

ENGINES MOBILES

L'électrification est en marche

L'énergie occupe le devant de l'actualité depuis quelques mois. C'est un thème sensible dans l'industrie comme pour les engins mobiles, on ou off road. **La réglementation européenne entend remplacer les moteurs thermiques par des moteurs électriques à court terme.** Cette tendance impose un saut technologique qui exige de revoir en profondeur l'engin et l'ensemble de ses fonctions. Mais elle ne signe pas pour autant la fin de l'hydraulique.



Dans l'agriculture et le maraîchage, comme ici pour un enjambeur à vignes, les moteurs électriques ont l'avantage de ne présenter aucun risque de fuite d'huile ou d'émission de gaz d'échappement sur les cultures.

La transmission de puissance est issue d'un moteur thermique, sur lequel sont ajoutés des liaisons mécaniques pour entraîner des groupes hydrauliques. Ces derniers génèrent alors une pression et un débit vers les récepteurs ou actionneurs, moteurs hydrauliques des roues, des chenilles ou des vérins. Mais l'Accord de Paris de 2015 prévoit l'obligation de réduire à zéro émission nette les gaz à effet de serre en 2050 dans l'Union Européenne avec une étape, dès 2035, marquée par la fin des véhicules à moteur thermique.

La substitution de la source primaire d'énergie n'impose toutefois pas nécessairement la fin de l'hydraulique pour les transmissions, même si la R&D fonctionne à plein chez les fournisseurs de solutions et les intégrateurs. Il reste un certain nombre de questions techniques à résoudre comme la densité de puissance, pour laquelle l'hydraulique maintient une position de force, et la place, plus rare sur les machines off-road qu'en industrie. Le moteur électrique doit encore améliorer son autonomie. Mais l'électrique offre par

ailleurs plus de souplesse. Les capteurs et l'électronique permettent un degré de précision jamais atteint pour la maîtrise des systèmes, tant pour les manoeuvrer que pour la maintenance prédictive.

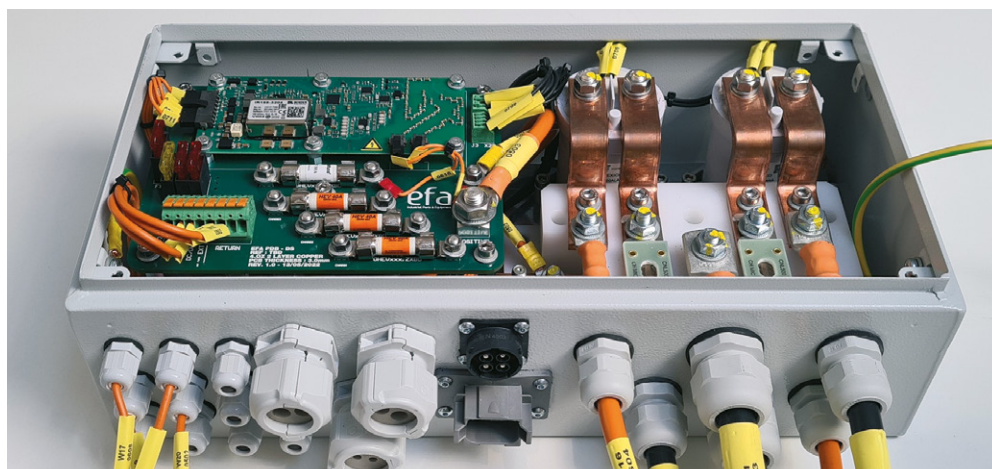
« Le marché de l'électrification des engins off-road est en très forte croissance aujourd'hui et cela bénéficie à l'ensemble des fournisseurs de composants de puissance présents dans les chaînes de traction. Cette forte évolution combinée aux difficultés d'approvisionnement rendent la transition d'autant plus complexe pour tous les

constructeurs d'engins » constate Guillaume Bougrine, directeur de l'unité Composants chez efa France, distributeur-intégrateur qui accompagne ces constructeurs pour leur transition et dont l'équipe dédiée est passée de 4 à 20 personnes en trois ans.

Béatrice Nguyen, du groupe Fétis (entreprises Dintec et Chabas & Besson)

Pour l'alimentation de vérins, un circuit hydraulique peut être conservé, mais un moteur électrique entraînera la pompe hydraulique.

confirme : « La traction électrique est évidemment un axe majeur. Que ce soit avec un moteur par roue, des moteurs sur essieux, ou des moteurs sur chenilles. Tous les outils tournants, qu'ils forent, tranchent, creusent ou entraînent des mécaniques complexes comme celles d'un concasseur ou d'un crible, sont intéressants à électrifier, en commençant par les plus énergivores bien sûr! »



Le système de distribution de puissance (PDU, *Power Distribution Unit*) sert à paralléliser les batteries et à distribuer l'énergie vers les différents consommateurs.

