






MODELISATION MULTIPHYSIQUE DE LA PILE A COMBUSTIBLE PEMFC


 IREENA – Institut de Recherche en Energie
Electrique de Nantes Atlantique

 Encadrement : Yasser DIAB (IREENA)

 Du 19 février au 21 août 2024 (durée : 6 mois)

 Co-encadrement : Bruno AUVITY (LTEN)

 Stagiaire : Mansour Sy BA

 Financement : IUML / CARGO

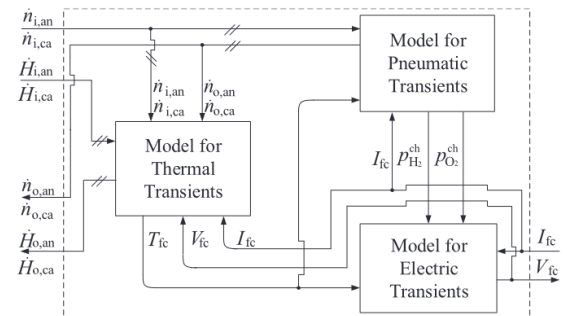
Problématiques, défis, enjeux

- La compréhension des **réactions électrochimiques** dans une **PEMFC** est complexe, car elle implique des facteurs tels que la **température**, la **pression** et le **catalyseur**, ainsi que des phénomènes tels que la diffusion des espèces réactives, la conductivité ionique et électronique, la perméabilité des gaz et la porosité.
- Modéliser les réactions dans la PEMFC est un vrai défi qui nécessite des modèles multi-échelles et des techniques expérimentales avancées.
- Dans le cadre de l'utilisation des piles à combustible PEMFC dans un système **multi-source** à grande échelle tel que le **transport maritime à Saint-Nazaire**, l'objectif de ce travail est de développer un **modèle multiphysique** permettant une gestion optimisée de l'énergie dans ce système multi-source.

Méthodologie

Développement d'un modèle multiphysique intégrant trois sous-modèles: **électrique, thermique et pneumatique**.

- La partie électrique utilise un réseau RC pour représenter les phénomènes d'activation, de concentration et ohmiques, avec des résistances, une **capacité double couche**, et la tension réversible basée sur **les paramètres électrochimiques**.
- La partie thermique repose sur l'équation de **transfert de chaleur**, prenant en compte la chaleur générée par les réactions chimiques, celle consommée et les échanges par **convection** entre les cellules du stack.
- La partie pneumatique utilise l'équation $PV=nRT$ pour relier les **pressions** et **débits d'entrée**, de sortie et des réactions des réactifs (**hydrogène, oxygène**) et du produit (**eau**).



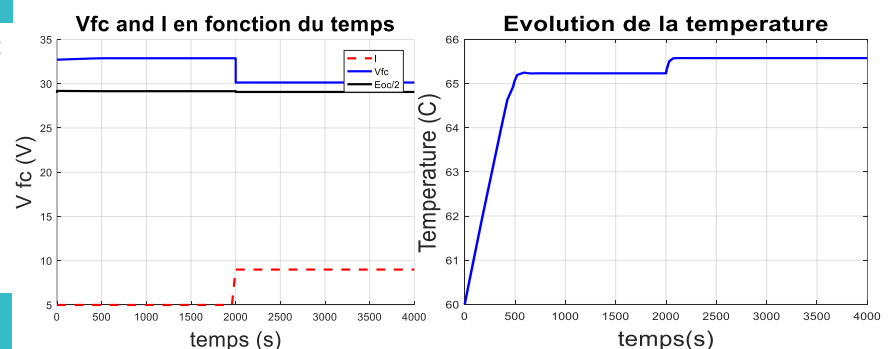
$$V_{fc} = E_{oc} - V_{act} - V_{con} - V_{ohm}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{M_{fc} \cdot C_{th}} \left(\frac{dQ_c}{dt} - \frac{dQ_E}{dt} - \frac{dQ_L}{dt} \right)$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{RT}{V} (\dot{m}_{inlet} - \dot{m}_{outlet} - \dot{m}_{reaction})$$

Résultats

Le modèle développe le **comportement transitoire** de la PEMFC autour du **point de fonctionnement**, représentant la tension totale aux bornes pour des **charges variables** et l'évolution de la température avec un système de refroidissement.



Conclusion, perspectives

Un modèle multiphysique a été développé, et **l'identification des paramètres** est en cours de réalisation expérimentalement. Ce modèle sera appliqué à une pile réelle avec une charge variable et un système de gestion thermique. Cette approche optimise les performances en conditions réelles en prenant en compte les variations de charge et les besoins thermiques.