



# Vers des entraînements électriques plus frugaux

**Optimisation énergétique d'une installation de ventilation** | L'entraînement à vitesse variable, grâce à un convertisseur électronique, peut contribuer à réduire efficacement la consommation électrique des systèmes de ventilation avec réglage du débit d'air. Un banc d'essai a été développé à la HEIG-VD dans le but de mesurer l'efficacité énergétique de tels systèmes et d'illustrer les problématiques en jeu.

CHRISTOPHE BESSON, ALAIN SAVARY

Certaines études mentionnent qu'au niveau mondial, les entraînements électriques sont responsables de plus de 50 % de la consommation totale d'énergie électrique.[1] Les pompes, les ventilateurs, les compresseurs et les autres machines entraînées par des moteurs électriques consomment plus de deux tiers de l'électricité nécessaire dans le secteur industriel et près d'un tiers de l'électricité dans le secteur tertiaire.

Un grand potentiel d'économie d'énergie est envisageable dans ce domaine, ce qui présente aujourd'hui

un réel intérêt pour les entreprises et pour les organismes publics tels que l'OFEN, la Direction de l'énergie du canton de Vaud (Diren), etc.[2] La consommation des ventilateurs, en majeure partie dans l'industrie, s'élève en Suisse à environ 7500 GWh/an, ce qui représente 12,5 % de la consommation électrique totale du pays.[3] Or, l'entraînement à vitesse variable, avec un convertisseur électronique, dans les systèmes de ventilation avec réglage du débit d'air peut être très bénéfique pour réduire la consommation d'énergie électrique.

## Le banc d'essai

Afin d'effectuer différentes analyses énergétiques, un banc d'essai (**figure 1**) a été développé à la Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud (HEIG-VD). Il est composé d'un système de ventilation comportant un moteur qui entraîne le ventilateur par l'intermédiaire d'une courroie. Le moteur peut être soit branché directement sur le réseau électrique – dans ce cas, le débit d'air est contrôlé avec un clapet motorisé –, soit alimenté par l'intermédiaire d'un démarreur progressif ou par un convertisseur de fréquence

installé sur le banc. Le convertisseur de fréquence dispose d'un filtre qui peut être branché ou déconnecté aisément.

Un analyseur de puissance à six phases est utilisé pour mesurer toutes les grandeurs électriques (tension, courant, puissances) à l'entrée et à la sortie du convertisseur électronique, ce qui permet de déterminer son rendement et d'analyser l'allure temporelle des signaux. Le couplemètre fixé à l'arbre du moteur, avec mesure de vitesse intégrée, indique la puissance mécanique, ce qui permet de relever les pertes et le rendement du moteur pour les différents points de fonctionnement. Enfin, les mesures de pression et de débit sont utilisées pour relever la caractéristique du ventilateur et déterminer la puissance aéraulique.

### Clapet versus convertisseur

La **figure 2** montre la puissance électrique absorbée par un ventilateur pour un réglage du débit avec clapet et avec convertisseur de fréquence. Le convertisseur de fréquence permet de régler précisément la vitesse du moteur pour contrôler le débit d'air et ainsi de réduire fortement la consommation d'énergie par rapport au réglage par étranglement à l'aide du clapet, et ce, particulièrement dans le cas des faibles débits. En effet, pour obtenir un débit de  $1250 \text{ m}^3/\text{h}$ , il suffit avec le réglage de vitesse de faire tourner le moteur à  $715 \text{ tr}/\text{min}$ , soit environ deux fois moins rapidement que dans le cas du contrôle au moyen du clapet ( $1459 \text{ tr}/\text{min}$ ). Pour ce débit, la puissance électrique absorbée est divisée par un facteur  $3,4$  ( $260 \text{ W}$  pour la réduction du débit au moyen du clapet contre  $76 \text{ W}$  en utilisant le convertisseur de fréquence).

