



Surface du verre et Interfaces, Unité Mixte de Recherche CNRS/Saint-Gobain, UMR 125, Aubervilliers

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Unité Mixte de Recherche CNRS/Saint-Gobain, le laboratoire « Surface du verre et Interfaces » a pour mission de mener des actions de recherche fondamentale pertinentes pour les produits et les procédés du groupe Saint-Gobain. Il est placé sous la double tutelle du département MPPU du CNRS d'une part et de Saint-Gobain Recherche d'autre part. Il est situé au sein même d'un des principaux centres de recherche du groupe, Saint-Gobain Recherche, à proximité immédiate de Paris (Aubervilliers). Le coût de fonctionnement du laboratoire est partagé entre les partenaires et la main-d'œuvre provient également à part sensiblement égale des deux entités. Le personnel s'élève actuellement à 6 chercheurs (3 CNRS, 3 Saint-Gobain), 4 post-docs, 3 techniciens et 3 doctorants.

Les sujets traités au laboratoire sont issus du questionnement suscité par les besoins technologiques et relayé par les chercheurs de Saint-Gobain avec lesquels le laboratoire interagit quotidiennement. Mais du fait du positionnement académique de la recherche effectuée, les résultats n'ont pas vocation à répondre directement aux problèmes technologiques. D'ailleurs, ils sont majoritairement l'objet de publications scientifiques, plus rarement de brevets. La fonction du laboratoire pour Saint-Gobain est donc plutôt de servir d'interface entre recherche publique et

recherche industrielle dans des domaines jugés essentiels pour le groupe. À ce titre il a pour vocation d'accueillir très régulièrement de nouveaux chercheurs soit du CNRS, en particulier par détachement ou mutation, soit sur des postes de chercheurs Saint-Gobain, soit en post-doc ou en thèse.

THÈMES SCIENTIFIQUES

Le mandat du laboratoire, fondé en 1991 par H. Arribart et dirigé successivement par S. Roux et E. Sondergard a été renouvelé en 2005 pour 4 ans. Développement majeur de ce mandat, une approche « matériau » de la fonctionnalisation de surface du verre prend place au cœur du projet de laboratoire. C'est cette démarche, qui se construit sur les compétences antérieures dans différents domaines de la mécanique – contact, plasticité, fracture – ainsi qu'en physique des surfaces¹, qui est détaillée ici, dans son contexte.

Les empilements fonctionnalisant à vocation optique sont devenus au cours des quinze dernières années l'une des voies majeures de fabrication de produits verriers haut de gamme, mais on est loin de posséder une compréhension parfaite de ce type de matériaux. C'est pourquoi un bâti de dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique a été implanté à SVI en 2006. Ce développement expérimental majeur (figure 1) permettra des études approfondies de la structure et des pro-

priétés des empilements d'oxydes et de métaux. Sont également particulièrement visées la structure et la chimie des interfaces au sein de ces empilements. C'est pourquoi ce système de dépôt est directement couplé à nos systèmes UHV d'étude de surface par spectroscopie d'électron. En outre, différentes expériences de caractérisation in situ pendant le dépôt sont actuellement développées. Ces informations structurales autoriseront une maîtrise accrue des propriétés mécaniques des empilements : adhésion, friction, contraintes internes, résistance à la rayure.



Figure 1. Bâti MISSTIC de dépôt par pulvérisation cathodique d'empilements de couches minces

En relation étroite avec les activités de compréhension de la structure des empilements de couches minces déposés par pulvérisation, les recherches sur la mécanique de surface et des couches s'attachent à comprendre les mécanismes de déformation et de rupture à l'échelle locale des matériaux silicatés et de leurs revêtements. Sont en particuliers concernés les

¹ Pour un résumé plus détaillé voir en particulier : E. Barthel et al. «The mechanics of glass and functionalised glass surfaces» Verre, 11(2005), 4, p. 15-24.

mécanismes de la plasticité dans les silicates (indentation), la stabilité de couches fonctionnalisantes organiques ou inorganiques (rayure), leur potentiel pour la lubrification, la propagation de fractures dans les milieux hétérogènes (rupture) voire l'adhésion de particules à des surfaces originales (autonettoyant). En particulier, des expériences originales de mesure de déformation sont développées comme le couplage entre spectroscopie Raman et indentation dans les silicates ou une utilisation avancée de la corrélation d'image.

