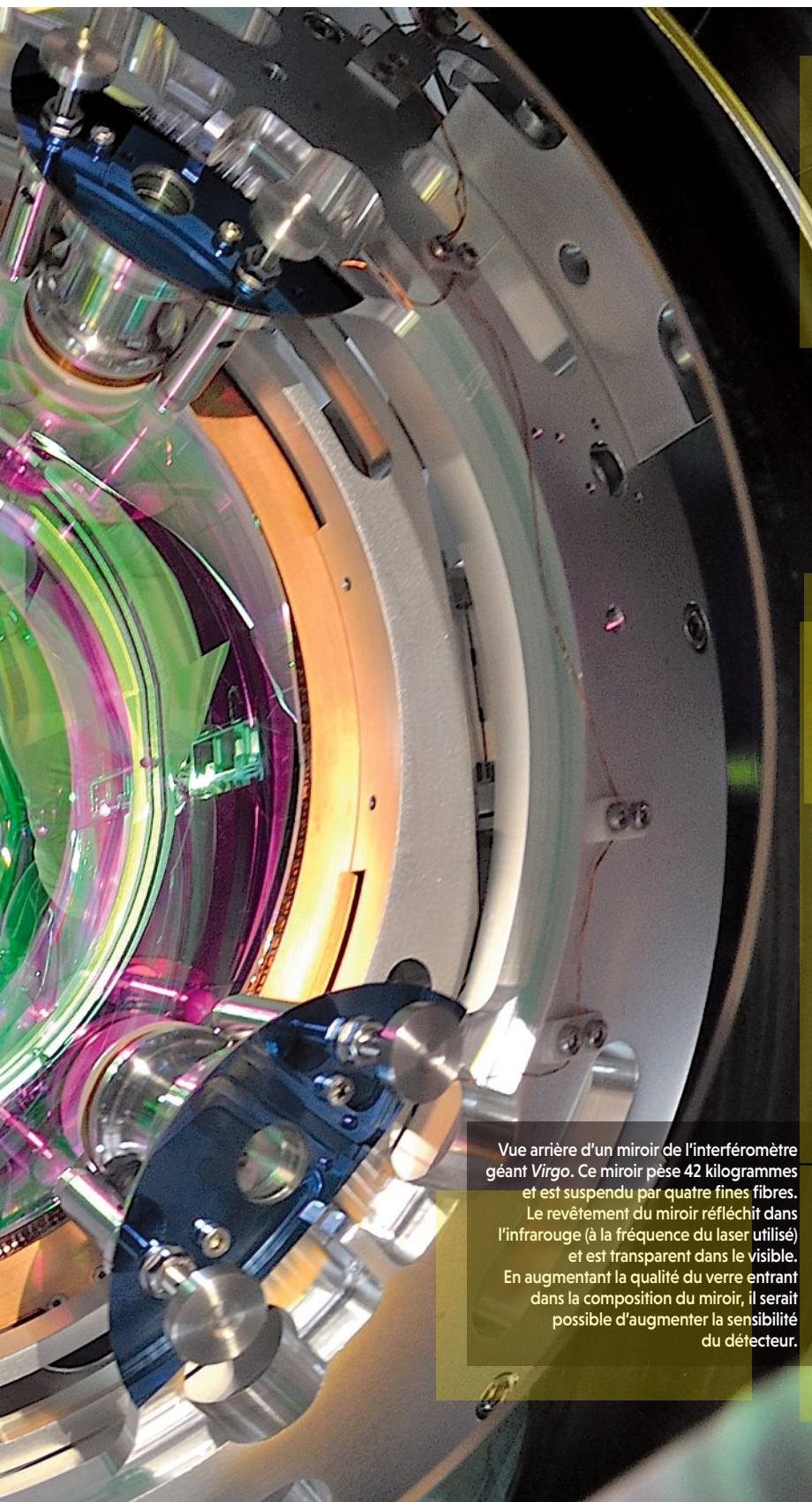


du verre idéal



Vue arrière d'un miroir de l'interféromètre géant *Virgo*. Ce miroir pèse 42 kilogrammes et est suspendu par quatre fines fibres. Le revêtement du miroir réfléchit dans l'infrarouge (à la fréquence du laser utilisé) et est transparent dans le visible. En augmentant la qualité du verre entrant dans la composition du miroir, il serait possible d'augmenter la sensibilité du détecteur.

Les secrets de la fabrication du verre sont connus depuis des millénaires. Est-il encore possible d'en améliorer les propriétés ? La prédiction théorique de l'existence d'un « verre idéal » le suggère. De nouvelles méthodes d'élaboration et de simulation se rapprochent de cet étonnant état de la matière.

