

Piles à combustible pour services télécoms

Note de synthèse



1. Préambule

Les piles à combustible (PAC) faisant actuellement l'objet de nombreuses communications, cette note de synthèse est établie dans le cadre d'une veille technologique pour répondre aux attentes des prescripteurs, des opérateurs, des équipementiers et des fournisseurs d'énergie. Ils s'interrogent en effet sur les progrès réalisés et sur les perspectives d'emploi, notamment dans le secteur des télécommunications.

L'état des lieux ci-après a pour but de décrire l'état de l'art, de recenser les offres commerciales et de définir les conditions d'utilisation des PAC.

2. Le développement des cœurs de pile

Le principe de la PAC est connu depuis 150 ans mais la mise en œuvre industrielle des cœurs de pile, dans des conditions satisfaisantes de coût et de fiabilité, commence seulement à faire son apparition.

Dans le secteur des télécommunications, c'est la filière polymère à **basse température** de type PEMFC qui se développe car les équipements de réseaux dissipent toute l'énergie électrique consommée et, sauf exception, il n'y a pas d'énergie thermique à récupérer pour le chauffage des locaux par le biais d'une cogénération.

Les PAC font actuellement l'objet de nombreuses recherches, accompagnées de gros moyens financiers, pour augmenter leurs performances et surtout diminuer leur **coût**. En effet, la réaction électrochimique de recombinaison à partir de l'hydrogène et de l'oxygène nécessite la présence d'un catalyseur au platine. C'est l'un des freins au développement commercial des PAC car les quantités de platine à mettre en jeu sont relativement importantes, donc onéreuses, mais l'on pense déjà au recyclage.

Les limites des membranes actuelles, issues des composants de la société Du Pont de Nemours, sont connues en termes de coût, de performances et de stabilité, mais les nouveaux développements de la société 3M suscitent un grand intérêt car cette société a décidé de passer à la phase de commercialisation des AME (*Assemblages Membranes Electrodes*). Ces AME sont adaptées pour satisfaire les conditions opératoires particulières des intégrateurs, ou utilisateurs des systèmes, car la PAC comporte des dispositifs auxiliaires pour l'alimentation en combustible, le reformage éventuel, le traitement de l'air, la gestion de l'énergie, etc.

Contrairement à la plupart des fabricants de cœurs de piles, qui travaillent encore de façon « artisanale », la société 3M a mis en place une chaîne automatisée capable de fournir des AME en grande quantité, ce qui apporte des meilleures garanties de fiabilité et de reproductibilité.

Dans l'industrie française, des jeunes sociétés comme AXANE (*filiale d'Air Liquide*) et HELION (*filiale du Groupe AREVA*) annoncent une entrée des PAC sur le marché industriel, mais nous sommes toujours au début du processus de pré industrialisation. Par contre, une société américaine comme IDATECH propose une gamme allant jusqu'à **15 kW** et la cadence de fabrication sera portée à 100 exemplaires par mois en 2007.



Pile IDATECH ElectraGen 5 kW/48V

3. Les piles pour applications stationnaires

Les sociétés mettant en œuvre des PAC de type PEM cherchent à se positionner sur trois marchés susceptibles d'ouvrir de larges débouchés à court ou moyen terme :

- Les générateurs portables multi applications,
- Les applications de transport pour véhicules hybrides,
- Les applications **stationnaires** faisant l'objet de cette note de synthèse.

Pour des applications stationnaires de puissance inférieure à 50 kW, les PAC sont alimentées directement par des bouteilles d'hydrogène ou par le biais de reformeurs produisant l'hydrogène sur le site d'utilisation. De ce fait, leur généralisation pourrait voir le jour rapidement, soit dix ans au moins avant leur diffusion à grande échelle dans le secteur de l'automobile. Dans ce type d'application, le choix d'une tension de sortie de **48V CC**, y compris pour les circuits de contrôle/commande de la PAC, facilite la mise en œuvre et l'on entrevoit trois utilisations possibles: les sources de **secours**, les sources **d'appoint** et les sources **temporaires**.