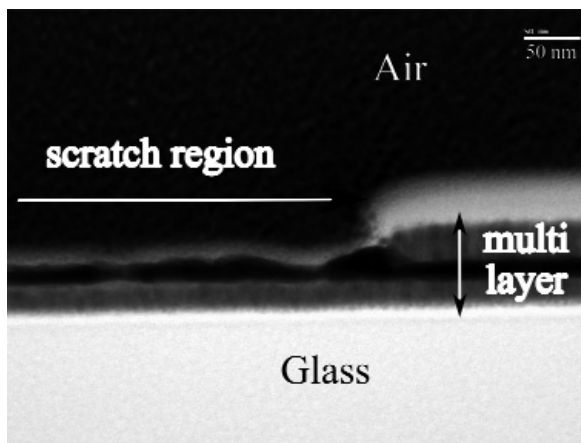


Figure 2. Coupe en microscopie électronique à transmission de rayure dans un empilement modèle

La structuration de surface se présente comme une technique de fonctionnalisation souple qui potentiellement pourrait concurrencer le dépôt de multicouches, à condition que des méthodes d'élaboration à

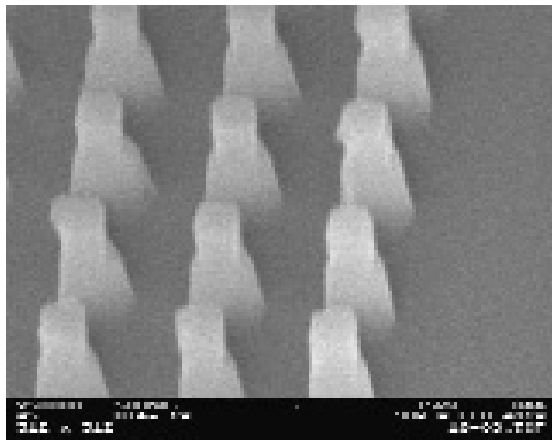


Figure 3. Surface structurée à l'échelle micrométrique

grande échelle et faible coût soient développées. Le laboratoire s'attache à comprendre certains mécanismes de structuration qui se prêtent à un tel changement d'échelle, comme l'abrasion ionique ou la structuration par impression (Imprint Lithography). Les propriétés, en particulier optiques, de telles surfaces seront étudiées dans le cadre de collaborations.

Enfin, à l'initiative de la direction de la recherche de Saint-Gobain, une nouvelle thématique visant à mieux comprendre certains problèmes scientifiques essentiels pour l'élaboration des verres voit le jour à SVI en 2007. Les champs d'action envisagés concernent l'étude du système complexe (grains solides + liquide + gaz) qu'est le mélange vitrifiable, celle de l'homogénéisation du liquide silicaté (cisaillement du liquide et diffusion), ainsi que la connaissance approfondie des phénomènes d'oxydoréduction qui jouent un rôle extrêmement important dans le processus.

Dans un premier temps, le laboratoire profitera des installations et des compétences de Saint Gobain Recherche et mettra à l'étude des collaborations avec des laboratoires extérieurs.

Le développement de cette activité apportera un approfondissement des connaissances sur les processus menant du mélange vitrifiable au liquide homogène nécessaire à la fabrication des produits verriers ainsi que de nouvelles méthodes expérimentales. L'optimisation du procédé attendue de ces travaux contribuera à rendre la fabrication du verre encore plus respectueuse de l'environnement qu'elle ne l'est aujourd'hui.

CONCLUSION

Les recherches académiques effectuées au laboratoire contri-

buent à l'esprit d'innovation qui anime le groupe industriel. De même, l'activité scientifique du laboratoire permet de mieux faire connaître à la communauté de la recherche publique les enjeux scientifiques des technologies actuellement en développement. C'est pour remplir cette double mission que le laboratoire SVI se présente comme un lieu d'échange d'idées et comme une plateforme de mobilité des chercheurs.

PRINCIPALES COLLABORATIONS

LMS (Cachan), MADIREL (Marseille), LLB, (CEA, Saclay), SPCSI (CEA, Saclay), PPMD (ESPCI, Paris), LPCML (UCBL, Villeurbanne), LTDS (ECL/ENISE, Saint-Etienne), ENS (Paris), LCMC (Paris), LPMC (Palaiseau), IEP (Université de Graz, Autriche), NTNU (Trondheim, Norvège).

PUBLICATIONS RÉCENTES

- F. Radjai et S. Roux, "Scaling behaviour of velocity fluctuations in slow granular flows", Chap. 20 In "Non smooth mechanics and analysis", P. Alart, O. Maisonneuve et R.T. Rockafellar eds., "Advances in Mechanics and Mathematics" Series Vol.12, pp. 233-245, (Springer, Berlin, 2006)
- F. Hild, S. Roux, "Measuring stress intensity factors with a camera: Integrated digital image correlation (I-DIC)", Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Mécanique, Vol. 334, pp. 8-12 (2006).
- C. Heitz, G. Laurent, R. Briard, E. Barthel, "Cross-condensation and particle growth in aqueous silane mixtures at low concentration", Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 298, pp. 192-201 (2006)
- S. Roux et F. Hild, "Stress intensity factor measurements from digital image correlation: post-processing and integrated approaches", International Journal of Fracture, Vol. 140, pp. 141-157 (2006).
- A. Perriot, V. Martinez, B. Champagnon, C. Martinet, D. Vandembroucq et E. Barthel, "Raman microspectroscopic characterization of amorphous silica plastic behavior", J. Am. Ceram. Soc. Vol. 89, pp. 596-601 (2006).

