



## DIAPASON2 : DIAGNOSTIC de Pile à combustible Pour Applications automobiles et Stationnaires sans instrumentation 2<sup>ème</sup> phase

**Type de projet :** Projet financé par l'ANR  
Janvier 2011 → septembre 2014.

**Coordination :** Coordinateur : Philippe Mocoteguy (PhD), EiFer, France.  
[Philippe.mocoteguy@eifer.org](mailto:Philippe.mocoteguy@eifer.org)

**Partenères :** EIFER, European Institute For Energy Research, France.  
FCLAB, Fuel Cell Laboratory, Fédération de recherche CNRS, France.  
IFSTTAR, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, France.  
Université d'Aix-Marseille, France.  
CEA, Commissariat aux Energies Alternatives, France.  
3D+, France.

### Objectif général du projet et sa problématique

Le déploiement à grande échelle de la pile à combustible ne se fera que si elle est suffisamment robuste pour garantir une continuité de service au client. Cela nécessite des outils de diagnostic de défauts efficaces. Le projet DIAPASON 1 avait permis de développer différents algorithmes de diagnostic de gestion de l'eau dans les PEMFC, basés modèles et reconnaissance des formes. Il avait aussi abouti à réaliser une carte d'acquisition déportée à base de GMR (Giant Magneto Resistance), validée sur un stack. Sur la base de ces résultats, DIAPASON 2 visait à développer de nouveaux algorithmes plus efficaces et d'élargir leurs champs d'application à d'autres défauts. En parallèle, il avait pour objectif d'améliorer les performances des capteurs GMR et d'intégrer dans un composant unique (SiP ou System in Package), réalisé par une PME industrielle de microélectronique, la carte d'acquisition développée au cours de la phase 1 avec des cartes mémoire et de traitement. In fine, le projet avait pour but d'intégrer les algorithmes développés dans le SiP et de valider le tout sur un système réel.

### Méthodes et technologies utilisées

De nouveaux algorithmes basés signal ou reconnaissance des formes ont été intégrés dans de nouveaux composants électroniques avec capteurs GMR. D'abord, les performances des capteurs GMR développés durant la 1<sup>ère</sup> phase du projet ont été améliorées. Puis, un composant (SiP - System in Package) dédié a été développé. Réalisé par la société 3D+, il intègre: une cellule de capteurs GMR ainsi que les unités de calcul et de mémorisation. En parallèle, des algorithmes ont été développés selon une approche en 3 étapes: "étiquetage" des données, extraction et classification de paramètres pertinents. Pour l'étiquetage, un modèle physique et la classification par la méthode des k-moyennes sont utilisés. Pour l'extraction des paramètres, 4 méthodes et 3 classifieurs ont été explorés. Mais une implémentation des algorithmes dans la puce nécessite de minimiser les temps de calcul et l'espace mémoire. Aussi, l'utilisation couplée de deux approches (Fisher Discriminant Analysis et Support Vector Machine) a été sélectionnée. L'ensemble a été validé sur système réel et différents modes de défauts: il permet le diagnostic en temps réel de l'état de cellules individuelles ou regroupées, contigües ou réparties dans le stack et s'insère dans des instrumentations embarquées.

### Résultats majeurs

Le projet a abouti:

- Au développement d'algorithmes de diagnostic reposant sur des méthodes basées signal.
- La sélection d'une méthode permettant d'obtenir le meilleur compromis en termes de qualité des résultats obtenus par l'algorithme et de facilité d'intégration dans la puce: Fisher Discriminant Analysis (FDA) + Support Vector Machine (SVM).
- Au développement d'un composant intégré, SiP.

- À la réalisation de 2 cartes matérielles intégrant les algorithmes et à leur validation sur systèmes réels.

Il ouvre la voie à la réalisation de systèmes embarqués de diagnostic ou d'estimation de durée de vie.

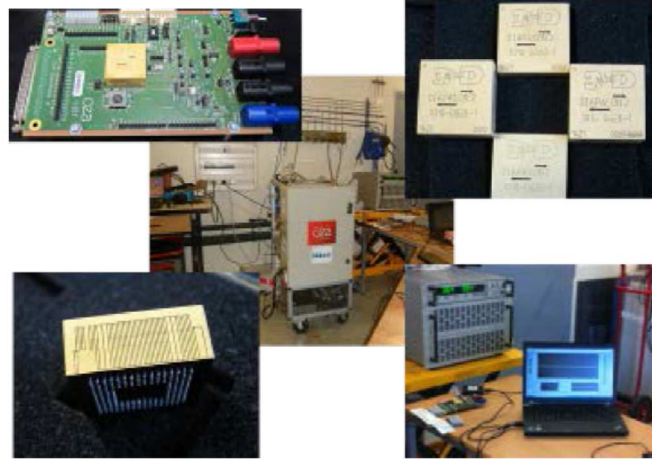


Figure 1 : Carte de test et ses composants avec essais de validation.