Ludovic Berthier et Camille Scalliet

Aux États-Unis, en Italie et au Japon, les physiciens écoutent les vibrations du cosmos sous la forme d'ondes gravitationnelles. Grâce à des interféromètres géants, nommés *Ligo*, *Virgo* et *Kagra*, ils traquent les infimes vibrations de l'espace-temps. Ces dispositifs, constitués de cavités de plusieurs kilomètres de longueur dans lesquelles circulent des faisceaux laser, doivent déceler des variations de longueur inférieure au diamètre du noyau d'un atome. Pour atteindre une telle sensibilité, toutes les sources de perturbations doivent être éliminées. L'une des plus importantes d'entre elles est liée à la qualité du verre qui recouvre les miroirs réfléchissant la lumière laser aux extrémités des cavités. En utilisant du verre de la meilleure qualité possible, les chercheurs veulent limiter la dissipation d'énergie dans ces miroirs et améliorer encore la précision des mesures.

À l'instar de la traque des ondes gravitationnelles, de nombreux autres domaines exigent d'intégrer aux technologies de pointe qui leur sont consacrées un verre d'une qualité toujours supérieure. Par exemple, le fonctionnement de certains ordinateurs quantiques nécessite d'atteindre des niveaux de cohérence quantique sans précédent. La moindre perturbation réduit à néant cette cohérence. Or les composants vitreux des circuits quantiques

L'ESSENTIEL

> La structure du verre correspond à celle, désordonnée, d'un liquide. Il y a soixante-dix ans, il a été suggéré qu'un état parfaitement désordonné de la matière était possible : le verre « idéal ».

> D'un point de vue théorique, des résultats récents indiquent que cette phase particulière pourrait bien exister.

> Expérimentalement, les spécialistes ont mis au point une méthode

de fabrication du verre qui contourne le problème du refroidissement extrêmement lent nécessaire pour fabriquer le verre idéal. Par dépôt de molécules en phase gazeuse, ils produisent des verres ultrastables.

> Les simulations numériques ont été optimisées ces dernières années. Elles confirment les données expérimentales et permettent une analyse des propriétés des verres à l'échelle de la molécule.

LES AUTEURS



LUDOVIC BERTHIER
directeur de
recherche du CNRS
à l'université
de Montpellier



CAMILLE SCALLIET
postdoctorante
à l'université
de Cambridge

sont encore une fois une source de dissipation non désirée. Produire des matériaux vitreux limitant ces désagréments serait un pas décisif dans la mise au point de ces technologies révolutionnaires.

Les plus anciennes traces de verre manufacturé ont été mises au jour en Mésopotamie et remontent au cinquième millénaire avant notre ère. Ce matériau se retrouve partout aujourd'hui, aussi bien dans les objets du quotidien que dans la réalisation d'œuvres d'art, comme les célèbres verres de Murano.

Il est présent en architecture, dans l'industrie pharmaceutique ou encore dans les fibres optiques du réseau internet. Les propriétés physiques du verre, comme sa transparence, son homogénéité, sa rigidité, sa résistance et sa durabilité en font un matériau de choix adapté à de nombreuses applications. Si les techniques de fabrication n'ont cessé de progresser au fil des siècles, peut-on encore améliorer la qualité du verre pour atteindre les exigences des technologies de demain ?

Existerait-il un verre « idéal », qui exploiterait les qualités tant recherchées du verre, et s'affranchirait des défauts qui limitent encore ses applications futures ? Aussi étonnant que cela puisse paraître, c'est probablement le cas.

UN ÉTAT DE LA MATIÈRE

Le « verre idéal » serait un état de la matière répertorié par les physiciens, un état conjecturé dès 1948 par le chimiste américain Walter Kauzmann. Ses propriétés physiques restent à préciser mais répondraient à la demande des interféromètres géants et des ordinateurs quantiques. Cependant, un épineux obstacle se dresse sur cette piste. À l'heure actuelle, plus de soixante-dix ans après la formulation de cette idée, nous ne savons toujours pas si le verre idéal existe : une telle phase de la matière n'a été ni observée directement, ni établie par des calculs rigoureux pour des verres modèles dans un espace physique à trois dimensions. Et

si le verre idéal existe bel et bien, peut-on le fabriquer, à quoi ressemble-t-il ? Ce problème fondamental encore ouvert pour la physique classique moderne mobilise aussi bien des théoriciens, des expérimentateurs que des spécialistes de la simulation numérique. Au cours des dix dernières années, grâce à cet effort commun, les chercheurs ont réalisé des progrès considérables dans la compréhension microscopique des propriétés du verre en général, et dans leur quête du verre idéal en particulier. Aujourd'hui, sa réalisation semble quasiment à notre portée.

Mais qu'est-ce qu'un verre, et comment peut-il être idéal ? Rappelons d'abord qu'un verre est un matériau solide dont les composants élémentaires (atomes ou molécules) occupent des positions désordonnées dans l'espace. On parle de matériau « amorphe », en ce sens qu'il se distingue radicalement des solides cristallins dans lesquels les molécules sont situées sur les nœuds d'un réseau régulier formant une structure périodique totalement ordonnée.

Seconde distinction notable, le verre est en général obtenu lors d'une « transition vitreuse », dont la nature est mal comprise. Le plus souvent, lors du refroidissement d'un liquide,



Le verre idéal serait l'état le plus parfaitement désordonné

