

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 105 (2014)
Heft: 6

Artikel: Banc d'essais pour pompes de circulation
Autor: Besson, Christophe / Ecoeur, Pierrick / Frutschi, Jonathan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856253>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Banc d'essais pour pompes de circulation

Comparaison de l'efficacité énergétique des circulateurs

Les pompes de circulation utilisées dans les bâtiments consomment une énergie électrique importante. Or, de nouveaux types de circulateurs sont disponibles, présentant de meilleurs rendements. Le remplacement des pompes de circulation trop énergivores permettrait de réduire de manière conséquente la consommation énergétique de ce secteur. Un banc d'essais a été développé à la HEIG-VD dans le but de comparer les performances de différents types de circulateurs et d'illustrer les problématiques en jeu.

Les exigences relatives à l'efficacité énergétique des circulateurs électriques ont d'ailleurs été revues suite à l'adoption de la directive « Ecodesign » par les instances fédérales. Le règlement CE n° 641/2009 [3], entré en vigueur début 2013, impose à tout circulateur mis sur le marché un rendement minimum caractérisé par l'indice d'efficacité énergétique IEE. Ainsi, depuis le 1^{er} janvier 2013, l'indice IEE des circulateurs ne doit pas excéder 0,27 et, à partir du 1^{er} août 2015, cette limite passera même à 0,23.

Christophe Besson, Pierrick Ecoeur, Jonathan Frutschi

Certaines études mentionnent que les pompes, les ventilateurs, les compresseurs et les autres machines entraînées par des moteurs électriques représentent entre 43 et 46% de la consommation d'électricité mondiale [1]. L'un de ces moteurs, le moteur asynchrone à rotor noyé, est couramment utilisé dans les pompes centrifuges des installations domestiques de chauffage central et d'eau chaude sanitaire. Dans ce cas, on parle parfois de « pompe de circulation » ou de « circulateur » (figure 1). Ces pompes sont aussi employées pour la circulation de liquides dans les installations de froid et de climatisation.

Les circulateurs installés dans les bâtiments suisses représentent environ 3% de la consommation totale d'électricité du pays, soit 1,8 TWh/an [2]. À titre de comparaison, il s'agit de la consommation annuelle moyenne d'environ 400 000 ménages suisses. Au niveau européen, la consommation électrique des circulateurs est, quant à elle, évaluée à 50 TWh par année [3].

Le dimensionnement correct et le choix judicieux d'un circulateur pour une installation permettent de diminuer la consommation d'énergie électrique, mais aussi d'améliorer le comportement de l'installation [4]. Selon une publication de l'OFEN (Office fédéral de l'énergie), si toutes les pompes de circulation inefficaces de Suisse étaient remplacées par des modèles efficaces et étaient mises en œuvre de manière optimale, les besoins

d'énergie électrique baisseraient d'environ 1151 GWh par an [5], soit près de 2% de la consommation électrique du pays.

Or, les circulateurs à haut rendement équipés d'un moteur à aimant permanent associé à un variateur de fréquence peuvent être jusqu'à trois fois plus efficaces que les pompes traditionnelles à moteur asynchrone. Le remplacement d'une pompe de circulation non efficace par un nouveau modèle peut ainsi conduire à des économies d'énergie appréciables avec un retour sur investissement généralement relativement court. De plus, afin de faciliter le remplacement, les fabricants proposent des circulateurs avec le même dispositif de fixation que les anciens modèles.

Banc d'essais

Un banc d'essais a été développé à la HEIG-VD afin de mesurer et de comparer les performances de différents types de circulateurs à rotor noyé dans les mêmes conditions de fonctionnement (figure 2). Les pompes de circulation installées, de puissances similaires, sont basées sur les trois technologies suivantes :

- moteur asynchrone avec commutation de bobinage (trois vitesses à choix) ;
- moteur asynchrone avec convertisseur de fréquence ;
- moteur synchrone à aimant permanent avec convertisseur de fréquence.