Commencer avec le groupe motopropulseur

Concernant les matériels de travaux publics et des engins mobiles, la tendance est double : soit une électrification totale, soit une hybridation. La première impose une reconfiguration complète car elle nécessite le remplacement du moteur thermique mais aussi de tout le circuit hydraulique.

S'y substituent une batterie haute tension et des moteurs électriques. Si besoin, par exemple pour l'alimentation de vérins, un circuit hydraulique peut être conservé, mais un moteur électrique entraînera la pompe hydraulique.

Si le choix se porte sur l'hybridation de l'engin, tout le système hydraulique est conservé, seul le moteur thermique étant



Moteur Parker EHP GVM210 050 T7AS.

Un enjeu de formation

L'électrification des engins mobiles accélère le besoin de formation. Du point de vue sécuritaire, elle impose de disposer d'une habilitation dès que la barre des 60 V - 140 ampères est franchie. Or, les hautes tensions deviennent la règle. « Nous avons conçu un programme pour chacun des quatre titres d'habilitation. La formation dure de 2 à 4 jours selon le titre » détaille Jean-Pierre Leroux directeur de Tritech, société sœur d'IFC, présente sur l'hydraulique.

Le spécialiste de la formation est également en train de finaliser son catalogue 2023 pour la conception et la maintenance de ces engins mobiles et de leurs transmissions, électrifiés ou à l'hydrogène en partenariat avec efa France. « Pour ce nouveau programme, nous avons conçu un mini-banc. Nous pouvons ainsi assurer la formation soit chez nous, à Fondette près de Tours (37) chez efa, soit chez le client » détaille le dirigeant.

remplacé par un moteur électrique et une batterie. « Il serait plus juste de parler de cohabitation des énergies voire de mixité, plutôt que d'hybridation car chaque moteur ne fonctionne qu'à une seule énergie » remarque Alexandre Moalic, responsable commercial solutions mobiles de Parker Hannifin France.

Se concentrer sur le groupe motopropulseur amorce en général la transition. « En créant un groupe motopropulseur électrique, il est également possible de créer des transmissions plus efficaces. Passer d'une machine à moteur diesel, qui utilise également des commandes de mouvement hydrauliques, à une machine entièrement ou partiellement électrique, oblige les fabricants à reconfigurer complètement leurs véhicules. C'est le reflet de la façon dont l'industrie aéronautique a créé le concept de commande de vol tout électrique » détaille Francesco Mazza de Moog Inc. L'entreprise a d'ailleurs créé cette

année une filiale, Moog construction, dédiée à l'électrification et à l'automatisation des engins de travaux publics.

« Les engins off-road suivent la tendance du marché de l'automobile et intègrent l'électrification avec 10 ans de décalage »

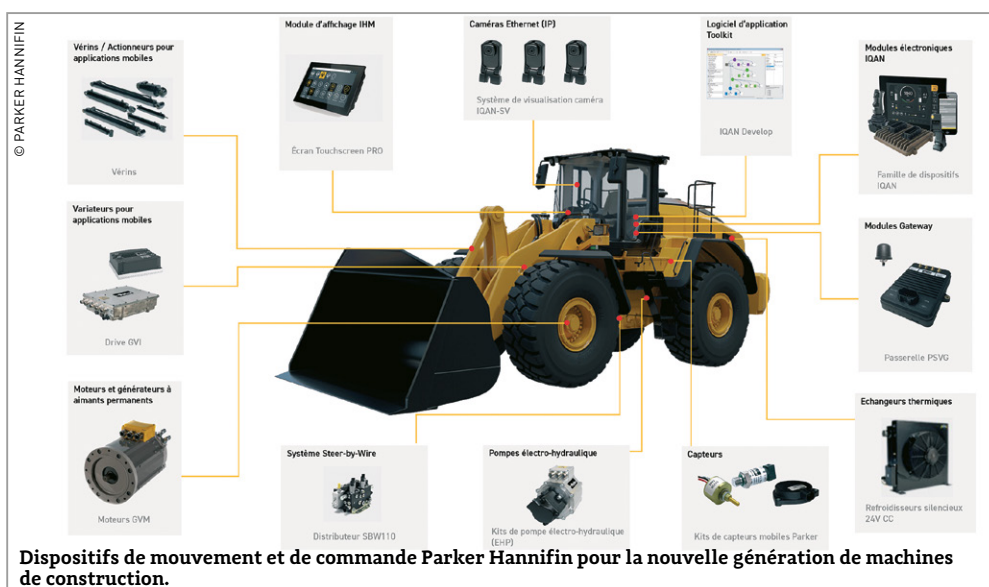
« Nous proposons des solutions mixtes ou 100% électriques, grâce au développement de notre gamme moteur électrique GVM (Global Vehicle Motor) associé au variateur GVI (Global Vehicle Inverter) qui répond aux besoins de traction et, associés à des pompes, pour les besoins hydrauliques de travail (solutions Electro-Hydraulic-Pump) » ajoute de son côté Philippe Grandchamp, directeur des ventes Motion Systems

de Parker Hannifin France. « Certains fabricants d'équipements d'origine nous ont fait confiance et lancent maintenant des productions en série 100% électriques, principalement dans le domaine du BTP et des transports sur zones privées (port, aéroport) » poursuit-il.

