

MECATRONIQUE

la revue des industriels de la mécatronique

N°4 - Janvier 2014



Performance énergétique et solutions mécatroniques

Une approche globale
p.5

Diversifier les sources d'énergie
p.8

Des transmissions innovantes
p.9



Performance énergétique



Télémaintenance



Sécurité des machines et process

**Les adhérents d'Artema
au cœur des solutions
d'avenir pour l'industrie.**



2 Editorial

3 Un enjeu planétaire

Discussions internationales et considérations géopolitiques

Consommer moins

Sauver le monde... en épargnant mon portefeuille

De toutes les couleurs...

5 Une approche globale

Disciplines concourantes

ISO 50001 : un cadre international

7 Le discours de la méthode

Performance énergétique intrinsèque

A la recherche de la performance client

Performance des systèmes de production d'énergie

8 Diversifier les sources d'énergie

Pour les équipements fixes...

... et les engins mobiles

9 Des transmissions innovantes

Choisir et dimensionner les composants

Chaque élément compte

Récupérer l'énergie

11 La mécatronique facteur d'optimisation

Des solutions optimisées et personnalisées

Une maintenance plus efficace

12 Question de culture

Des méthodes...

... des outils...

... une norme d'éco-conception



N°4 - Janvier 2014

Artema

92038 Paris-La Défense Cedex

Tél. : 01 47 17 63 91

Mail : info@artema-france.org

Conception graphique : Promeca Com

Rédaction : Thierry du Parc et Alain Lamour

Imprimerie : Imprimerie de la Centrale Lens

Credit Photo couverture : DR

Éditorial



Bruno Grandjean
Président d'Artema

La performance est au cœur des préoccupations de tout entrepreneur. Celle de nos entreprises bien sûr, mais nous savons qu'elle passe d'abord par celle de nos clients. Si Artema a choisi la performance énergétique comme action phare pour 2014, c'est bien qu'il n'est pas seulement question d'économies d'énergie. Il ne s'agit pas de faire moins, mais aussi bien, sinon mieux, avec moins d'énergie.

La mécatronique nous y aide. Tant au niveau de la conception des installations que dans le choix des éléments et des composants, elle nous permet de toujours choisir les architectures les plus efficaces, les constituants les plus performants dans une vision d'excellence pour nos clients : leur permettre de toujours produire une meilleure qualité en utilisant des installations de plus en plus sobres.

Au-delà des discours ambiants, des théories sur la décroissance ou le libéralisme à tout crin, des incantations et des imprécations, les industriels sont des gens pragmatiques : ils ajustent, ils dosent. Ils savent éviter ce que la sagesse populaire a illustré dans des expressions comme « le marteau-pilon pour écraser une mouche » ou encore « le pavé de l'ours ».

Cela n'a peut-être pas toujours été le cas, lorsque l'abondance de l'énergie le permettait ; mais la prise de conscience qui s'est manifestée ces dernières années a renforcé leur certitude.

C'est ainsi. Les industriels pratiquent une sorte de logique floue (« fuzzy logic ») dans un monde que certains voudraient binaire. Ils savent que les solutions existent et que les plus simples réclament un grand savoir-faire. Ils font la différence entre simples et simplistes.

Dans le domaine de la performance énergétique, les fabricants de composants et de systèmes mécatroniques prennent le problème dans son ensemble, sous les trois aspects technique, économique et culturel, ce qui n'est pas forcément le cas des partisans du « tout électrique » ou des producteurs des pays « à bas coût ». C'est pourtant en considérant la performance énergétique sous tous ses aspects que l'on trouve des solutions efficaces, pratiques, simples et pérennes.

UN ENJEU PLANÉTAIRE

Les discours alarmistes et les approximations scientifiques ont eu le mérite de mettre en lumière un fond de réalité : nous devons consommer moins d'énergie. Les industriels comptent parmi ceux qui se sont mobilisés les premiers. En particulier, les industriels de la mécatronique.

10 milliards de TEP (Tonnes d'Equivalent Pétrole), soit environ 117 000 milliards de kWh : voilà ce que consomment les quelque 6 milliards d'êtres humains qui peuplent la planète. Certes la crise financière a provoqué en 2009 – et pour la première fois depuis – une légère baisse de la consommation d'électricité dans le monde. Certes le cours du pétrole joue au yoyo dans une fourchette de 1 à 3 depuis quelques années. Mais cette consommation pèse lourdement sur les ressources de notre planète et sur les résultats de nos entreprises.



© BR

Malheureusement, malgré la multiplication des conférences internationales sur le sujet, les politiques menées par les différents pays ne sont pas à la hauteur des enjeux. Alors que les États devraient être moteurs, leurs intentions se perdent dans les circonvolutions des discussions internationales et les considérations géopolitiques. La seule vraie « realpolitik » consisterait à conjuguer les efforts et les mesures concrètes pour faciliter la baisse de la consommation d'énergie par des mesures incitatives, concrètes et efficaces.

Néanmoins, à travers le monde, les autorités gouvernementales élaborent des politiques destinées à économiser l'énergie et à promouvoir des énergies propres. Ici et là, des « plans énergie-climat » sont mis en place. Les objectifs définis seront-ils tenus ?... C'est une autre histoire.

En 2012, l'Union Européenne a adopté, la « Directive 2012/27/UE du Parlement européen et du Conseil » relative à l'efficacité énergétique. Cette dernière établit un cadre commun de mesures pour améliorer l'efficacité énergétique de 20 % dans l'Union européenne d'ici à 2020. L'article 8 impose notamment que des audits énergétiques soient réalisés



© BR

dans toutes les entreprises, à l'exception des PME, au plus tard le 5 décembre 2015, puis renouvelés tous les quatre ans.

En France, la Table ronde nationale sur l'efficacité énergétique, lancée en juin 2011, vise à approfondir les mesures du Grenelle de l'Environnement et à explorer de nouveaux gisements d'économies d'énergie. Début 2013, le débat national sur la transition énergétique a placé la sobriété, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables au cœur de la stratégie énergétique française.

CONSOMMER MOINS

Quels que soient les effets pratiques de ces textes réglementaires ou de ces politiques publiques (voir encadré), une chose est sûre : nous pouvons, nous devons consommer moins. Nous disposons des moyens techniques, dans toutes nos industries, d'améliorer considérablement notre performance énergétique.

Les industriels, fabricants de matériels et de systèmes, comme les utilisateurs se

« L'énergie la plus économique et la plus écologique est celle qu'on ne consomme pas. »

sont donc mobilisés pour faire avancer les choses. Même si les mesures incitatives (réglementaires, techniques ou économiques) se révèlent bien souvent en décalage par rapport à la réalité et aux besoins, les systèmes et équipements mis en place sont donc de plus en plus efficaces et performants. Témoin, la baisse depuis 20 ans de la consommation d'énergie par rapport à la production, dans les différentes activités industrielles. Plus marquée dans les années 90, cette diminution s'est poursuivie dans la première décennie du XXI^e siècle à un rythme toutefois inférieur, dû au ralentissement relatif de l'activité industrielle.

Les industriels français ont réduit la part de leur consommation d'énergie, qui est passée dans leurs comptes de 26 % en 1995 à 17 % en 2008. Mais il faut aller plus loin. L'enjeu est de taille, les économies potentielles très substantielles.

