



Stage au sein du CDER sur la Thématique : Maîtrise de risques d'explosion d'un mélange H_2/O_2 dans un système de piles à combustible PEMFC

Gaspard DE VERDAL

Stagiaire

ENSI - France

Email : gaspard.de-verdal@ensi-bourges.fr

Email : mah2bouziane@gmail.com

Email : khaled.chetehouna@ensi-bourges.fr

1. Introduction

Cette présentation concernant le développement d'une approche analytique d'analyse des risques probables à se développer dans une pile à combustible PEMFC en présence de l'hydrogène est une partie d'une étude qui est incitée dans le cadre d'une convention de stage pratique qui a été signée entre l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bourges (ENSI-France) et le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER-Algérie) dont le but est d'étudier et d'analyser les risques associés à l'hydrogène dans les piles à combustible PEMFC. Ce stage est encadré par Mr. Bouziane MAHMAH (Maître de stage) au sein du CDER (Algérie) avec le suivie de Dr. Khaled CHETEHOUNA (Tuteur pédagogique) à l'ENSI (France).

2. Problématique

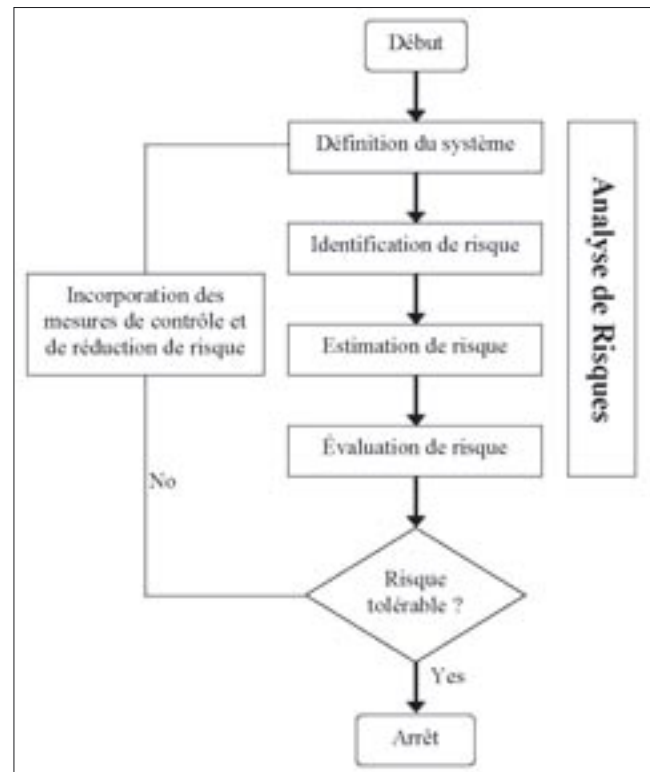
La stratégie de développement d'une société d'hydrogène est basée principalement sur la notion de la sûreté (énergétique et environnementale) où la technologie de piles à combustible se présente comme l'élément principal de cette stratégie. Cet élément qui est un outil de conversion, produit à la fois de l'énergie électrique, de l'énergie thermique et de l'eau d'une manière fiable, très efficace et respectueuse de l'environnement, via un procédé électrochimique et non de combustion. La technologie la plus prometteuse à l'heure actuelle est la pile à combustible à membrane échangeuse de protons PEMFC fonctionnant à l'hydrogène. Cependant, il est primordial d'intégrer des mesures de la sûreté opérationnelle de ces piles dans l'ensemble des mécanismes déterminant leurs performances.

Cela exige des analyses de sûreté de fonctionnement dans un état dynamique, d'un composant jusqu'au système tout entier de piles à combustible/hydrogène pour différentes applications (stationnaires, transport et portatif). Ces analyses indiquent les conditions essentielles pour une protection totale notamment en ce qui concerne les risques liés aux matériels, aux personnes et à l'environnement.

Ce travail se concentre principalement sur le développement d'une approche analytique d'analyse des risques probables

peuvent se développer dans une pile à combustible PEMFC en présence de l'hydrogène. Cette0 approche est basée sur l'analyse de la matrice des effets [conditions opératoires (température, pression, humidification) / fragilisation des éléments de la pile (plaques bipolaires, canaux de diffusion de gaz, membrane)] avec l'examen des risques associés à la diffusion de l'hydrogène dans les compartiments de cette pile et la quantification de l'ampleur de la formation d'une atmosphère du mélange (hydrogène/oxygène) explosive qui peut conduire, en présence d'une faible étincelle, à une explosion.

3. Procédure d'évaluation des risques



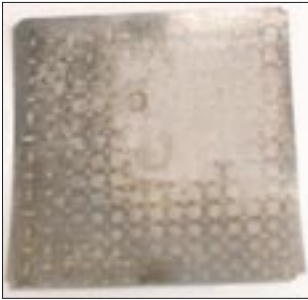
4. Incitations de l'étude

Au cours des tests au niveau du « Laboratoire Hydrogène-Energie » au « CDER-Algérie » un fort claquement lumineux

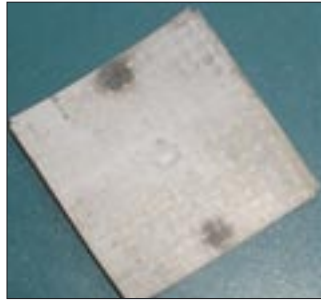


est produit brusquement dans une pile à combustible, suivi d'un arrêt de fonctionnement.

