

Prof. Dr. Daniel Favrat

Monsieur le Professeur, pouvez-vous nous expliquer ce qu'est le LENI et quelles sont ses activités?

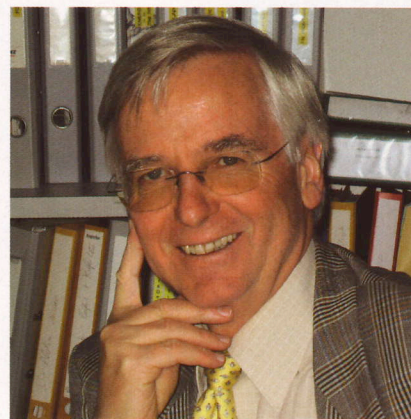
Le LENI est un laboratoire de recherche et d'enseignement en thermodynamique et en analyse de systèmes énergétiques.

Au plan systémique, le LENI développe des méthodes avancées génériques, basées sur la thermodynamique, pour l'intégration et l'optimisation de systèmes énergétiques complexes, y compris des procédés industriels de production. L'accent est mis sur la considération simultanée, dès les premières phases de conception ou de planification, des facteurs énergétiques, environnementaux et économiques.

Au plan technologique, le LENI conduit des études théoriques et expérimentales dans le domaine des équipements de conversion qui vont des centrales thermiques aux techniques de cogénération. Une attention particulière est dévolue aux piles à combustibles SOFC, aux moteurs à gaz et aux cycles de Rankine en mode de pompe à chaleur ou de moteur.

Des projets d'énergie industrielle sont également réalisés à l'EPFZ, à l'EMPA et au PSI. Comment voyez-vous la répartition et la coordination de ces travaux avec le LENI?

L'EPFL étant plus petite en taille, nous sommes appelés à couvrir une plage plus large sur le plan de l'enseignement et parfois de la recherche que la plupart de nos collègues de Zurich. Au risque d'aller à contre-courant, je suis convaincu que la trop grande compartimentation académique est souvent contre-productive et que les principaux progrès technologiques se font aux interfaces de disciplines et par l'intégration de technologies et de services. De ce fait, nous nous concentrons sur les approches génériques chaque fois que c'est possible et, pour les niches technologiques prometteuses, nous essayons de construire des réseaux souvent internationaux pour avoir, même avec des groupes sous critiques, la force de frappe suffisante. Le LENI collabore donc ponctuellement sur des projets spécifiques avec différents groupes à l'ETHZ et à l'EMPA mais



Directeur du LENI,
Laboratoire d'Energétique Industrielle et
de l'Institut des sciences de l'énergie

Atteindre les objectifs de la loi sur le CO₂ ou respecter les engagements de Kyoto requiert des efforts considérables en matière de politique énergétique, de la construction et des transports ainsi que de la part des investisseurs, des pouvoirs publics et des ménages. Selon des scénarios récents, les trois quarts environ des objectifs fixés pourraient être réalisés en utilisant plus efficacement l'énergie. Cela constitue des opportunités considérables pour les producteurs de technologie tels que les chercheurs des Hautes Ecoles et l'industrie. En effet, les augmentations d'efficacité représentent globalement la plus importante contribution à la réduction des émissions de CO₂. Afin de faire le point sur l'état des recherches dans ces domaines, gwa a interviewé pour ses lecteurs, un spécialiste de l'énergie. Il s'agit du Professeur Daniel Favrat de l'Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne. Il dirige depuis 1988 le Laboratoire d'énergétique industrielle LENI et depuis 2001, l'Institut des Sciences de l'énergie à la Faculté de Sciences de l'Ingénieur. Ancien membre du Conseil Suisse de la Science, le Prof Favrat est actuellement membre de la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) et de l'Académie Suisse des Sciences Techniques.

Interview: C. Nagel / Dr. A. Kilchmann



en privilégiant l'efficacité opérationnelle à la façade administrative.

A fin octobre de cette année, Sulzer HEXIS a communiqué l'arrêt des recherches dans le domaine des piles à combustible. Faut-il en déduire que les piles à combustible à haute température n'ont pas d'avenir? Où doit-on situer les problèmes?

