



L'usine de Montmartre d'Eau de Paris a été rénovée en 2025 avec, notamment, des pompes équipées de moteurs de dernière génération à haut rendement pour une meilleure sobriété énergétique.

ARTICLE INTERACTIF



Moteurs et moto-variateurs : des solutions pour économiser l'énergie

Ambre Moreau

Abstract

In pumping stations, aeration lines and treatment units, motors account for a significant proportion of electricity consumption. At a time when every kilowatt-hour counts and European regulations are becoming increasingly stringent, combining a high-efficiency motor with a variable-speed drive offers a means of achieving savings, provided the technology is chosen carefully and the system is finely tuned.

Dans les stations de pompage, les files d'aération ou les unités de traitement, les motorisations représentent une part importante de la consommation électrique. À l'heure où chaque kilowattheure compte et où la réglementation européenne resserre ses exigences, l'association d'un moteur à haut rendement et d'un variateur de vitesse constitue un levier d'économie, à condition de bien choisir la technologie et de piloter finement l'ensemble.

Longtemps considérés comme de simples utilités, les moteurs électriques concentrent aujourd'hui l'attention des exploitants de l'eau : sur la durée de vie de nombreuses installations, la consommation énergétique représente une part majeure du coût total de possession. La directive européenne révisée sur les eaux urbaines résiduelles (DERU 2), dont la transposition est attendue d'ici juillet 2027, fixe des objectifs de neutralité énergétique

à l'échelle nationale pour les stations concernées. Dans ce contexte, moteurs et moto-variateurs – la combinaison d'un moteur et de son variateur – sont scrutés pour eux-mêmes, indépendamment des pompes, des aérateurs ou des agitateurs qu'ils entraînent. Le sujet n'est pas neuf, mais il change d'échelle. L'arrivée des classes IE4 et IE5, voire IE6, la généralisation de la variation de vitesse et la montée en puissance des outils numériques redessinent

Lenze

MOVE STRONGER.

Progress is unthinkable without motion.

NEW!



i650 motec

IE2/IE3 three-phase AC motors **m500 + i650 motec**

With an integrated i650 motec VFD, the highly efficient IE2 m550-H three-phase motors cover the power range from 0.25 ... 0.55 kW. With an integrated i650 motec VFD, the premium-efficient IE3 m550-P three-phase motors cover the power range from 0.75 ... 7.5 kW.

Technical data	0.25 ... 5.5 kW 1.7 ... 35 Nm
Version	B3 B5 B14
Feedback	Without Incremental encoder



Find out more
at [lenze.com](https://www.lenze.com)



Nidec Leroy-Somer met en avant sa gamme Dyneo+, un moteur à réluctance assistée d'aimants, dont le rendement dépasse le niveau IE5 en combinant les atouts du synchrone et la robustesse mécanique de l'asynchrone.

l'offre. ABB, Danfoss et Nidec Leroy-Somer, rencontrés pour ce dossier, convergent sur un point – d'autres fabricants sont Dymatec Industries, Hidrostat, SEW Usocom, Siemens, WEG et Xylem (moteurs), Mitsubishi Electric, Omron Electronics, Rockwell Automation et Schneider Electric (variateurs de vitesse), etc. – : l'efficacité ne se joue plus au niveau du seul moteur, mais dans l'optimisation de l'ensemble moteur, variateur et commande.

Les classes de rendement IE, définies par les normes internationales, servent de repère pour comparer l'efficacité des moteurs. En Europe, le règlement 2019/1781 impose des niveaux minimaux variables selon les caractéristiques des équipements, dont l'IE4 pour certaines catégories de moteurs depuis juillet 2023. L'IE3 reste très présent dans le parc installé, relève Nidec Leroy-Somer, mais les réglementations en accélèrent le remplacement. « Le marché est actuellement dans une phase de transition », observe le constructeur, pour qui le passage de l'IE3 à l'IE5 marque une rupture importante. Selon lui, les pertes du moteur peuvent alors être réduites de plusieurs dizaines de pourcent, un gain d'autant plus intéressant dans le domaine de l'eau, où les moteurs tournent plusieurs milliers d'heures par an.