Chaque pompe dispose de son propre circuit hydraulique équipé de plusieurs appareils de mesure. Le banc d'essais permet de mesurer la caractéristique débit-hauteur de chaque pompe et son rende-

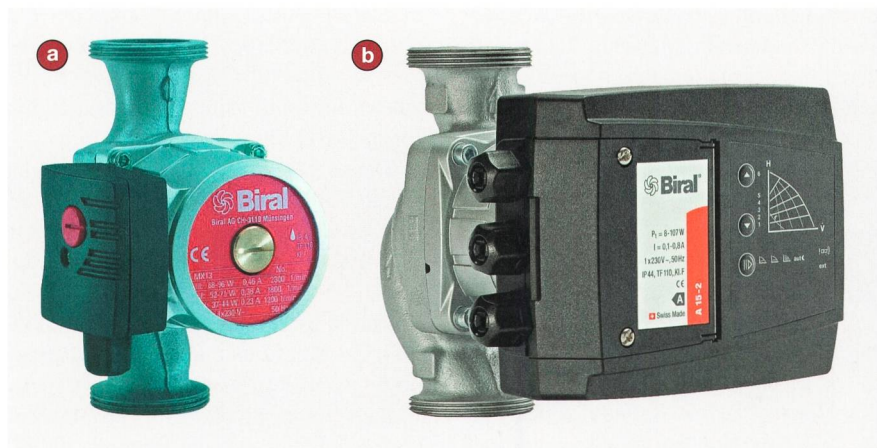


Figure 1 Pompes de circulation : (a) circulateur avec moteur asynchrone et (b) circulateur avec moteur synchrone.



Figure 2 Banc d'essais avec, de droite à gauche, le moteur synchrone, le moteur asynchrone avec convertisseur de fréquence, le moteur asynchrone à commutation de bobinage et finalement l'emplacement prévu pour tester une quatrième pompe.

ment pour différents points de fonctionnement. Les diverses grandeurs électriques sont mesurées à l'aide d'un analyseur de puissance. La puissance hydraulique est déduite à l'aide des mesures du débit et de la pression dans les conduites d'aspiration et de refoulement.

Des vannes motorisées et manuelles permettent de modifier la caractéristique du réseau hydraulique afin de déplacer le point de fonctionnement des circulateurs. L'interface informatique développée avec le logiciel LabVIEW permet de gérer l'ouverture des vannes motorisées et réalise l'acquisition informatique de

l'ensemble des grandeurs mesurées. Afin d'effectuer les essais dans différentes conditions de température, un système de chauffage est employé pour régler la température de l'eau. Un circuit hydraulique supplémentaire a été prévu dans le but de tester d'autres pompes, dans le cadre de mandats avec des partenaires industriels par exemple.

Caractéristiques des différentes pompes

Les fabricants expriment les capacités de refoulement à vitesse constante d'une pompe par des caractéristiques « débit-hauteur ». Le débit Q est le volume de

fluide débité au refoulement de la pompe par unité de temps. La hauteur manométrique totale H d'une pompe est le travail mécanique utile fourni au fluide refoulé par unité de poids du fluide. Elle est exprimée soit en mètre, soit en millibar.

Circulateur 1

La caractéristique $H(Q)$ mesurée du circulateur 1, qui utilise un moteur asynchrone à commutation de bobinage sans alimentation électronique, est représentée à la **figure 3a**. Les courbes sont données pour les trois vitesses disponibles de rotation de la pompe. Le débit Q est directement mesuré à l'aide d'un débitmètre alors que la hauteur manométrique H est déterminée avec l'équation de Bernoulli sur la base de la différence des pressions mesurées dans les conduites d'aspiration et de refoulement.

Le rendement η de la pompe de circulation se calcule en divisant la puissance hydraulique transmise au liquide par la puissance électrique absorbée. Cette grandeur varie en fonction du débit, comme illustré à la **figure 3b**. Pour ce type de circulateur, le rendement diminue rapidement lorsque le point de travail s'éloigne de la zone de fonctionnement optimal.

Circulateur 2

L'utilisation d'un convertisseur de fréquence avec le circulateur 2 permet de régler la vitesse du moteur asynchrone sur toute la plage de fonctionnement. Le graphique de la **figure 4a** représente le rendement global de la conversion réalisée par le convertisseur de fréquence et le circulateur sur la plage de fonctionnement $H(Q)$. Il s'agit de la puissance hydraulique fournie par la pompe sur la puissance électrique absorbée à l'entrée du convertisseur électronique. La courbe est limitée sur la droite, au niveau du