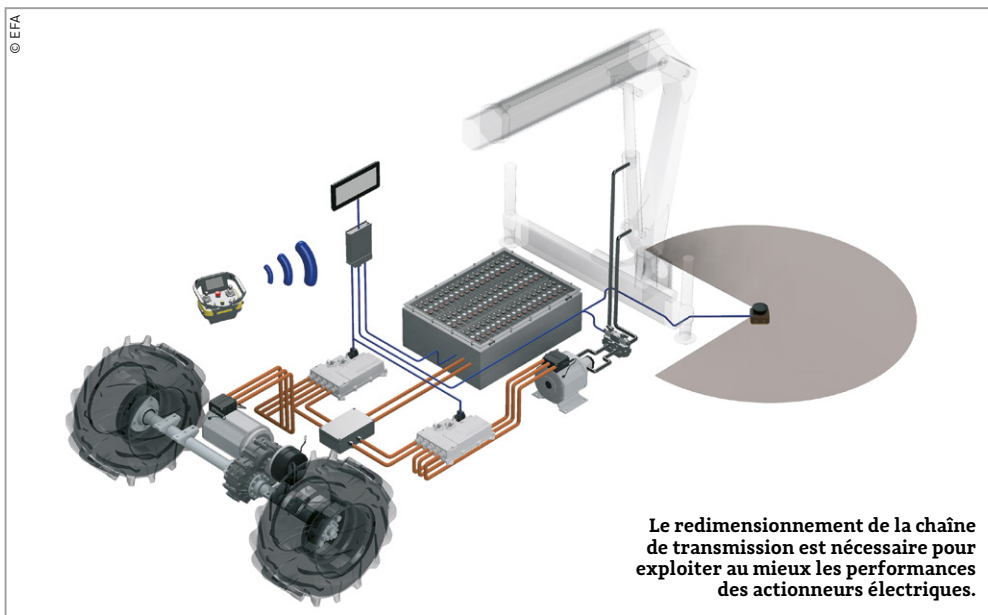
Le GVM et GVI ouvrent les portes, puis l'entreprise déroule son offre globale avec les capteurs, les valves hydrauliques et les refroidisseurs pour les applications off-road, jusqu'aux solutions de contrôle/commande et la solution Internet of Things (IoT) plug and play IQAN, intégrée par exemple dans les engins forestiers de Foretmat via l'intégrateur RGCH installé à Melun (Seine-et-Marne).

La tendance s'accélère

« Les engins off-road suivent la tendance du marché de l'automobile et intègrent l'électrification avec 10 ans de décalage » résume Estelle Dell'Aquila de Bibus France (filiale du groupe suisse Bibus AG), qui assure le développement de la gamme I&W sur le territoire français depuis 2021. Elle détaille : « Notre offre packagée comprend l'ensemble du système : moteur électrique, onduleur, batterie haute tensions, chargeur embarqué ou stationnaire, convertisseur DC-DC, contrôleur véhicule ou automate, joystick ou manette de contrôle et écrans ». La société met en avant sa solution brevetée avec le moteur, le réducteur épicycloïdal et le frein de parking dans la même enveloppe (40% de compacité gagnée), avec une gamme qui s'étend de 24VDC à 400VDC pour un couple de sortie allant de 1000 à 38 000 Nm. Elle s'adresse notamment aux petits



Dispositifs de mouvement et de commande Parker Hannifin pour la nouvelle génération de machines de construction.



constructeurs de véhicules hors route, à fort couple et faible vitesse, que ce soit pour les nouvelles gammes ou l'électrification de matériels existants (rétrofit), hors des standards du marché.

« L'électrification est un virage technologique passionnant avec beaucoup de demandes et de belles offres. Nous avons développé un réseau de partenaires intégrateurs pour l'accompagner, notamment en retrofit »

indique Philippe Grandchamp. Le marché des loueurs de matériels est notamment très intéressé par des évolutions à moindre coût de son parc grâce à l'ajout d'auxiliaires électriques.

Le marché des loueurs de matériels est notamment très intéressé par des évolutions à moindre coût de son parc.

