

# Les moteurs freinent leur appétit

HUGO LEROUX, JEAN-FRANÇOIS PRÉVÉRAUD [1]

**Les moteurs consomment 70 % de l'électricité dans l'industrie. Le recours à des modèles plus efficaces ou des variateurs de vitesse peut limiter cet appétit énergétique. La facture électrique justifie ces solutions. À moyen terme, la réglementation « écoconception » les rendra obligatoires.**

Pompe, compresseur, ventilateur : ce trio de machines dites centrifuges incarne l'omniprésence des moteurs électriques. Production d'air comprimé, de froid ou systèmes d'entraînement dans l'industrie, eau chaude sanitaire ou ventilation dans le bâtiment... aucun usage n'échappe à leur hégémonie. Avec une répercussion sur la facture électrique. Les moteurs électriques consomment ainsi deux tiers de la consommation électrique industrielle en Europe.

La situation n'est pas irréversible : il existerait un potentiel total d'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes à moteur électrique de l'ordre de 20 à 30 %. Avec à la clé un gain sur la facture énergétique. Ce potentiel repose sur deux piliers essentiels : un moteur plus économe, ou le recours à un variateur de vitesse. « Le coût global d'une pompe est constitué à 85 % de sa consommation énergétique », souligne Alexandre Étienne, responsable des ventes bâtiment chez le fabricant Salmsom. « Sur toute sa durée de vie, un équipement dont la consommation est bien adaptée à l'usage peut coûter deux fois moins cher qu'une solution lambda. » Si cette efficacité représente un investissement, préférer une machine bon marché à l'acquisition peut donc revenir à se coller un boulet énergétique ! « Pour qu'une solution soit viable, nous visons des retours sur investissement inférieurs à deux ans : c'est la norme généralement retenue dans l'industrie », renchérit Alexandre Étienne.

[1] Article extrait de la revue *Industrie & technologies*, n° 953, avril 2013.

Première piste d'optimisation : les variateurs de vitesse. Intégrés sur la machine ou déportés dans l'armoire électrique pour les plus gros systèmes, ces dispositifs électroniques adaptent la vitesse de rotation du moteur, et donc sa consommation électrique, en fonction du besoin. Le « ticket d'entrée » pour cette régulation doit être soigneusement évalué : elle repose sur un ensemble de capteurs qu'il faut installer. « L'investissement se justifie partout où des appareils centrifuges doivent répondre à un besoin variable et soutenu. Le pompage d'eau chaude dans un bâtiment sanitaire en est un exemple. Pour ce type d'application, le gain par apport à la vitesse fixe peut atteindre 20 % », explique Alain Escrig, directeur des ventes chez Leroy-Somer.

## L'électronisation de variateurs de vitesse est un atout

Industrialisés dans les années 1980, les variateurs de vitesse n'ont pas

### mots-clés

écoconception, efficacité énergétique, électronique, électrotechnique, énergie

fini d'évoluer. Alors que les premiers modèles étaient déportés, la miniaturisation de l'électronique permet leur intégration aux moteurs dès la fin des années 1990. À présent, les constructeurs intègrent des fonctionnalités « personnalisées » par segment de marché : « Grâce aux capacités de l'électronique embarquée, nous développons au sein des variateurs des applications métier qui étaient auparavant déportées dans un automate extérieur. Cela apporte aussi un gain en compacité ou en économie d'autres appareils. Sur un système de ventilation, l'analyse des données de température extérieure et intérieure permettant d'ajuster le débit d'air à souffler peut maintenant se faire directement dans le variateur », affirme Édouard Van Den Corput, responsable de l'offre variation de vitesse et démarreurs chez Schneider Electric. Conséquence de cette « électronisation » : le variateur devient également une passerelle de communication. Il peut faire remonter des informations sur le moteur et son environnement via des liaisons filaires ou non. « Exploitées dans un système de supervision, ces informations peuvent servir à détecter des anomalies de fonctionnement ou à optimiser la consommation globale du procédé. »

### Ce que dit la directive écoconception

À travers la directive ErP (*energy-related products*), la commission européenne a mis en place un calendrier visant à imposer progressivement des moteurs de plus en plus efficaces. Pendant l'élaboration de la norme IE4, le compte à rebours est déjà lancé :

**16 juin 2011,** tous les nouveaux moteurs sur le marché entre 0,75 et 375 kW doivent remplir les exigences d'efficacité de la norme dite IE2.

**1<sup>er</sup> janvier 2015,** tous les moteurs entre 7,5 et 375 kW doivent remplir les exigences d'efficacité IE3, ou, selon les usages, IE2 avec variateur de vitesse.