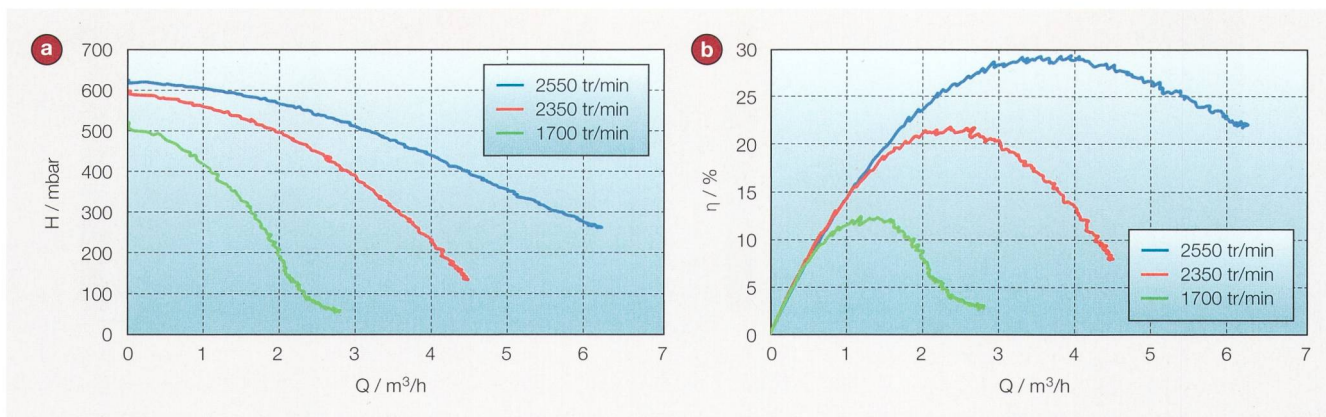


Figure 3 Mesures du circulateur asynchrone à commutation de bobinage: (a) caractéristique $H(Q)$ et (b) rendement en fonction du débit.

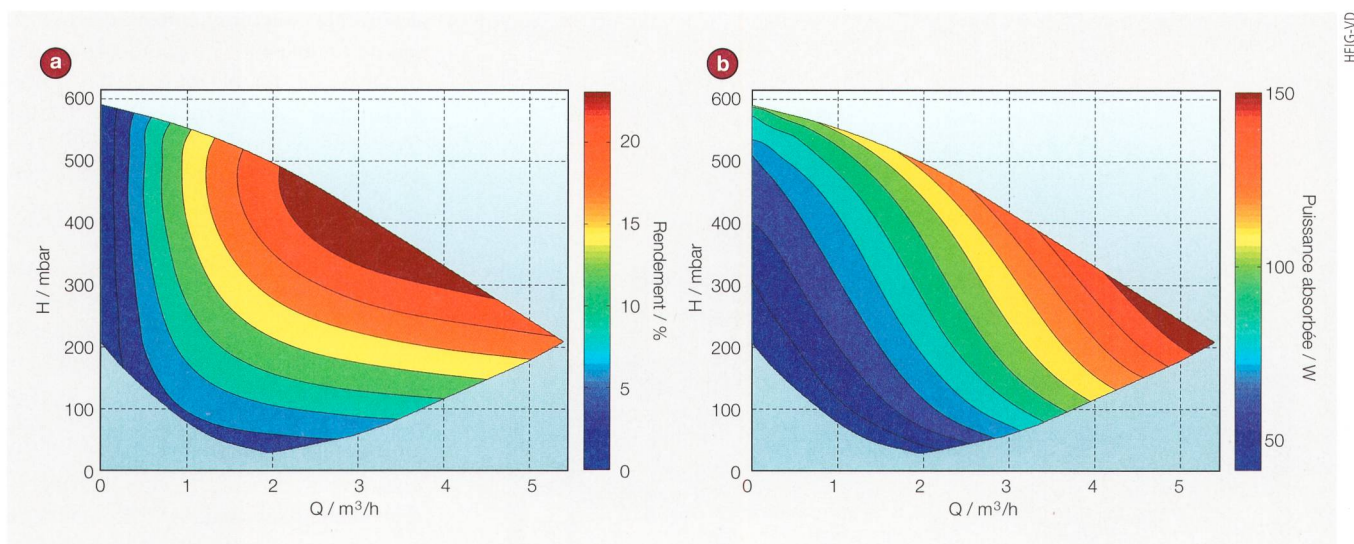


Figure 4 Mesures du circulateur asynchrone avec variateur de fréquence sur l'ensemble de la plage de fonctionnement $H(Q)$: (a) rendement et (b) puissance électrique absorbée.

débit, par la caractéristique du réseau hydraulique lorsque les vannes de réglage sont entièrement ouvertes. La hauteur manométrique, sur la partie supérieure, est limitée par la caractéristique $H(Q)$ de la pompe. Le rendement maximal obtenu pour ce système est proche de 26%. Il varie selon le point de fonctionnement du circulateur.