Grâce à leur excellente efficacité potentielle, à leur moindre sensibilité à la qualité des carburants et à la possibilité d'intégration avec d'autres composants comme les turbines à gaz, je suis convaincu que les piles à combustible SOFC ont un brillant avenir. Un problème récurrent en science et en technique et qui est particulièrement sensible en matière d'équipement énergétique est l'excès de confiance avec la sous-estimation des problèmes conduisant à la survente. J'avais été frappé, lors d'une manifestation anniversaire de l'ASIG, d'entendre un orateur

déclarer ouvertement que les moteurs à gaz étaient désormais caduques et les piles à combustibles allaient très rapidement dominer. Il

Je suis convaincu que les piles à combustible SOFC ont un brillant avenir.

Il y avait là un message tellement excessif qu'il était dommageable pour les gaziers comme pour l'industrie directement concernée. Parmi les technologies de conversion d'énergie, les piles à combustibles représentent un cas particulier où la R&D a été essentiellement lancée par les industriels souvent avant qu'il y ait une base académique forte en appui. La conversion directe de l'énergie chimique en énergie électrique, sans pièce en mouvement, donc sans bruit, et avec une bonne efficacité, fait des piles à

combustible une technologie remarquable. Toutefois les fruits étaient plus hauts perchés dans l'arbre que prévus. Dans le cas de Sulzer, le concept choisis était onéreux, et dans un marché très compétitif, Sulzer ne dominait pas, au début en tout cas, le cœur de la technologie, à savoir la pile elle-même avec électrolyte, cathode et anode, qu'elle soustraitait. Ces éléments et une dégradation non maîtrisée ont été des facteurs négatifs. En technologie, le timing compte et Sulzer a peut-être commencé

Toute technologie de cogénération vaut mieux ... que de simples chaudières qui ... consomment près du double ...

trop tôt ce qui a conduit à des investissements très lourds. D'autres jeunes pousses, comme HTCeramix avec laquelle nous collaborons étroitement, ont l'avantage d'être issues du tissu académique favorisant des liens étroits, et ont des niveaux d'investissement initiaux bien plus faibles, tout en bénéficiant des connaissances accumulées entre-temps. Il faut cependant être conscient du fait que les sommes investies en recherche en piles à combustibles SOFC restent négligeables en regard de l'ensemble des investissements déjà consentis dans les technologies concurrentes et plus matures.

Quelle est, à votre avis, la solution technique qui aura le plus de chance de s'imposer pour la production décentralisée d'électricité à partir de gaz naturel?

Le principal intérêt de la production décentralisée est la cogénération et dans une moindre mesure la réduction des investissements en lignes électriques avec leurs nuisances visuelles. Certes, toute technologie de cogénération vaut mieux, d'un point de vue énergétique, que de simples chaudières qui, pour un même service de chauffage, consomment près du double de ce qu'on pourrait faire avec de la cogénération combinée avec des pompes à chaleur. Toutefois, pour concurrencer à terme la combinaison de production électrique centralisée performante au moyen de centrales à cycle combiné, couplées avec des pompes à chaleur électriques décentralisées elles-mêmes de plus en plus performantes, il est impératif d'avoir un excellent rendement électrique. Pour la production domestique, les

pires à combustible devraient dominer à moyen terme et remplacer les très petits moteurs à gaz (Otto ou Stirling). Dans la gamme de 40 à 1000 MW, les moteurs à gaz et les turbines à gaz à cycle à récupération progressivement boostés par des cycles de Rankine de conversion des rejets thermiques devraient se partager le marché. Ceci, jusqu'à l'avènement des cycles hybrides piles à combustible SOFC-turbine à gaz qui offrent des perspectives de rendement électrique même supérieures à celui de centrales à cycle combiné centralisées.

Les pompes à chaleur à gaz naturel ont un indice de rendement relativement modeste. Quelles sont les perspectives d'amélioration dans ce domaine?

Il existe trois approches principales de «pompage de chaleur» à partir de gaz. Les unités à absorption, les moteurs à gaz entraînant directement des compresseurs de fluide frigorigène et les unités de cogénération dont l'électricité est directement ou indirectement utilisée pour entraîner des pompes à chaleur électriques. La première souffre du fait que les limites de stabilité et de corrosion des couples de fluides de travail impliquent de fortes pertes exergetiques et font que l'absorption n'est vraiment efficace que dans les cas de valorisation de rejets thermiques ou d'énergie solaire.