Selon les domaines d'application, les améliorations porteront sur des éléments extérieurs (comme l'isolation pour le bâtiment et le tertiaire, par exemple) ou sur la consommation des appareils, des machines, des systèmes. Dans l'industrie, la force motrice représente le premier consommateur (69 % de la consommation totale), suivie des besoins thermiques (16,5 %), l'ensemble des autres utilisations comptant pour 15 % environ.

SAUVER LE MONDE... EN ÉPARGNANT MON PORTE-MONNAIE

« We are the one that make a better day, so let's start giving, there's a choice we're making, we're saving our own lives... »* proclamait la chanson « USA for Africa » dans les années 80. Charité bien ordonnée commence par soi-même, lui fait écho la sagesse populaire. Alors, sauver le monde en minimisant la consommation d'énergie, en réduisant les émissions de GES, oui, sans doute... Mais si cela permet de réaliser des économies sur les comptes d'exploitation, alors cela mérite considération ! Au bout de la performance énergétique, c'est la performance des industries, avec des économies à la clé pour tous ceux qui la mettront en œuvre.

Dans les cercles proches de la pneumatique, les économies potentielles sont estimées à 2,5 milliards d'euros en Europe. De quoi en faire réfléchir plus d'un, même si ces chiffres doivent être pris avec précaution. En effet, les résultats économiques sont tributaires de nombreux facteurs, tels le secteur d'activité, le type de process utilisé, l'ancienneté des installations et bien d'autres ainsi que le périmètre considéré et le mode de calcul utilisé.

DE TOUTES LES COULEURS...

Dans « Le chant des voyelles », Rimbaud attribuait une couleur aux différentes voyelles. Dans le domaine énergétique, on a parfois l'impression d'assister à la matérialisation de ce principe d'association.

Ainsi, dans les présentations, les documents promotionnels, les discours de nos politiques, les technologies deviennent bleues, les applications vertes et, pour faire bonne mesure, tout ça pour assurer la transparence... Allez comprendre quelque chose !

Néanmoins, si ces appellations marketing utilisées par certains (blue competence, green sky...) permettent d'attirer l'attention sur une démarche de sobriété, d'efficacité et de performance, pourquoi pas ? Mais n'oublions jamais que l'habit ne fait pas le moine et que, parés ou non de ces appellations, un grand nombre d'industriels fabricants de composants et systèmes réalisent des progrès réels, en tous cas ceux qui ont pignon sur rue et proposent des produits de marque par l'intermédiaire de réseaux reconnus, compétents et fiables. Dans le même esprit, en matière de labellisation, il convient de ne se fier qu'à des organismes de contrôle, d'évaluation ou de certification fiables et surtout totalement indépendants.

* « Nous sommes ceux qui feront un avenir meilleur, alors commençons à donner, Il y a un choix à faire, Nous sauvons nos propres vies. »

LES INITIATIVES PUBLIQUES

- La directive 2010/75/CE relative aux émissions industrielles vise à prévenir et réduire, dans le cadre d'une approche intégrée, la pollution de l'air, de l'eau et du sol provenant des installations industrielles. Concernant l'efficacité énergétique, elle offre une nouvelle portée aux Meilleures Techniques Disponibles (« MTD »), issues de documents de référence sectoriels ou transversaux.

- La directive 2009/125/CE relative à l'éco-conception des produits liés à l'énergie est l'une des mesures clés pour atteindre l'objectif de 20 % d'économies d'énergie de l'Union européenne d'ici 2020. Elle fixe un cadre pour les exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits liés à l'énergie.

- La loi POPE (Programme des Orientations des Politiques Énergétiques) de 2005 définit les objectifs et les grandes orientations de la politique énergétique de la France. Elle complète la législation actuelle par des mesures dans les domaines de la maîtrise de l'énergie, des énergies renouvelables et de la qualité du réseau de transport et de distribution d'électricité. Elle comporte notamment, des objectifs en termes de progression d'utilisation des énergies renouvelables thermiques, ainsi que des nouveaux outils incitatifs (crédit d'impôt majoré et certificats d'économies d'énergie).

- Le dispositif des CEE (Certificats d'Économie d'Énergie) permet d'obliger les vendeurs d'énergie à réaliser des économies d'énergie sous peine d'une pénalité financière (2 c€/kWh cumac). Ces économies peuvent être réalisées directement chez eux ou rachetées à d'autres porteurs de projets par le biais de conventions de partenariat ou via un marché d'échanges. Au total, depuis le début du dispositif en 2006 jusqu'au 30 novembre 2012, ce sont plus de 324,6 TWh cumac qui ont été réalisés grâce à ce mécanisme.

- Le CPE (Contrat de Performance Énergétique) est un cadre juridique pour réaliser des rénovations lourdes de bâtiments couvrant l'amélioration de l'efficacité énergétique. Il repose sur un partenariat entre le maître d'ouvrage et l'opérateur industriel (souvent une Société de Services Énergétiques), dans lequel le niveau de performance énergétique est contractuellement défini. Ce type de contrat avec engagement de performance est transposable aux applications industrielles.

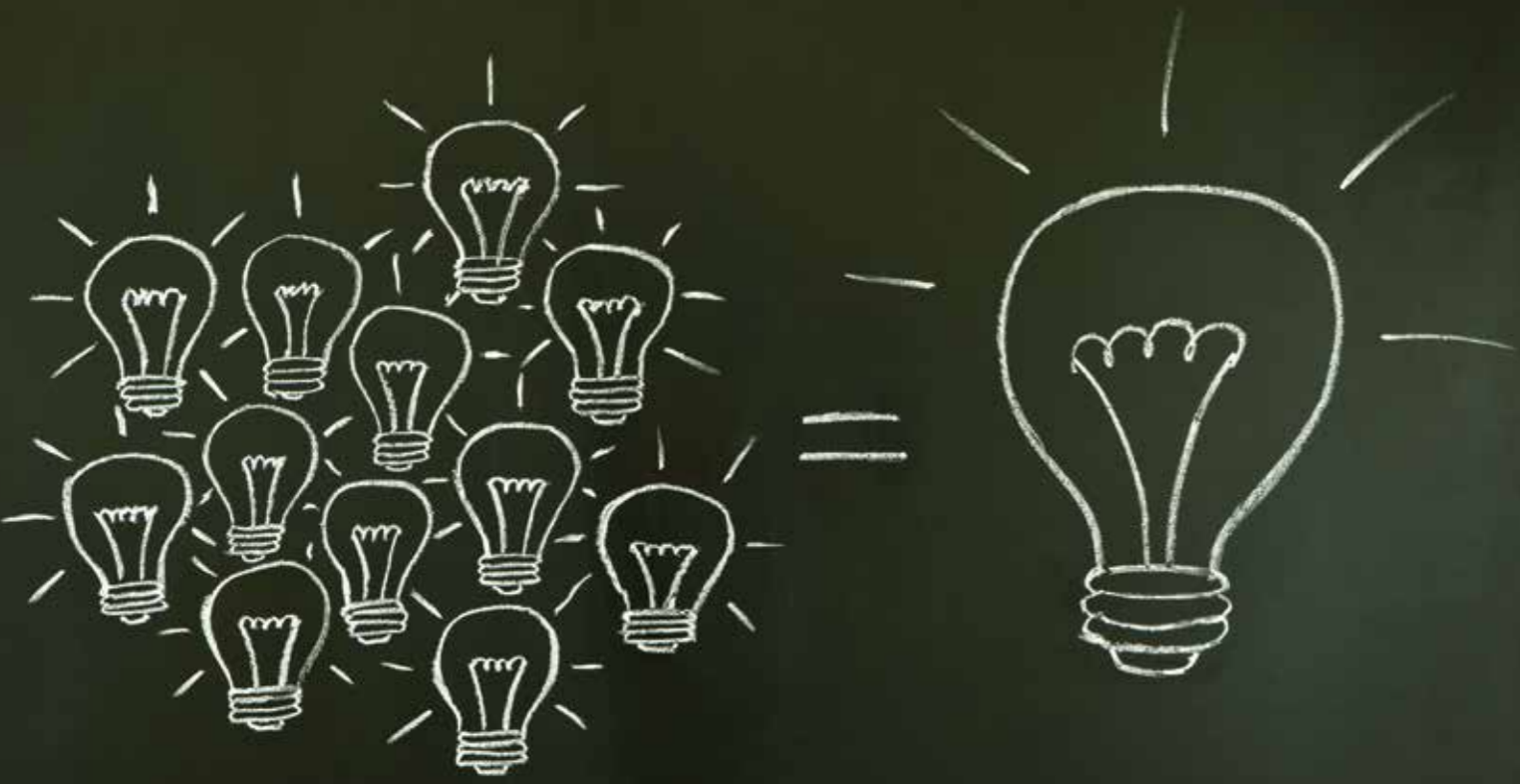
QUI CONSOMME COMMENT ?

