



Avant-propos

Les Nations Unies ont proclamé 2022 « Année internationale du Verre ». Ce numéro spécial de *Reflets de la physique* s'intéresse tout naturellement à ce matériau fascinant, le premier matériau transparent fabriqué par l'Homme et qui, aujourd'hui encore, confronte la physique moderne à des défis à la fois fondamentaux et technologiques.

Lorsque le 18 mai 2021, les Nations Unies ont approuvé la résolution 75/279 actant que 2022 serait l'Année internationale du Verre, le texte reconnaît que « *le verre accompagne l'humanité depuis des siècles en améliorant la qualité de vie de millions de personnes, et que ce matériau, qui est l'un des plus importants, polyvalents et transformateurs de l'histoire, est un élément fondamental dans de nombreux domaines, dont l'industrie aérospatiale et le secteur automobile, l'architecture, les arts, le numérique, l'énergie, les soins de santé, les travaux menés en laboratoires, l'optique ainsi que l'emballage et le stockage.* » [1]

Le verre accompagne l'Humanité depuis des millénaires. Les premiers verres utilisés étaient des verres naturels, des obsidiennes issues d'une lave refroidie. Elles étaient taillées pour former des outils telle une pointe de flèche. La propriété recherchée était le tranchant apporté par le verre taillé. Il s'agissait alors de verre noir. Le verre, tel que nous le connaissons, a connu son essor il y a 5000 ans lorsque l'Homme a appris à le fabriquer et que ce matériau a acquis sa propriété principale qui le distingue de tous les autres : sa transparence.

Le verre donne à voir. C'est cette caractéristique qui est à l'origine de son étymologie. Il sera le seul matériau fabriqué par l'Homme à posséder cette qualité jusqu'au milieu des années 1850 et l'avènement des plastiques. Cette transparence sera tout d'abord exploitée pour la réalisation de

flacons et contenants (le verre *matériau* devient aussi le verre *contenant*), avant d'en développer les propriétés optiques et la préparation des premières lentilles, jusqu'à la fibre optique pour laquelle le verre, tout en étant transparent, peut aussi piéger la lumière. Apparente contradiction dont le verre est coutumier. Ne parle-t-on pas d'un verre en cristal pour nommer un verre (contenant) constitué de verre (matériau) riche en plomb ?

Le verre donne à voir. À voir au-delà de lui. À tel point que nous pourrions presque en oublier de le voir, lui. Le verre est transparent. Il laisse paraître à travers lui. Mais dans ses reflets, il nous rappelle qu'il n'est pas invisible. Qu'il est là et que cette soustraction à notre regard, cette timidité du verre, ne doit pas nous faire croire trop vite que sa transparence signifierait comme pour un être humain qu'il se laisse facilement cerner, facilement découvrir. La vitalité de la recherche autour du verre montre à quel point ce matériau pose encore de très nombreuses questions du point de vue fondamental, tout en suscitant un intérêt très vif pour développer de nouvelles applications. Les articles présentés dans ce numéro spécial de *Reflets de la Physique* illustrent différentes facettes de ces recherches les plus actuelles menées au sein de laboratoires français.

Le premier article, signé par Didier Roux, parle de l'histoire du verre et de ses principales propriétés qui ont abouti à ses multiples usages. L'Histoire, un éternel recommencement ? L'article d'Inès Pactat nous rappelle que le recyclage du verre était déjà d'actualité il y a 2000 ans. Au-delà de sa transparence, le verre est avant tout caractérisé par sa température de transition vitreuse et par une structure désordonnée. Mais à quelle échelle se situe ce désordre ?



Le verre donne à voir : la serre du jardin botanique Higashiyama à Nagoya (Japon), éclairée de l'intérieur lors du festival de printemps.

La cérémonie d'ouverture de l'Année internationale du Verre s'est tenue les 10 et 11 février 2022 à Genève, dans le Palais des Nations.

Elle a été introduite par Alicia Duran, professeure à l'Institut des Céramiques et du Verre de Madrid, et présidente de la Commission internationale du Verre (ICG).

Les vidéos des conférences de ces journées sont accessibles sur www.iyog2022.org.

Comment est-il créé ? Toutes ces questions fondamentales, très longtemps débattues, sont abordées dans l'article de Laurent Cormier et Daniel Neuville. L'article de Benjamin Guiselin et Ludovic Berthier est l'occasion d'interroger la notion même de désordre en utilisant les concepts développés par Giorgio Parisi pour les verres de *spin*, travaux

