



Différentes Modélisations de Transfert de Chaleur dans une Pile à Combustible à Oxyde Solide

Rachida Djahra
Faculte Des Sciences et Sciences de L'Ingenieur
Departement de Physique, Université Kasdi Merbah
30 000 Ouargla, Algérie

djahrarachida@yahoo.fr

Résumé: Le but de cette étude est l'analyse et l'obtention du rendement et de la performance d'une pile à combustible de type (SOFC) sous l'effet des différentes surtensions. La comparaison de la performance de la pile pour différentes sources de chaleur. Les champs bidimensionnels de température sous l'effet des sources de chaleur. L'effet de la température sur la résistance, les pertes de concentration, les pertes globales, la densité de courant, la densité de puissance et le potentiel est étudié.

Mots clés: Pile à Combustible, Anode, Supportée, Electrolyte, Cathode.

I. INTRODUCTION

Les piles à combustible produisent de l'énergie électrique par un processus électrochimique. Il existe différents types de piles à combustible qui se distinguent par leur température d'utilisation. Dans le cadre de ce travail, les piles haute température totalement solides sont étudiées (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC). Le domaine d'application pour ce genre de dispositif est l'énergie stationnaire (maison, industrie) ou l'énergie mobile (auxiliaire de puissance pour les voitures, ...). Les problèmes majeurs des SOFC, qui freinent leur utilisation, résident dans leur température de fonctionnement élevée, d'environ 1000°C, et dans leur miniaturisation. Une telle température de travail implique :

- L'utilisation d'électrodes et d'interconnecteurs en céramiques.
- Et un vieillissement prématuré de l'électrolyte solide.
- Afin de circonvenir ces problèmes, la solution qui consiste à diminuer la température d'utilisation aux alentours de 700°C (Intermédiaire Température-SOFC : IT-SOFC

II. Principe de Fonctionnement

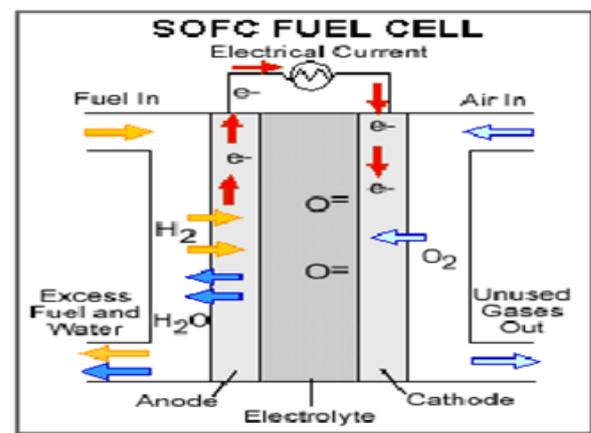


Fig.1 Schéma de principe d'une cellule SOFC .

III. Modélisation mathématique Equations régissant les phénomènes

Equation d'énergie

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{eff,ele} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{eff,ele} \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + S_{T,ele} = 0$$

Le terme source

$$U_{cell} = E_{Nernst} - \eta_{Ohm} - \eta_{conc} - \eta_{act}$$

La source due aux pertes ohmique s'exprime comme suit :

$$S_{Ohm,an} = \frac{i^2}{\sigma_{an}}$$

La source due aux pertes d'activation s'exprime comme suit :

$$S_{act,an} = \eta_{act,an} \cdot i$$

$$\eta_{act,an} = \frac{RT}{2F} \cdot \ln \left(\frac{i}{i_{0,an}} \right)$$



Les pertes de concentration sont exprimées comme suit

$$\eta_{conc} = -\frac{RT}{n\alpha F} \cdot \ln\left(1 - \frac{i}{i_L}\right)$$

Le but de cette étude est l'analyse et l'obtention de la performance d'une pile à Combustible à oxyde solide (SOFC) sous l'effet des différentes surtensions. Les champs bidimensionnels de température dans l'anode poreuse, sous l'effet des sources de chaleur, en fonction des densités de courant (configuration géométrique anode supportée) sont obtenus.

IV. Résultats

Distribution de la température le long de la cellule

La figure 2 représente le profil de température dans la région anodique et sous des conditions standards et pour différentes sources de chaleur. On remarque une évolution progressive le long de la cellule, avec toutes les sources. Cette augmentation de température est due à la chaleur dégagée lors de la formation de l'eau avec la source chimique et on remarque que l'effet de la source chimique est négligé par rapport à la source ohmique, car la courbe de la température avec la source ohmique est confondue avec celle de la source globale.