En 2011, la consommation énergétique finale en France atteignait 155,6 M de TEP.

Elle se répartit approximativement de la manière suivante, selon les applications :

Résidentiel et tertiaire	44,1 %
Transports	32,1 %
Industrie	21,1 %
Agriculture	2,7 %

Il existe également une grande disparité de la structure de la consommation d'énergie dans les différentes applications. Ainsi, l'intensité énergétique, qui mesure la consommation d'énergie par rapport à la valeur ajoutée, montre que pour la fabrication d'engrais il faut 4,8 TEP pour 1 000 € de valeur ajoutée, alors que la première transformation des métaux non ferreux n'en nécessite que 0,7. Les enjeux sont donc considérablement différents.



UNE APPROCHE GLOBALE

Assurer l'efficacité de chaque composant, mais aussi celle de l'architecture, des technologies à mettre en œuvre, de la manière d'utiliser les systèmes, de les maintenir et de les faire évoluer. La performance énergétique se fonde sur une vision d'ensemble traduite par la norme ISO 50001.

Efficacité, efficacité, intensité, voire éco-efficacité énergétique... l'abondante littérature qui traite du sujet voit fleurir des expressions diverses et variées. On pourrait les croire quasi-synonymes. Pourtant chacune d'entre elles traduit une approche ou un champ d'application spécifique. Artema a choisi de parler de performance énergétique. Pourquoi ? D'abord, parce que l'enjeu est bien la performance des entreprises au sens large du terme. Ensuite, parce que la réponse ne se limite pas à l'efficacité, fut-elle énergétique, de tel ou tel composant, de tel ou tel sous-ensemble. Elle réside dans la prise en compte globale de l'ensemble des éléments du problème, qu'ils soient techniques, organisationnels, culturels ou humains.

DISCIPLINES CONCOURANTES

Si l'ensemble du système n'est pas concerné, les gains sur tel ou tel constituant deviennent marginaux, voire annihilés par le reste. C'est pourquoi, habitués à combiner les éléments d'un tout, les industriels d'Artema s'intéressent à des ensembles et à leur interaction entre eux. Dans cette acception, les solutions proposées doivent considérer toutes les technologies disponibles, sans exclusive, et les articuler entre elles de sorte qu'elles répondent au mieux au problème posé. Aussi, dès la conception, il faut prendre en compte les exigences de performance recherchées, pour mieux les décliner en termes de choix technologiques et d'articulation des technologies entre elles : exactement dans l'esprit de la mécatronique, qui prône la « concurrence » des technologies plutôt que leur concurrence.

« Cela nous aide à améliorer en continu la performance énergétique, y compris l'efficacité énergétique, l'usage énergétique et la consommation d'énergie. »

Ian Johnson, Directeur des Opérations Coca Cola entreprises

Il s'agit d'assurer non seulement l'efficacité de tel ou tel composant, mais aussi celle de l'architecture, du choix des technologies à mettre en œuvre, de la manière d'utiliser les systèmes de les maintenir, de les faire évoluer : un problème à la fois technique et culturel. En matière d'équipements industriels, la performance énergétique joue donc sur tous les tableaux et s'appuie sur :

- une diversification des sources d'énergie,
- des transmissions optimisées,
- des composants spécifiquement conçus,
- une étanchéité novatrice,
- une conception de type mécatronique,
- la diffusion d'une culture de la performance tant chez les fabricants que chez les utilisateurs,
- une maintenance pertinente et ciblée, assurant le maintien dans le temps des performances acquises,
- une évolution permanente pour intégrer toute innovation fiable qui peut concourir à l'amélioration de la performance.

ISO 50001 : UN CADRE INTERNATIONAL

Publiée en 2011, la norme ISO 50001 concernant les systèmes de management de l'énergie, vise à instaurer une démarche d'amélioration continue, à l'instar des normes ISO 9001 sur la qualité et ISO 14001 sur l'environnement. Il s'agit d'un guide de progression non obligatoire et non d'une norme contraignante.

Cette norme définit un cadre d'exigences pour que les organisations puissent :

- élaborer une politique afin d'utiliser l'énergie de manière plus efficace,
- fixer des cibles et des objectifs pour mettre en œuvre la politique,
- s'appuyer sur des données afin de mieux cerner l'usage et la consommation énergétiques et prendre des décisions,
- mesurer les résultats, pour examiner l'efficacité de la politique,
- améliorer en continu le management de l'énergie.

Les produits et systèmes proposés par les industriels sont de plus en plus cohérents avec cette démarche. En outre, la mécatronique répond à cette approche, en proposant des produits et des composants performants individuellement, mais également « collectivement » grâce à une conception d'ensemble et une architecture globale.

LA PERFORMANCE POUSSÉE À L'EXTRÊME

Parcourir plusieurs milliers de kilomètres avec un litre de carburant : ce n'est pas un canular, mais un défi. Défi que se lancent, depuis 25 ans en Europe, des écoles qui rivalisent d'ingéniosité pour concevoir le véhicule qui parcourra le plus grand nombre de kilomètres avec un plein de... 1 litre ! Actuellement, le record approche les 3 000 km !

Ces véhicules improbables se lancent sur la piste et, dans les stands, l'ambiance n'a rien à envier à celle qui règne au Mans pour les 24 heures ou sur les grands circuits de Formule 1.

La recherche des élèves passionnés par ce défi porte tout autant sur la partie moteur que sur tous les autres aspects. Ils ont bien compris que c'est en prenant en compte l'ensemble du véhicule qu'ils se classeront parmi les meilleurs. En ce sens, ils suivent une vraie démarche de performance énergétique : rien ne doit être laissé au hasard et c'est par une approche globale qu'ils trouveront la solution.

Côté transmissions pneumatiques, on n'est pas en reste et des challenges, comme le BR Pneumobil, qui consistent à mettre en compétition des véhicules automobiles mus par l'air comprimé permettent d'animer la recherche dans ce domaine.

Ces défis montrent que les solutions existent. Il suffit d'avoir la volonté de les trouver, de combiner tous les éléments de la problématique pour réussir une démarche de performance énergétique.