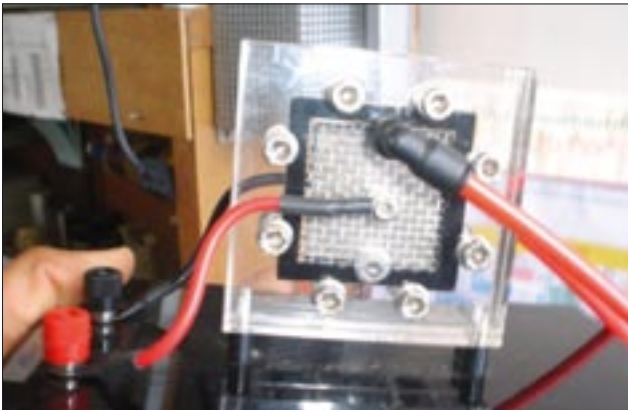
- Cause: Non identifié
- Conséquence:
 - Dégâts humains (Blessures): Néant
 - Dégâts environnementaux : Néant
 - Dégâts matériels : Endommagement complet de la pile
- Présentation des images des plaques bipolaires suite à cette explosion à l'intérieur de la pile à combustible :



a) Les traces de l'explosion sur la plaque bipolaire du côté Anodique



b) Les traces de l'explosion sur la plaque bipolaire du côté Cathodique



c) La pile dans son état normale

5. Analyse de risques

Notre étude et analyse de risques sont basées sur les conséquences d'un endommagement qui peut se produire dans une pile à combustible, tels que :

1. En cas d'un manque d'alimentation en hydrogène (ou un surplus d'hydrogène), d'autres réactions chimiques remplacent la réaction anodique habituelle pour maintenir le courant électrique. Il va s'établir une réaction non souhaitée, comme la dégradation de l'électrode par exemple. Ce processus peut causer des dégâts non réversibles en moins d'une seconde. L'alimentation en hydrogène doit toujours être modérée pour maintenir la réaction.
2. Un assèchement de la membrane augmente sa résistivité et conduit donc à un échauffement qui l'assèche encore plus. Ceci peut conduire à une destruction d'origine thermique. De plus, des contraintes mécaniques dans la membrane en cours d'assèchement peuvent causer des fissures. Ces phénomènes

se produisent après quelques secondes et un assèchement non modeste peut être irréversible, et le rétablissement de l'état initial sera impossible.

3. Des pressions trop élevées peuvent causer des dégâts, notamment une différence de pression entre l'anode et la cathode doit être supportée par la membrane. Des membranes Nafion avec une épaisseur importante (200 μm) supportent une différence de pression jusqu'à deux bars alors que d'autres membranes beaucoup plus fines sont plus sensibles à des différences de pression.

4. Une température trop élevée peut causer des dégâts dans la pile. Notamment la membrane et les joints d'étanchéité sont sensibles à la chaleur.

Lorsque on a un problème au niveau d'une cellule individuelle de la pile à combustible, l'évènement ne sera pas dangereux, dans un cas pareil, des effets décrits précédemment, où il y a un manque d'hydrogène ou un assèchement très élevée de la membrane, la débitation du courant s'arrête.

Dans un Stack (empilement de cellule), la situation est différente et l'endommagement sera grave : quand une ou quelques cellules ont un problème, les autres maintiennent le courant électrique ce qui peut conduire à un renversement de la tension aux bornes des cellules défectueuses et la situation demande le déclenchement d'un arrêt d'urgence qui permet d'éviter l'évolution de la destruction de la pile.

6. Solutions envisagées

Dans un document présenté à l'« Office Européen des Brevets » intitulé: "Procédé et dispositif de sécurité pour le démarrage d'une pile à combustible", et publié le 22 mai 2002.

On évoque la constatation suivante: Dans les piles du type PEMFC, on conçoit qu'il convient de maintenir et de stabiliser des conditions d'alimentation des circuits anode et cathode, de telle manière qu'en aucun cas, il ne puisse se produire entre l'hydrogène et l'oxygène de l'air un mélange explosif à même d'être la cause d'incidents, voire d'accidents graves. Tel est aussi le cas lors de l'arrêt d'une pile à combustible, étant donné que la chute de pression qui intervient dans le ou les compartiments anode par la consommation de l'hydrogène, le refroidissement qui s'y installe et la condensation de l'eau, peuvent être la cause d'entrée intempestive d'air susceptible de faire naître avec l'hydrogène résiduel un mélange explosif.

Donc, Il est absolument impératif de supprimer tout risque de création d'un mélange explosif dans les compartiments de la pile à combustible, avec un contrôle qui doit surveiller les paramètres de fonctionnement afin d'éviter une destruction de la pile. Exemple, pour éviter une surchauffée en raison d'un manque d'eau, les paramètres concernant la pression et la température peuvent être détectés à l'aide de capteurs de pression et de température.

Conclusion

A travers ce stage, on essaye de ressortir des éléments prédictifs pour atténuer les risques à travers le contrôle des conditions opératoires définies.