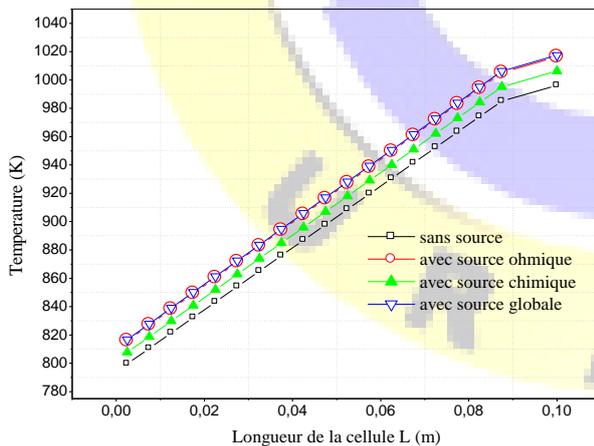


Fig 2 Distribution de la température le long de la cellule.

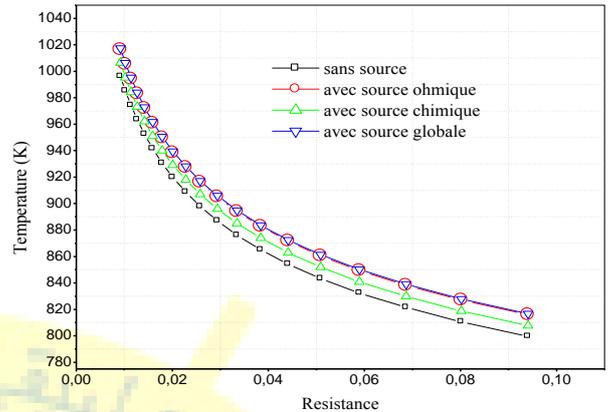


Fig 3 Température en fonction de la résistance.

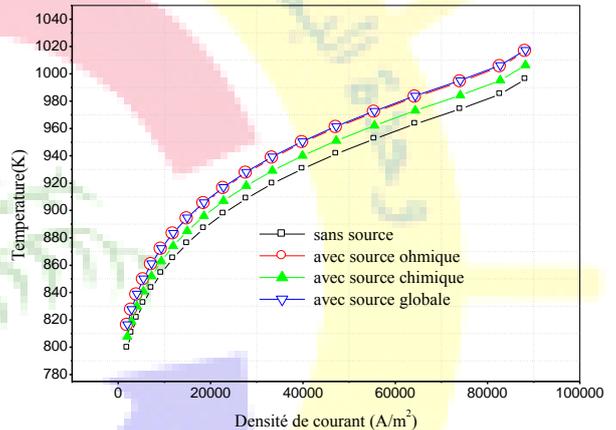


Fig 4 Profil de la température en fonction de densité de courant.

V. Température bidimensionnelle dans l'anode

Les résultats de ce modèle thermique négligeant le terme convectif, montrent l'effet des trois types de source de chaleur; effet Joule, chaleur due à la réaction électrochimique et celle due aux pertes globales (ohmique, chimique, et concentration), sur l'élévation de la température dans la partie anodique d'une pile SOFC suivant le plan parallèle au sens de l'écoulement.

L'élévation de la température dans l'anode d'une cellule de la pile SOFC à anode supportée (500/10/50 μ m) est suivant la simulation bidimensionnelle. La valeur de la température maximale est selon le type de source de chaleur. On remarque, quelque soit la source de chaleur que la température maximale est toujours située à la fin de l'anode. La température sans source présente aussi une élévation faible de 993.138 K.



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Notre champ de température est plus proche à celui de Marco Mulas et al.

Température maximale (K)	
sans source	983,096
source ohmique	1003,18
source chimique	993,138
source globale	1004,18

Tableau 1 Température maximale.

