



**HAL**  
open science

## Modélisation du transport de l'oxygéné a travers une membrane conductrice mixte ionique et électronique

Camille Gazeau, Eric Blond, Mickaël Reichmann, Pierre-Marie Geffroy,  
Thierry Chartier, Nicolas Richet

### ► To cite this version:

Camille Gazeau, Eric Blond, Mickaël Reichmann, Pierre-Marie Geffroy, Thierry Chartier, et al.. Modélisation du transport de l'oxygéné a travers une membrane conductrice mixte ionique et électronique. Journées Annuelles du Groupement Français de la Céramique, Mar 2013, Orléans, France. hal-00814463

**HAL Id: hal-00814463**

**<https://hal.science/hal-00814463>**

Submitted on 17 Apr 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## MODELISATION DU TRANSPORT DE L'OXYGENE A TRAVERS UNE MEMBRANE CONDUCTRICE MIXTE IONIQUE ET ELECTRONIQUE

Camille GAZEAU<sup>1</sup>, Eric BLOND<sup>1</sup>, Mickaël REICHMANN<sup>2</sup>, Pierre-Marie GEFFROY<sup>2</sup>,  
Thierry CHARTIER<sup>2</sup>, Nicolas RICHET<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LABORATOIRE PRISME, EA 4229 Université d'Orléans, 8 rue Léonard de Vinci, 45072 ORLEANS

<sup>2</sup> LABORATOIRE SPCTS-CNRS UMR7315, 12 Rue Atlantis, 87068 LIMOGES

<sup>3</sup> AIR LIQUIDE CRCD, BP126 78354 JOUY EN JOSAS

### Résumé

Les conducteurs mixtes ioniques et électroniques (MIECs) sont des matériaux prometteurs pour la réalisation de membrane séparatrice de l'oxygène de l'air à haute température. Cette capacité du matériau à se laisser traverser uniquement par l'oxygène est appelée semi-perméation à l'oxygène qui correspond à la propriété la plus importante du matériau de membrane pour cette application industrielle.

Le transport de l'oxygène à travers la membrane peut être divisé en trois étapes principales: la diffusion à travers le volume de la membrane et les échanges entre l'atmosphère et la membrane sur les deux faces de la membrane. La diffusion volumique des anions d'oxygène est décrite par la théorie de Wagner [1]. Les échanges de surface comprennent les phénomènes d'adsorption/désorption, de dissociation/association et d'incorporation/expulsion dans la membrane. Aucun modèle d'échanges de surface proposé dans la littérature ne fait consensus. Ces modèles se répartissent en deux catégories : la première correspond à une extension de la théorie de Wagner en surface [2] et la seconde correspond à une approche réactionnelle par loi cinétique [3-5].

Différentes expérimentations ont été développées pour étudier les échanges de surface et identifier les paramètres de la diffusion volumique. Les mesures réalisées par Geffroy et al. montrent que les sauts de potentiel chimique de l'oxygène sont très différents entre la membrane et les atmosphères oxydantes ou réductrices [6]. À notre connaissance, ces différents sauts ne peuvent pas être reproduits par un seul des modèles de la littérature. De plus, une combinaison d'une extension de la théorie de Wagner pour les échanges entre l'atmosphère oxydante et la membrane et une approche cinétique chimique pour les échanges entre l'atmosphère réductrice et la membrane permet seulement de reproduire le régime permanent et non le régime transitoire. La recherche d'un modèle de surface décrivant le régime transitoire doit être réalisée en vue d'utilisation industrielle du matériau, car c'est au cours de cette période que les contraintes mécaniques résultant de la déformation induite par la perméation sont les plus importantes.

Cette présentation propose un nouveau modèle macroscopique des échanges de surface décrivant les échanges entre les atmosphères avoisinantes (oxydante ou réductrice) et la membrane pendant le régime transitoire. Le modèle suppose que le flux est gouverné par les phénomènes d'association et de dissociation des oxygènes adsorbés ainsi que par un coût énergétique élevé lors de l'oxydation ou de la réduction de l'oxygène en anions. La conservation d'une espèce transitoire en surface est introduite pour prendre en compte ces deux phénomènes. Les résultats de simulation reproduisent convenablement les mesures réalisées par Geffroy et al. [6].

### Références

- [1] C. Wagner, Equations for transport in solid oxides and sulfides of transition metals, Prog. Solid State Ch., (10), 3-16, 1975.
- [2] H.J.M. Bouwmeester et al, Importance of the surface exchange kinetics as rate limiting step in oxygen permeation through mixed-conducting oxides, Solid States Ionics, (72), 185-194, 1994.
- [3] S. J. Xu et al, Oxygen permeation rates through ion-conducting perovskite membranes, Chem. Eng. Sci., (54), 3839-3850, 1999.
- [4] S. Kim et al, Oxygen surface exchange in mixed ionic electronic conductor membranes, Solid State Ionics, (121), 31-36, 1999.
- [5] S.B. Adler et al, Mechanisms and rate laws for oxygen exchange on mixed-conducting oxide surfaces, J. Catal., (245), 91-109, 2007.
- [6] P.M. Geffroy et al, Influence of oxygen surface exchanges on oxygen semi-permeation through La(1-x)SrxFe(1-y)GayO3-δ dense membrane, J. Electrochem. Soc., (158), 1-9, 2011.