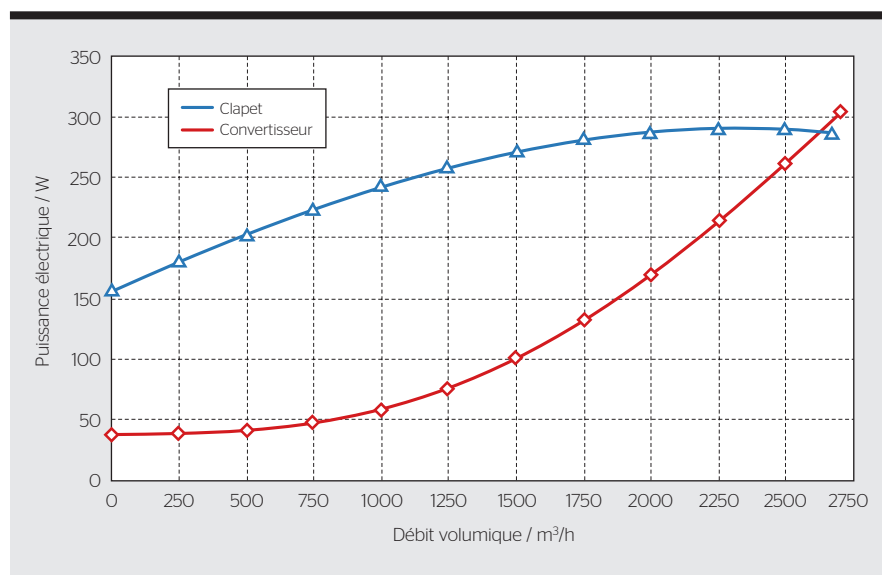
### Du côté des courroies

Dans certaines installations de ventilation, l'entraînement direct des ventilateurs est privilégié. Toutefois, l'entraînement par courroie apporte dans certains cas divers avantages, comme le recours à un moteur standard qui peut être branché directement sur le réseau. L'adaptation des vitesses peut alors se faire simplement en choisissant les diamètres des poulies appropriés. Un choix judicieux de la courroie, avec une tension bien adaptée, est nécessaire pour obtenir un bon rendement.

Dans le but d'analyser l'effet de la transmission mécanique, le banc d'essai permet de changer la courroie



**Figure 1** Banc d'essai développé pour l'analyse énergétique de différentes configurations de systèmes de ventilation.

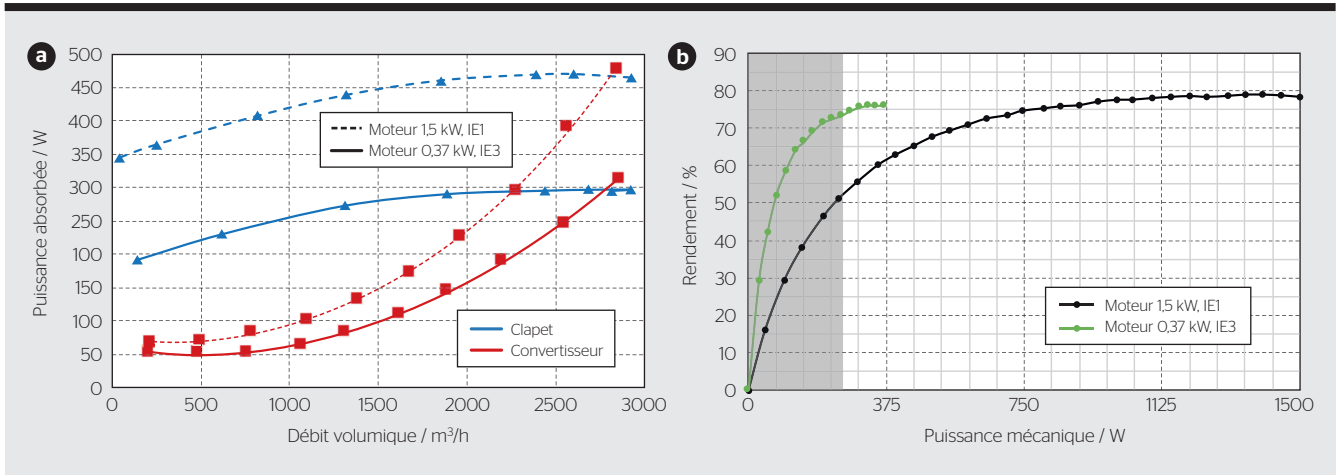


**Figure 2** Puissance électrique consommée par un ventilateur pour deux technologies différentes de contrôle du débit d'air.

(trapézoïdale ou crantée) et de régler sa tension. La courroie crantée nécessitant une tension inférieure à la courroie trapézoïdale, elle permet donc de réduire les efforts appliqués sur les arbres du moteur et du ventilateur. Les pertes par frottement sont ainsi réduites, ce qui se traduit par une diminution de la puissance électrique consommée. Si une tension trop importante conduit à une augmentation des pertes dans la transmission et à une usure prématurée de la courroie, à l'inverse, une tension trop faible peut entraîner des problèmes de glissement.