**1<sup>er</sup> janvier 2017,** ces exigences seront aussi valables pour les moteurs avec une puissance de sortie nominale comprise entre 0,75 et 375 kW.



## FICHE TECHNIQUE

<b>Marque</b>	Leroy-Somer
<b>Type</b>	Moteur synchrone à aimants permanents IE4
<b>Modèle</b>	Dyneo – Série LSRPM
<b>Puissance</b>	de 0,75 à 400 kW
<b>Couple</b>	de 1 à 1 400 Nm
<b>Vitesse</b>	de 1 à 5 500 min <sup>-1</sup>
<b>Hauteur d'axe</b>	de 90 à 315 mm.
<b>Construction</b>	IP 55 selon CEI60 034

## PUISSANT MAIS PEU GOURMAND

## UN VENTILATEUR ROGNÉ

Les faibles pertes du moteur ont permis de réduire le diamètre du ventilateur, en plastique ou en aluminium suivant la puissance, pour ajuster son débit au besoin tout en limitant la puissance absorbée. Le capot de ventilation guide le flux d'air tout en assurant une protection IP 55

## DES CHIGNONS RACCOURCIS

Les bobinages venant s'insérer dans des encoches du stator sont réalisés en fils de cuivre. Leur parcours a été optimisé pour réduire les parties inactives (chignons). Les fils sont revêtus d'un émail de haute qualité grade 2+ pour supporter les pics de tension inhérents aux variateurs

Boîte à bornes

Planchette à bornes

Vis de fixation du capot

## UN DIALOGUE PERMANENT

Un codeur placé en bout d'arbre assure la communication avec le variateur

## UN CARTER DANS LE VENT

Le carter à ailettes en aluminium garantit la tenue mécanique de l'ensemble et une bonne dissipation thermique par convection

## UNE CLÉ DE VOÛTE BREVETÉE

Le rotor comporte un arbre en acier sur lequel est emmanché un moyeu en aluminium. Des queues d'arondes y assurent la retenue des paquets de tôles magnétiques au silicium à faibles pertes de 5/100 mm (en gris) entre lesquels sont insérés les aimants permanents en néodyme fer bore (en noir). Une géométrie en clé de voûte, associée à des jeux de montage de quelques dixièmes de millimètre, permet un blocage mécanique par centrifugation de l'ensemble sans recours à des adhésifs qu'il faudrait polymériser à chaud

## UN GUIDAGE RIGIDE

Les flasques en fonte assurent la rigidité des paliers et le guidage précis de la ligne d'arbre. Les roulements, isolés par un film de céramique, et leur graissage, sont adaptés à la nature des efforts à supporter et aux conditions d'emploi

■ Ce moteur synchrone à aimants permanents, à la mécanique optimisée, associé à un variateur de vitesse, offre un compromis entre performances et rendement énergétique. Voyage au cœur d'un moteur IE4; la norme actuellement en préparation réduira les pertes d'environ 30% par rapport à l'actuelle IE2

**Des moteurs plus efficaces**

Reste que, dans un bâtiment ou une usine, nombre d'usages sont constants. C'est par exemple le cas du débit de refroidissement continu ou des circuits de chauffage de l'habitat. Plutôt qu'un variateur de vitesse, l'adoption de moteurs plus efficaces peut alors s'avérer plus judicieuse. Les classes IE1, IE2, IE3 désignent les rendements croissants intégrés par les fabricants de moteurs dans leurs gammes. À terme, l'adoption des moteurs IE2 puis IE3 est inévitable, car la directive ErP (*energy-related products*), aussi appelée « directive écoconception », pousse les solutions les moins efficaces, type IE1 et antérieures, vers la sortie du marché (voir l'encadré page 6).

« Le passage aux catégories IE2 puis IE3 implique un important effort d'innovation. C'est une contrainte, car elle nous oblige à bousculer notre conception. Mais aussi une opportunité, car c'est à nous de faire les meilleurs choix industriels pour répondre aux besoins des clients », remarque Alain Escrig, de Leroy-Somer. Pour l'instant, l'amélioration des rendements sur les

moteurs asynchrones est obtenue par l'ajout, à volume égal, de cuivre dans le bobinage et de tôle magnétique au cœur du moteur. Ces ajouts ont pour effet d'élever le champ électromagnétique, et donc la force qui fait tourner le rotor.

