

## Moteurs

# L'efficacité énergétique en ligne de mire

Quelle que soit la technologie employée, électrique ou hydraulique, les moteurs se doivent de répondre à des critères de choix toujours plus drastiques en termes de qualité, fiabilité, compacité, résistance aux chocs, vibrations et autres environnements agressifs. L'importance relative de ces différents paramètres peut varier considérablement en fonction des applications auxquelles ils sont destinés. **Cependant, une belle unanimité se dégage chez les utilisateurs dès lors qu'il s'agit d'exiger de leurs composants un maximum d'efficacité énergétique. Et cela, dans tous les domaines d'activité, sans exception.**

► **En dépit d'une conjoncture économique atone se traduisant par une forte pression à la baisse sur les prix des composants**, et donc la mise en avant, dans bien des cas, du facteur prix lors de l'achat d'un composant en général et d'un moteur en particulier, il n'en demeure pas moins vrai qu'un certain nombre d'autres paramètres gardent toute leur importance au moment de la prise de décision. Des performances plus élevées, la compacité du produit, la réduction de son niveau sonore, sa résistance à des conditions d'utilisation sévères, un meilleur rendement énergétique... D'importance variable selon le contexte économique et les caractéristiques propres à chaque application, ces critères de choix sont maintenant de plus en plus ancrés dans l'esprit de décideurs qui se montrent davantage réceptifs à des arguments faisant intervenir le long terme dans leur réflexion. Même si cette réflexion est menée beaucoup trop lentement au goût de nombreux acteurs du marché...

### Coût global

L'exemple des moteurs électriques constitue une bonne



Le servovariateur SD6 de Stöber est doté de boucles d'asservissement très rapides (62.5  $\mu$ s) grâce auxquelles on obtient une grande rigidité dans l'asservissement du moteur. Ce qui autorise de plus grands rapports d'inertie entre le moteur et la charge et permet ainsi de diminuer la taille du moteur.

illustration de cette tendance. De plus en plus de clients - et particulièrement les utilisateurs finaux qui doivent s'acquitter de la facture énergétique - ont pris conscience que le prix d'achat et la maintenance d'un moteur ne constituent qu'une infime partie de son coût global. En effet, ce dernier est constitué à hauteur de 90 à 95 % par sa consommation électrique tout au long de sa durée de vie.

Dès lors, chacun se doit d'avoir

en tête le fait que consentir à un prix d'achat plus élevé pour un système d'entraînement moins gourmand en énergie se justifie pleinement d'un point de vue économique, à partir du moment où le retour sur investissement se révèle plus rapide.

Ce changement de paradigme est propre à bouleverser quelque peu les mentalités. « Les défis de l'efficacité énergétique sont aujourd'hui présents dans toutes les entreprises. L'ISO 50001-

2011 spécifie les exigences pour concevoir, mettre en œuvre, entretenir et améliorer un système de management de l'énergie permettant de parvenir, par une démarche méthodique, à l'amélioration continue de sa performance énergétique », constate la société ACE. Cette dernière regrette cependant que « les acheteurs ne soient pas toujours dans cette démarche économique de moyen terme ». De fait, opter pour une solution qui peut être plus onéreuse à l'instant présent demande forcément un peu de patience avant d'en percevoir les premiers résultats sur le plan économique.

### Rendements élevés

« Le critère principal dans cette période de crise reste le prix », déplore lui aussi Jean-Paul Rebelo. Le chef de marché Electronique de la société KEB remarque néanmoins que « la principale évolution du marché des moteurs électriques au cours de ces dernières années a concerné une recherche permanente dans les économies d'énergie ». Ce qui amène, selon lui, « certains fabricants de machines à installer des servomoteurs sur des pompes hydrauliques », par



© Leroy-Somer

Une belle application pour le moteur LSRPM de Leroy-Somer : l'entraînement d'un broyeur à marteaux dans le domaine de l'alimentation animale.

exemple, ou encore « remplacer des moteurs thermiques avec de mauvais rendements par des motorisations électriques avec des rendements nettement supérieurs, de l'ordre de 90 à 95%, ce qui est le cas dans les applications embarquées ».

