Apport de la méthodologie *Product Design* pour identifier le fluide de travail optimal d'un cycle de trigénération (chaleur, électricité, froid)

Andrés PIÑA-MARTINEZ, Silvia LASALA, Romain PRIVAT, Véronique FALK, Jean-Noël JAUBERT

Université de Lorraine, École Nationale Supérieure des Industries Chimiques, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (UMR CNRS 7274), 1 rue Grandville, 54000 Nancy, France

Contexte général

Selon l'Agence internationale de l'énergie (IEA), "les économies modernes dépendent de la fourniture fiable et abordable d'électricité ". En outre, le chauffage apparaît comme la principale utilisation finale de l'énergie, puisqu'il représente la moitié de la consommation totale d'énergie dans le monde. Par ailleurs, la demande de réfrigération et surtout de refroidissement n'a cessé de croître depuis la moitié du siècle dernier. Le constat que de nombreux systèmes industriels mais également résidentiels ont simultanément des besoins en électricité, en chauffage et en refroidissement a ouvert la voie à différentes technologies telles que la production combinée de chaleur et d'électricité (combined heat and power, CHP) ou les systèmes combinés de refroidissement, de chauffage et d'électricité (combined cooling, heating and power, CCHP). Bien évidemment, il est attendu de ces systèmes de production qu'ils soient efficaces, respectueux de l'environnement et durables.

La problématique

Les systèmes CCHP permettent donc de fournir simultanément de l'électricité, du chauffage et du refroidissement, répondant ainsi aux principaux besoins énergétiques de l'homme dans un seul dispositif (Briola et al., 2017). Les dispositifs conventionnels consistent en la combinaison d'un moteur principal, d'un système de chauffage et d'un système de refroidissement, chacun d'entre eux fonctionnant avec un fluide de travail thermodynamiquement adapté. Récemment, de nouveaux cycles CCHP, reposant sur l'utilisation d'un seul fluide de travail pour l'ensemble de l'opération, ont été proposés. **Le choix du fluide de travail représente un défi de conception dans le développement de ces technologies**.

Méthodologie

Ce travail présente une approche de conception de produit pour la sélection de fluides de travail appropriés pour les applications CCHP émergentes (Piña-Martinez et al., 2021). Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur des bases de données thermophysiques (DDB, DIPPR et NIST TDE) cumulant environ 60 000 molécules. Pour identifier le meilleur fluide de travail, nous avons appliqué des filtres à ces molécules prenant en compte des contraintes thermodynamiques liées au cycle CCHP, des contraintes technologiques, de sécurité et environnementales. L'équation d'état tc-PR a été utilisée afin de simuler le cycle CCHP et d'en évaluer les performances.

Conclusion

Cette étude a montré que les fluides inflammables tels que le vinylacétylène ou le HFC-152 ont un bon potentiel pour les applications CCHP. Dans le cas de restrictions de sécurité renforcées, le HCFO-1233zd(E) semble être un candidat intéressant car il est ininflammable et non toxique.

Références bibliographiques

Briola, S.; Di Marco, P.; Gabbrielli, R. Thermodynamic Sensitivity Analysis of a Novel Trigeneration Thermodynamic Cycle with Two-Phase Expanders and Two-Phase Compressors. *Energy* 2017, 127, 335–350.

Piña-Martinez, A., Lasala, S., Privat, R., Falk, V., Jaubert, J.N., Design of promising working fluids for emergent combined cooling, heating and power (CCHP) systems, *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2021, 9, 35, 11807–11824.

Financement

Ce travail a été développé dans le contexte du projet européen REGEN-BY-2, financé par l'union européenne (grant agreement No. 851541).