

# Labex SEAM

**PROPRIETES ELASTIQUE DE FILMS MINCES INDUSTRIELS DEPOSES SUR DES SUBSTRATS VERRES OU POLYMERES: MESURES ULTRASONORES PAR DIFFUSION BRILLOUIN ET ACOUSTIQUE PICOSECONDE**

**F. FAESE, L. BELLIARD, F. CHALLALI, P. DJEMIA**

## INTRODUCTION

L'étude des propriétés mécaniques des films minces et de leur adhésion sur différents substrats (verres, plastiques ou métaux) est primordiale pour les industriels qui font des traitements de surface pour avoir une valeur ajoutée par rapport au substrat seul. Par exemple, une bonne connaissance des propriétés élastiques doit permettre de mieux comprendre les ruptures qui apparaissent parfois sur certains systèmes en cours de fabrication ou bien en service, et donc de corriger ou de diminuer son impact économique. De plus, très souvent les propriétés des matériaux en couches minces ne sont pas celles des matériaux massifs (effets de taille, procédé de fabrication spécifique, ...), il est donc indispensable de les caractériser de nouveau mais avec des techniques adaptées. Nous caractérisons les propriétés élastiques par diffusion Brillouin de la lumière (savoir-faire unique en France) [1], depuis 8 ans pour SGR dans le cadre d'un accord cadre avec St Gobain, pour 5 à 6 matériaux (oxydes, nitrures et métaux) élaborés par pulvérisation-magnétron, sur des substrats de silicium et de verre. Ainsi, nous avons étendu cette activité à un autre grand industriel, ESSILOR (centre innovation et technologie, à Créteil), leader mondial du secteur des verres correcteurs. L'accord de confidentialité a été signé en 2015. Cette activité en relation avec les industriels est réalisée en collaboration avec L. Belliard (équipe acoustique, INSP-UPMC, Labex MATISSE) qui est spécialiste de la technique d'acoustique picoseconde, parfaitement complémentaire [2] de notre technique de diffusion Brillouin pour la caractérisation des propriétés élastiques et d'adhésion des couches minces. Nos objectifs sont de mettre en œuvre nos compétences mutuelles pour caractériser les propriétés mécaniques et d'adhésion de leurs couches. Dans ce cadre, nous avons bénéficié de la part du Labex MATISSE (UPMC) d'un complément de financement d'un Post Doc de 12 mois (MATISSE+ ESSILOR).

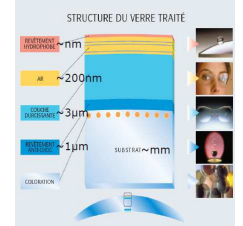
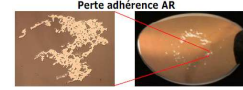
## LES PARTENAIRES

Ce projet implique l'opération de recherche « Mécanique des films minces fonctionnels » du LSPM (Pr. Philippe Djemia) spécialiste de l'étude de propriétés élastiques de couches minces par des méthodes photoacoustiques : en particulier, la diffusion Brillouin. Les autres partenaires sont deux industriels: Alessandro Benedetto (Ingénieur, SGR), Sébastien Chatel & Delphine Poirot (ingénieurs, Essilor) et le Labex MATISSE avec L. Belliard (Pr, Equipe acoustique, INSP-UPMC, LABEX MATISSE) et F. Faëse (Post-Doc).

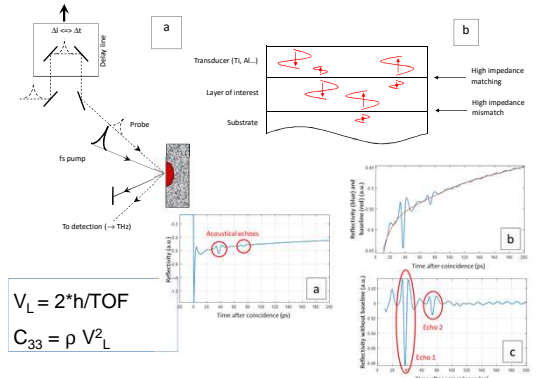
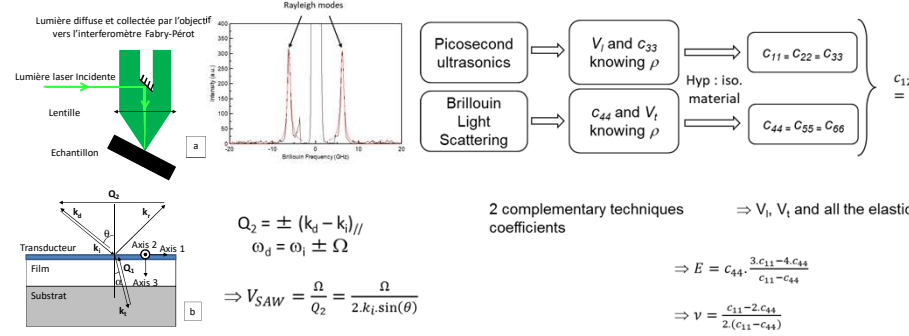