LE DISCOURS DE LA MÉTHODE



Il existe plusieurs formes de contribution à la performance énergétique. Les industriels adhérents d'Artema partagent une vision multiple et globale.

Performance énergétique intrinsèque

D'abord, il s'agit de concevoir des produits et des systèmes performants, en trouvant la solution la plus conforme à la demande du client. Ils associent une conception globale à une réalisation « customisée ». En fonction du problème posé, il faut assurer la meilleure efficacité énergétique de chaque produit, de chaque composant.

Ceci se traduit par la recherche de géométries particulières, de lubrifications optimales, de matériaux et/ou de traitements de surface qui permettent, par exemple, de réduire les frottements. Depuis quelques années, on assiste également à une réduction notable et continue de la taille et du poids des équipements, pour des performances identiques, voire accrues. Ce phénomène du « downsizing » permet d'envisager un appel de puissance qui sera limité au juste nécessaire.

A la recherche de la performance client

Encore faut-il que cette préoccupation énergétique s'inscrive dans la recherche de la performance globale du client. Aussi, les industriels

d'Artema se trouvent aux côtés des utilisateurs dès la conception des installations afin d'intégrer leurs enjeux, leurs exigences et leurs attentes spécifiques. Ils leur expliquent les « bonnes pratiques » pour exploiter les systèmes afin d'en optimiser le rendement et d'ajuster toujours le couple énergie/efficacité.

A tout moment, ils proposent l'expertise de leurs équipes et l'aide de logiciels spécialisés pour effectuer un diagnostic des installations, repérer les sources d'économies potentielles et proposer des solutions d'optimisation.

Performance des systèmes de production d'énergie

Enfin, au côté des systèmes de production traditionnels, déjà largement optimisés, les efforts se portent aujourd'hui sur la productivité et la performance globale des équipements de production d'énergies renouvelables : éolien, solaire, biomasse, énergie de la houle. Sans oublier les sources plus traditionnelles, telle la production d'hydroélectricité, que ce soit dans les centrales géantes (Itaipu, Les Trois Gorges...) ou dans les micro-hydro qui se multiplient à travers le monde.

AUTODISCIPLINE

Faisant mentir le vieil adage selon lequel les cordonniers seraient les plus mal chaussés, les industriels d'Artema veillent à ce que leurs propres installations soient performantes.

Ainsi, dans les usines Festo de Rohrbach et d'Esslingen, 12 % de l'énergie nécessaire est produite sur site. La consommation a été réduite, grâce à l'installation d'une pile à combustible, d'une centrale de cogénération électrique, d'un ensemble photovoltaïque et d'un usage optimisé de l'énergie (récupération de la chaleur des compresseurs, génération de froid par chaleur « perdue », ventilation des ateliers). Le site d'Esslingen accueille la plus grande installation de climatisation solaire d'Europe. Il comprend un système de modulation d'entrée de la lumière solaire par toit pneumatique, avec ouverture ou fermeture d'un damier occultant.

DIVERSIFIER LES SOURCES D'ÉNERGIE



Hydraulique, pneumatique, mécanique, électrique..., les industriels d'Artema proposent une grande variété de sources d'énergie, permettant de choisir la plus adaptée à l'utilisation finale.

Hydraulique, pneumatique, mécanique, électrique..., à chaque utilisation sa(es) source(s) d'énergie en fonction des besoins en puissance, couple, variation de vitesse, accélération... Parfois même, il s'avère nécessaire de combiner des éléments divers pour satisfaire des exigences apparemment contradictoires, ou encore pour traiter différemment plusieurs fonctions dans le même ensemble. Ainsi les systèmes de freinage à bord des TGV, ou les commandes de gouvernes de vol à bord de l'Airbus A 380 combinent efficacement électricité et pneumatique ou électricité et hydraulique.

POUR LES ÉQUIPEMENTS FIXES...

Comme leur nom l'indique, les entraînements de pompes à vitesse variable associent des pompes hydrauliques performantes et des entraînements électriques à vitesse variable. Réduire la vitesse, notamment pendant les temps de pause, permet de moins consommer d'énergie.

D'une manière générale, les solutions d'entraînement régulées sont source d'économie d'énergie, par exemple sur les machines d'impression et d'usinage.

Bosch Rexroth propose des systèmes hybrides sur des machines pour matière plastique : des entraînements électromécaniques conventionnels ou des systèmes d'entraînement hydrostatiques à régulation de débits ou des entraînements de pompes à vitesse variable.

De son côté, l'unité d'entraînement Movigear de Sew Usocom regroupe le moteur, l'électronique et le motoréducteur. La conception intégrée et le rendement élevé de chaque composant ont permis de réduire les pertes électriques et mécaniques. Après un an d'utilisation (à raison de 3 500 h) et à prix du kWh constant, l'utilisateur économise plus de 8 000 € sur sa facture d'électricité par rapport à une solution classique. Pour certaines applications, Delta Équipement propose un éjecteur de vide qui permet de baisser les coûts de 90 % par rapport à une pompe à vide. Parce qu'il occupe moins d'espace, il peut être installé au plus près de l'application, ce qui limite le recours à certains accessoires.

De même, Oilgear Towler a doté ses équipements destinés aux forges de grande puissance de systèmes de récupération d'énergie.

... ET LES ENGINES MOBILES

L'hybridité électrique qui fait la Une des journaux depuis quelques années est loin d'être la seule alternative. Des hybridités à base d'hydraulique et de pneumatique fonctionnent de façon très satisfaisante depuis de très nombreuses années. Au vu des résultats déjà obtenus, de la fiabilité de ces systèmes et de la simplicité de leur mise en œuvre, ces applications se sont développées de façon importante depuis qu'il est question de performance énergétique.

Ainsi, sur de nombreux engins mobiles, des systèmes de récupération de l'énergie de freinage ont été mis en place pour limiter la consommation de carburant grâce à un système hydraulique.

Sur des véhicules utilitaires et les engins de chantier, l'entraînement de ventilateur hydrostatique variable assure le refroidissement au juste nécessaire, ce qui réduit la consommation d'énergie et donc les coûts de carburant jusqu'à 5 % par rapport à un système constant.

HYBRID'AIR : UNE RUPTURE TECHNOLOGIQUE DANS LE MONDE DES HYBRIDES



Avec Hybrid'Air, une chaîne de traction qui combine l'essence et l'air comprimé sans batterie, le groupe PSA propose une alternative à l'hybridation électrique. Hybrid'Air est un mariage innovant de technologies éprouvées :

un moteur essence, un stockeur d'énergie sous forme d'air comprimé, un ensemble moteur-pompe hydraulique et une transmission automatique. Un système de pilotage électronique intelligent adapte le mode de fonctionnement à la conduite de l'utilisateur et optimise l'efficacité énergétique. Les composants hydrauliques (moteur et pompe) récupèrent et stockent l'énergie produite, soit par le moteur thermique fonctionnant à son meilleur rendement, soit en récupérant l'énergie cinétique au freinage et en décélération.

Une transmission continue spécifique assure une utilisation optimale des différentes énergies en fonction des conditions de roulage, selon 3 modes de fonctionnement : thermique essence (seul le moteur thermique transmet l'énergie aux roues), air (seul le moteur hydraulique transmet l'énergie stockée aux roues via les accumulateurs) et combiné essence/air comprimé (les moteurs thermiques et hydrauliques fonctionnent conjointement pour apporter l'énergie nécessaire aux roues). PSA a déposé plus de 80 brevets sur cette technologie.