Chez RPS Hydraulique, le bureau d'études y travaille aussi d'arrache-pied depuis deux ans : « nous allons électrifier des systèmes de transmissions sur de petits chenillards utilisés, par exemple dans le monde agricole comme les épandeurs à engrais, pour pulvériser de l'eau sur les chantiers de démolition ou bien encore des chariots élévateurs et matériels de manutention. Ils tendent vers des solutions électriques avec des radiocommandes pour l'avancement »



Engin Bobcat T7 Product-TFD09025

« Il n'est pas rare que les systèmes électriques et hydrauliques travaillent en compléments l'un de l'autre. L'hydraulique et l'électrique n'ont pas les mêmes capacités et avantages. Souvent, une adaptation du système hydraulique devra être réalisée afin de l'alimenter par l'électrique » pointe Guillaume Bougrine.

Le redimensionnement de la chaîne de transmission est nécessaire pour exploiter au mieux les performances des actionneurs électriques. Leur intégration mécanique (gestion des aspects vibratoires) et la gestion thermique sont des points clés.

Le sous-système au centre de l'électrification d'un véhicule est le boîtier de distribution de puissance (power distribution unit : PDU). Il sert à paralléliser les batteries et à distribuer l'énergie vers les différents consommateurs. « La fonction est simple, mais les contraintes appliquées à ce sous système sont élevées » résume le

explique Damien Petit, dirigeant de RPS Hydraulique, PME spécialisée dans l'intégration de solutions.

Des systèmes existent déjà, tous les dossiers « électrification » venant en complément de son offre en études hydrauliques. « Les composants électriques comme les capteurs et les variateurs améliorent la précision en nous fournissant des données que nous n'avions pas avec l'hydraulique, les possibilités de réglages sont infinies » se réjouit le dirigeant. Il s'avoue confiant dans la rapidité des producteurs de batteries à améliorer leur autonomie et à diffuser toutes les innovations.

Dans les travaux publics, remplacer les moteurs thermiques par une source primaire électrique reste en phase de démarrage.

Dans l'univers des travaux publics, remplacer les moteurs thermiques par une source primaire électrique reste encore en phase de démarrage. Les solutions définitives ne sont pas mûres dans toutes les applications pour être déployées à une large échelle. Toutefois, la tendance est bien là : les avancées en termes de densité de puissance et de réduction des coûts vont placer les solutions de traction électrique en concurrence frontale avec les technologies historiques, à moyen terme.

Une plateforme pour électrifier les engins mobiles

Bosch Rexroth propose une gamme complète de produits haute tension. Annoncée lors du salon Bauma 2019, elle est commercialisée depuis septembre 2021. Dénommée eLION, elle comprend des moteurs-générateurs électriques, onduleurs, convertisseurs et accessoires ainsi que des réducteurs, boîtes de vitesse, systèmes hydrauliques et logiciels modulaires. Développée spécialement pour les conditions environnementales difficiles des applications off-highway (hors autoroutes), elle met en œuvre une sécurité fonctionnelle dans l'onduleur, conformément à la norme ISO 13849. Evolutive, la gamme couvre une plage de puissance nominale de 8 à 200 kW (puissance de pointe jusqu'à 400 kW), dans différentes tailles pour des applications dans des machines compactes et lourdes, pour les fonctions de translation et de travail. Ces moteurs-générateurs électriques

PHOTOS : © BOSCH REXROTH



700 V délivrent des couples nominaux jusqu'à 1050 Nm et des couples maximaux jusqu'à 2400 Nm. Plus de 80 configurations sont possibles, ce qui signifie une liberté de conception maximale pour les constructeurs lors de l'électrification des architectures de véhicules existantes et nouvelles.

Pour compléter la gamme de moteurs, eLION propose des onduleurs dans différentes classes de puissance avec un courant continu allant jusqu'à 300 A qui supportent des tensions de bus CC de 400 à 850 V. Les réducteurs, soit de roues, soit pour entraînement central (eGFT et eGFZ), les modules logiciels BODAS, les composants hydrauliques correspondants, comme les pompes à pistons axiaux et d'autres composants électriques comme les convertisseurs DC/DC ou les unités de distribution d'énergie (PDU).

responsable d'efa France qui construit des PDU pour une large gamme d'engins (24 à 750 V, 300 W à 300 kW) qui trouvent place dans les environnements sévères que connaissent nombre d'engins mobiles off-road : indices IP élevés, chocs, vibrations ou températures.

« Chaque projet client est unique. Dans le domaine agricole par exemple, l'électrification d'outils de désherbage,



© BIBUS

Moteur de traction de taille moyenne Bibus, série M3.

précédemment hydrauliques, s'est faite en combinant un contrôleur moteur Curtis Instrument à un moteur électrique Benevelli. C'est une solution que nous avons programmée et assemblée » illustre Guillaume Bougrine.