pour lesquels il reçut le prix Nobel de physique en 2021. La finalité est alors de définir ce qu'est un verre idéal. La science des verres est basée sur une recherche très empirique, avec beaucoup de « recettes ». Le développement des outils de simulation numérique jusqu'à l'utilisation de l'intelligence artificielle, se révèle donc particulièrement important pour comprendre et prédire le lien entre composition et propriétés, comme le souligne l'article de Charles Le Losq et Matthieu Micoulaut. La diffusion atomique, présentée par Ekaterina Burov, Emmanuelle Gouillart et Sophie Schuller, est au cœur même des processus verriers, intervenant aussi bien pour la fonte des grains que pour la formation des vitrocéramiques ou le renforcement des propriétés mécaniques du verre des smartphones. Qui penserait tordre un verre ? Pourtant, avec l'article d'Étienne Barthel, Thierry Deschamps, Guillaume Kermouche, Christine Martinet, Gergely Molnar et Anne Tanguy, vous serez surpris d'apprendre que le verre présente des déformations plastiques. Dans leur article, Ronan Lebullenger et Franck Pigeonneau nous montrent que l'intérêt pour la formation des bulles dans le verre ne concerne pas seulement celles du champagne dans la flûte. La présence de bulles dans le bain en fusion est généralement proscrite pour la très grande majorité des verres mais, *a contrario*, les mousses de verre présentent des propriétés très intéressantes. Le cristal n'est pas l'ennemi du verre comme le rappelle l'article d'Andrea Piarristeguy, Pierre Noé et Françoise Hippert. Le changement local de phase permet d'obtenir des variations de propriétés exploitées

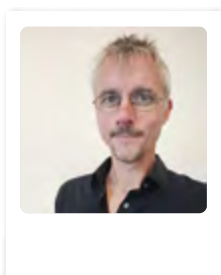
>>>



© Dennis Jarvis (Wikimedia Commons)

Soufflage de verre dans un atelier à Murano (Vénétie, Italie).

➔ WILFRIED BLANC



Wilfried Blanc est directeur de recherche au CNRS, à l'Institut de Physique de Nice.

Ses sujets de recherche portent sur la conception, la fabrication et la caractérisation des fibres optiques à base de silice.

Il est secrétaire de l'Union pour la Science et la Technologie Verrières (USTV), membre de deux comités techniques de l'International Commission on Glass (TC20 Photonic glasses and optical fibers

et TC28 Glass fibers for reinforcement and insulation), éditeur associé pour *Optical Materials* et *Optical Materials X* et président de la section Côte d'Azur de la Société Française de Physique.

Je tiens à remercier tous les auteurs, ainsi que Virginie Ponsinet, membre du comité de rédaction, et Charles de Novion, rédacteur en chef, pour avoir soutenu ce projet de numéro et pour le suivi méticuleux de sa réalisation

>>>

pour le stockage de l'information, par exemple. Dominique de Ligny et Gérard Lelong nous proposent de comprendre l'origine des couleurs du verre, comment la transparence du verre en fait le matériau idéal pour voir la vie en rose ! Les nouvelles propriétés optiques obtenues grâce à des modifications locales de la structure du verre sont au cœur de l'article de Thierry Cardinal, Matthieu Lancry, Lionel Canioni, Bertrand Poumellec et Wilfried Blanc.

Si cette sélection d'articles permet d'apporter un éclairage sur l'activité de recherche féconde qui règne autour du verre, elle n'en reste pas moins parcellaire. Le nombre d'articles de ce dossier est évidemment trop restreint pour couvrir l'ensemble des avancées actuelles dans le domaine du verre. Pour ouvrir vers d'autres applications, citons par exemple les verres bioactifs qui peuvent être utilisés comme implants pour la reconstruction osseuse ou dans des dentifrices pour lutter contre l'hypersensibilité dentaire. Le refroidissement très rapide d'un métal peut conduire à la formation d'un verre métallique qui possède d'excellentes propriétés mécaniques, en particulier des propriétés élastiques nettement meilleures que celles des alliages cristallisés, d'où leur utilisation dans des clubs de golf ou des raquettes de tennis par exemple. Le verre est également indispensable dans le domaine de l'énergie, aussi bien pour la fabrication de cellules photovoltaïques que pour les pales des éoliennes ou le stockage d'énergie. Les procédés de fabrication évoluent aussi, et, depuis quelques années, le verre peut être utilisé dans les procédés d'impression 3D.

Au-delà des aspects fondamentaux et technologiques, le verre est pleinement impliqué dans les enjeux environnementaux et sociétaux actuels. Pour la filière nucléaire, le verre joue un rôle important, puisqu'il est utilisé pour réaliser des colis assurant le stockage des produits de fission. La lutte contre le réchauffement climatique est un enjeu capital pour l'industrie verrière, qui émet 0,6 % des émissions totales de CO₂ en France. Cette lutte passe en particulier par le choix du mix énergétique pour alimenter les fours fonctionnant à haute température. La question de l'usage du verre recyclé est aussi envisagée pour alimenter une économie circulaire vertueuse. Au-delà des efforts à consentir pour diminuer les émissions de CO₂ lors de la production du verre, il convient de mettre en balance les économies d'énergie que ce matériau permet de réaliser, notamment grâce à ses propriétés d'isolation.

À tous les lecteurs curieux de découvrir les multiples facettes du verre, il est vivement recommandé de visionner les vidéos disponibles sur la chaîne *YouTube* de l'USTV [2] et les vidéos « Parlons verre », spécialement mises en ligne à l'occasion de cette année internationale du verre sur le site de l'Année du verre en France [3].

Ces *Reflets du verre* nous démontrent la vitalité de ce matériau. Qu'on se le dise, l'ère du verre est dans l'air du temps !

Wilfried Blanc, éditeur invité
(wilfried.blanc@unice.fr)



- 1• <http://undocs.org/fr/A/RES/75/279>
- 2• www.ustverre.fr
- 3• www.anneeduverre2022.fr