Pour répondre aux demandes du marché, KEB a développé la gamme de moteurs MP à très fort rendement conformes à la classe énergétique IE4. Sur la base de carcasses de moteurs asynchrones traditionnels, les MP intègrent un rotor de techno-

## Un boîtier de coupure pour l'optimisation du rendement



© Rögelberg

Pour de nombreuses applications tels que le broyage en forêt et certains domaines du BTP, les besoins en puissance ont fortement augmenté au cours de ces dernières années. C'est pourquoi la société Rögelberg a développé, pour les machines devant être déplacées sur un site forestier, un boîtier de coupure spécifique permettant d'utiliser le moteur du véhicule pour entraîner les outils de travail.

Avec ce boîtier, les caractéristiques de la transmission du moteur du véhicule pour l'avancement restent inchangées. Le boîtier, implanté entre la boîte de vitesse et le pont arrière du véhicule, est réalisé afin de servir de pallier.

Lors du passage au point mort, il est possible d'utiliser le crabotage de la boîte de coupure et de transmettre toute la puissance du moteur vers l'outillage, généralement entraîné par un circuit hydraulique.

Avec ce réducteur, il est aussi possible d'adapter de façon optimale les vitesses de rotation pour le moteur et les pompes.

En mode travail, le moteur thermique tourne à régime réduit et constant, avec une consommation optimisée, permettant également la diminution des émissions, de l'usure et de l'entretien. Par le rapport choisi, les composants hydrauliques peuvent être utilisés dans la plage de vitesse optimale.

logie à aimants permanents. Leur montage est ainsi parfaitement compatible avec la norme IEC du moteur asynchrone standard et permet un remplacement sans modifications mécaniques. L'association des MP avec les variateurs KEB SCL (Sensorless Closed Loop), solutions pour moteurs synchrones ou asynchrones en boucle fermée sans capteur, se traduit par une très bonne stabilité du couple et de la vitesse sans ajout de codeur sur le moteur. Les solutions MP/SCL sont utilisées, par exemple, comme génératrices sur des applications en énergie renouvelable ou encore sur des ventilateurs fonctionnant en permanence. Et cela, « avec un retour



© Salami

Le moteur de ventilateur devient un élément primordial sur les engins. Salami a conçu, sur la base de son moteur 2ME, des solutions comprenant des valves proportionnelles, clapets anti-cavitation et valves d'inversion intégrés à l'arrière du moteur dans un bloc standard ou spécifique. Le système Fan Drive rend indépendante la vitesse de rotation du ventilateur de celle du moteur thermique, d'où une gestion optimale du refroidissement et de la consommation du système...

sur investissement très rapide », affirme l'entreprise. KEB vient également de lancer les servomoteurs synchrones Dynamic Line 3 alliant de fortes capacités de surcharge (jusqu'à

500%) et des rendements supérieurs à 95% pour toutes les applications dynamiques (machines d'emballage, robots...), ainsi que les servomoteurs IT avec variateur IP 65 embarqué

permettant de limiter le nombre de câbles entre les armoires électriques et les machines, notamment sur les applications de carrousel, par exemple.

### Réglementations

« Les directives européennes concernant les moteurs électriques vont dans le sens de ce besoin de rendements plus élevés », fait remarquer Jean-François Soguel, Marketing Manager plateforme moteurs asynchrones chez Leroy-Somer. Les différentes normes qui en ont découlées ont considérablement changé la donne pour les acteurs du marché. A commencer par les constructeurs qui ont du consentir d'importants inves-

## Une puissance maximale avec un moteur compact

© Parker Hannifin



Lors du dernier SES TT Zéro Challenge sur l'île de Man, deux motos de course prototypes Victory Racing propulsées par des moteurs électriques Global Vehicle Motor (GVM) de Parker Hannifin ont été à l'honneur. D'un poids limité à 220 kg, ces motos disposent chacune d'un moteur de course électrique, de puissantes alimentations dédiées ainsi que de variateurs sophistiqués pour maximiser la puissance et le temps de fonctionnement.