TROIS FAMILLES DE MOTEURS, UNE BASCULE VERS L'IE5

Pour ces applications, trois technologies coexistent. Le moteur asynchrone reste la référence historique pour sa robustesse et son coût ; en version IE4, il offre déjà, selon Nidec Leroy-Somer,

un bon compromis performance-prix. Les moteurs synchrones à aimants permanents atteignent des rendements très élevés, surtout à charge partielle. Enfin, les moteurs synchrones à réluctance s'imposent comme une alternative crédible à vitesse variable.

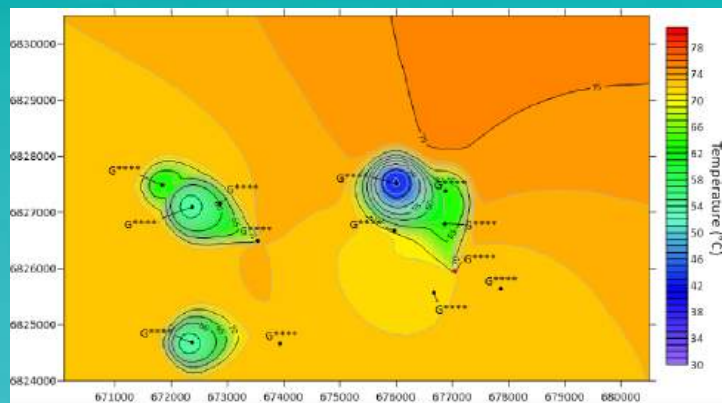
C'est sur cette dernière famille que se concentrent les nouveautés. Nidec Leroy-Somer met en avant sa gamme Dyneo+, un moteur à réluctance assistée d'aimants, dont le rendement dépasse le niveau IE5 en combinant, selon l'entreprise, les atouts du synchrone et la robustesse mécanique de l'asynchrone. ABB pousse ses moteurs synchrones à réluctance SynRM de classe IE5, dont le rotor ne comporte ni aimants ni bobinages. « Le rotor de ces modèles ne dissipe pratiquement aucune puissance, combinant ainsi les performances d'un moteur à aimants permanents avec la simplicité d'entretien d'un moteur à induction », explique Alexandre Rubio Belando, responsable produits moteurs chez ABB France. Cette conception permet, selon le constructeur, de réduire les pertes énergétiques du moteur d'environ 20 % par rapport à celles d'un modèle IE4, et jusqu'à 40 % par rapport à celles d'un moteur IE3. Ces pourcentages portent sur les pertes du moteur, et non sur sa consommation électrique totale.

Au-delà de la classe affichée, les fabricants insistent sur les performances réelles : dans de nombreuses applications à charge variable, les moteurs ne fonctionnant pas en permanence à leur charge nominale, « le gain énergétique réel est souvent plus important que ce que laisse penser la seule comparaison des classes IE », souligne Nidec Leroy-Somer. ABB annonce, de son côté, un rendement du système supérieur à 90 % en charge partielle avec son couple moteur IE5-variateur.

Quant à l'IE6, souvent citée comme la prochaine étape, elle reste émergente. ABB revendique déjà, pour une partie de ses moteurs à réluctance, des performances correspondant à celles du niveau IE6 anticipé, avec des pertes annoncées inférieures de 20 % à celles d'un moteur IE5 comparable, un niveau distinct des exigences réglementaires en vigueur. Nidec Leroy-Somer, plus prudent, parle d'une « logique prospective » et estime que l'enjeu immédiat demeure le déploiement de l'IE5 associé à la variation de vitesse. Avec sa nouvelle gamme de moteurs électriques synchrones W23Sync+ Ultra, d'une puissance allant de 7,5 à 1 250 kW, WEG rend accessible le niveau d'efficacité IE6, voire au-delà. Les modèles de la série W23Sync+ Ultra sont des moteurs à aimants permanents et à réluctance synchrone. Le rendement d'un moteur synchrone à aimants permanents est supérieur à celui d'un moteur asynchrone, notamment en raison de l'absence de pertes par effet Joule dans le rotor, de l'apport du flux d'excitation des aimants permanents et des ratios couple-courant et couple-volume élevés. La technologie de réluctance synchrone est particulièrement adaptée aux applications nécessitant une large plage de vitesse et/ou nécessitant d'atteindre des plages de vitesse élevées et de supporter des surcharges importantes. Le constructeur a également fait évoluer sa plateforme de moteurs à induction W22 avec l'ajout de la gamme W22 Prime. En atteignant des niveaux d'efficacité plus élevés (IE4 et IE5), ces moteurs électriques, qui ont été conçus pour remplacer les moteurs à faible rendement et s'intégrer facilement dans les installations existantes, permettent aux industriels de réduire leur consommation d'énergie, de diminuer les émissions de CO₂ et d'améliorer leurs performances opérationnelles. Un autre critère s'invite dans les cahiers des charges : la présence, ou non, de