Pour ces trois utilisations, les caractéristiques annoncées par IDATECH sont prises en compte :

- lancement de la pile en moins de deux secondes (*asservissements inclus*)
- puissance nominale délivrée en moins d'une minute (*asservissements inclus*)
- régulation de la tension de sortie 48V (*tension ajustable par incrément de 0,5V*)
- niveau sonore inférieur à 70 dB (A) à 1m (*dispositifs auxiliaires inclus*)
- rendement électrique supérieur à 50% (*asservissements inclus*)
- température de fonctionnement comprise entre -40 à +50°C (*veille entre -30 et +70°C*)
- stockage de l'hydrogène industriel en bouteilles (*autonomies ≤ 20 heures*)
- reformage de l'hydrogène sur le site (*autonomies ≥ 20 heures*)
- maintenance limitée à une visite annuelle
- haute disponibilité de l'alimentation électrique
- fiabilité de l'approvisionnement en combustible

4. Les contraintes d'utilisation des PAC

Les avantages offerts par cette nouvelle technologie sont bien identifiés (*fonctionnement silencieux, large plage de température, faible entretien, absence de rejets, bon rendement électrique ...*), néanmoins certaines contraintes d'utilisation peuvent constituer un frein au développement commercial des PAC stationnaires :

○ Disponibilité du combustible

L'hydrogène comprimé à 200 bars est livré en bouteilles groupées dans des cadres ou en armoire, et leur nombre dépend de l'autonomie recherchée. Avec une production de 1,5 kWh/Nm³ (rendement inclus), une bouteille de 8,5 Nm³ représente une réserve d'énergie de 12,75 kWh, ce qui procure une autonomie de **5 heures** pour une puissance électrique moyenne de **2,5 kW**.



Armoire externe de stockage de l'hydrogène et centrale de détente

Les réseaux de distribution d'**Air Liquide** et de **Linde** offrent toutes les garanties de service après vente pour les échanges des bouteilles d'hydrogène, sous réserve de prévoir un emplacement extérieur et un chemin d'accès pour le transport.

- **Sûreté de l'hydrogène**

La maîtrise des risques associés à l'utilisation de l'hydrogène devrait l'amener au même niveau de sûreté que les autres combustibles liquides ou gazeux. L'hydrogène n'est pas toxique mais il présente un risque d'inflammabilité et d'explosivité comparable à celui du gaz naturel dont l'usage est largement répandu. Il faut donc en tenir compte dans la conception des installations.

En pratique, la PAC et les bouteilles d'hydrogène prennent place à l'extérieur des locaux abritant les équipements pour éviter tout confinement de l'hydrogène, c'est-à-dire son accumulation dans un volume fermé. En milieu extérieur, la vitesse de diffusion de l'hydrogène rend impossible la formation d'un nuage explosif.

Actuellement, un travail de normalisation, de réglementation et d'information est engagé pour une meilleure acceptation de la filière hydrogène. D'ores et déjà, il n'est pas nécessaire de faire une déclaration préfectorale si les quantités d'hydrogène installées sur un site sont inférieures à 100 kg, soit environ 100 bouteilles type B50.

- **Durée de vie technologique**

La durée de vie des cœurs de pile est encore limitée par la dégradation progressive des différents composants (*couches de diffusion, couches actives et membrane*) mais les retours d'expérience ont permis d'identifier les points faibles et de progresser dans ce domaine. Si les durées de vie constatées lors des premières expérimentations n'excédaient pas 1500 heures de fonctionnement, des sociétés comme IDATECH et PLUG POWER proposent déjà des PAC avec des durées de vie comprises entre 5000 et 10000 h.

- **Contraintes économiques**

Si le marché de masse de l'automobile exige un prix de revient comparable à celui des moteurs thermiques, soit autour de 50 €/kW, les marchés de niches que représentent les applications de **secours** sont accessibles avec un prix de revient de 1500 €/kW car les charges d'entretien sont faibles par comparaison avec celles d'un groupe électrogène. De plus, la mise en œuvre d'une PAC est compensée par la suppression de certains équipements (*groupe électrogène, onduleur, batterie à forte autonomie ...*) et par une libération partielle des locaux. Aujourd'hui, le prix d'une PAC équipée et prête à l'emploi se situe autour de 3000 €/kW, selon la complexité du système, mais dans l'avenir, les fabricants espèrent pouvoir descendre à 1000 €/kW.

5. Les trois applications proposées

Les applications ci-dessous représentent un réel marché potentiel et font l'objet d'un certain nombre d'opérations dans les télécoms, en particulier aux Etats-Unis, au Canada, en Allemagne, en Italie et maintenant en France. L'exploitation des nouvelles piles à combustible est d'ailleurs facilitée par des logiciels de commande et de contrôle à distance, lesquels permettent de faire fonctionner le système à intervalles réguliers, surveiller les différents paramètres et conserver un historique du fonctionnement.