Lors du développement du moteur, les concepteurs de Parker devaient obtenir une puissance maximale avec un moteur compact dans un encombrement donné. Ensuite, le rendement du moteur devait être suffisamment important pour permettre à la batterie de tenir durant la totalité de la course avec des vitesses moyennes au tour approchant les 193 km/h. Le moteur sélectionné ne mesure que 203 mm de diamètre pour 127 mm de long et peut fournir 175 chevaux avec 97 % de rendement.

«Le stockage d'énergie est le Saint Graal pour les véhicules électriques, explique Kevin Holloway, responsable de compte chez Parker aux Etats-Unis. Les batteries ne stockent pas autant d'énergie que l'on peut le faire avec un combustible liquide. Vous avez besoin de plus de poids et de volume pour obtenir l'équivalent énergétique d'un litre de carburant. »

Parker utilise le système de refroidissement liquide interne pour le moteur GVM. Le système Parker est conçu pour s'intégrer dans le diamètre du stator moteur, plutôt que de nécessiter un volume supplémentaire dans la carcasse moteur, d'où un moteur avec une densité de puissance plus élevée.

© Parker Hannifin



### Kits

Le moteur Parker peut être fourni sous forme de kit, ce qui permet aux constructeurs de l'intégrer dans leur mécanique spécifique. Pour le challenge TT Zero, Victory Racing a conçu la carcasse et Parker y a inséré son moteur-kit. En revanche, l'université de Nottingham, qui utilise également le moteur GVM de Parker pour sa moto, a choisi une carcasse standard de Parker.

Cette technologie peut aussi être appliquée dans d'autres domaines. Le moteur à aimants permanents est ainsi utilisé pour la production d'énergie dans les véhicules hybrides. Le moteur/générateur est relié à la courroie principale sur l'avant du moteur à explosion pour générer de l'électricité avec un rendement maximum. L'énergie produite est utilisée pour alimenter un moteur de traction ou tout autre équipement (comme les ventilateurs de refroidissement auxiliaires ou des unités d'air conditionné). Ce processus est couramment mis en œuvre via un arbre de transmission, mais d'autres approches peuvent être envisagées sur des véhicules plus récents.



tissements en termes de plateformes d'essais, de formation et de documentations. Le besoin d'incorporer davantage de matières lors de la fabrication du moteur a supposé une refonte de l'ensemble des gammes afin d'assurer l'interchangeabilité des produits et répondre aux exigences des clients en termes d'encombrement.

Dans le domaine des moteurs asynchrones, Leroy-Somer propose ainsi sa gamme IMfinity® à haut rendement IE2, Premium IE3 et super Premium IE4, de 0,75 à 1.500 kW pour des hauteurs d'axes de 80 à 500. Cette offre est proposée en vitesse fixe (IE3) ou en vitesse variable (IE2 + variateur). « Les nouvelles réglementations fixent le niveau de rendement minimum des



**Les solutions Dyneo® de Leroy-Somer combinent les technologies de moteurs à aimants permanents avec celles de la variation de vitesse.**

moteurs. Mais les systèmes à vitesse variable comprenant un moteur et un variateur sont de plus en plus considérés comme la combinaison générant les plus fortes économies d'énergie », estime Leroy-Somer. L'entreprise insiste notamment sur le fait que « la gamme IMfinity® est l'une des rares du marché à garantir des niveaux de rendement aux principales tensions et fréquences qui couvrent au moins 80% des réseaux dans le monde, tout en étant conforme aux réglementations énergétiques existantes ou à venir ».

Par ailleurs, dans le cadre des solutions Dyneo® de Leroy-Somer combinant les technologies de moteurs à aimants permanents avec celles de la variation de vitesse, l'offre produits se com-



© Festo

Festo a développé le moteur synchrone avec variateur intégré EMCA. Disponible tout d'abord en CanOpen, il se caractérise par sa compacité (166 x 67 x 111 mm). Il se dispense de câbles grâce à son électronique de commande intégrée et n'est alimenté qu'en 24V.

plète aujourd'hui par la série de moteurs synchrones à aimants permanents LSRPM (1.500 tr/mn). Directement interchangeable avec tous moteurs de mécanique normalisée CEI 34-30-1 (hauteur d'axe, bride, bout d'arbre), cette variante permet de bénéficier d'une solution à très haut rendement sans devoir modifier l'équipement existant. Une version compacte « de puissance massive inégalée » est également disponible pour une plus grande facilité d'intégration chez l'utilisateur.