Pour Lenze, l'objectif n'est plus uniquement d'améliorer le rendement du moteur, mais aussi d'optimiser l'ensemble du système d'entraînement grâce à une combinaison d'efficacité énergétique, de variation de vitesse et d'exploitation des données.



- Eau
- Géothermie
- Environnement
- Pompes à chaleur sols & nappes
- Forage
- Production
- Maintenance
- Ingénierie
- Derisking
- Suivi de travaux
- Services puits

- Geothermal energy
- Ground water
- Environment
- Ground water & ground source heat pumps
- Drilling/completion
- Production
- Maintenance
- Engineering
- Derisking
- Project management
- Well services

www.geofluid.fr

Scannez et découvrez |





Une partie des moteurs à réluctance d'ABB affichent des performances correspondant à celles du niveau IE6 anticipé, avec des pertes annoncées inférieures de 20 % à celles d'un moteur IE5 comparable.

terres rares. Nidec Leroy-Somer précise que ses moteurs Dyneo+ utilisent des aimants en ferrite, et non en néodyme, dont l'approvisionnement est concentré et les prix volatils. « C'est devenu un sujet majeur pour de nombreux clients », rapporte l'entreprise. ABB va plus loin avec une conception SynRM totalement dépourvue d'aimants. Cette absence de terres rares peut limiter l'exposition aux fluctuations de prix et aux risques d'approvisionnement, sans améliorer en elle-même le rendement du moteur. « Le choix de matériaux évitant le recours aux terres rares répond aux enjeux de durabilité et d'approvisionnement. Notre solution hydrovar X combine un variateur de fréquence HVX et un moteur synchrone à réluctance assistée IE5 e-XM utilisant des aimants en ferrite, l'ensemble "moteur-variateur" relevant de la classe IES2¹. En plus de présenter cette technologie comme une alternative aux aimants à base de terres rares, nous nous assurons une chaîne d'approvisionnement plus stable et un impact environnemental moindre lié aux matériaux utilisés », met également en avant Damien Galzin, directeur Produits Lowara de Xylem.

LE VARIATEUR, UN LEVIER D'ÉCONOMIES ET SES LIMITES

Si le moteur pose les bases, c'est le variateur de vitesse qui transforme l'essai. Le principe est connu : faire tourner un moteur à vitesse fixe, puis réguler mécaniquement le débit par des

vannes revient à gaspiller de l'énergie. En adaptant la vitesse aux besoins réels, le variateur peut réduire sensiblement la consommation électrique. Le potentiel est surtout important pour les charges à couple variable, notamment les équipements centrifuges, dont la puissance absorbée évolue fortement avec la vitesse. L'intérêt est plus limité pour les charges à couple constant, si bien que les gains dépendent du profil de chaque installation. Danfoss annonce ainsi, pour certaines applications de pompage centrifuge, des économies généralement comprises entre 20 et 50 %, avec des retours sur investissement souvent inférieurs à deux ans. Les variateurs dédiés au marché de l'eau se distinguent par leurs fonctions applicatives. LiC7-Aqua et le VLT Aqua Drive de Danfoss, l'ACQ580 d'ABB ou le Pump Drive F600 de Nidec Leroy-Somer proposent, selon les modèles, protection contre la marche à sec, détection de rupture, gestion multi-pompes, régulation de niveau ou nettoyage, certains embarquant même un compteur d'énergie en temps réel.