### Dimensionnement approprié du moteur

Grâce à un dispositif d'alignement approprié, le banc d'essai permet également de changer facilement le moteur d'entraînement. Il est alors possible de comparer plusieurs types de moteurs et d'analyser l'effet d'un surdimensionnement. La **figure 3a** montre la puissance électrique absorbée en fonction du débit d'air avec un moteur asynchrone IE3 d'une puissance nominale de  $0,37 \text{ kW}$ , ainsi qu'avec un ancien moteur IE1 de  $1,5 \text{ kW}$  largement surdimensionné pour l'application.



**Figure 3** Puissance électrique consommée avec deux moteurs différents (a) et rendement de ces moteurs en fonction de la puissance mécanique fournie (b).

La figure 3b présente, quant à elle, les rendements mesurés des deux moteurs directement branchés sur le réseau en fonction de la puissance mécanique fournie. Le rendement nominal du moteur de 0,37 kW est inférieur à celui du moteur de 1,5 kW (respectivement 77,3% et 78,9%), mais il présente un rendement supérieur pour des puissances mécaniques jusqu'à 250 W, zone dans laquelle travaillent les moteurs lors de l'utilisation du banc d'essai. Il est ainsi possible de mettre en évidence l'intérêt de remplacer un moteur ancien, peu efficace et très largement surdimensionné, par un moteur récent de puissance adaptée aux besoins.

### Un outil pédagogique

Le banc d'essai a été développé dans le but d'effectuer différentes analyses énergétiques et d'illustrer certaines caractéristiques électriques, mécaniques et aérauliques d'un entraînement. Il est utilisé pour l'enseignement dans le cadre de travaux de laboratoire à la HEIG-VD ainsi que lors de post-formations (CAS, formations continues, mandats) [4]. Ce développement a été financé par le fonds SIG NER, la fondation Protechno et l'OFEN.

### Références

[1] United Nations Environment - Global Environment Facility | United for Efficiency (U4E), «Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient Electric Motors and Motor Systems», 2017. [united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/09/U4E-MotorGuide-201709-Final.pdf](http://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/09/U4E-MotorGuide-201709-Final.pdf)

[2] R. Phillips, R. Tieben, «Improvement of Electric Motor Systems in Industry (IEMSI)», Proceedings of the 10th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, EEMODS'2017, pp. 53-67, 2017.  
 [3] «Ventilation», Fiche technique 24, Topmotors, 2015. [topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/F\\_MB\\_24\\_Ventilation.pdf](http://topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/F_MB_24_Ventilation.pdf)  
 [4] R. Tieben, R. Werle, C. U. Brunner, «Swiss training for Industrial Energy Optimization», Proceedings of the 10th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, EEMODS'2017, pp. 273-284, 2017.

**Lien**  
→ [www.heig-vd.ch](http://www.heig-vd.ch)

### Auteurs

**Christophe Besson** enseigne les machines électriques et les simulations électromagnétiques à la Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud (HEIG-VD). Il y développe des activités de Ra&D et des mandats industriels au sein de l'Institut d'énergie et systèmes électriques (IESE), dans le domaine des moteurs et des générateurs électriques.  
→ HEIG-VD, 1400 Yverdon-les-Bains  
→ [christophe.besson@heig-vd.ch](mailto:christophe.besson@heig-vd.ch)

**Alain Savary** réalise des activités de Ra&D et des mandats dans le domaine des moteurs et des systèmes électriques à la HEIG-VD.  
→ [alain.savary@heig-vd.ch](mailto:alain.savary@heig-vd.ch)

## Ein kleiner Schritt für den Versorger, ein großer Schritt in Richtung Smart Grid

**kamstrup**

### Beschreiten Sie neue Wege mit der Smart Metering Funklösung OMNIA

- Geringe Installations- und Betriebskosten bei höchster Verfügbarkeit > 99,5 %
- Redundantes System – minimale Anzahl an Datenkonzentratoren
- Erfassung der Netzqualität
- Geeignet für Stadt, Berg und Tal

[kamstrup.com/omnia](http://kamstrup.com/omnia)

Kamstrup A/S Schweiz · Industriestrasse 47  
8152 Glattbrugg · T: 043 455 70 50 · [info@kamstrup.ch](mailto:info@kamstrup.ch)