### Densité de puissance

De fait, la « miniaturisation » ou, à tout le moins, la recherche d'une plus grande compacité, constitue une autre tendance de fond caractérisant le marché des moteurs électriques. « Les clients recherchent aujourd'hui un concentré de puissance qui pourra s'insérer dans un encombrement donné. Les applications où les besoins en rendement et en compacité sont les plus critiques sont probablement les applications mobiles », relève Valéry Vançon, Marketing Communications Manager Elec-

tromechanical & Drives chez Parker Hannifin. Cette entreprise a ainsi récemment dévoilé sa nouvelle gamme de moteurs à aimants permanents GVM



© Parker Hannifin

Parker Hannifin vient d'optimiser sa gamme de moteurs F11 et F12 à cylindrée fixe en les équipant de soupapes de décharge et d'arbres coniques pour les applications de type ventilateurs. L'intégration d'une soupape permet de contrôler la vitesse maximale du ventilateur et donc de réduire les points de fuite, diminuer le poids et l'encombrement et présenter un bon rapport qualité-prix. Quant au recours à un arbre conique, il permet d'assurer un montage parfaitement serré du ventilateur sur le moteur.

qui, avec des puissances allant jusqu'à 170 kW et des vitesses s'élevant à 9.800 tr/mn, « possède une densité de puissance exceptionnelle ». Le GVM 210, par exemple, développe 270 kW maxi dans un encombrement inférieur à 600 mm. Le GVM est aujourd'hui principalement utilisé en tant que moteur/générateur dans des applications hybrides. « Préalablement destinée aux plateformes véhicules, ces moteurs intéressent aussi grandement le marché industriel », se réjouit Valéry Vançon.

Parker propose, par ailleurs, la gamme de moteurs brushless synchrones MGV qui, atteignant des vitesses allant jusqu'à 45.000 tr/mn et des puissances de 230 kW, sont destinés à des applications hautes vitesses et dynamique élevée. C'est notamment le cas des bancs de tests de composants automobiles ou aéronautiques qui demandent une réponse adéquate à de grandes accélérations/décélérations...

### Moteurs intelligents

L'importance du rendement dans les critères de choix des clients a également amené la société Stöber à concentrer ses efforts sur les moteurs synchrones à haut rendement. « L'encombrement est un autre point fort

de notre gamme. Grâce à une nouvelle technologie de moteurs à 14 pôles, nous avons considérablement réduit la longueur de nos moteurs et, malgré cette contrainte, nous avons augmenté leur capacité en couple », fait remarquer Didier Molière, responsable produits Servomoteurs chez Stöber France. Stöber a aussi développé le servovariateur SD6 doté de boucles d'asservissement très rapides (62.5  $\mu$ s) grâce auxquelles on obtient une grande rigidité dans l'asservissement du moteur. Cela autorise de plus grands rapports d'inertie entre le moteur et la charge et permet ainsi de diminuer la taille du moteur. Cette rapidité se traduit également par une meilleure qualité de vitesse (diminution des vibrations). En outre, la résolution codeur a été augmentée pour une meilleure qualité de positionnement...

D'une manière générale, « les accessoires et la compatibilité entre moteur et contrôleur provenant de constructeurs différents complexifient les cahiers des charges et alourdissent le prix. Pour remédier à cela, les moteurs sont de plus en plus intelligents afin de faciliter la mise en service d'une installation en s'affranchissant des câbles, par exemple », remarque, quant à lui, Khaled Lajili, chef produits Gamme électrique chez Festo France.

C'est pour répondre à ce type de problématiques que Festo a développé le moteur synchrone avec variateur intégré EMCA. Disponible tout d'abord en CanOpen, l'EMCA se caractérise par sa compacité (166 x 67 x 111 mm). Il se dispense de câbles grâce à son électronique de commande intégrée et n'est alimenté qu'en 24V.