Sur la manière d'assembler moteur et variateur, un débat traverse le marché. ABB et Nidec Leroy-Somer mettent en avant des associations moteur-variateur conçues pour optimiser l'ensemble. Chez Nidec, le Dyneo+ a été « conçu dès l'origine pour fonctionner avec un variateur », piloté par des algorithmes dédiés ; ABB avance l'optimisation

croisée, l'évaluation des rendements sur différentes plages, la mise en cascade de pompes – l'Intelligent Pump Control (IPC) permet de gérer efficacement les fluctuations de la demande sur des systèmes de pompes alimentant un même réseau d'eau – et un interlocuteur unique. À l'inverse, Danfoss revendique l'indépendance vis-à-vis du moteur : ses variateurs pilotent aussi bien un moteur asynchrone qu'un moteur à aimants permanents ou à réluctance, laissant à l'exploitant, selon l'entreprise, « une grande liberté » pour choisir sa motorisation et faire évoluer l'installation sans revoir l'architecture de commande. Deux philosophies, sans arbitrage tranché. Reste que le variateur a un revers : les harmoniques. Ces perturbations renvoyées sur le réseau électrique peuvent endommager des équipements sensibles ou obliger à surdimensionner câbles et transformateurs. Danfoss y répond par des selfs anti-harmoniques,



Les variateurs dédiés au marché de l'eau et des eaux usées se distinguent par leurs fonctions applicatives (ici, les nouveaux variateurs LiC7-Aqua de Danfoss).

¹ L'IEC 61800-9-2:2017 spécifie les indicateurs d'efficacité énergétique pour l'électronique de puissance, les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteurs, utilisés avec les équipements entraînés par moteur. Il existe trois classes, à savoir IES0, IES1 et IES2 (« S » pour système). Si les pertes sont inférieures de 20 % maximum à la valeur de référence (IES1), la classe, qui est déterminée à la charge nominale et à la vitesse nominale, passe à IES2 (sources Danfoss et IEC).



Maîtriser l'eau de process, optimiser chaque performance

Dans les installations industrielles, la maîtrise de l'eau de process est essentielle pour garantir la continuité de production, la qualité des opérations et la performance énergétique.

La pompe multicellulaire verticale **Wilo-Helix2.0-VE** associe un moteur à aimant permanent de classe IE5, un variateur de fréquence intégré et des fonctions de régulation avancées pour adapter précisément le débit et la pression aux besoins réels de l'installation.

Cette gestion intelligente permet de réduire les consommations énergétiques tout en assurant une fiabilité optimale des procédés industriels. Grâce à sa construction robuste en acier inoxydable et à ses capacités de communication, **Wilo-Helix2.0-VE** s'intègre facilement dans les environnements industriels exigeants et les systèmes de supervision.



Wilo-Helix2.0-VE



Rendez-vous à
EXPOPROTECTION
Stand n° J028
3 au 5/11/2026

www.wilo.com/fr/fr
0 801 802 802 (N° Vert)



Bénéficiez de 50 ans d'expérience

Save Time, save Energy
save Money



Fond de poste de pompage autonettoyant dynamique

- ◇ Jusqu'à 75% de curage par camion en moins
- ◇ Moins d'odeur
- ◇ Moins de graisse accumulée
- ◇ Pompage efficace

Poste qui reste propre

CONTACT

E-Mail : france@hidrostal.com
Tél : 04 81 13 17 60
www.hidrostal.com

Plus d'informations ici:



des filtres passifs ou actifs et des variateurs VLT Low Harmonic. ABB met en avant ses variateurs à très faible taux d'harmoniques à redresseur actif, qui, selon le fabricant, ramènent le taux de distorsion harmonique du courant (THDi) d'environ 40 % pour un variateur classique à moins de 3 %, sans filtre externe.

Les harmoniques ne sont pas le seul revers : le variateur introduit ses propres pertes électriques et représente un investissement supplémentaire, dont l'intégration suppose de vérifier la compatibilité avec le moteur et les conditions de fonctionnement à vitesse réduite. Le bénéfice énergétique s'apprécie donc à l'échelle de l'ensemble moteur-variateur, non sur le seul rendement de chaque composant.