Certains segments avancent plus vite dans la voie de l'électrification, confirme Philippe Gross, directeur de la division mobile chez Hydac France : les engins de Travaux Publics, en particulier, avec des véhicules amenés à évoluer en milieu urbain. « La tendance est à une électrification modérée sur les actionneurs rotatifs (machines tournantes, moteurs) et lente sur les actionneurs linéaires » estime de son côté Béatrice Nguyen.

Dans la fonction translation des engins mobiles coexistent actuellement des transmissions mécaniques, hydrostatiques et électriques. Les transmissions mécaniques disposent de leur boîte de vitesse, stop and go, powershift avec ou sans convertissement. Pour les transmissions hydrostatiques en circuit ouvert (pelles) ou fermé, la régulation peut être hydromécanique ou, et de plus en plus, électronique. Enfin, les transmissions électriques sont soit électriques directes (directement dans les roues), soit électrique avec une transmission hydrostatique, le moteur diesel étant

remplacé par un ensemble batterie/moteur, sans réducteur. « Si ce dernier cas est le plus simple dans le chemin vers l'électrification, il n'est pas le plus efficace » estime toutefois Philippe Durand (responsable application / produit d'hydraulique mobile de Bosch Rexroth).

Il faut aussi penser que cet ensemble batterie/moteur- réducteur dissipe de l'énergie et qu'il faut le refroidir. C'est par exemple l'intérêt du nouveau Cooler QDC spécialement développé par Parker pour les applications off road.

Couple, rendement, précision

« Pour l'avancement, le besoin des matériels de travaux publics, qui doivent se déplacer rapidement d'un lieu de travail à un autre, est de fournir un fort couple en vitesse lente, d'avoir une régularité et une précision de travail tout en optimisant les rendements, la consommation d'énergie primaire et le bruit » liste Olivier Le Maire, responsable du marché Europe - Poclair Hydraulics Industrie.

Il met en avant le moteur hydraulique lent à fort couple et à entraînement direct et estime qu'il a encore de beaux jours devant lui, en particulier pour les machines mobiles de moins de 14 tonnes.



© HYDAC

Pour les transmissions hydrostatiques en circuit ouvert (pelles) ou fermé, la régulation peut être hydromécanique ou, et de plus en plus, électronique.

« Les transmissions hydrauliques en boucle fermée sont compatibles avec toutes les sources d'énergie primaire : thermique, électrique ou gaz » poursuit Olivier Le Maire. Son entreprise, qui se positionne sur les transmissions de puissance hydrauliques et électro-hydrauliques, annonce qu'elle présentera bientôt des solutions 100% électriques.

« Pour la fonction travail avec les mouvements linéaires, nous pensons que l'hydraulique va garder tout son intérêt même si la pompe peut être alimentée par un moteur électrique. Dans tous les cas, limiter les pertes exige d'améliorer encore l'efficacité énergétique de l'hydraulique » détaille quant à lui Elian Verdier, directeur de la division mobile Bosch Rexroth. Il reste selon lui des points à gagner encore dans la compacité et le rendement avec l'optimisation de tous les passages de fluides pour éviter toute perte de charge, même si beaucoup a déjà été réalisé en la matière, et l'émergence des hautes tensions. « Notre nouvelle gamme de moteurs MHP500b permet d'obtenir davantage de couple, d'avoir des moteurs plus compacts, d'améliorer les rendements, la fiabilité et la durée de vie. Les calculs par éléments finis permettent de travailler sur l'optimisation des formes pour diminuer l'apparition de fortes contraintes et diminuer les frottements » explique d'ailleurs Philippe Durand. Elle est utilisée notamment dans les outils des machines de forages.

Composants à revoir

Des solutions Haute tension (HT) font évoluer les gammes de composants alors que les électroniques de puissance et les motorisations intégrées dans les engins mobiles étaient avant tout en Basse tension (BT). « La transition de systèmes BT vers des systèmes HT émane directement de l'évolution des sources d'énergie, des batteries aux piles à combustible » constate

Protéger les moteurs électriques des asphalteuses

Les asphalteuses, dont l'activité sollicite particulièrement les composants, comptent de plus en plus de processus et de réglages automatisés. Les moteurs électriques qui tendent à remplacer les moteurs hydrauliques en raison de leur alimentation sont également plus sensibles à la commande. Mais ils sont souvent aussi plus sensibles aux défauts de positionnement et aux chocs dans le système de transmission. La saleté, les sols inégaux, l'importance des forces exercées sur et par ces engins exigent une protection des moteurs et une gestion des pannes potentielles grâce à des composants



les plus simples et les moins coûteux possibles. D'où le développement de la gamme d'accouplements élastiques à élastomère Quick Flex chez R+L Hydraulics (filiale du groupe Timken). Ils compensent ces désalignements des moteurs électriques, les imprécisions axiales et radiales ainsi que les chocs. Les sollicitations sont transmises par l'élastomère qui empêche aussi tout contact métal/métal. L'usure des moyeux d'accouplements reste négligeable. Les éléments en élastomère sont livrés en une seule pièce et insérés en bloc dans l'accouplement, après avoir fait coulisser un capot.

