

## Compte-rendu de la réunion du 19 mars 2018

### Le vecteur froid : Quels atouts pour contribuer à la flexibilité du système énergétique et à l'intégration des EnR ?

#### 1. Introduction

##### Organisation des réunions IDées

Alexandre ROJEY, Animateur IDées

Le [programme des réunions 2017-2018](#) est disponible sur le site de la Fondation :

##### Introduction

Jean-François LE ROMANCER, Animateur du Groupe IDées Énergies Renouvelables et Stockage de l'Énergie, Président de Keynergie

La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation

Le Cycle de réunions 2017-2018 est focalisé sur les thèmes de la flexibilité et de l'hybridation des réseaux énergétiques, en vue d'optimiser au meilleur coût l'intégration des énergies renouvelables. Le but poursuivi est de dégager à l'issue du cycle des pistes de réflexion pouvant conduire au montage d'un projet innovant à l'échelle d'une zone d'activité industrielle.

Au cours de la réunion précédente a été abordée la question du couplage entre des réseaux différents, en l'occurrence réseaux électriques et réseaux de chaleur pour assurer au mieux l'équilibre offre-demande.

Le stockage de froid offre de nouvelles possibilités de couplage, notamment dans le contexte des zones industrialo-portuaires. Par ailleurs, la loi de transition énergétique et de la croissance verte du 17/08/2015 prévoit de multiplier par 5 la quantité de chaleur et de froid renouvelables ou de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid. Il existe différentes voies innovantes pour atteindre ces objectifs ambitieux qui sont examinées au cours de la réunion.

#### 2. Exposés

##### Intérêt du stockage de froid pour la flexibilité des systèmes énergétiques

Anthony DELAHAYE, Hong-Minh HOANG, IRSTEA, Unité de recherche Génie des Procédés Frigorifiques

La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation

L'IRSTEA (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) a pris la suite du Cemagref. Il comprend 1600 collaborateurs répartis en 9 centres, 17 UR et 5 UMR, avec trois départements : eau, écotechnologies et territoires. L'unité de recherche GPAN (Génie des procédés frigorifiques) se compose de 20 permanents en deux équipes : METFRI (maîtrise et modélisation des procédés de préservation des produits par le froid) et ENERFRI

(conception de technologies frigorifiques économes en énergie et respectueuses de l'environnement).

Le froid représente des enjeux énergétiques et environnementaux importants.

Les CFC ont été interdits et remplacés par les HFC pour protéger la couche d'ozone. Compte-tenu des développements actuels, 8% des rejets de GES sont dus aux fluides frigorifiques. En outre, les différentes applications du froid (industrie, transport, résidentiel) représentent 17% de la consommation électrique. Par ailleurs, les besoins de climatisation devraient croître de façon considérable dans les années à venir.

Le froid peut contribuer à améliorer la flexibilité des systèmes énergétiques à la hausse ou à la baisse soit en intervenant comme moyen de stockage, soit en opérant en mode d'effacement.

Les fluides frigorifiques diphasiques qui comportent des matériaux à changement de phase (glace, paraffine, microencapsulés, hydrates) dispersés dans un liquide permettent d'augmenter très sensiblement la quantité de froid stockée et véhiculée par unité de volume. L'IRSTEA a pu notamment montrer l'intérêt d'un coulis d'hydrates de CO<sub>2</sub> dans le cadre du projet Crisalhyd.

L'effacement représente un autre moyen d'améliorer la flexibilité. Elle peut faire appel à une autoproduction ou à une modulation des besoins. Dans le cadre du projet FLEXifroid a été développé un outil d'aide à la décision pour les entrepôts frigorifiques afin de gérer au mieux les conditions d'effacement.

### **Le coulis de glace, un frigoporteur capable de stocker 10 kWh électrique par m<sup>3</sup> durant 5 à 24h**

Michel LE PRIEUR, Expertise-Conseil Le Prieur SAS, Membre du CNEFIC et IIF, consultant dans le domaine du génie climatique et de la réfrigération.

*La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation*

Un coulis de glace à 25% permet de stocker 25 kWh frigorifique par m<sup>3</sup>. Le nouveau procédé mis au point consiste à produire le coulis de glace sans avoir à utiliser des équipements de raclage, coûteux et mécaniquement complexes. Le coulis de glace est produit dans un échangeur à plaques en jouant sur la vitesse d'écoulement (hydroraclage). Les cristaux produits sont de petite taille (10 à 50 µ), ce qui permet d'obtenir d'excellents échanges thermiques. Au cours de la phase de déstockage, il est possible de restituer une puissance allant jusqu'à 5 fois la puissance électrique mise en jeu durant la phase de stockage. Ainsi si l'on dépense 20 kW elec durant la phase de stockage pour produire 50 kWf, il est possible de restituer 250 kWf, soit l'équivalent de 100 kW elec, qui sont ainsi évités.