LA COMMANDE, NOUVEAU GISEMENT D'EFFICACITÉ

Encore faut-il bien commander l'ensemble. Le variateur peut ajuster la vitesse du moteur en fonction d'une consigne de pression, de niveau ou de débit et des mesures remontées par l'installation. Cette régulation peut notamment s'appuyer sur un correcteur PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé) intégré, comme celui proposé par Danfoss sur son iC7-Aqua et son VLT Aqua Drive. Un paramétrage adapté évite les à-coups et les marches inutilement rapides, sources de surconsommation ; des réglages mal ajustés

peuvent au contraire annuler une partie du gain. Au niveau de la commande, une différence peut également résider dans l'intégration à la pompe. Pour Xylem – hydrovar X équipe les pompes multicellulaires e-SV, e-SVI et e-HM, les pompes in-line e-LNE et e-LNT, les pompes à aspiration axiale e-NSC et e-SH, les groupes de surpression GHV –, il s'agit de ne pas considérer séparément le rendement du moteur, la variation de fréquence et les performances hydrauliques, mais de concevoir leur fonctionnement comme un ensemble intégré. « Au-delà de la variation de vitesse, le contrôle de charge ajuste en effet la vitesse en tenant compte de la puissance absorbée, notamment à débit élevé et à faible hauteur manométrique. L'enveloppe de fonctionnement ne se limite donc pas à une courbe "débit-hauteur" à vitesse fixe ; elle exploite la puissance disponible du moteur, tout en respectant les limites admissibles de débit, de vitesse et de pression. Sur certaines pompes multicellulaires, cette approche permet d'ailleurs de réduire le nombre d'étages pour une même hauteur et une même puissance du moteur », explique Damien Galzin, de Xylem.

Le variateur est aussi une source de données : il mesure en continu consommation, charges mécaniques, cycles et alarmes, une « matière première » pour la surveillance des installations et la maintenance prédictive. ABB en fait un argument central avec son approche



Mitsubishi Electric propose, avec ses variateurs de vitesse FR-D800 et FR-F800, associés à ses moteurs EM-A, une solution intégrée pour réduire la facture énergétique et simplifier la maintenance préventive.

« Drive as a Sensor », héritée de l'analyse de la signature électrique (ESA) : évaluer l'état de santé du moteur et de l'équipement entraîné à partir des mesures déjà réalisées par le variateur, sans nécessiter systématiquement de capteurs supplémentaires, un atout pour les moteurs difficiles d'accès. « Le variateur devient ainsi lui-même un véritable capteur de l'installation », résume Affann Guennouni, responsable de l'offre digitale chez ABB. De quoi repérer précocement une dérive de rendement ou une anomalie mécanique.

Nidec Leroy-Somer développe une logique voisine avec son Powerdrive MD Smart, l'application Systemiz et l'outil Energy Savings Advisor, qui chiffre les gains d'énergie et le CO₂ évité. Avec l'iC7-Aqua, Danfoss exploite également les données disponibles dans le variateur pour surveiller le comportement de l'installation, détecter certaines dérives hydrauliques ou mécaniques, et optimiser les réglages dans la durée. Le variateur contribue ainsi à la maintenance conditionnelle et à la continuité de service des équipements de pompage et de traitement de l'eau. Ces outils exploitent les données des variateurs pour le suivi et le diagnostic des installations ; leur intérêt, selon les fabricants, est de repérer plus tôt les dérives qui affectent les performances énergétiques.

Les installations reposent souvent sur des moteurs électriques fonctionnant en continu, le choix des équipements de contrôle et d'entraînement devient stratégique, avec des conséquences directes sur la fiabilité opérationnelle, les coûts de maintenance et, surtout, la consommation énergétique – un poste de dépense majeur pour les industriels



Les moteurs de la gamme W23 Sync+Ultra de WEG combinent des aimants permanents et une technologie à réluctance synchrone, ce qui permet d'atteindre des niveaux IE6 et au-delà.



Pour Xylem (ici, la solution hydrovar X), il s'agit de ne pas considérer séparément le rendement du moteur, la variation de fréquence et les performances hydrauliques, mais de concevoir leur fonctionnement comme un ensemble intégré.

