



*Réception des Membres élus en 2004
le 14 juin 2005*

**Solides à l'équilibre et hors d'équilibre
Jacques Lucas**

L'honneur de siéger parmi vous, dans cette enceinte prestigieuse, je le dois à un domaine de la science relativement jeune, qui m'a amené à explorer le monde de la conception, de la création et de l'étude de matériaux solides inédits.

J'ai consacré les quinze premières années de ma vie scientifique à la chimie des solides dits à l'équilibre, représentée par des composés que la thermodynamique définit comme étant dans leur état de stabilité maximum. Mes collaborateurs et moi-même avons ainsi contribué à enrichir la chimie des fluorures et des oxydes, par la découverte de nouveaux solides, le plus souvent sélectionnés dans les familles des actinides ou des lanthanides. En mimant les solides naturels que sont les minéraux, nous avons eu la chance de pouvoir créer de nouvelles espèces chimiques en particulier dans la famille des composés appelés « pyrochlore », matériaux cubiques très stables, présentant des propriétés physiques remarquables, comme la ferroélectricité.

Notre contribution à la chimie des fluorures, en particulier ceux de zirconium, a été marquée par la mise en évidence du comportement singulier de ces matériaux, qui se manifeste par des phénomènes de non stoechiométrie, c'est-à-dire par des écarts importants à la formulation idéale, témoignant ainsi de la très grande flexibilité de ces réseaux solides.

Notre entrée dans le monde des solides hors d'équilibre, c'est-à-dire des verres, s'est faite un peu par hasard, en explorant des compositions fluorées candidates à la réalisation de micro-lasers.

Dans sa définition la plus simple, un verre peut être considéré comme un liquide figé, ayant donc une viscosité infinie et qui se comporte comme s'il avait oublié de cristalliser lors du refroidissement. Cet étrange état de la matière, qui échappe aux règles classiques de la thermodynamique, produit donc des solides en sursis, prêts à tout instant à revenir à l'équilibre par cristallisation ! Ce comportement vaut surtout pour les verres non conventionnels et non pour les verres à base de silice, qui font partie de notre quotidien et qui eux, heureusement, mettent un temps géologique pour revenir à l'équilibre.

Les vingt-cinq dernières années de notre activité scientifique ont donc été totalement consacrées à la recherche de combinaisons chimiques nouvelles conduisant à des solides vitreux. Dans leur état idéal ces verres sont remarquables parce qu'ils constituent des milieux homogènes dans lesquels la lumière peut se propager quasiment sans rencontrer d'obstacles. Ils sont aussi uniques, car, se souvenant de leur statut d'origine de liquide, ils acceptent par chauffage de devenir des solides plastiques que l'on peut souffler, mouler ou transformer en fibres optiques.

La découverte des verres de fluorures, qui sont à l'origine de notre première incursion dans ce monde du verre, a eu un impact international inattendu en particulier dans le monde de l'optique et plus précisément dans celui des télécommunications par fibres. Ces verres possèdent en effet des potentialités d'ultra transparence exceptionnelles autorisant des transmissions de signaux optiques sur de très longues distances. Dopés par des Terres Rares luminescentes, ils ont également permis le développement d'une nouvelle génération de fibres lasers et d'amplificateurs optiques.

Notre seconde aventure heureuse dans ce monde des verres non conventionnels s'est déroulée lors de l'exploration d'un autre secteur peu visité de la chimie, représenté par la famille des sulfures, sélénures et des tellures. De ces études sont nés des verres de couleur noire, donc opaques à la lumière visible, mais dont la transparence s'étend, par contre, très loin dans le domaine infrarouge. Encore une fois, c'est un partenariat fort avec nos collègues opticiens qui a largement contribué à mettre en valeur les remarquables potentialités de ces verres et à nous faire sortir du domaine strict de la chimie pour découvrir le monde du non visible, du rayonnement thermique, de la chaleur, c'est-à-dire de l'optique infrarouge.

Cette escapade hors de notre métier d'origine est allée suffisamment loin, pour que nous ayons pu franchir avec succès le parcours chimie fondamentale, études optiques, développement, puis valorisation par la création d'une société industrielle spécialisée dans la fabrication d'optiques moulées pour caméras infrarouges. Ces caméras sont utilisées pour la vision nocturne, l'imagerie thermique, en particulier pour l'aide à la conduite de nuit ou par temps de brouillard. Des systèmes équipés de nos verres, fonctionnent actuellement sur quelques modèles de voitures de luxe aux USA.

Cette politique de valorisation, nous l'avons aussi appliquée à la fabrication de fibres optiques infrarouges. Cette démarche nous a conduits à développer des capteurs déportés, permettant de mesurer in situ, la signature infrarouge de molécules et de biomolécules et de suivre ainsi des réactions et des évolutions métaboliques en chimie, biologie et en médecine.

Les applications pratiques de ces recherches ont beaucoup aidé au financement et à la visibilité du laboratoire, mais je tiens à souligner que ces résultats ont tous pour origine des idées de recherches conceptuelles et purement fondamentales.

Au début de cet exposé, j'ai mentionné la particularité de ces solides capricieux hors d'équilibre. Nous avons passé beaucoup de temps à comprendre et maîtriser ces phénomènes de retour à l'équilibre qui sont gouvernés par des mécanismes de nucléation croissance. Ceci a eu pour conséquence la découverte de nouvelles vitrocéramiques et d'une nouvelle famille de verres moussants qui présentent l'étrange particularité de doubler de volume par formation de bulles restant emprisonnées dans la matrice vitreuse. Ces éponges de verre sont pour le moment des curiosités de laboratoire qui trouveront peut être un jour des applications.

Par contre, la connaissance purement fondamentale des phénomènes de cristallisation du verre à l'échelle nanométrique, nous a récemment conduit à développer une famille originale de vitrocéramiques infrarouges, matériaux composites constitués d'un mélange intime de verre et de nanocristaux.

Dans cette période pleine d'incertitude sur la gestion de la recherche, notre objectif restera de renvoyer vers la société les fruits de ce merveilleux métier qu'elle nous permet d'exercer. Le débat recherche fondamentale/innovation n'est à mon sens ni conflictuel ni contradictoire, il

forme un continuum dans lequel le paramètre temps joue un rôle primordial. La chimie des verres, qui est en soi un permanent exercice d'équilibre incluant le temps, nous montre qu'il faut être à la fois raisonnablement pressés mais aussi patients pour espérer récolter puis diffuser les bénéfices de nos efforts de recherche.