CLEANSTART™ : UN DÉMARRAGE HYDRAULIQUE ULTRA RAPIDE



Le CleanStart™ de Poclair Hydraulics Industrie est un système de démarrage hydraulique destiné aux moteurs de cylindrée importante équipant les véhicules devant s'arrêter fréquemment, les engins de Travaux Publics, par exemple. Il permet un démarrage ultra-rapide, limitant ainsi bruits, vibrations et émission de polluants. Pour les véhicules de manutention démarrés plusieurs fois par jour, la rapidité du démarrage rend l'arrêt « transparent » du point de vue de l'utilisateur et permet ainsi de gagner en consommation et usure sans perte de productivité. Les économies de carburant sont évaluées à 15 %. Très pertinent aussi pour les véhicules urbains, le moteur thermique devant être arrêté fréquemment lors des montées de passagers et des embouteillages. Les véhicules consomment moins de carburant et éliminent les vibrations et bruits émis par les basses vitesses, et réduisent les émissions de gaz et particules.

DES TRANSMISSIONS INNOVANTES

Au cœur des systèmes industriels comme de tout système en mouvement, les transmissions jouent un rôle essentiel dans la performance énergétique. Leur combinaison et leur instrumentation marquent un progrès décisif. Voyage au cœur des innovations des adhérents d'Artema.

Équipez un système de transmission de composants instrumentés, capables de délivrer des informations sur le fonctionnement de tout ou partie de la machine, et vous pouvez contrôler la vitesse, l'angle de rotation, mais aussi les vibrations et tout autre paramètre utile. En mesurant l'ensemble de ces paramètres, il devient possible d'améliorer le rendement et la durée de vie des équipements. Ainsi les roulements, les transmissions hydrauliques, pneumatiques, mécaniques, les systèmes d'étanchéité ont accru leurs performances. En combinant les technologies, ils se sont enrichis mutuellement, bien au-delà de la somme des performances individuelles.

CHOISIR ET DIMENSIONNER LES COMPOSANTS

Le dimensionnement précis des composants influe sur la performance énergétique des équipements. Ainsi, un vérin pneumatique de 50 mm de diamètre consomme 55 % de volume d'air de plus qu'un vérin de 40 mm de diamètre, lequel consomme 157 % de volume d'air de plus qu'un vérin de 25 mm de diamètre. C'est l'un des éléments qui permet d'appeler l'énergie nécessaire et suffisante pour le fonctionnement d'un équipement.

Le choix des composants est donc essentiel, par exemple :

- L'ilot de distribution HF03 de Bosch Rexroth, consomme presque 5 fois moins (0,35 W) que les pilotes classiques (1,5 à 4,5 W).
- Les roulements E2 (éco-énergétique) de SKF ont été conçus pour réduire de façon importante le frottement mécanique. L'utilisateur final réalise ainsi jusqu'à 30 % d'économies d'énergie sur la part de consommation des roulements.
- Le système Vorecon de Voith combine des composants hydrodynamiques et mécaniques. La puissance est transmise principalement par l'ensemble mécanique. Le système hydrodynamique permet d'ajuster la puissance délivrée à la machine selon ses besoins. Ce dispositif est source d'importantes économies.

- Un million de litres de carburants peut être économisé pendant la durée de vie totale d'un jet d'affaires grâce à la manette automatique des gaz SKF.
- La pince HGPII de Festo intègre des capteurs, de la technologie proportionnelle piézo, de l'électronique de commande pour réceptionner les signaux de capteurs et piloter les vannes, traiter les données et piloter la partie commande ainsi qu'une interface pour la communication en Profibus. Autant de composants et de technologies qui permettent d'adapter la puissance de la pince au besoin. Avec à la clé, des économies d'énergie de l'ordre de 75 %.
- Les engrenages Sauer Danfoss sont conçus pour transmettre la puissance hydraulique avec le maximum d'efficacité. Le design entre le flanc du roulement et celui de l'engrenage est étudié pour assurer la meilleure étanchéité en fonction de l'application et des conditions de travail. Résultat : une amélioration considérable de l'efficacité globale et une réduction des pertes.

En pneumatique, la conception d'ensembles décentralisés peut permettre de réduire considérablement la longueur des circuits et donc les pertes en ligne. L'économie ainsi réalisée peut atteindre 50 %.

CHAQUE ÉLÉMENT COMPTE

Dans le domaine de l'étanchéité, la bague EES de Simrit associe une étanchéité optimale à une faible perte en puissance par frottement. D'où une chute de la consommation de carburant et des émissions de polluants. En effet, dans les systèmes complexes, chaque élément compte. À commencer par les joints. La bague Simmerring Radimatic intervient dans les cas d'étanchéité en fonctionnement à sec, de compatibilité avec des fluides agressifs ou en présence de géométries spécifiques pour des outils spécialement fabriqués. Dans les machines de concassage, elle veille à ce qu'un maximum d'énergie arrive au point de fonctionnement. Elle est aussi utilisée dans

des applications de pointe où chaque perte de puissance et chaque gramme de CO₂ rejeté se payent cher.

Les composants d'étanchéité et antivibratoires contribuent efficacement à préserver des ressources dans de nombreux systèmes industriels. Dans les circuits pneumatiques, l'utilisation de vannes parachutes comme celles proposées par Norgren peut avoir un effet sur l'économie d'énergie. Ce dispositif est prévu pour prévenir les coups de fouet du tuyau, lorsque celui-ci laisse s'échapper l'air à haute pression en cas d'une rupture. La vanne réduit le débit à l'atmosphère, laissant seulement une très faible quantité d'air s'échapper. Tout risque de blessure est ainsi écarté et le gaspillage d'énergie tend vers zéro.

Les transmissions hydrostatiques de Poclain Hydraulics sur les engins agricoles assurent des plages de vitesse bien adaptées à la conduite en mode automatique et permettent de réduire la consommation de carburant de l'ordre de 20 %. Alliées à d'autres composants dans le cadre d'ensembles mécatroniques complexes, elles contribuent au développement de ce que l'on appelle une « agriculture de précision ».

RÉCUPÉRER L'ÉNERGIE

Les systèmes hydrauliques permettent également de réduire considérablement le bruit et la consommation de certaines applications très largement répandues, comme les bennes à ordures. Pour éviter de caler et activer le système de compactage, les moteurs diesel de ces véhicules doivent tourner au moins à 1 000 tr/mn lors des arrêts. En installant un dispositif de récupération de l'énergie de freinage par accumulateur hydraulique, cette énergie est restituée pour actionner les différents systèmes hydrauliques de l'engin, sans consommer de carburant.

Les ascenseurs à avions du porte-avions Charles de Gaulle récupèrent aussi d'énergie : à la descente, un accumulateur hydraulique emmagasine l'énergie par compression du fluide et la restitue pour permettre la remontée des appareils sur le pont d'envol.

Enfin, les systèmes à vitesse variable ou les solutions d'entraînement régulées permettent d'économiser beaucoup d'énergie dans de très nombreuses applications industrielles.



REDEX : LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES MACHINES-OUTILS RENFORCÉE

Fournisseur de systèmes d'entraînement haute performance pour des constructeurs de machines-outils de référence, Redex a développé pour ses réducteurs un procédé exclusif de super finition de pignons (HQ-GF) qui a déjà révolutionné la fabrication des boîtes de vitesse dans l'automobile haut de gamme. Ce procédé innovant se double de moyens de contrôle et de tests particulièrement performants pour optimiser au maximum le procédé.