Le coulis de glace trouve un domaine d'application privilégié dans les « cuisines centrales », qui préparent des plats pour les collectivités. Il existe d'importantes perspectives d'application dans d'autres secteurs. Dans les industries agroalimentaires, refroidissement rapide et surgélation par contact direct avec le coulis, qui doit alors présenter une qualité alimentaire. En transport frigorifique, l'utilisation de coulis permet une recharge rapide de la réserve de froid. En génie climatique, l'utilisation d'un coulis de glace permet un accroissement très significatif de la puissance distribuée par un réseau de froid.

## **Froid commercial et Énergie – Regards sur les enjeux des clients – Propositions – Résultats**

Fred LHERMINIER, Energy Director, Greenflex

La présentation pdf est disponible sur le site de la Fondation

Le secteur du froid doit répondre à des enjeux multiples : réglementaires, économiques et techniques. L'analyse de Greenflex a fait apparaître les priorités suivantes :

1. Détecter automatiquement les fuites de fluides frigorigènes  
Une telle mesure permet d'intervenir rapidement, si des fuites importantes sont détectées. Il est ainsi possible de réduire les émissions de GES, tout en diminuant les coûts d'exploitation
2. Inclure la connectivité « froid » (régulation des centrales + postes) dans les projets de rénovation.  
Il s'agit dans ce cas de connecter des installations utilisant des groupes frigorifiques à un réseau local, de façon à exploiter au mieux des capacités d'auto-production ou d'auto-consommation. Ces différentes options (autoconsommation, auto production, effacement) sont à présent autorisées et font l'objet de dispositions réglementaires. Toutefois le nouvel appel d'offres de la CRE concernant l'effacement paraît relativement peu attractif.
3. Déployer les solutions d'efficacité énergétique en privilégiant les solutions à fluide « confinés » et « inertie thermique » dans le magasin.

## **4. Discussion / Conclusion**

Débat animé par Jean-François LE ROMANCER, Animateur du Groupe IDées Énergies Renouvelables et Stockage de l'Énergie

### **Fluides frigopORTEURS**

- Le taux de glace dans un coulis est limité par les problèmes de viscosité. Le taux de 25% représente un bon compromis pour le transport. En stockage pur, il serait possible de monter à 40%.
- La microencapsulation permet de diversifier les phases utilisées. On pourrait chercher à réduire la taille des capsules pour améliorer les propriétés de transfert thermique, mais cela peut conduire à des problèmes de surfusion (formation des cristaux à une température nettement inférieure à la température d'équilibre).
- La technologie utilisée par Cristopia est de nature différente. Elle fait appel à de grosses billes et à un transfert thermique entre des billes statiques et une phase aqueuse en circulation.

### **Gestion des fluides**

- Le contrôle des fuites de fluide frigorigène peut être assuré par un suivi du niveau de la réserve.
- Les fuites peuvent représenter 25% de pertes par an. En se basant sur la quantité totale de fluide frigorigène en service (55 000 t) et la quantité commercialisée par

an (10 000 t), on arrive actuellement à moins de 20%. Les pertes sont néanmoins considérables. Elles varient beaucoup selon les secteurs. Elles seraient de l'ordre de 10% dans l'industrie, mais sont beaucoup plus élevées dans le secteur de la grande distribution.

- Certaines enseignes spécialisées comme Picard ont résolu le problème en utilisant un groupe frigorifique par meuble, entièrement scellé et ne présentant donc pas de fuites.
- Certaines fuites, notamment les fuites accidentelles ou liées à la maintenance, ne pourront pas être évitées.

### **Effacement et optimisation du fonctionnement des systèmes frigorifiques**

- Dans le cas de l'effacement « gris » par autoproduction, il est fait appel à des groupes électrogènes. Il serait préférable que ceux-ci fonctionnent au gaz naturel plutôt qu'au fuel, pour améliorer le bilan environnemental.
- L'effacement n'est pas très attractif dans les conditions actuelles. Le principal marché concerne l'effacement de courte durée, en vue de stabiliser la fréquence.
- Les possibilités d'agrégation dépendent de la taille d'installation.
- La multiplication du nombre d'acteurs (magasins, installateurs) rend difficile l'amélioration de l'efficacité énergétique. Un effet de concentration pourrait avoir un impact positif sur ce plan.
- Le manque de personnel formé est l'une des principales difficultés rencontrées dans l'optimisation du fonctionnement des systèmes frigorifiques.

## **5. Prochaine réunion**

Groupe IDées Énergies Renouvelables et Stockage de l'Énergie

**lundi 4 juin 2018**

Le couplage entre les réseaux électriques et les réseaux de gaz :  
vers un smart-grid gaz ?