



**A haute température durabilité
rime avec simplicité :**



Lutter contre l'infidélité des cations !

Jean-Marc BASSAT

Directeur de Recherche CNRS

Co-responsable axe "Production" FRH2

09 Mars 2021

ICMCB - INC

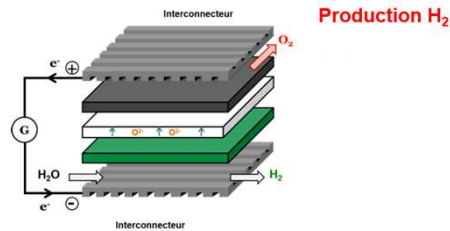
jean-marc.bassat@icmcb.cnrs.fr

©SmirkDingo/Stock.Adobe.com

La cellule céramique, un système *simple* à quatre composants majeurs



Production H₂ Electrolyse HT



700 < T°C < 800

Rendements élevés 😊

Durabilité des performances limitée ☹️

Dans la vraie vie ... Exemple de cellule optimisée *durable*

Table I. Cell and stack components of the used SOEC stack.

Function	Material name
Cell frame	Crofer 22 APU
Interconnector	Crofer 22 APU
Protective coating	MCF
Contact coating (+)	LCC 10
Air electrode	LSCF
Barrier layer	GDC
Electrolyte	8YSZ
Fuel electrode	Ni/8YSZ
Substrate	Ni/8YSZ
Contact (-)	Ni mesh

Couches de protection



Lutter contre l'infidélité des cations

Cellule élémentaire:
~10x10 cm²
e < 0,5 cm

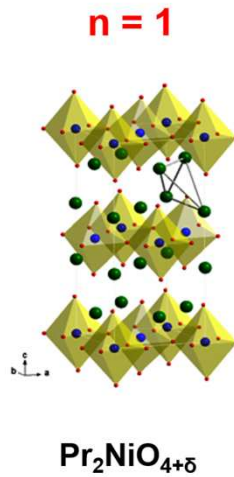


1 – Recherche d'oxydes à conductivité mixte e⁻ / O²⁻ (**électrodes**) : Ex. des oxydes de praséodyme et de nickel (Ni²⁺ / Ni³⁺ - Pr³⁺ / Pr⁴⁺)

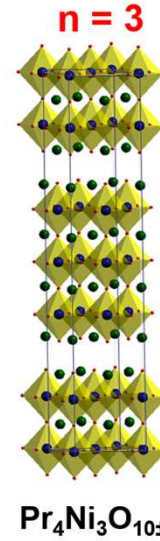


Des oxydes à n couches

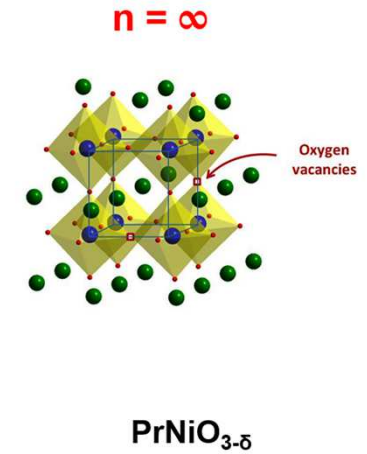
Connaissance approfondie de
la chimie et la physico-chimie
des oxydes conducteurs
(chimie du solide /
caractérisations croisées)



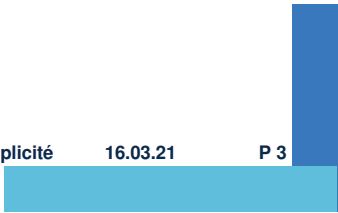
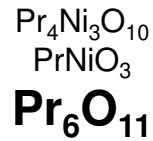
Excellent conducteur
Très mauvaise stabilité thermique
(dépend du courant appliqué !)



Bon conducteur
Bonne stabilité thermique

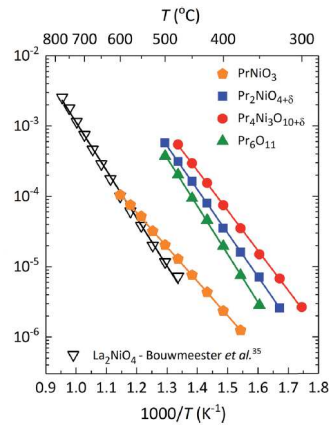


Conductivité limitée
Bonne stabilité thermique



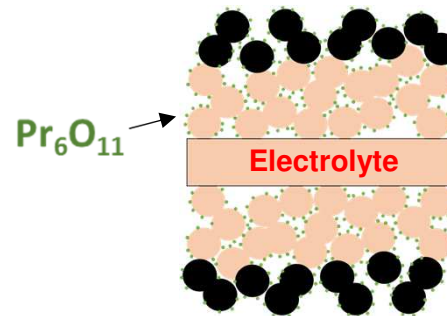
1 / 2 – L'oxyde de praséodyme (et de nickel): conducteur mixte e⁻ / O²⁻ conjugué à une mise en forme simplifiée

