

# Modélisation thermodynamique d'un moteur Ericsson en cycle ouvert

Martin QUINTANILLA (1\*), François LANZETTA (1), Sylvie BÉGOT (1), Pierre RANC (1,2)



## CONTEXTE ET OBJECTIFS

**Contexte :** A l'heure actuelle, la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie ont pour objectifs de limiter la production de gaz à effet de serre et la consommation de carburants fossiles.

Le moteur Ericsson est capable de produire de l'énergie mécanique à partir de différentes sources de chaleur : chaleur fatale, combustibles fossiles, biomasse, énergie solaire, etc. [1]. Il peut être utilisé dans le domaine de la micro cogénération [2], la conversion d'énergie à partir du solaire [3] ou la biomasse [4].

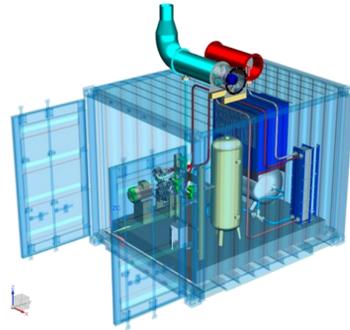


Figure 1 : Ecogénérateur Ananké – 40 kW

### Objectifs :

- Etudier le moteur Ericsson en cycle ouvert avec régénérateur
- Etudier l'influence de l'efficacité de l'échangeur de chaleur et du régénérateur
- Etudier l'influence des pertes de charge dans les échangeurs de chaleur et à l'admission de l'enceinte de détente

## MODÉLISATION THERMODYNAMIQUE

### Schéma du moteur Ericsson

Le moteur Ericsson fonctionnant en cycle ouvert est composé de :

- Enceinte de compression (C)
- Echangeur de chaleur (H)
- Enceinte de détente (E)
- Régénérateur (R) - (optionnel)

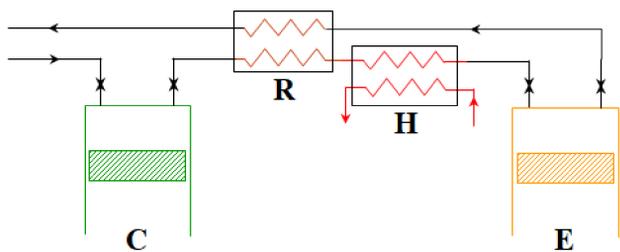


Figure 2 : Schéma du moteur Ericsson en cycle ouvert avec régénérateur

### Modèle thermodynamique

Le travail présenté reprend un modèle thermodynamique stationnaire existant [5], les principaux apports sont :

- l'inclusion d'un régénérateur
- la prise en compte de l'efficacité de l'échangeur de chaleur et du régénérateur
- la prise en compte des pertes de charge dans les échangeurs et à l'admission de l'enceinte de détente.

	Efficacité	Pertes de charges
Echangeur de chaleur	$e_H = \frac{T_h - T_x}{T_{sc} - T_x}$	$p_j = (1 - \alpha)p_i$
Régénérateur	$e_R = \frac{T_x - T_{0c}}{T_{out} - T_{0c}}$	$p_j = (1 - \alpha)p_i$
Admission détenteur	-	$p_j = (1 - \alpha)p_i$

Tableau 1 : Expressions pour l'efficacité et les pertes de charge

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

L'efficacité de l'échangeur de chaleur a un impact important sur le rendement thermodynamique  $\eta_{th}$  pour des valeurs d'efficacité comprises entre  $0 < e_H < 0,3$  (fig. 3). Augmenter l'efficacité a pour conséquence la diminution de la masse admise, donc une diminution du travail du compresseur.

La présence du régénérateur améliore le rendement thermodynamique du moteur fonctionnant à 400 kPa, pour les pressions plus élevées le comportement est inversé (fig. 4). La température à la sortie du détenteur est plus élevée qu'à la sortie du compresseur, donc on refroidit l'air.