Avec ce nouvel investissement, Redex a mis sur le marché des réducteurs à haute réversibilité et niveau d'émission acoustique réduit, qui permettent surtout d'obtenir des gains de l'ordre de 15 % sur les pertes liées au rendement mécanique des engrenages. Des milliers de kWh sont ainsi économisés au cours de la vie des machines-outils qui en sont équipées.

ELBI : VIS À BILLES HAUTES PERFORMANCES



La société Elbi est spécialisée dans la fabrication de vis à billes sur mesure à haute performance. Grâce à son partenariat avec la société Planetel qui développe une gamme de vis à rouleaux satellites, elle développe une large gamme de solutions de transmissions linéaires électromécaniques (EMA) hautes performances pour divers secteurs industriels qui souhaitent améliorer leur efficacité énergétique : équipements de travaux publics, machines spéciales, machines outils, ferroviaire, automobile. Ces solutions se caractérisent par des rendements importants (> 85 % économie d'énergie), des vitesses élevées, une grande rigidité autorisant des pilotages complexes, une maintenance réduite adaptée au milieu difficile.

TECHNE AMÉLIORE LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT DE SES JOINTS



Techne conçoit et produit des joints d'étanchéité de précision. Elle développe des traitements de surface sur des plastiques et élastomères, pour améliorer le coefficient de frottement de ces joints et exercer moins d'efforts pour sa course. Exemple : le joint en polyuréthane utilisé dans un système hydraulique. Les essais réalisés avec une pièce traitée montre le gain d'énergie dans le montage avec ce traitement de type T-Coat®.

SUN HYDRAULIQUE : 3,8 LITRES/HEURE DE CARBURANT ÉCONOMISÉS AVEC LES VALVES

Type de valve	Consommation de carburant en L/h	Coût carburant/h
Equilibrage Standard	20.4	28.30 €
LoadMatch™	16.6	23.00 €
ECONOMIE	3,8 L	5,30 €/heure

Les valves LoadMatch™ Sun économisent l'énergie en réduisant la consommation de carburant. En effet, de nombreuses machines opèrent avec des charges inférieures à la capacité maximum. Pour des tâches comme le chargement de benne, le retour des pelleteuses s'effectue systématiquement à vide. En autocontrôlant automatiquement leur tarage lorsque les charges sont moindres, les valves LoadMatch™ permettent de minimiser le gaspillage d'énergie durant tous les cycles où la charge est inférieure au maximum.

Réalisé sur un porte conteneur automateur de 260 CV qui charge et décharge des trains et des camions, un test avec ces valves a mis en évidence une diminution de sa consommation de carburant de 3,8 l/h. Sachant que

la machine travaille 24h/24, il suffit de quelques jours pour obtenir le retour sur investissement.

FERRY CAPITAIN : UN NOUVEL ALLIAGE MOINS GOURMAND EN ÉNERGIE

Développé et breveté par Ferry Capitain, le nouvel alliage ferreux FerryNod® permet de transmettre jusqu'à 10 MW de puissance par pignon grâce à une dureté allant jusqu'à 360 HB pour des couronnes dentées. Avec un délai de fabrication plus court que les solutions concurrentes et moins d'énergie dépensée pour son élaboration, FerryNod® contribue à positionner Ferry Capitain parmi les fournisseurs les plus compétitifs pour la solution de transmission de fortes puissances en « open gears ». Pour une couronne identique d'un poids fini de 50 tonnes, le processus d'élaboration du métal FerryNod® permet de consommer deux fois moins de kW que pour une même couronne réalisée en acier (dernière ligne du tableau ci-dessous).

	Alliage classique	FerryNod®
Poids	75 tonnes	73 tonnes
Poids du métal liquide	120 tonnes	88 tonnes
Température du métal liquide	1 570°C	1 320°C
Puissance de fonte requise (par tonne)	880 kW	620 kW
Puissance requise pour la commande	105 600 kW	54 300 kW (soit 51 % de la puissance requise dans le cas d'un alliage classique)

LA MÉCATRONIQUE FACTEUR D'OPTIMISATION



Des solutions adaptées aux spécificités de l'application. Une maintenance plus efficace avec notamment des interventions à distance. La mécatronique est un facteur d'optimisation des procédés et donc de leur performance énergétique.

DES SOLUTIONS OPTIMISÉES ET PERSONNALISÉES

À chaque application, sa solution optimale : la mécatronique vise à personnaliser les réponses proposées au client. Comment ? D'abord, en adoptant une conception à la fois globale et modulaire qui associe diverses technologies ; ensuite en utilisant de l'intelligence embarquée. Ce qui permet de tenir compte des spécificités de chaque application. Ce faisant, les systèmes mécatroniques rendent, directement ou indirectement, les équipements nettement moins gourmands en énergie. En effet, ils profitent d'une conception globale qui débouche parfois sur une réduction du nombre d'opérations, du principe de subsidiarité des technologies et de l'intégration de composants retenus pour leur sobriété énergétique. Sans oublier l'apport de l'électronique et de l'informatique pour veiller à l'utilisation optimale des systèmes. En outre, la mécatronique facilite la mise en œuvre de systèmes hybrides utilisant à tout instant l'énergie la plus compétitive pour effectuer chaque tâche.

UNE MAINTENANCE PLUS EFFICACE

Un défaut d'entretien, un manque de lubrification..., et le dispositif devient moins efficace. La maintenance s'avère donc essentielle pour pérenniser les performances des systèmes mécatroniques. Les industriels y attachent une importance particulière. D'une part, en formant les collaborateurs afin qu'ils puissent intervenir dans les meilleurs délais sans nuire à la disponibilité des équipements. D'autre part, en développant des systèmes capables de surveiller les installations, d'alerter en cas de dysfonctionnement ou de risque de panne et, dans certains cas, de diagnostiquer avec certitude l'intervention à prévoir.

C'est ainsi que de nombreux composants instrumentés assurent une veille sur différents paramètres ; d'autres, en liaison avec des outils de centralisation et dotés de logiques, savent analyser ces paramètres et indiquer le type de défaut



et sa localisation. Autant de dispositifs particulièrement utiles pour des installations situées dans des environnements dangereux (chimie, radioactivité) ou dont l'accès est difficile comme les éoliennes off-shore. Les interventions y sont difficiles et coûteuses, aussi les spécialistes doivent pouvoir intervenir à coup sûr.

Ces dispositifs modifient les pratiques de maintenance pour renforcer son efficacité, notamment lorsque le fournisseur de système mécatronique est très éloigné de l'installation. La combinaison des technologies permet désormais d'effectuer des diagnostics à distance, voire de dépanner. Par exemple, il est possible, en cas de défaillance d'un logiciel, d'en télécharger un nouveau, ou de reparamétrer une machine pour la faire redémarrer immédiatement.

Au-delà de la sûreté de fonctionnement et de la réduction des coûts d'arrêts machines, ces moyens contribuent à limiter les déplacements d'hommes et de matériels. Autant d'économies d'énergie liées aux transports.

© PR

gère 175 données (puissances, énergies, cos ϕ , températures, débits...) par diverses fonctionnalités : analyses énergétiques et financières, rapports automatisés, alarmes, facturation...

Ainsi, NTN-SNR peut analyser ses consommations, évaluer le résultat de ses actions d'économies d'énergie, repérer les dérives, mieux négocier ses contrats énergies et simuler sa consommation via des indicateurs de performances.