Vitesse d'échange
de l'oxygène



Mise en forme d'électrodes
composites par infiltration d'une solution

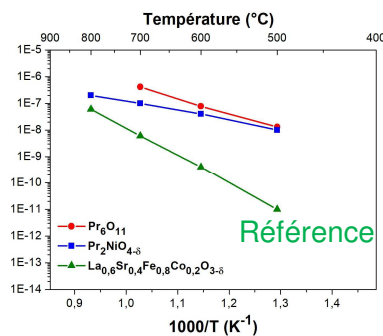
Cristallisation de l'oxyde à basse T°



Oxyde simple (1 cation)
Réactivité chimique réduite
Mise en forme à T° réduite

**Performances électrochimiques
durables !**

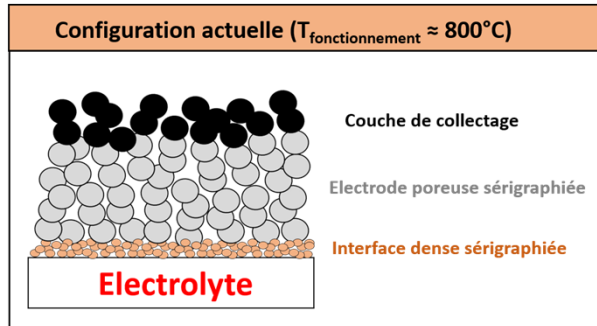
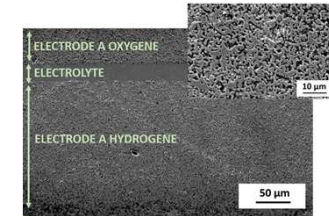
Diffusion de
l'oxygène



2 - Simplifier la mise en forme des cellules

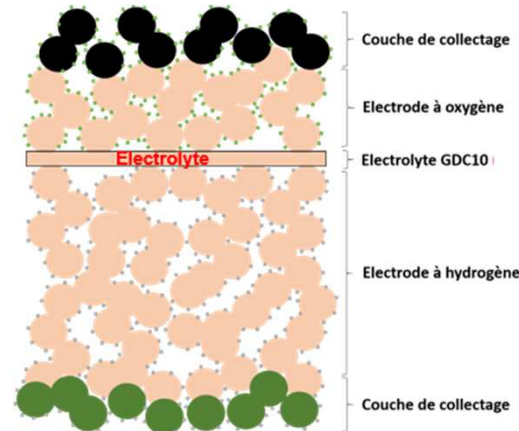
Développement original de la mise
en forme de **cellules complètes - coulage en bande -**

Frittage à T° unique de l'ensemble poreux / dense / poreux
d'un matériau unique



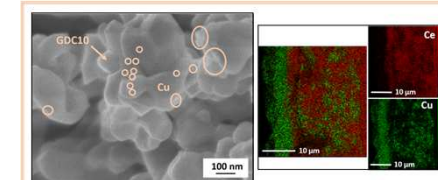
Une T° de recuit par couche !

Avant infiltration de nano-particules pour chaque électrode



Infiltration en milieu supercritique

Electrode H₂ (Cu)



- Infiltration à cœur homogène
- Nanoparticules désagglomérées

Matériau unique:

Pas d'interfaces !

Conclusions: A haute température les cations ont la mauvaise idée de vouloir diffuser d'une couche vers une autre (réactivité chimique) pour former des *phases indésirables* qui pénalisent le fonctionnement de la cellule à long terme



Jouer sur la chimie:

minimiser le nombre de cations mis en jeu
et / ou favoriser une réactivité « positive »
(ex: Pr - Ce)



Jouer sur la mise en forme:

Simplification pour minimiser les interfaces
et / ou préparer des électrodes composites
performantes à T° réduite



Merci pour votre attention

www.cnrs.fr

jean-marc.bassat@icmcb.cnrs.fr

Remerciements



C. Nicollet
L. Guesnet
E. Bonnet - PhDs
A. Flura
V. Vibhu

J.C. Grenier
S. Fourcade
A. Villesuzanne
M. Pouchard

J. Gamon
L. Etienne
F. Mauvy
A. Rougier

www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr
www.cnrs.fr



P.M. Geffroy
T. Chartier



C. Nicollet
A. Le Gal La Salle
O. Joubert



J. Vulliet
J. Laurencin
J. Mougín



R.K. Sharma
E. Djurado



O. Wahyudi / R. Dutta
W. Paulus

A haute température durabilité rime avec simplicité

16.03.21

P 8