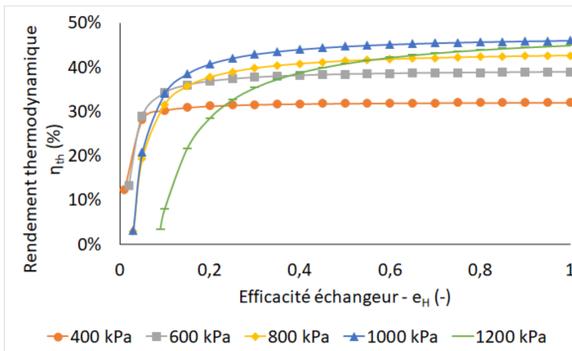


Figure 3 : Influence de l'efficacité de l'échangeur

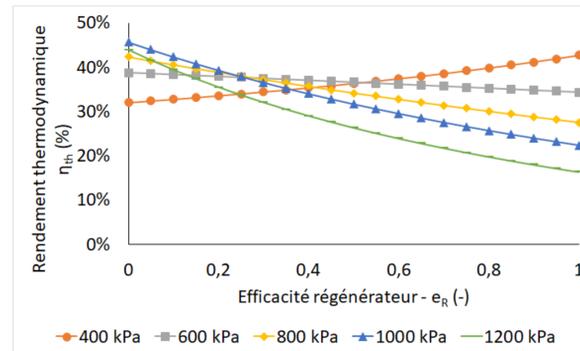


Figure 4 : Influence de l'efficacité du régénérateur

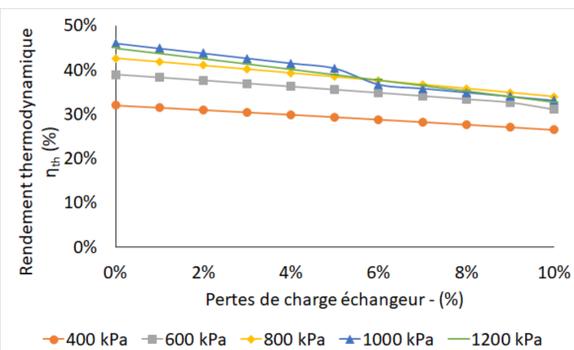


Figure 5 : Influence des pertes de charge dans l'échangeur

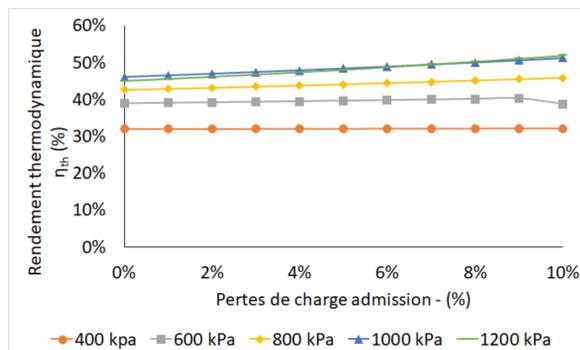


Figure 6 : Influence des pertes de charge à l'admission

Les pertes de charge dans l'échangeur font diminuer le rendement thermodynamique du moteur (fig. 5). Le travail du détenteur décroît de façon plus importante que le travail consommé par le compresseur et la quantité de chaleur transférée dans l'échangeur. Ceci explique la dégradation des performances.

Pour une augmentation des pertes de charge à l'admission le rendement thermodynamique s'améliore (fig. 6). L'augmentation des performances malgré les pertes est due à la diminution plus importante de la chaleur fournie dans l'échangeur par rapport au travail du détenteur.

## CONCLUSIONS

- Le modèle présenté permet d'étudier un moteur Ericsson en cycle de Joule, pouvant simuler le moteur en cycle ouvert sans ou avec la présence d'un régénérateur.
- A faibles valeurs, l'efficacité de l'échangeur influence le rendement.
- La présence d'un régénérateur dans le moteur n'est pas bénéfique dans toutes les conditions.
- Les pertes de charge dans l'échangeur et à l'admission présentent un impact inverse sur le rendement thermodynamique du moteur.

## RÉFÉRENCES

- [1] P. Stouffs, Hot air engines, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 4-2, (2011), 1-8.
- [2] S. Bonnet, M. Alaphilippe, and P. Stouffs, Energy, exergy and cost analysis of a micro-cogeneration system based on an Ericsson engine, *International Journal of Thermal Sciences*, 44-12, (2005), 1161-1168.
- [3] M. Alaphilippe, S. Bonnet, and P. Stouffs, Low Power Thermodynamic Solar Energy Conversion: Coupling of a Parabolic Trough Concentrator and an Ericsson Engine, *International Journal of Thermodynamics*, 10-1, (2007), 37-45.
- [4] M. Creyx, Etude théorique et expérimentale d'une unité de micro-cogénération biomasse avec moteur Ericsson, Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 2014.
- [5] M. Creyx, E. Delacourt, C. Morin, B. Desmet, and P. Peultier, Energetic optimization of the performances of a hot air engine for micro-CHP systems working with a Joule or an Ericsson cycle, *Energy*, 49 (2013), 229-239.