Festo propose par ailleurs les moteurs brushless économiques EMME-AS grâce auxquels l'utilisateur peut concevoir une machine plus compacte et à prix réduit.

« Nos contrôleurs moteurs se connectent directement sur les bus de terrain, ce qui permet de simplifier les architectures de câblage », précise Khaled Lajili.

### Contrôle des ventilateurs

Les critères présidant au choix des moteurs électriques se retrouvent également, peu ou prou, dans le domaine des moteurs hydrauliques. « Nos clients sont à la recherche de couple, de rendement, de compacité ainsi que d'une moindre consommation énergétique », énumère ainsi Simon Champeaux, ingénieur support technique et cotation hydraulique chez Parker Hannifin. Présent dans toutes les technologies de moteurs hydrauliques - engrenages, palettes, pistons axiaux à cylindrée fixe ou variable, pistons radiaux et orbitrol - sur une gamme de cylindrées

timents moteurs étroits. D'autres options sont disponibles, telles qu'une soupape anti-cavitation, un capteur de vitesse et des volets conçus pour réduire les émissions sonores.

Parker Hannifin vient par ailleurs de commercialiser les moteurs hydrauliques M5A destinés aux ventilateurs des véhicules routiers et non routiers. Doté de la technologie à palettes leur assurant un fonctionnement très silencieux, ils permettent de régler précisément la vitesse des ventilateurs en fonction de la charge de service de chaque véhicule. L'ensemble palier-arbre-moteur résiste à des forces gyroscop-



**KEB vient de lancer les servomoteurs synchrones Dynamic Line 3 alliant de fortes capacités de surcharge (jusqu'à 500%) et des rendements supérieurs à 95% pour toutes les applications dynamiques (machines d'emballage, robots...).**

s'étageant de 5 à 53.000 cm<sup>3</sup> (avec des valeurs de couples allant jusqu'à 6 chiffres !), Parker vient d'optimiser sa gamme de moteurs F11 et F12 à cylindrée fixe en les équipant de soupapes de décharge et d'arbres coniques pour les applications de type ventilateurs. L'intégration d'une soupape permet de contrôler la vitesse maximale du ventilateur et donc de réduire les points de fuite, diminuer le poids et l'encombrement et présenter un bon rapport qualité-prix. Quant au recours à un arbre conique, il permet d'assurer un montage parfaitement serré du ventilateur sur le moteur, tandis que la culasse de raccordement constitue une solution à faible encombrement pour les compar-

priques élevées, rendant ce système approprié pour les engins forestiers et de BTP.

### Intégration de fonctions

« Les constructeurs souhaitent disposer de moteurs intégrant le maximum de fonctions afin de simplifier leurs circuits hydrauliques », remarque quant à lui, Eric Pasian, responsable de la société Salami France. Dans ce contexte, Salami a développé des moteurs pour différentes applications telles que les compresseurs, dotés de contrôle électronique ou manuel de la vitesse de rotation et de valves de mise à vide, ou les ventilateurs, avec électrovanne proportionnelle permettant de contrôler la vitesse du moteur et



© Parker Hannifin

La gamme de moteurs brushless synchrones MGV de Parker Hannifin atteint des vitesses allant jusqu'à 45.000 tr/mn et des puissances de 230 kW. Elle est destinée à des applications hautes vitesses et dynamique élevée.

valve électrique 4/2 on/off pour l'inversion du sens de rotation du moteur.

« Le moteur de ventilateur devient un élément de plus en plus primordial sur les engins

modernes », note Eric Pasion. C'est pourquoi Salami a conçu, sur la base de son moteur 2ME, des solutions variées intégrant des valves proportionnelles, clapets anti-cavitation et valves

d'inversion intégrés à l'arrière du moteur dans un bloc standard ou spécifique. En fonction de la température du circuit, le module électronique régule la pression du limiteur proportionnel, agissant ainsi sur la vitesse de rotation du ventilateur. Le système Fan Drive rend la vitesse de rotation du ventilateur indépendante de celle du moteur thermique, d'où une gestion optimale du refroidissement et de la consommation du système...