AUTOMATIQUE & INDUSTRIE : UN SYSTÈME D'INFORMATION DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE

Troisième groupe mondial de fabrication de roulements, NTN-SNR initie une démarche « corporate » d'efficacité énergétique dans 11 usines à travers le monde. Pour cela, un site a été désigné comme chantier pilote pour définir le Système de Management de l'Énergie le plus approprié.

C'est dans ce cadre qu'Automatique & Industrie, une PME grenobloise, a imaginé et intégré un système innovant d'information de la gestion de l'énergie. La solution en accès web

QUESTION DE CULTURE

Intégrer la performance énergétique à tous les niveaux de l'entreprise revient à diffuser une culture nouvelle. D'où l'intérêt des méthodes, des outils et des normes dans ce domaine. Tour d'horizon.

La performance énergétique, c'est l'affaire de tous. De la définition du besoin par les technico-commerciaux à la fabrication du composant, en passant par la conception, elle concerne l'ensemble des acteurs de la chaîne, chez le fabricant, ses fournisseurs mais aussi chez l'utilisateur.

DES MÉTHODES...

Aussi, les concepteurs et fabricants de composants et systèmes de transmission de puissance mettent en place des règles ou des chartes afin de sensibiliser tous les échelons et toutes les fonctions à la performance énergétique. Certains ont déjà conçu des méthodes. Différentes suivant les industriels, leurs approches et leurs moyens convergent.

Le programme « Beyond Zero » de SKF vise à fournir à ses clients les outils et les produits qui leur permettent de renforcer leur performance énergétique. Chez Festo, un séminaire est consacré à la pratique de la recherche des économies potentielles dans le domaine pneumatique.

Metal Work met à la disposition de ses clients un programme en 4 points « pour réaliser des économies » – sous-titré « de considérables économies d'énergie peuvent être réalisées en appliquant de simples règles – : dimensionner correctement les vérins (avec logiciel de dimensionnement proposé), utiliser des économiseurs, éliminer les fuites d'air, projeter et gérer correctement l'installation de distribution d'air.

Bosch Rexroth propose, lui aussi, quatre points de vigilance et d'action :



© SKF

sélectionner des composants économes en énergie, revoir le stockage et la régénération de l'énergie, veiller à produire l'énergie en fonction des besoins, utiliser des outils d'optimisation de l'énergie.

Le guide de Norgren Héron présente les principales sources d'économies d'énergie sur les réseaux d'air comprimé afin d'aider l'utilisateur à prendre les mesures pratiques et concrètes dans sa propre installation. Même démarche chez Sew Usocome qui a publié un document présentant les cinq principaux gisements d'énergie dans une installation.

Aux côtés d'autres guides (voir encadré), Artema prépare un document permettant aux utilisateurs, quelle que soit leur technologie dominante, de suivre un parcours logique et systématique pour dimensionner leurs besoins en amont et maintenir la performance tout au long de l'exploitation.

... DES OUTILS...

Quels sont les fondements de cette nouvelle culture de la performance énergétique qui se formalise peu à peu et se développe chez tous les acteurs de la filière notamment au travers des programmes de formation ? D'abord, savoir prendre en compte le coût global : celui d'achat et celui d'exploitation. Une attitude qui permet de comprendre qu'investir, c'est avant tout économiser. Compte tenu des performances que l'on sait atteindre aujourd'hui en termes d'économies d'énergie, le rendement de l'investissement devient souvent bien supérieur à ceux de beaucoup de placements existants sur le marché... C'est donc une stratégie d'achat totalement différente que mettent en place les entreprises qui s'engagent dans une démarche de performance énergétique et d'économies d'énergie.

Ensuite, sur le plan technique, il faut imaginer des solutions alternatives. Cela suppose de revenir à la source du besoin et ainsi redéfinir clairement les fonctionnalités pour trouver les réponses les plus efficaces et les plus

COVAL RÉDUIT LA CONSOMMATION D'AIR COMPRIMÉ



Fabricant de composants pour la manipulation par le vide, Coval accompagne ses clients pour fiabiliser et optimiser leur outil de production, tout en réduisant la consommation d'énergie et le niveau sonore des équipements. Ainsi, la technologie ASC (Air Saving Control) est un système de régulation qui stoppe la consommation d'air lorsque le niveau de vide réglé est atteint. Exit, les consommations d'énergie inutiles.

Pour démontrer l'intérêt de ces technologies intelligentes de gestion d'air comprimé, Coval a développé une application en ligne, Energy Saving App, qui permet à l'utilisateur de simuler les économies d'énergie sur une chaîne automatisée. À la clé : jusqu'à 97 % d'économie d'air comprimé.

Ainsi, le Groupe Schneider Electric a sollicité l'entreprise pour mener un audit sur site de son parc de machines de manipulation par le vide (ventouses, pompes à vide et réseau de vide) sur la ligne de presse à injecter. Trois axes d'amélioration ont été identifiés : réduire la consommation d'air comprimé (sur un parc de 16 machines, économie de 148 000 m³/an) ; diminuer le niveau sonore ; standardiser une matière ventouse, pour limiter le nombre de références à gérer.

Ces solutions proposées par Coval devraient être généralisées sur d'autres sites de production de Schneider.

Pour plus de détails : www.coval.fr/presentation/nos-technologies

On appelle amélioration de l'efficacité énergétique, un accroissement de l'efficacité énergétique à la suite de modifications d'ordre technologique, comportemental et/ou économique.

Directive européenne

économies, en jouant sur toute la palette des composants, depuis la génération de puissance jusqu'aux systèmes de transmission.

La plupart des industriels proposent des logiciels permettant de mesurer les économies d'énergie potentielles et calculer le dimensionnement idéal des installations pour optimiser la performance énergétique. Ils prennent en compte les équipements et leurs accessoires, comme les vérins à basse consommation, les systèmes de contrôle de débit et de pression, des vérins à économies d'énergie, les systèmes de vide, les surpresseurs, etc. À l'aide de ces logiciels, il devient possible d'établir soi-même – ou avec des spécialistes – les caractéristiques précises des installations en fonction de leur utilisation et de déterminer les points sur lesquels apporter en priorité des modifications bénéfiques.

La rénovation des installations constitue un moyen non négligeable pour augmenter la performance énergétique. On peut ainsi pérenniser l'outil industriel grâce au « retrofit », à la modernisation et à la maintenance. Selon les cas, ces interventions consistent à repenser l'instal-

lation avec de nouvelles technologies sans forcément remettre en cause toute l'architecture. Exemples : passer d'une solution mono-technologie à une solution multi-technologies privilégiant la meilleure d'entre elles à chaque point de l'installation ; migrer de systèmes analogiques à des systèmes numériques ; rechercher l'utilisation de la puissance optimale au lieu de prévoir par défaut la puissance maximale ; éviter les pertes définitives d'énergie par la récupération de l'énergie dispersée et sa réinjection dans le système.

... UNE NORME D'ÉCO-CONCEPTION

Enfin, les industriels peuvent s'appuyer sur les normes, notamment la XP E01-005 qui vise à les aider à concevoir des produits respectueux de l'environnement. Réuni début octobre 2012 à Copenhague, le CEN/TC 406 a donné son feu vert pour soumettre le projet « éco-conception des produits mécaniques » à la procédure d'adoption.

Deux expérimentations se sont déroulées courant septembre, en Allemagne et aux Pays-Bas, avec l'assistance du Cetim. Appliquée à des produits aussi différents qu'une cave réfrigérée professionnelle et un chariot de manutention, la méthode d'éco-conception proposée par la France a suscité des retours très positifs.