Ce qu'il faut explorer

Propriétés élastiques des constituants

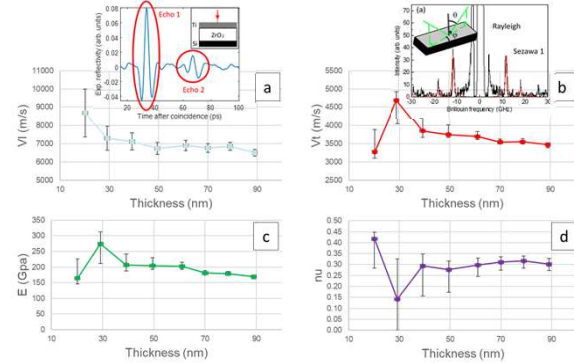


## LA DIFFUSION BRILLOUIN ET L'ACOUSTIQUE PICOSECONDE

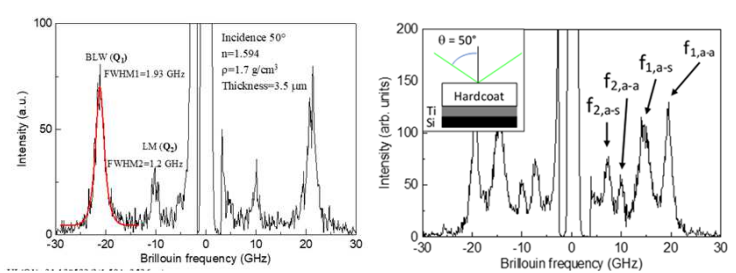


## QUELQUES RESULTATS [3]

Effet de l'épaisseur de la couche: Couche ZrO2 jusqu'à 20 nm



Les couches organiques: substrat, anti-abrasion et anti-shock



Layer	Longitudinal velocity measured by PU (nm/ps)	Longitudinal velocity measured by BLS (nm/ps)	Transverse velocity (nm/ps)	Young's modulus (Gpa)	Poisson's ratio
Anti-shock layer alone	2.40 ± 0.13	2.54 ± 0.05	1.16 ± 0.06	5.75 ± 0.23	0.37 ± 0.02
Anti-abrasion layer alone	3.26 ± 0.14	3.35 ± 0.04	1.91 ± 0.09	14.35 ± 0.67	0.26 ± 0.04
Anti-shock layer of the hard coating	2.45 ± 0.13	2.59 ± 0.04	N/A	N/A	N/A
Anti-abrasion layer of the hard coating	3.42 ± 0.13	3.49 ± 0.03	1.96 ± 0.10	15.23 ± 0.68	0.27 ± 0.04

## REFERENCES

- [1] La diffusion Brillouin pour caractériser les propriétés élastiques ou magnétiques de multicouches. Instrumentation, P. Djemia, Mesure, Métrologie (Hermès Science publications), « Les ondes en instrumentation », pp. 11-35 (2009).
- [2] Alloying effects on the structure and elastic properties of hard coatings based on ternary transition metal (M=Ti, Zr or Ta) nitrides, G. Abadias, P. Djemia, L. Belliard, Surface and Coatings Technology, 257, pp. 129-137 (2014)
- [3] Mechanical properties of elementary layers involved in a multilayer optical stack by photon-acoustic phonon interaction approaches, F. Faëse, D. Pointot Cherroret, S. Chatel, L. Becerra, F. Challali, P. Djemia, L. Belliard, Journal of Applied Physics, 124 (2018) 125307