### Combinaison des technologies

De fait, si les moteurs hydrauliques permettent de développer des forces importantes, d'offrir un couple important, de présenter une grande compacité, de stocker l'énergie et de la restituer sur le long terme, ils sont aussi de plus en plus souvent associés à des valves proportionnelles. Ce qui se traduit par une meilleure précision et une bonne maîtrise de la consommation

énergétique. L'avenir du moteur hydraulique passera donc de façon certaine par son association avec l'électronique.

C'est notamment ce que constate une société comme ACE qui, sur la base des atouts apportés par l'électrohydraulique, a mis en place une offre globale permettant, selon les besoins du client, d'intégrer du mouvement intelligent dans les machines, d'optimiser l'outil de production ou de procéder à un retrofit plus avancé. Cette approche est travaillée au sein de l'entreprise en collaboration avec ses partenaires fournisseurs Bosch Rexroth (via le système Sytronix) et Hydac (qui propose l'approche KineSys). Issues de combinaison harmonieuse entre l'hydraulique et l'électronique, ces démarches se traduisent par des économies d'énergie dans le temps, une réduction du niveau sonore, un moindre encombrement et, in fine, une durée de vie prolongée des composants...

Les avantages de l'association hydraulique/électrique sont mis en évidence par l'organisme de formation Trittech qui cite l'exemple d'un centre d'usinage dont le cahier des charges stipulait que la précision de positionnement de la tête d'usinage (masse de 3 tonnes) devait être de l'ordre du micron sur toute la plage de sa course (2.500 mm). « Hydrauliquement parlant, cette précision est difficile, voire impossible à atteindre. En revanche, l'association de deux techniques (hydraulique et électrique) rend le projet possible, explique Bernard Scigala, directeur commercial de Trittech. Le mouvement du vérin d'équilibrage s'effectue grâce au remplissage et à la vidange de plusieurs accumulateurs de 50 litres, selon un principe de transfert de volume. Un moteur brushless de 18 kW, relié mécaniquement au système, positionne le vérin dans la plage exigée. Ce dernier modifie simplement l'équilibre des forces en présence pendant le mouvement... » ■

## Stäubli : des solutions connectées à la mobilité de demain

« Le marché des moteurs vit actuellement de grandes évolutions. La tendance est au développement de la mobilité électrique reconnue pour ses multiples avantages en termes de performance et de préservation de l'environnement », estime la société Stäubli qui apporte des réponses spécifiques dans le domaine de la connexion des énergies pour optimiser la performance et la longévité des moteurs.

Stäubli met en avant plusieurs critères de choix en termes de moteurs électriques : recherche de plus de sécurité, de plus de confort et de plus de performance, tout en préservant l'environnement et les ressources naturelles et en réduisant les nuisances sonores grâce à une motorisation silencieuse. Plusieurs projets innovants intègrent ces moteurs sur des moyens de transports interurbains ou sur des véhicules utilitaires.

### Connexion rapide

Un moteur électrique comporte un ensemble de composants électroniques qui nécessitent des conditions d'utilisation optimales. Lorsque le moteur fonctionne, l'énergie produite par ces éléments engendre un échauffement susceptible d'entraîner l'altération prématurée des composants, voire même leur destruction. Pour préserver les composants électroniques et l'ensemble du moteur, Stäubli propose des solutions pour la connexion des circuits de refroidissement qui permettent de maintenir une température optimale et d'augmenter la durée de vie des composants.

Ainsi, en matière de refroidissement assure une étanchéité par-connexions à l'intérieur au service des applications innovantes per-



dissement électronique, la gamme de raccords rapides cooling faite, une facilité de maintenance et une haute fiabilité des moteurs électriques. L'expertise Stäubli est également faite de l'industrie des transports. Ses solutions de connexion mettent aussi de réduire les coûts de fonctionnement et de maintenance. Que ce soit sur les systèmes de refroidissement et de freinage dans le ferroviaire ou les poignées de ravitaillement sécurisées pour véhicules au gaz naturel (GNV) tels que les bus, les flottes de taxis ou les véhicules municipaux, Stäubli développe aujourd'hui les solutions de la mobilité du futur.