- E. Gacoin, C. Fretigny, A. Chateaublain, A. Perriot, et E. Barthel, "Measurement of the mechanical properties of thin films mechanically confined within contacts", *Tribology Letters* Vol. 21, pp. 245-252 (2006).

- E. Barthel, A. Perriot, D. Dalmas, E. Søndergård et P. Naël, "Surface mechanics of functional thin films on glass surfaces", *Surface and Coating Technology* Vol. 200 pp. 6181-6184 (2006).

- F. Hild et S. Roux, "Digital image correlation: From displacement measurement to identification of elastic properties – A review" *Strain* Vol. 42, pp. 69-80 (2006).

- S. Roux et S. Dos Liacir Lucena, "Estimating thermal conductivities from temperature maps using wavelets", *Inverse Problems in Science and Engineering* Vol. 14, pp. 785-800 (2006).

- M. Adda-Bedia, E. Katzav et D. Vandembroucq, "Second-order variation in elastic fields of a tensile planar crack with a curved front", *Physical review E* Vol. 73, pp. 035106 (2006).

- T. Sarlat, A. Lelarge, E. Søndergård et D. Vandembroucq, "Frozen capillary waves on glass surfaces: An AFM study" *European Physical Journal B* Vol 54, pp. 121-126 (2006).

- D. Bonamy, S. Prades, L. Ponson, D. Dalmas, C.L. Rountree, E. Bouchaud et C. Guillot, "Experimental investigation of damage and fracture in glassy materials at the nanometre scale", *International Journal of Materials and Product Technology* Vol. 26, pp. 339-353 (2006).

- D. Bonamy, S. Prades, C.L. Rountree, L. Ponson, D. Dalmas, E. Bouchaud, K. Ravi-Chandar et C. Guillot, "Nanoscale damage during fracture in silica glass", *International Journal of Fracture* Vol. 140, pp. 3-14 (2006).

- Y. Charles, F. Hild, S. Roux et D. Vandembroucq, "Material-independent crack arrest statistics: application to indentation experiments", *International Journal of Fracture* Vol. 142, pp. 51-67 (2006).

- S. Roux et F. Hild, "From image analysis to damage constitutive law identification", *On-line journal NDT.net/article/cdcm2006/papers/roux.pdf*

- S. Bergonnier, F. Hild, S. Roux, "Local anisotropy analysis for non-smooth images", *Pattern Recognition*, Vol. 40, pp. 544-556 (2007).

- E. Barthel et A. Perriot, "Adhesive Contact to a Coated Elastic Substrate", *Journal of Physics D*, Vol. 40, (2007)

- T. Sarlat, E. Søndergård, A. Aphofer, B. Holst et V. Mayrhofer, "Helium scattering investigation of quartz(0001) surface", *Surface Science*, to appear.

- G. Besnard, F. Hild et S. Roux, "Finite-element displacement fields analysis from digital images: Application to Portevin-Le Châtelier bands", *Experimental Mechanics*, to appear.

- R. Hamam, S. Roux et F. Hild, "Stress intensity factor gauging by digital image correlation: Application to cyclic fatigue", *Strain*, to appear.

- D. Claire, F. Hild et S. Roux, "Identification of a damage law by using full field displacement measurements", *International Journal of Damage Mechanics*, to appear.

THÈSES RÉCENTES

- Antoine Perriot, "Nanoindentation de couches minces déposées sur substrat de silice", Thèse de l'université Paris VI, soutenue le 21 décembre 2005.

- Sandra Bergonnier, « Relations entre microstructure et propriétés mécaniques de matériaux enchevêtrés », Thèse de Doctorat, ENS de Cachan, 2005

- Laurence Serreau, "Adsorption et lubrification de surfaces de silice par un mélange silane-tensioactif", Thèse de l'université Paris VI, soutenue le 03 février 2006 ■

Contact :

Laboratoire Surface du Verre et Interfaces

39 Quai Lucien Lefranc

Aubervilliers, France

Post. : BP 135, F-93303, Aubervilliers cedex, France.

<http://www.saint-gobain-recherche.com/svietienne.barthel@saint-gobain.com>

Tél. (sec.) : +33 (0)1 48 39 57 50

Tél. (dir.) : +33 (0)1 48 39 55 57

Fax. : +33 (0)1 48 39 55 62