Des solutions haute tension font évoluer les gammes de composants alors que les électroniques de puissance étaient avant tout en basse tension.

Bruno Marchand, responsable des produits eMobilité chez KEB.

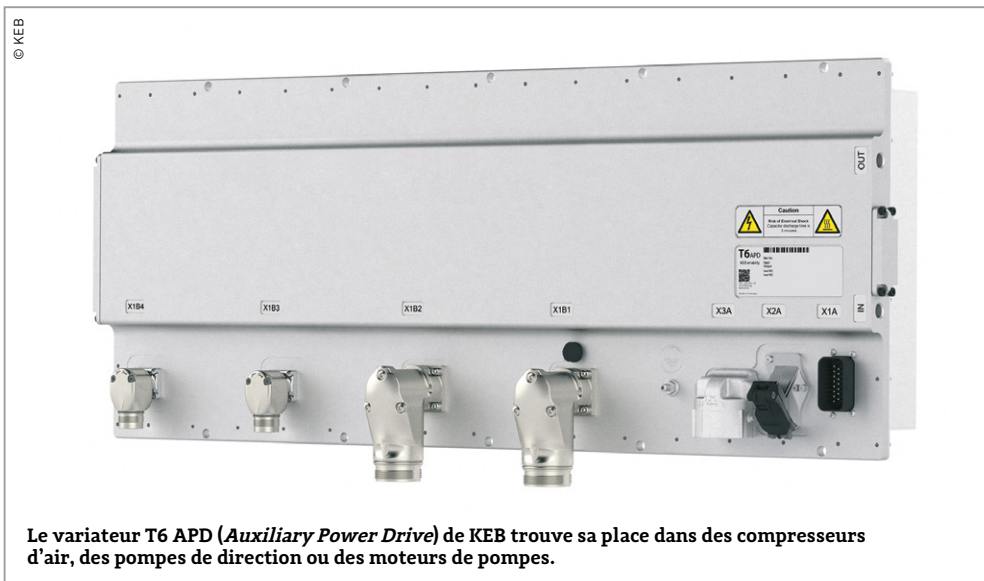
En BT, pour une puissance donnée, un fort courant DC exige en effet des faisceaux de puissance de fort diamètre, difficiles à intégrer dans des environnements restreints comme les engins mobiles, sans compter la maintenance des motorisations. Pour répondre à cette transition énergétique du BT vers le HT, KEB a développé des logiciels (« power on demand ») et des solutions techniques dédiés à l'électrification des auxiliaires au sein d'engins mobiles, comme le variateur T6 APD (Auxiliary Power Drive) qui trouve sa place dans des compresseurs d'air, des pompes de direction ou des moteurs de pompes. « Ce nouveau variateur, certifié E1-10R05, est un système modulaire qui peut alimenter jusqu'à six moteurs électriques, en disposant de trois puissances distinctes : 7,5, 15 ou 30 KW. Il combine une unité de contrôle (ECU) communiquant en CAN J1939/UDS, des algorithmes évolués de gestion moteur « sensorless » et des solutions de filtrage DC CEM en une seule enveloppe IP67 compacte. Il centralise la gestion de tous les organes auxiliaires d'un véhicule électrique ou hybride et permet de réduire les coûts » précise Bruno Marchand.

KEB propose par ailleurs, outre ses embrayages utilisés sur des nacelles

Mini-chargeuse électro-hydraulique mini-zev proposée par Poclair Hydraulics.



© POCLAIN HYDRAULICS



Le variateur T6 APD (*Auxiliary Power Drive*) de KEB trouve sa place dans des compresseurs d'air, des pompes de direction ou des moteurs de pompes.

élévatrices et des hydrocureurs pour l'entretien des réseaux d'assainissement, un frein bistable alliant les technologies de son frein à ressorts Combistop et de son frein à aimants permanents Combiperm. Hors tension, le couple est transmis par les ressorts. L'alimentation de la bobine permet

d'ouvrir le frein et le flux des aimants sert à maintenir le frein ouvert. Grâce à cette association de technologies, le frein reste ouvert sans consommation électrique. Il équipe déjà des tracteurs électriques industriels et aéroportuaires ainsi que des chariots autonomes de manutention.

Un grand pas pour l'environnement

L'optimisation environnementale est clairement un axe puissant de travail. Bibus et I&W pointent l'impact des moteurs électriques sur la réduction des nuisances sonores et l'amélioration de la qualité de l'air, par exemple dans le secteur minier ou l'entretien des voies ferrées. Mais

Bibus et I&W pointent l'impact des moteurs électriques sur la réduction des nuisances sonores et l'amélioration de la qualité de l'air.

aussi l'absence de risque de fuite d'huile ou d'émissions de gaz d'échappement qui pourraient polluer les produits de l'agriculture et du maraîchage. «Aujourd'hui, la plupart des systèmes centralisés sur un véhicule de travaux publics ont un moteur et une pompe distribuant le fluide hydraulique.