et les collectivités. Mitsubishi Electric propose, avec ses variateurs de vitesse FR-D800 et FR-F800, associés à ses moteurs EM-A (classe IE5), une solution intégrée pour réduire la facture énergétique – surtout dans les applications où les moteurs fonctionnent à charge variable (pompes, ventilateurs, compresseurs) – et simplifier la maintenance préventive, un levier souvent sous-estimé dans la gestion des installations hydrauliques et industrielles. Pour exploiter pleinement le potentiel d'économie d'énergie, il ne suffit plus de choisir un moteur à haut rendement mais une optimisation de l'ensemble du système d'entraînement. « L'objectif n'est plus uniquement d'améliorer le rendement du moteur, mais aussi d'optimiser l'ensemble du système d'entraînement grâce à une combinaison d'efficacité énergétique (systèmes d'entraînement IE5 ou IE6), de variation de vitesse (modèles "intelligents" i550 et i650) et d'exploitation des données (plateforme Drives DataHub) », résume Lenze. En plus de réduire les pertes énergétiques, cette combinaison permet aussi d'adapter précisément le fonctionnement aux besoins réels de l'application. Les données issues du variateur (consommation énergétique, charge du moteur ou cycles de fonctionnement) peuvent ensuite être exploitées pour optimiser les réglages, détecter des dérives de performance et contribuer à une

maintenance plus proactive. Dans les applications de pompage, d'aération ou de traitement de l'eau, cette approche systémique permet d'améliorer durablement, tout au long du cycle de vie de l'installation, l'efficacité énergétique, qui ne dépend plus d'un composant isolé mais de l'interaction intelligente entre moteur, variateur et données.

Les gains annoncés varient selon les fabricants et les configurations : Danfoss et Nidec Leroy-Somer évoquent des réductions de 20 à 50 % dans certaines applications, ABB des économies importantes pour ses ensembles moteur-variateur. Avec les solutions de Mitsubishi Electric, il est possible d'atteindre jusqu'à 37 % d'économie d'énergie par rapport à un système traditionnel, grâce à l'IE5 et à la fonction AOEC (Advanced Optimum Excitation Control) – un ajustement en temps réel même à charge partielle. Les variateurs de vitesse optimisent le facteur de puissance ($\cos \phi$), réduisant la puissance réactive et limitant ainsi les pénalités sur la facture d'électricité. La consommation en veille quasi nulle représente un atout pour les installations fonctionnant en intermittence (stations de relevage la nuit, par exemple). « Dans un contexte de hausse des coûts énergétiques et de pression réglementaire, l'optimisation des process n'est plus une option, mais une nécessité », affirme le fabricant. Ces ordres de grandeur

dépendent du profil de charge, des équipements remplacés et des conditions d'exploitation.

Quelques réalisations viennent les étayer. En France, Nidec Leroy-Somer cite la station d'épuration (STEP) de Rennes-Beaurade, équipée, selon lui, de 44 moteurs Dyneo+ d'une puissance de 45 kW en IE5 sur les entraînements de brosses, pilotés par des variateurs F600, avec une économie annoncée de près de 20 %. L'entreprise ne précise toutefois ni la période de mesure ni la consommation de référence retenue pour ce calcul. Aux Pays-Bas, ABB met en avant la nouvelle station de pompage d'eau potable de Nieuwdorp, exploitée par Evides Waterbedrijf, qui remplace plusieurs installations existantes : constructeur et exploitant y estiment une économie d'environ 20 % pour l'ensemble moteur-variateur par rapport aux anciens moteurs à induction, sans que ce gain puisse être attribué au seul moteur.

DES FREINS PERSISTANTS, UNE TRAJECTOIRE TRACÉE

Malgré des bénéfices désormais documentés, le déploiement bute encore sur plusieurs obstacles. Le premier, cité par tous les fabricants, reste le coût d'investissement initial, qui pèse davantage que le coût global de possession dans les arbitrages des collectivités. S'y ajoutent l'inertie technologique, le moteur asynchrone restant le standard par habitude, la méconnaissance du potentiel d'économies et les contraintes d'intégration sur les sites existants, autant de freins que les industriels disent voir reculer grâce aux solutions clés en main.

Pour les années à venir, tous anticipent un renforcement des exigences réglementaires et une place croissante du bilan carbone. « L'optimisation des moteurs et des systèmes entraînés par moteur est l'un des leviers les plus rapides pour réduire durablement la consommation énergétique des infrastructures de l'eau », résume Thierry Cauchois, Water Lead Director EMEA de Danfoss Drives. Un levier appelé à prendre de l'importance à mesure que se renforcent les contraintes réglementaires et économiques du secteur. ●