- **Source d'énergie de secours**

Sur des sites mettant en œuvre des faibles puissances (1 à 15 kW), et en l'absence de groupe de secours, on emploie des batteries au plomb, ou au nickel cadmium, dont la capacité reste étroitement liée à la qualité de service offerte. Dans ce cas, la PAC et les bouteilles d'hydrogène entreposées à l'extérieur, se substituent aux batteries dont la durée de vie est limitée et dont les matériaux contaminants doivent être recyclés.

- **Source d'énergie d'appoint**

Sur des sites isolés électriquement, où l'on fait appel aux énergies renouvelables (*photovoltaïque, micro éoliennes, générateurs hybrides ...*), leur caractère aléatoire impose de stocker l'énergie dans des batteries à forte capacité et de prévoir une source d'appoint pour recharger les batteries. L'utilisation d'une PAC extérieure, associée à un reformeur pour la production de l'hydrogène à partir d'un combustible liquide (*mélange eau/méthanol*), s'inscrit parfaitement dans la démarche du développement durable.

Dans ce cas, elle est directement connectée aux batteries 48V qui assurent son lancement lorsque le taux de décharge atteint 50%. Pour cette application, le temps de fonctionnement de la source d'appoint est volontairement limité à **500 h/an**, afin de réduire le nombre d'interventions à **deux** visites annuelles.

- **Source d'énergie temporaire**

A l'occasion des manifestations ou des événements plus ou moins exceptionnels (*festival, exposition, épreuve sportive ...*) la mise en œuvre d'un réseau télécoms à usage temporaire peut nécessiter une source d'énergie autonome, compacte, silencieuse et non polluante. De ce point de vue, et contrairement au groupe électrogène, la PAC embarquée dans un véhicule avec son reformeur, présente toutes les qualités requises pour éviter un raccordement provisoire au réseau électrique.

6. Le concept d'alimentation à haute disponibilité et haute qualité (HDHQ)

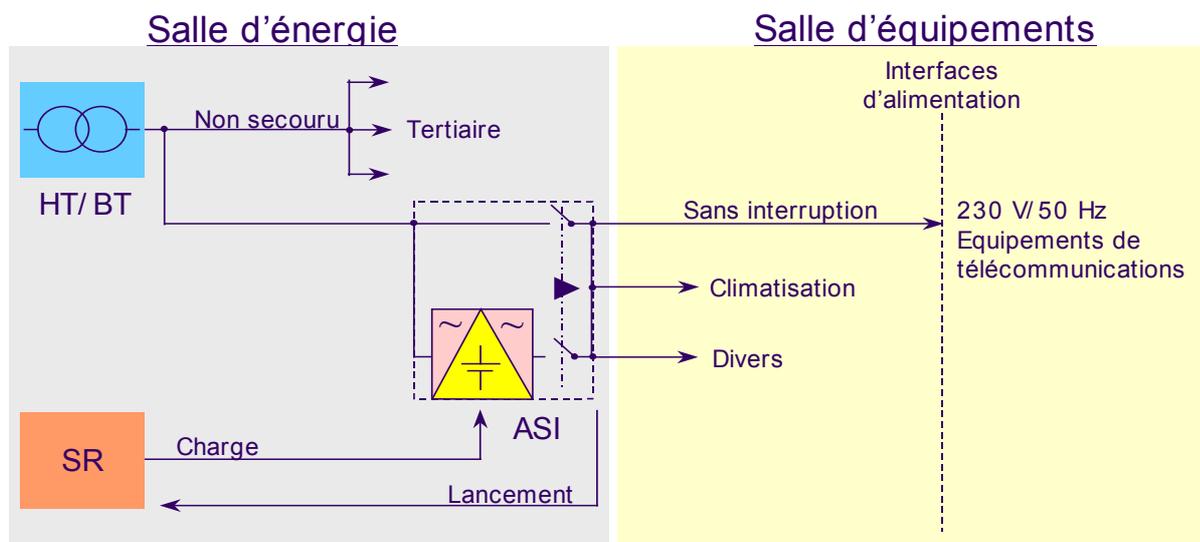
L'alimentation des équipements stratégiques ou sensibles, notamment les équipements de télécommunications, s'effectue sous 230V/50Hz ou sous 48V CC, selon la nature ou la génération des équipements. La PAC est parfaitement compatible avec ces deux modes d'alimentation :

➤ Alimentation HDHQ sous 48V

La PAC **outdoor**, dotée d'une petite batterie de lancement (10 à 15 min), est connectée directement sur le bus 48V, en aval des redresseurs. Elle se substitue aux batteries traditionnelles encombrantes dont la durée de vie est limitée. Le gain de place peut impacter le coût du bâtiment de manière favorable car il permet d'implanter d'autres équipements.