La sécurité avant tout

L'électronique permet d'inventer d'autres solutions, comme l'antipatinage : en rééquilibrant par exemple les couples sur le moteur du côté qui ne patine pas. « L'électronique nous fournit des données dont nous ne disposions pas en hydraulique » explique Damien Petit. Elle ouvre aussi d'autres champs, comme la simplification des machines qui se passent de boîte de vitesse. Du côté des petites machines mobiles de moins de trois tonnes, Poclair Hydraulics propose des transmissions électro-hydrauliques pour les petites chargeuses, les compacteurs ou les machines multi-fonctions. Dans cette famille des mini-chargeuses, les compact

tract loader (CTL) et les skid steers (SSL), qui sont plutôt présents aux USA, disposent d'une transmission avec deux circuits indépendants en parallèle et une valve KVC2 pour le freinage. Du côté des compacteurs jusqu'à 9,5t, l'entreprise propose aussi un circuit en parallèle à deux moteurs synchronisés, avec diviseurs de débit pour s'affranchir du problème de patinage. L'Assist Drive de Poclair Hydraulics est une nouvelle solution d'assistance hydraulique, anti-patinage pour les roues avant des camions de chantiers qui doivent franchir des terrains boueux, enneigés et/ou très en pente.

© POCLAIR HYDRAULICS



Sans assistance, le camion « patine ». Avec assistance, franchissement de la pente.



© BOSCH REXROTH

L'apport de l'électronique dans le contrôle déporte l'intelligence de la pompe vers le software.

© BOSCH REXROTH



La sécurité, le gain de productivité, le confort du conducteur resteront dans les années à venir une préoccupation majeure pour les constructeurs d'engins mobiles.

© RPS HYDRAULIQUE



Depuis 2 ans, l'électrification des engins mobiles se diffuse et mobilise les bureaux d'études.

Le nouveau moteur MT de Poclair Hydraulics spécialement développé pour l'entraînement des chenilles des petites chargeuses maîtrise l'oscillation de couple à faible vitesse (torque ripple) avec une fiabilité renforcée.



© POCLAIR HYDRAULICS

La pompe est toujours en marche. Avec une chargeuse traditionnelle, la machine gaspille de l'énergie sur chaque axe pour soulever, incliner, déplacer, même lorsque la machine est à l'arrêt. Moog a conçu un système plus efficace utilisant un contrôle distribué pour envoyer de l'énergie uniquement quand et où l'engin de travaux publics en a besoin, comme soulever de la terre ou se déplacer d'un côté à l'autre » explique Francesco Mazza.



© R+L HYDRAULICS

Accouplement de la série LK proposé par R+L Hydraulics pour les engins mobiles.

« La recherche constante d'augmentation de densité de couple et densité de puissance permet la diminution de la part matière engagée dans nos produits » résume par ailleurs Olivier Le Maire. Le nouveau moteur MT spécialement développé par Poclair Hydraulics pour l'entraînement des chenilles des petites chargeuses concentre l'ensemble de ces améliorations : maîtrise de l'oscillation de couple à faible vitesse (torque

Comme toujours, l'optimisation du fonctionnement des moteurs et des autres organes se traduit par une réduction de consommation.

ripple) et fiabilité avec le renforcement de l'étanchéité et la résistance à des charges externes très élevées.

Comme toujours, l'optimisation du fonctionnement des moteurs et des autres organes se traduit par une réduction de consommation : gérer efficacement le mouvement et la thermodynamique d'un engin, c'est aussi permettre à chaque composant de fonctionner à la bonne plage de température, de réduire la consommation d'énergie et de prolonger sa durée de vie.

L'électronique apporte une aide appréciée. Il faut désormais passer à la phase suivante, celle de l'efficacité totale des systèmes.

Pour cela, l'électronique apporte une aide appréciée. Il faut en effet désormais passer à la phase suivante, celle de l'efficacité totale des systèmes. « *Il y a encore des kW à gagner* » résume Alexandre Moalic. Rendement et consommation d'énergie sont en ligne de mire : « *nous réalisons des états des lieux de la consommation d'énergie pour chaque fonction de chaque machine* ». Cette cartographie (energy mapping) ouvre la porte à l'optimisation technique. « *Un logiciel intelligent qui optimise le mouvement d'un véhicule de construction lorsqu'il effectue des tâches en apprenant à lisser les mouvements et le fonctionnement de la machine, augmente le temps de fonctionnement de plus de 25 %.* En



Moteur 41 W MG de KEB

lissant les pics de consommation d'énergie, la machine obtient un meilleur rendement, fournissant le même travail avec moins d'énergie » ajoute Francesco Mazza. Moog a ainsi converti une chargeuse sur pneus, devenue entièrement électrique avec un

groupe motopropulseur et des actionneurs électriques pour la manutention et la direction, une chargeuse sur pneus d'une capacité de 4,5t, une chargeuse sur chenilles au godet d'une capacité de 2,5t : « *La chargeuse sur chenilles est entièrement*



Mini-chargeuse électrohydraulique mini-ZEV de Poclain Hydraulics.