La deuxième souffre du problème des joints d'arbre entre le cycle moteur et le cycle de pompe à chaleur à entraînement mécanique. Au niveau domestique, seuls des dispositifs hermétiques devraient être considérés. Compte tenu de la marge d'amélioration à la fois des unités de cogénération citées plus haut et des pompes à chaleur électriques, cette dernière solution est raisonnable car elle offre l'avantage d'une plus grande flexibilité. Encore faudrait-il sortir de la fausse vertu d'une électricité sans CO₂ à côté de technologies de chauffage émettant du CO₂ sans restriction. Telle est la malheureuse réalité actuelle en Suisse.

Travaillez-vous en ce moment à des projets prometteurs pour l'industrie gazière?

Comme vous l'avez compris, je pense que le futur du gaz naturel réside essentiellement dans les applications à haute valeur ajoutée que sont le transport et la génération d'électricité avec ou sans cogénération. Pour ces applications, la perspective d'introduction d'une partie de biogaz et même d'hydrogène va contribuer à renforcer la décarbonisation de notre système énergétique. En transport, nous

avons contribué, en collaboration avec la CIGG et avec l'aide de Foga et de l'OFEN, à la première homologation de voiture à gaz en 1994, dans un contexte de réglementation environnementale difficile. Nous avons ensuite développé un système d'injection indirecte dédié au GNC et récemment mis sur le marché par un des leaders mondiaux des équipements pour véhicules à gaz. Un des ingénieurs formés dans ce projet vient de modifier avec succès une Toyota hybride (Prius) au GNC à la CIGG et nous avons déjà

Le futur du gaz naturel réside essentiellement dans les applications à haute valeur ajoutée que sont le transport et la génération d'électricité.

formulé les prochaines étapes qui nous associent à ce développement prometteur si un financement est trouvé. Pour les bus, un secteur où le gaz est vulnérable, nous avons entrepris une préétude d'injection directe de gaz dont la poursuite n'a malheureusement pas été financée. Au plan de la cogénération par moteur, nous avons été à l'origine du projet Swissmotor qui a évolué avec deux composantes, la version catalysée de l'ETHZ et notre version à mélange pauvre et non catalysée particulièrement adaptée aux biogaz. Nous poursuivons, avec l'aide du Fonds national, l'étude de préchambres à autoallumage à moindres coûts de maintenance. Nous avons également été les pionniers de l'utilisation de cycles de Rankine à fluide organique avec des turbines hermétiques scroll et une unité pilote est installée en valorisation de

chaleur sur des moteurs à biogaz à Genève. Une telle approche permet d'accroître le rendement électrique de moteurs au-delà des limites possibles en jouant sur les seules techniques de combustion.

Depuis 2001, nous travaillons aussi sur les piles à combustible SOFC en collaboration avec HTCeramix, dont un des cofondateurs, le Dr van Herle, est premier assistant au LENI. En relation avec une autre compagnie, nous expérimentons aussi des compresseurs et turbines à entraînement électrique à haute vitesse sur paliers à gaz avec plusieurs applications possibles au niveau du gaz naturel. Nous entendons à terme pouvoir contribuer à l'avènement des cycles hybrides à piles à combustible et turbine à gaz et des échanges d'étudiants avec l'Université d'Irvine sont en cours de discussion.

Notre groupe d'analyse systémique, qui s'était penché, avec l'aide de fonds de l'ASIG et du FOGA, sur l'optimisation thermoéconomique de centrales à cycle combiné comprenant, entre autre, la rénovation de la centrale de Chavalon en cycle combiné, poursuit également ses études en collaboration avec d'autres partenaires industriels. Bénéficiant des outils de conception génériques ainsi développés, nous étudions également, avec des étudiants, l'optimisation de la conversion du bois en méthane (projet gazobois).

Il ne fait cependant guère de doute que le surprenant désengagement du financement de la recherche par l'industrie suisse du gaz va nous pousser à des reconsidérations sérieuses de nos activités dans certains de ces domaines.

Monsieur le Professeur, nous vous remercions de nous avoir accordé cette interview.