



## Projet "ToughGlasses" : Amélioration de la réponse des verres d'oxydes à la corrosion sous contrainte

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil**

**Candidature avant le** 30-03-2018

**Durée** 2 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [ROUNTREE Cindy](#)  
+33 1 69 08 26 55  
[cindy.rountree@cea.fr](mailto:cindy.rountree@cea.fr)

### Résumé

Ce "Projet de recherche conjoint - PRC" du CNRS est motivé par la nécessité d'évaluer puis améliorer la durabilité mécanique des verres. Les verres sont des matériaux indispensables dans les technologies qui nécessitent des matériaux résistants à la chaleur (panneaux de protection). On les trouve en particulier dans les techniques associées à la production d'énergie bas-carbone, ou permettant d'affronter des environnements hostiles (satellite spatial)....

Dans ces environnements, les verres subissent de nombreux dommages (craquage par corrosion sous contrainte, tempêtes de sable, irradiations externes, températures élevées ...) qui peuvent entraîner une défaillance prématurée et des modifications des propriétés physiques et mécaniques. Les verres qui subissent une séparation de phase amorphe sont connus pour être résistants à l'écrasement. Cependant, leurs propriétés de "fracture par corrosion sous contrainte (CSC)" sont encore trop peu connues. La question qui sera abordée est ici de comprendre comment le comportement de CSC en présence d'une phase amorphe démixée, comparée au verre natif.

### Sujet détaillé

C'est un projet de recherche fondamentale (CNRS - Projets de recherche conjoints (PRC) ) motivé par la nécessité de prédire (puis contrôler et améliorer) l'effet de la composition chimique sur la durabilité mécanique des verres sur le long terme. Les verres d'oxydes font partie de nombreuses structures (panneaux de protection, satellites, cellules photovoltaïques...) subissant des sollicitations variées (corrosion sous contrainte, vents, irradiations, température élevée...) pouvant amener endommagement intempestif et/ou altération de leurs fonctionnalités. Or, si on connaît bien l'effet de la composition chimique sur nombre de ses propriétés physiques (température de transition vitreuse, transparence, propriétés calorifiques...), peu de choses sont connues sur la façon dont cette composition impacte le comportement en rupture ou en corrosion sous contrainte.

Cette thèse se propose donc d'étudier la fracturation de plusieurs compositions de verres à base de  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$  dans la zone de démixtion. Pour ce faire, des fractures dont la vitesse est contrôlée par la contrainte externe et par le degré d'humidité ambiant seront initiées dans les échantillons et une caractérisation des surfaces fracturées sera réalisée post mortem par des observations à l'aide d'un AFM (Atomic Force Microscopy).

---

Cette méthode, éprouvée depuis de longues années par le groupe, permet de mesurer l'enchaînement des différents régimes de rugosité avec la distance. Elle sera appliquée aux différents échantillons. Les modifications du processus de fracturation selon le changement de la composition des verres seront ainsi mises en évidence.

En parallèle aux expériences de fracturation, différentes analyses visant à caractériser les propriétés élastiques des échantillons (microscopie acoustique) ainsi que leurs structures (Raman, RMN, WAXS...) seront menées de manière à corréler le comportement à la fracturation des verres avec d'autres propriétés macroscopiques et microscopiques.

### **Mots clés**

Verre, AFM microscopie, Raman, RMN

### **Compétences**

AFM, NMR, RAMAN

### **Logiciels**

Matlab

---

## **ToughGlasses: Researching tomorrow's glasses today**

### **Summary**

This project is a fundamental CNRS-joint research project (PRC) motivated by the need to improve and assess the glasses' mechanical durability over the long term. Glasses are integral parts of heat resistant technologies, protection panels, low-carbon energies, satellites.... These systems and others undergo a variety of damage (stress corrosion cracking, sand storms, external irradiations, high temperatures...) which can lead to premature failure and alterations of the physical and mechanical properties. Glasses that undergo amorphous phase separation are known to be crush resistant. However, their Stress Corrosion Cracking (SCC) properties are outside the current knowledge available in literature. Hence, the question here how does the SCC behavior change in an amorphous phase separated glass versus its pristine counterpart.

### **Full description**

"ToughGlasses" is a fundamental research project motivated by the need to improve and assess glasses mechanical durability over the long term. Glasses are integral parts of our daily lives (buildings, cars, dishes...) along with being integral parts of heat resistant technologies, protection panels (smart phones, plasma screens...), low-carbon energies (protection for solar panels) and satellites in outer space to name a few. These systems and others undergo a variety of damage (consumer use, sand storms, external irradiations, high temperatures...) which can lead to premature failure and/or alterations of the physical and mechanical properties. Frequently, post-mortem failure studies reveal material flaws which were propagating via Stress Corrosion Cracking (SCC). A recent question arising in the field has been: Can the Amorphous Phase Separation (APS) of SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Na<sub>2</sub>O (SBN) glasses provide the necessary structure to enhanced SCC behavior? ToughGlasses aim is to fill this gap and to unravel the secret behind enhanced SCC behavior.

The Ph.D. candidate will have the opportunity to study the physical, mechanical and stress-corrosion cracking properties of APS glasses. The primary objective of this study will be to observe stress corrosion crack propagation in situ and the analysis of fracture surfaces in several pristine and APS glasses. Hence, providing information on environmental limit of stress corrosion cracking and understanding of how the crack growth occurs in APS glasses. This method was previously used in our group to study the process zone size versus the crack front velocity in pure silica (SiO<sub>2</sub>) and several SBN samples. Repeating this study for SBN APS glasses compositions will aid in the understanding of how the physical structure of glasses alters the mechanical properties. In conjunction with the primary objective, the candidate will have the occasion to characterize the elastic properties of the samples and their structures (Raman, NMR spectroscopy, X-ray absorption ...) with various collaborators including collaborators in CEA, DEN and University of Rennes. This will allow for a comparison of the fracture behavior of glasses with other macroscopic and microscopic properties.

Logistically, the PhD candidate will be co-advised by C. L. Rountree at CEA and F. Célarié at Université de Rennes 1. Glass formation and preliminary tests will occur at Université de Rennes 1 and stress corrosion cracking tests along with other tests will be carried out at CEA. In conclusion, the theme of this project is the comprehension of the source of the changes in the macroscopic property, and in particular how to control the stress corrosion cracking properties by varying the structure of glasses through Amorphous Phase Separation.

### **Keywords**

Glasses, AFM, Raman, NMR, spectroscopy

### **Skills**

AFM, NMR, RAMAN

---

## Softwares

Matlab