SUIVEZ LES GUIDES

Artema prépare un certain nombre de guides et documents

- « Guide de bonnes pratiques pour la performance énergétique des Transmissions pneumatiques » (sortie prévue au 1^{er} trimestre 2014).
- Transmissions mécaniques : 2 documents en préparation. Un document professionnel destiné à aider les clients à optimiser la performance énergétique de leur installation (sortie prévue en avril 2014). Un référentiel technique « Méthode de mesure du rendement d'une transmission mécanique » (sortie prévue en février 2014).

- « Apport de l'étanchéité à la performance énergétique » (sortie prévue en mars 2014).
- Transmissions hydrauliques : 2 documents en préparation (sorties prévues en avril 2014). Un Référentiel technique sur la performance énergétique des composants hydrauliques : moteurs et pompes, distributeurs, vérins et accumulateurs. Un document professionnel sur la valorisation des transmissions hydrauliques sous l'angle de la performance énergétique.

Verbatim

On doit décider en prenant en compte la durée d'utilisation et non regarder uniquement les coûts d'acquisition. Les produits bon marché ne vous font faire des économies qu'une fois, les produits efficaces vous font économiser tous les jours.

Bosch Rexroth

Cette intégration des fournisseurs permettra aux entreprises d'avoir une vraie expertise sur la manière de concevoir les composants dans une logique d'économie et par conséquent, de réduction sensible des coûts.

**Jean Breton,
Directeur Associé, Thésame**

We love energy-saving products that save money and help the environment.

SMC

Nos clients veulent non seulement optimiser l'efficacité de l'énergie et le respect de l'environnement, mais aussi disposer de la puissance et de la précision.

Redex

Lorsque la crise sera terminée, la planète risque de devoir gérer un contexte de prix de l'énergie élevé et instable.

Emmanuel Grasland, Les Echos

Pour atteindre une efficacité énergétique maximum, des solutions intelligentes doivent parfaitement orchestrer des technologies variées.

Bosch Rexroth

Mécanique + électronique + informatique + NTIC = Mécatronique



Garniture mécanique instrumentée



Vérin intelligent



Joint instrumenté



Îlot de distribution communicant



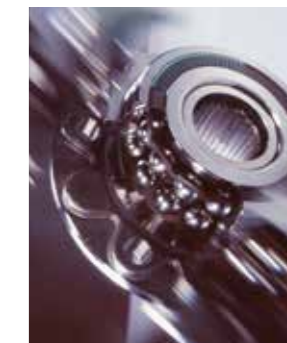
Valve à régulation de pression et de débit



Accouplement instrumenté



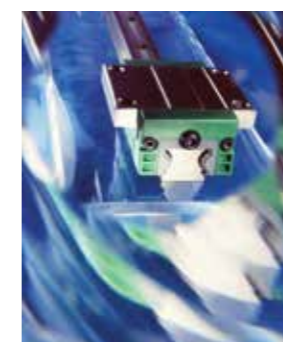
Système d'engrenages



Roulement instrumenté



Pompe hydraulique à cylindrée variable



Unité linéaire motorisée

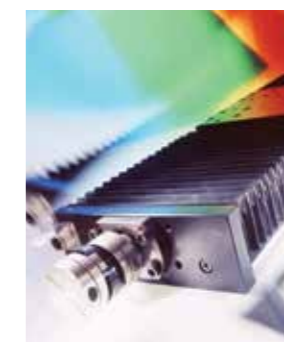


Table mécatronique



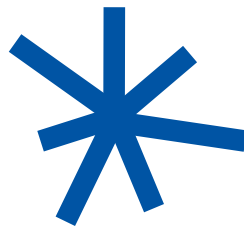
Motoréducteur avec variateur intégré

www.artema-france.org

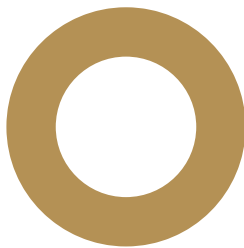
LES ENTREPRISES ADHÉRENTES :

ADR – ASCO NUMATICS – ATLANTA NEUGART – ATV – BALLAND GAILLETON – BCSA – BINDER MAGNETIC – BONFIGLIOLI – BOSCH REXROTH FLUIDTECH – BOSCH REXROTH SAS – BÜRKERT – CGR ROULEMENTS – CMD TRANSMISSIONS – COVAL – CYCLAM – DANFOSS – DB INDUSTRIE – DCNSPROPULSION – DELTA ÉQUIPEMENT – DOUCEHYDRO – DUFFNORTON EUROPE – EAGLEBURGMANN – EATON – ELBI – ENGRENAGE SERVICE – ESCO TRANSMISSIONS – ETNA INDUSTRIE – EVCO – FBO – FERRY CAPITAINE – FESTO – FLUIDAP – FLUITEN – FP HYDRAULIQUE – FREUDENBERG – GKN SERVICE – GRAVOTECH MARKING – HARMONIC DRIVE – HAWE-OTTELEC – HYDAC – HYDRO APPLICATIONS – IFC – JOHN CRANE – JP3 – JTEKT HPI – KOYO BEARINGS – KTR – KUHNKE PNEUMATIC – LATTY INTERNATIONAL – LINDE HYDRAULICS – MERCIER – METAL WORK – MOOG – MORISSE NAYRAT – MOTOVARIO – MXL – NICOT – NORD RÉDUCTEURS – NORGREN – NOVIVUM – NTN-SNR ROULEMENTS – OILGEAR – PACK'AÉRO – PARKER HANNIFIN – PARKER OLAER – PNEUMAX – POCLAIN HYDRAULICS – REDEX – REPACK-S – REXROTH PNEUMATICS – RIBAUT ENGRENAGES – SCHAEFFLER – SEDIS – SERTA – SEW USOCOME – SIAM RINGSPANN – SIEMENS IADT – SKF AEROENGINE – SKF AEROSPACE – SKF ECONOMOS – SKF FRANCE – SKF SLEWING BEARINGS – SMC PNEUMATIQUE – SM-CYCLO FRANCE – SOCOMO – SODHYP – SOGEMA – STROMAG GKN – SUN HYDRAULICS – TECHNE – TECHNICS GROUP – TIMKEN EUROPE – TRANSROL (SKF) – TRELLEBORG SEALING SOLUTIONS – VASSAL MOTORÉDUCTEURS – VOITH TURBO – WANDFLUH – WITTENSTEIN.

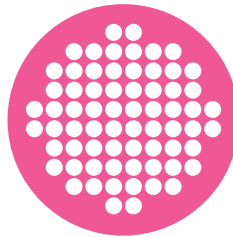
artema réunit les fournisseurs de composants
et de solutions dans les domaines de :



Mécatronique



Étanchéité



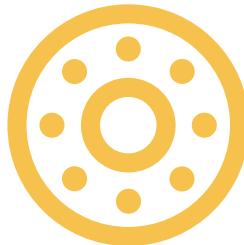
**Transmissions
Hydrauliques**



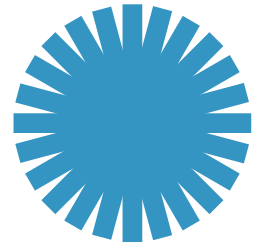
**Éléments de
Transmissions
Mécaniques**



**Transmissions
Pneumatiques**



**Roulements
et Guidages
Linéaires**



**Réducteurs
et Engrenages**