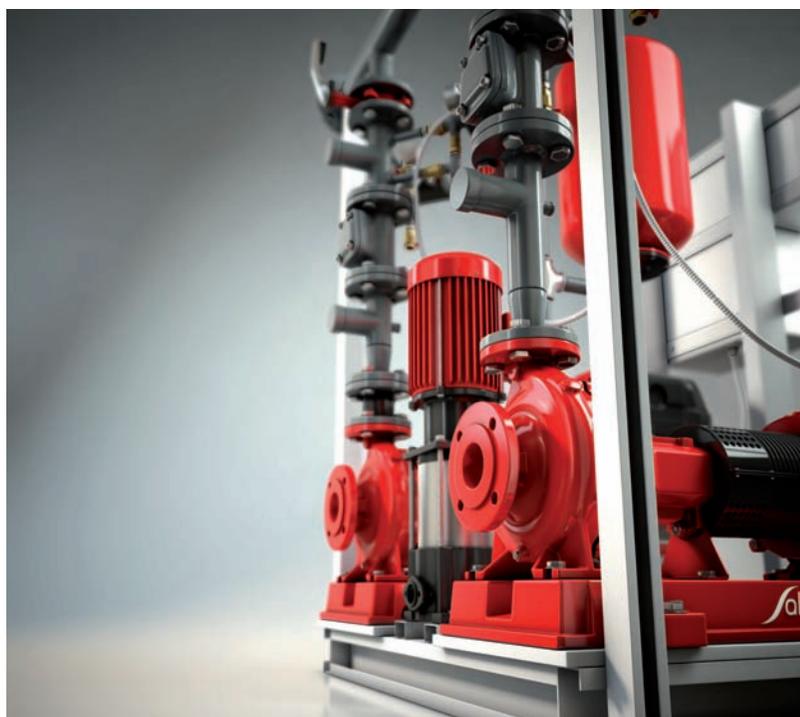
À plus long terme, les constructeurs anticipent un saut technologique : les moteurs IE4. « Pour parvenir à ce niveau d'exigence, on ne peut pas compter sur une innovation incrémentale : il faut changer de concept de moteurs », constate Alain Escrig. Candidat tout désigné : le moteur synchrone à aimants permanents. Cette véritable « Rolls » affiche une efficacité dopée par une série d'aimants permanents insérés sur le rotor. Le champ magnétique émis par le rotor s'additionne à celui de l'électroaimant positionné sur le stator. En dépit du prix élevé des aimants à base de terres rares, les moteurs IE4 bénéficient d'un rapport couple/masse et puissance/masse inégalé. Selon le fabricant Salmson, ses pompes IE4 seraient jusqu'à 40% plus efficaces que ses modèles IE2 ! Encore haut de gamme, les moteurs synchrones à aimants perma-

nents devraient se banaliser à mesure que la réglementation bannit les concepts les moins efficaces. Décrits par de nombreux acteurs comme une future norme au-delà de 2020, ils livrent déjà un bilan acceptable sur certaines applications intensives.

**Améliorer ses performances en investissant dans un moteur IE4**

La société Semea, qui gère la production et la distribution d'eau sur l'agglomération du Grand Angoulême, a obtenu un retour sur investissement de quatorze mois en remplaçant un groupe de pompage par une solution IE4. Après une étude approfondie de ses profils d'utilisation, menée avec un fabricant de pompes et de moteurs, elle a finalement choisi de remplacer les deux moteurs à vitesse fixe par un unique moteur synchrone à aimants permanents, assisté d'un variateur pour gérer au mieux les régimes variables. Outre une consommation énergétique réduite de 10% par mètre cube d'eau transféré, la puissance de cette technologie a permis d'assouplir le fonctionnement des installations : « La pompe assure un débit en eau supérieur de 15%, ce qui nous permet de mieux profiter des huit heures d'électricité en tarif de nuit. Nous économisons ainsi deux heures de tarif de jour », constate Michel Labet, responsable de production au sein de Semea.

Une puissance optimisée peut également être synonyme d'un nombre d'équipements réduit. Exemple aux abattoirs de Cooperl, à Lamballe (Côtes-d'Armor). Au moment de moderniser la capacité de surgélation de 1 300 kW de sa chambre froide, cet abattoir industriel a équipé l'un des trois groupes de froid d'un compresseur IE4 à vitesse variable. Avec 23% d'efficacité supplémentaire, cet apport a permis de supprimer le troisième groupe de froid, devenu superflu. Fonctionnant à deux groupes, la chambre froide repose maintenant sur un ancien moteur à vitesse fixe tournant à plein régime, le moteur IE4 assurant le besoin variable de froid résiduel. ■



■ **Le pompage de l'eau chaude sanitaire dans un immeuble collectif répond à une demande très variable.** Avec une pompe à haut rendement IE2 de 8 m<sup>3</sup> associée à un variateur de vitesse, le coût global du système peut être divisé par deux, soit 20 000 euros contre 40 000 au préalable