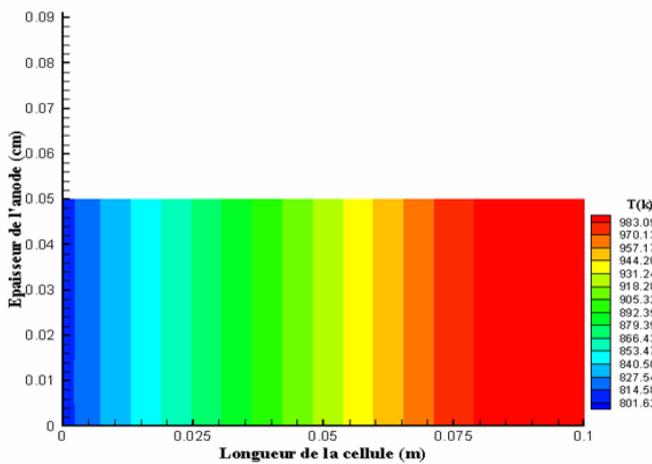


Fig 5 Champ de température sans source de chaleur.

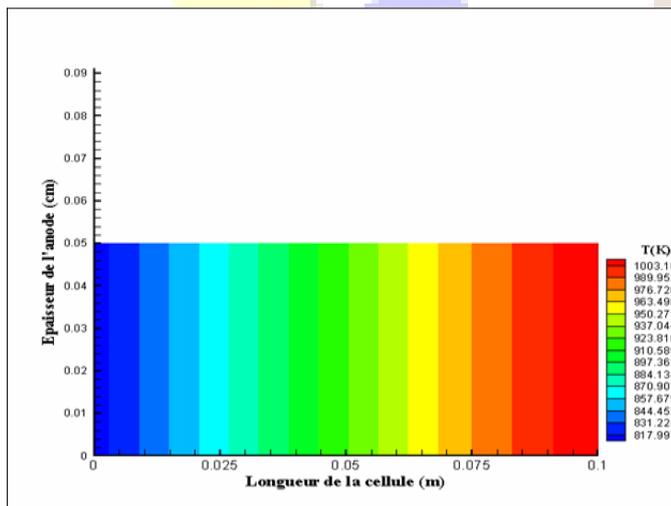


Fig 6 Champ de température sous l'effet de la source ohmique.

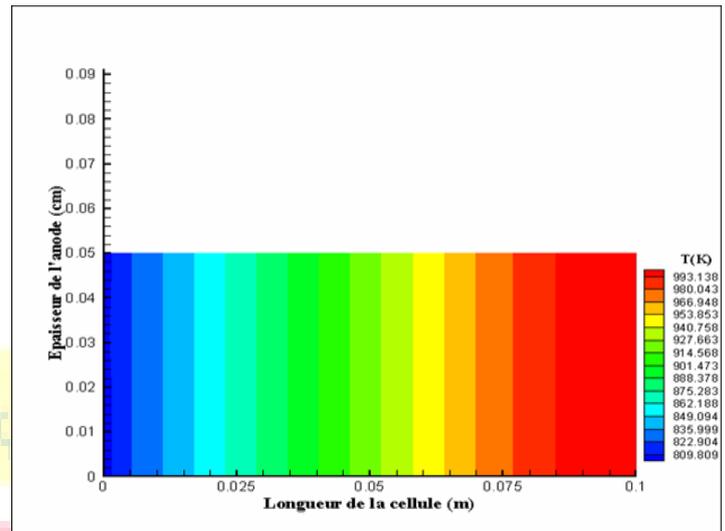


Fig 7 Champ de température sous l'effet de la source chimique.

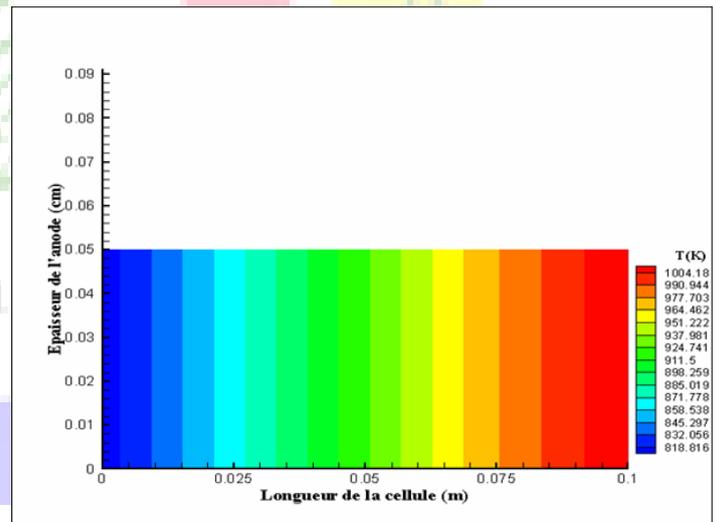


Fig 8 Champ de température sous l'effet de la source globale.