Le graphique de la **figure 4b** représente la puissance électrique absorbée sur la plage de travail $H(Q)$ de la pompe. Le système absorbe une puissance électrique comprise entre 40 et 160 W en fonction du régime de travail.

Circulateur 3

Une démarche identique a été appliquée avec le circulateur synchrone à aimant permanent alimenté par un

convertisseur de fréquence. Le graphique de la **figure 5a** représente le rendement sur la plage de fonctionnement $H(Q)$. Celui-ci atteint environ 50% au point de fonctionnement optimal.

La puissance absorbée par le variateur de fréquence alimentant le circulateur 3 varie entre 10 et 70 W (**figure 5b**). La comparaison avec le circulateur 2 montre que, pour produire un même débit dans une installation hydraulique identique, la puissance absorbée est très fortement réduite.

Comparaison des différents types de circulateurs

Le circulateur asynchrone à commutation de bobinage propose un rendement relativement faible. Étant donné que seules trois vitesses sont disponibles,

il est difficile de placer le circulateur à son point de fonctionnement optimal. L'ajout d'un convertisseur de fréquence permet de régler la vitesse sur toute la plage de fonctionnement.

Le circulateur synchrone à aimant permanent fournit de meilleures performances. En effet, le rendement de ce circulateur, mesuré sur la plage de fonctionnement, est ici environ deux fois plus élevé que celui d'un circulateur asynchrone semblable équipé d'un convertisseur de fréquence. L'utilisation des circulateurs synchrones à aimant permanent est par conséquent conseillée.

Conclusions

Compte tenu du très grand nombre de circulateurs installés dans le pays, un large potentiel d'économie d'énergie élec-

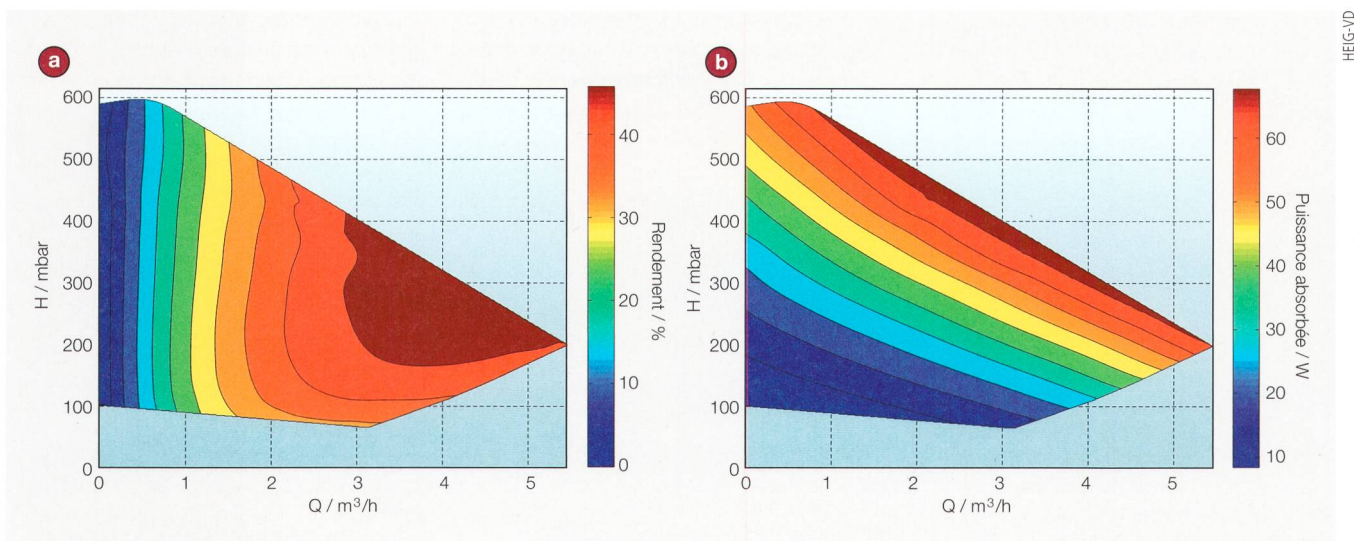
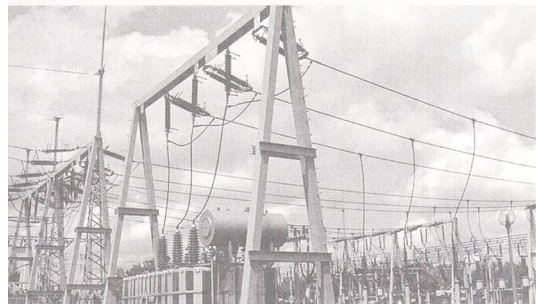


Figure 5 Mesures du circulateur synchrone à aimant permanent avec variateur de fréquence sur l'ensemble de la plage de fonctionnement $H(Q)$: (a) rendement et (b) puissance électrique absorbée.