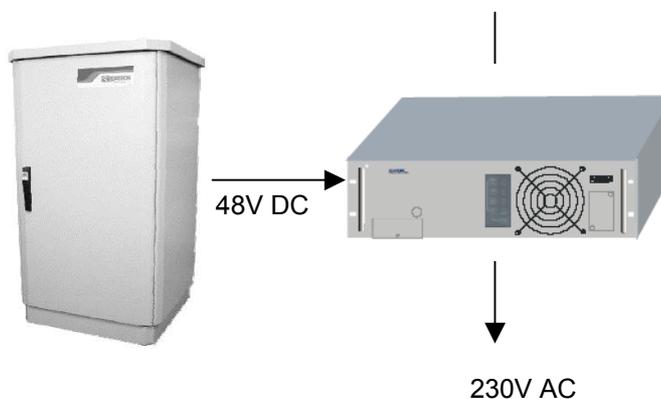
➤ Alimentation HDHQ sous 230V/50Hz

Le couplage direct d'une PAC avec une ASI du commerce permet de réaliser l'Architecture Simplifiée Conçue pour l'Environnement Technique et l'Energie (ASCETE) représentée ci-dessous.



Chaîne d'alimentation ASCETE (Brevet France Télécom / CNET n°98/01845 du 16/02/98)

Si le réseau électrique n'est pas soumis à des perturbations, l'ASI fonctionne en mode économique et les équipements sont alimentés par le réseau au travers d'un filtre et avec un rendement proche de 100/100. Dans le cas contraire, l'ASI « interactive » maintient une double conversion (*fonctionnement "On line"*) avec un rendement légèrement dégradé. En cas de défaillance du réseau (*interruption ou perturbations*), la qualité du courant de sortie n'est pas affectée et l'électronique de commande sollicite les petites batteries de l'ASI (*autonomie de 10 à 15 min*) pour assurer le démarrage automatique de la source de remplacement (SR), laquelle délivre à son tour l'énergie nécessaire aux équipements et à la charge des batteries.



Pile IDATECH et ASI CHLORIDE France

Cette architecture simplifiée présente les avantages technico-économiques ci-après:

- l'énergie nécessaire au lancement étant prélevée sur les batteries de l'ASI, le système de démarrage dédié est supprimé ;
- l'ASI incluant tous les dispositifs de synchronisation et de mise en forme du courant à 50Hz, l'onduleur de la PAC est supprimé ;
- la mise en parallèle des générateurs de courant continu étant facile à mettre en œuvre, une conception modulaire permet d'offrir des puissances plus élevées ;
- les batteries de l'ASI étant bien gérées, la surveillance préventive de leur vieillissement diminue fortement les risques bien connus de défaillance au démarrage ;
- la suppression de la commutation électromécanique « normal/secours » élimine les incidents récurrents imputables à l'inverseur de source ;
- le temps de démarrage et de montée en puissance de la PAC (*plusieurs minutes*) n'a plus d'incidence sur la continuité du service et sur la qualité du courant électrique ;
- l'ASI couplée à la PAC se présente comme une interface HDHQ à **grande autonomie**, qu'il suffit d'intercaler sur la ligne basse tension à sécuriser.

7. Conclusion

Les perspectives de commercialisation des piles à combustible suscitent un vif intérêt chez les opérateurs et les équipementiers car elles s'inscrivent parfaitement dans le cadre du développement durable et du respect de l'environnement. L'année 2007 sera donc consacrée à poursuivre les expérimentations et les évaluations nécessaires en vue de résoudre, de façon satisfaisante, les impératifs de continuité des services à forte valeur ajoutée dans les télécoms. Plusieurs opérateurs téléphoniques américains ont d'ailleurs commencé le déploiement de centaines de piles à combustible pour des applications de secours électrique.

René REVOL

Glossaire, abréviations, sigles:

ASI	<i>Alimentation Sans Interruption</i>
PEMFC	<i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i>

Références

[1] Brochure "Clefs CEA n° 50/51 – Hiver 2004-2005"

[2] Supplément ENERGIE PLUS N°350 du 15/07/05 publié par l'Association Technique Energie Environnement