REFERENCES

- [1] Pascal Briois, Synthèse par pulvérisation cathodique et caractérisation d'électrolytes solides en couches minces pour piles à combustible à oxydes solides (SOFC) fonctionnant à température intermédiaire, thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Lorraine, France, 28 Octobre 2005.
- [2] Marie Cécile Pera, Systèmes pile à combustible enjeux-technologies applications perspectives, Université de Franche-Comte, 2005.
- [3] Fabrice Mauvy, Les piles à combustible produiront-elles l'énergie propre de demain, Institut de la chimie de la matière condensée de Bordeaux I (ICMCB-CNRS), 12 Octobre 2004.
- [4] Cécile Lalane, Synthèse et mise en forme de nouveaux matériaux de cathode pour piles IT-SOFC, thèse de doctorat de l'université de Bordeaux I, pp 31–36, 24 Octobre 2005.
- [5] David Rotureau, Développement de piles à combustible de type SOFC, conventionnelles et mono- chambres, en technologie planaire par sérigraphie, thèse de doctorat de l'école nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, pp 10–22, Juin 2005.
- [6] Tristan Pichonat, Etude, conception et réalisation d'une pile à combustible miniature pour applications portables, thèse de doctorat de l'université de Franche-Comté, pp 26–29, 27 Février 2004.
- [7] Yixin Lu, *Numerical simulation of a flat-tube high power density solid oxide fuel cell*, PhD thesis, Pittsburgh University, 2005. "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [8] Richard E. Sonntag et al, Fundamentals of thermodynamics solution manual, Wiley, New York, 1998.
- [9] Chan, S, H et al, A complete polarization model of a solid oxide fuel cell and its sensitivity to the change of cell component thickness, Journal of Power Sources, No 93, pp 130–140 2001.
- [10] Marco Mulas et al, A Quasi-3D computer model of a planar solid-oxide fuel cell stack, CRS4, Parco Polaris, 09010 Pula, Italy, 2004.

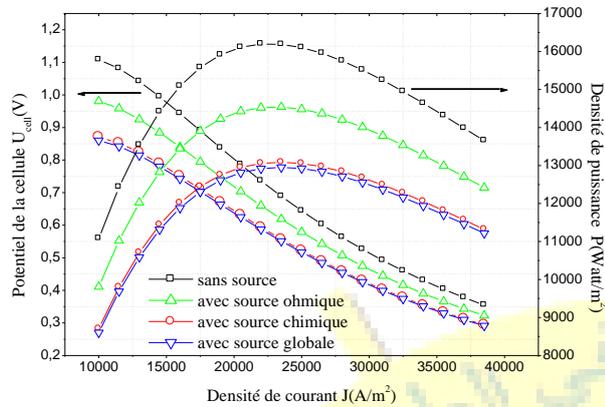


Fig 9 Potentiel et densité de puissance en fonction de la densité de courant.

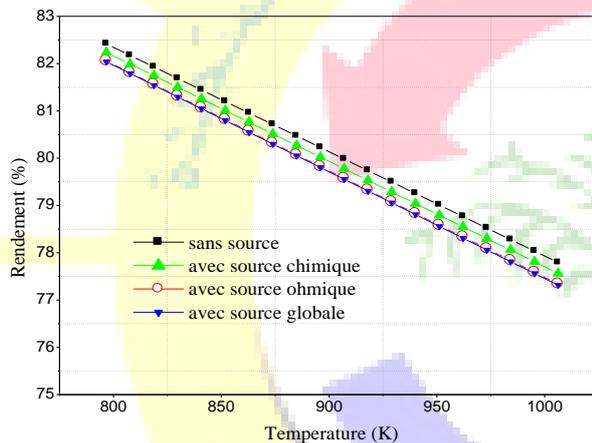


Fig 10 Rendement en fonction de la température.

VI. CONCLUSIONS

Pour une meilleure compréhension de phénomène de transfert de chaleur ayant lieu dans l'anode d'une pile SOFC type planaire pour un matériau standard Ni-YSZ/YSZ/LSM des équations mathématiques régissant ce dit phénomène ont été développées. D'après les analyses des résultats obtenus, il est apparu que le modèle développé pour la pile peut être un outil de conception futur très puissant (réactions électrochimiques, présence des termes sources...). Les solutions du modèle ont éclaircis le phénomène de transfert de chaleur dans l'anode et ont permis des analyses plus détaillées. Cette étude montre le champ de température dans l'anode de la pile SOFC.