Von der Konzeption über die Planung bis hin zur Realisierung unterstützen wir Sie bei Revisionen und Neuprojekten.

Bewährte Elemente verbunden mit neuesten Technologien gewährleisten optimale Nutzung aller Ressourcen und höchste Effizienz.

Kraftwerke • Unterwerke • Bahnstromanlagen



Energiesysteme und Anlagentechnik AG
Mühlentalstrasse 136 | CH-8201 Schaffhausen
Tel. +41 52 630 20 00 | Fax +41 52 630 20 10
www.esatec.ch

TECHNOLOGIE **ENERGIEEFFIZIENZ**

TECHNOLOGIE **EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE**

trique est envisageable dans ce domaine. Désormais, les normes imposent l'installation de circulateurs efficaces. L'utilisateur peut ainsi réduire sa consommation énergétique et diminuer le coût d'exploitation de ses pompes.

Références

- [1] P. Waide, C. U. Brunner : Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems. International Energy Agency, 2011.
- [2] J. Nipkow : Potentiel d'économie d'électricité. Agence suisse pour l'efficacité énergétique (S.A.F.E.), 2011.
- [3] Règlement (CE) n° 641/2009. Commission des communautés européennes, 2009.
- [4] E. Füglistler, R. Sigg : Dimensionnement et exploitation optimale des circulateurs. Office fédéral des questions conjoncturelles, Programme d'impulsions RAVEL, ISBN 3-905233-11-8, 1993.
- [5] Économiser de l'énergie et de l'argent avec des pompes de circulation classe A. OFEN, 2012.

Informations sur les 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) depuis 2002. Il 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, 1401 Yverdon-les-Bains,
christophe.besson@heig-vd.ch

Zusammenfassung

Prüfstand für Umwälzpumpen

Vergleich der Energieeffizienz von Zirkulationspumpen

Zirkulationspumpen werden meist in Zentralheizungs- oder Warmwasserbereitungsanlagen von Gebäuden eingesetzt und verbrauchen viel Energie: In der Schweiz rund 3% des gesamten Stromverbrauchs (1,8 TWh/Jahr) – der durchschnittliche Jahresverbrauch von rund 400 000 Haushalten. Allerdings sind unterdessen neue Pumpenmodelle mit höherem Wirkungsgrad erhältlich.

An der zur Fachhochschule Westschweiz gehörigen HEIG-VD (Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud) wurde ein Prüfstand entwickelt, mit dem die Effizienz verschiedener Arten von Umwälzpumpen mit ähnlichen Leistungskennzahlen verglichen werden kann. Tests haben gezeigt, dass beispielsweise Zirkulationspumpen mit Synchron-Permanentmagnetmotor und Frequenzumrichter einen dreimal so hohen Wirkungsgrad haben wie Pumpen mit Asynchronmotor und Wicklungsumschaltung (mit drei variablen Geschwindigkeitsstufen). Der Austausch von ineffizienten Umwälzpumpen würde daher zu einer nachhaltigen Reduzierung des Energieverbrauchs in diesem Bereich beitragen.

CHe

Pierrick Ecoeur a obtenu un diplôme Master of Science en Engineering (MSE), orientation Technologies industrielles, à la Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO). Il est collaborateur scientifique à la HEIG-VD pour des activités de Ra&D et pour la réalisation de mandats industriels dans le domaine de l'électronique de puissance et des moteurs électriques.

HEIG-VD, 1401 Yverdon-les-Bains,
pierrick.ecoeur@heig-vd.ch

Jonathan Frutschi a obtenu un diplôme Bachelor en génie électrique, orientation Systèmes énergétiques. Il est collaborateur scientifique à la HEIG-VD

pour des activités de Ra&D et pour la réalisation de mandats industriels dans le domaine des moteurs électriques. En parallèle, il effectue une formation afin d'obtenir un diplôme Master.

HEIG-VD, 1401 Yverdon-les-Bains,
jonathan.frutschi@heig-vd.ch

Le développement et la réalisation du banc d'essais, qui sera principalement employé pour un usage didactique lors de travaux pratiques de laboratoire à la HEIG-VD, a été financé par la société Romande Énergie. Il sera aussi utilisé pour des mandats spécifiques. Les circulateurs ont été offerts par l'entreprise Biral.