électrique, ce qui signifie qu'il n'y a pas de composants hydrauliques, pas d'huile, moins de pièces qu'une machine diesel-électrique, zéro émission et suffisamment silencieuse pour que les équipes de construction puissent communiquer entre elles sans crier ni signes de la main. »

L'électronique dans le contrôle

Au-delà de l'énergie, l'apport de l'électronique dans le contrôle modifie profondément les systèmes car la transition en cours porte aussi sur le pilotage. « L'intelligence est déportée de la pompe au software » résume Philippe Durand (Bosch Rexroth) « On constate globalement une accélération de l'automatisation et de l'électrification. Ces deux tendances vont de paire, car elles supposent une utilisation

encore plus poussée de composants et de systèmes électroniques évolués. Qu'il s'agisse de fonctions d'aides au conducteur, d'augmenter la sécurité fonctionnelle ou

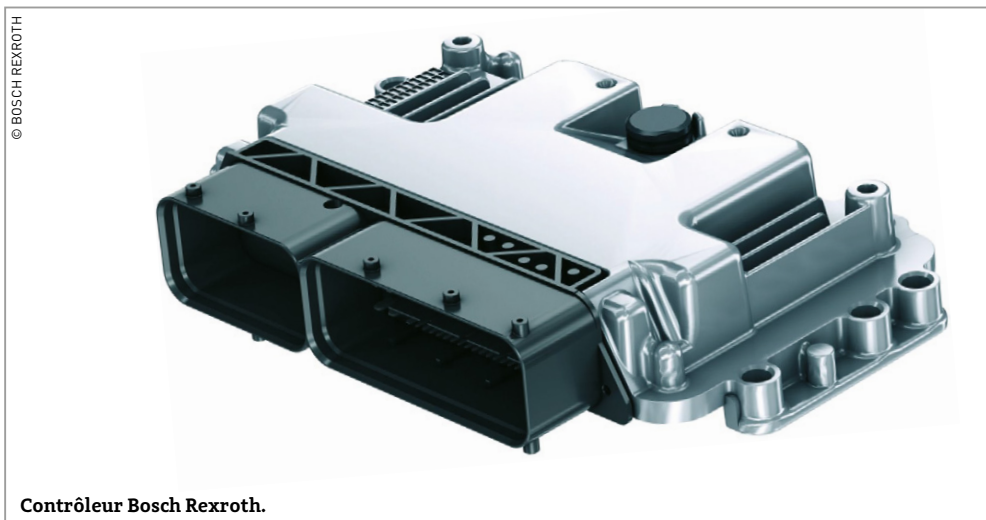
Au-delà de l'énergie, l'apport de l'électronique dans le contrôle modifie profondément les systèmes car la transition en cours porte aussi sur le pilotage.

d'améliorer tout simplement la productivité des machines, l'électronique est devenue incontournable » confirme Philippe Gross. La télématique, indispensable pour

surveiller les machines à distance et optimiser leur maintenance, s'ajoute à ces grandes tendances. Elle permet surtout de collecter les données dans des conditions réelles de travail. Une aide précieuse pour les bureaux d'études dans le cadre du développement des nouveaux véhicules. L'électrification offre aussi, par nature, des voies d'économie d'énergie puisqu'il est possible de faire varier la vitesse des moteurs grâce à l'électronique. « Elle nous permet de réellement voir les débits autrement » résume Philippe Grandchamp. Il existait déjà des capteurs en hydraulique, pour la pression et le débit. Les capteurs numériques accroissent la capacité de régulation. Les valves elles-mêmes évoluent pour répondre aux bus de terrain.

Enfin, l'interface Homme Machine (IHM) joue un rôle majeur dans l'évolution électronique sur tous les engins mobiles. Elle doit répondre à de nouvelles exigences techniques sur des engins qui la soumettent parfois à de rudes épreuves (tailles d'écran, performances d'affichage, communication avec tous les autres éléments de l'architecture électronique). Le nombre de capteurs et de systèmes de vision (caméras embarquées) ne cessent en effet de croître avec chaque évolution de machines. « Pour répondre à ces nouveaux besoins, Hydac a développé une nouvelle gamme d'IHM et notamment l'eVision 312 » indique Philippe Gross. ■

Yanne BOLOH



Contrôleur Bosch Rexroth.