

## Avis de Soutenance

Monsieur Maxime JACQUEMIN

Science des Matériaux

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Mobilité couplée à haute température et modifications structurales dans les verres Na<sub>2</sub>O-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>*

dirigés par Madame Catherine BESSADA et Monsieur Louis HENNET

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : CEMHTI - Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation

Soutenance prévue le **vendredi 28 janvier 2022** à 10h00

Lieu : Délégation Centre Limousin Poitou-Charentes 3E avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans CEDEX 2  
France

Salle : Amphithéâtre Charles Sadron

### Composition du jury proposé

Mme Catherine BESSADA	CNRS Orléans	Directrice de thèse
M. Laurent DELEVOYE	CNRS Villeneuve d'Ascq	Rapporteur
Mme Sophie SCHULLER	CEA Marcoule	Rapporteuse
M. Dominique DE LIGNY	Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg	Examineur
Mme Ekaterina BUROV	Saint-Gobain Recherche Paris	Co-encadrante de thèse
Mme Christine MARTINET	CNRS Villeurbanne	Examinatrice
M. Bernard GRATUZE	CNRS Orléans	Examineur
M. Louis HENNET	CNRS Orléans	Co-directeur de thèse
Mme Emmanuelle GOUILLART	Saint-Gobain Recherche Paris	Invitée
M. Patrick SIMON	CNRS	Invité

**Mots-clés :** Verre, Diffusion, Structure, Raman, RMN, Imagerie spectroscopique

### Résumé :

La diffusion chimique est impliquée tout au long du processus d'élaboration des produits verriers, depuis l'homogénéisation du mélange fondu à haute température jusqu'aux opérations de fonctionnalisation et de mise en forme au-dessus de la température de transition vitreuse. Cette contribution peut être recherchée pour certains procédés, ou au contraire induire des phénomènes non désirés tels que la cristallisation ou la séparation de phase. Une bonne compréhension des phénomènes diffusifs sur de larges gammes de température et de composition est donc cruciale pour le contrôle et la modélisation des procédés industriels. L'objectif de cette thèse est d'étudier les phénomènes de transport à haute température dans le quaternaire Na<sub>2</sub>O-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. Une stratégie de caractérisation multi-échelle a été adoptée pour étudier le couplage entre la cinétique et les mécanismes des échanges diffusifs dans ce système verrier multicomposant. L'originalité de l'approche consiste à corrélérer des informations sur la mobilité des composants, telle que décrite par une matrice des coefficients de diffusion couplés issue de profils de concentration macroscopiques, aux réarrangements structuraux le long des profils. Pour cela, des techniques spectroscopiques d'analyse résolues spatialement (Imagerie Raman et Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)) ont été exploitées et adaptées pour accéder à des informations sur l'environnement local des espèces. Grâce aux hautes résolutions atteintes, de l'ordre de 1 à 100 μm, il est possible de suivre précisément l'évolution de la structure le long des profils de concentration mesurés. Deux domaines de composition de rapport (Na<sub>2</sub>O+CaO)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> différents sont étudiés. Les résultats mettent en évidence la persistance d'un mécanisme dominant d'interdiffusion entre le sodium et le calcium sur une large gamme de composition, ainsi que l'évolution de mécanismes secondaires impliquant les oxydes formateurs avec le rapport (Na<sub>2</sub>O+CaO)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. En revanche, la concentration en aluminium impacte la cinétique des

échanges. Ce comportement peut être expliqué par l'influence de l'aluminium sur l'environnement et le rôle des éléments du réseau vitreux. Enfin, il est observé que le chemin diffusif décrit par l'évolution de la structure le long des profils correspond à une succession de structures de verres à l'équilibre pour une composition donnée, indifféremment du chemin de diffusion. L'ensemble des données acquises dans le cadre de cette thèse ouvre de nouvelles possibilités pour les outils de modélisation des phénomènes diffusifs dans les systèmes verriers complexes.