille importante (de plusieurs millimètres à plusieurs centimètres en général). Le plus souvent, un solide est formé de multiples cristaux de petite taille (structure multicristalline).



(a)

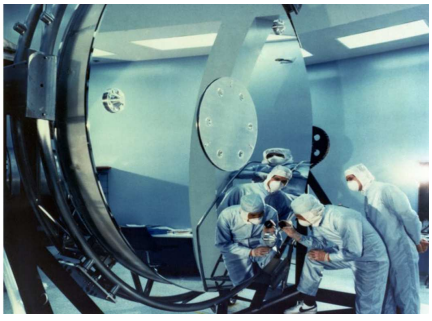


(b)

FIGURE 1. (a) Microscope. Les éléments essentiels d'un microscope sont les lentilles en verre qui permettent le grossissement des objets. Leur qualité optique définit en grande partie la qualité du microscope. (b) Cellule sous microscope de fluorescence. C'est grâce au développement de la microscopie optique que la biologie a fait de spectaculaires progrès. Les développements récents de la microscopie de fluorescence ont permis d'observer avec une grande précision les organismes vivants, ici des bactéries.



(a)



(b)

FIGURE 2. Le verre est un élément essentiel des appareils optiques pour l'astrophysique : lunettes astronomiques et télescopes. Cela demande non seulement des procédés particuliers pour gérer l'indice de réfraction du verre et la transmission de la lumière à différentes longueurs d'onde (caractérisant la couleur), mais aussi une qualité de mise en forme et de surface particulièrement soignée. (a) Nébuleuse NGC2207-Nasa, formée de deux galaxies en train de fusionner, observée avec le Hubble Space Telescope. Crédit NASA/jPL-Caltech/STScI/Vassar. (b) Photo du miroir du Hubble Space Telescope.

interféromètres comme ceux de Virgo (35 cm de diamètre d'une surface quasiment parfaite) permettent aujourd'hui la détection des ondes gravitationnelles, ce qui constitue une véritable révolution pour l'astrophysique et la cosmologie.