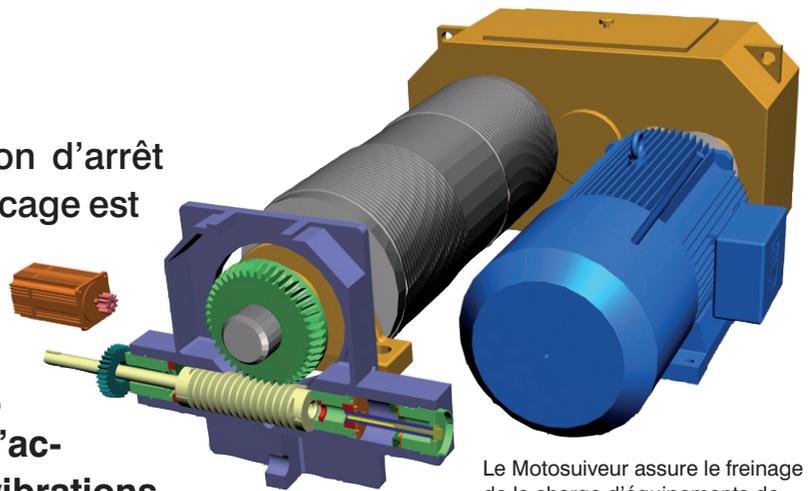


# Freinage et amortissement

## La sécurité tout confort

Le freinage n'est plus seulement une fonction d'arrêt brute. Le ralentissement de l'appareil avant blocage est devenue une phase quasi-incontournable du processus, rejoignant dans sa philosophie la raison d'être de l'amortissement : il faut protéger la mécanique. Mais pas seulement. Aujourd'hui, on protège aussi l'opérateur, de l'accident bien sûr, mais aussi du bruit et des vibrations, désagréments générant problèmes médicaux et absences répétées peu appréciées en ces temps de course à la productivité. Preuve que business et humanisme pourraient facilement se rejoindre si l'on prenait plus souvent la peine d'y réfléchir !



Foc Transmissions

Le Motosuiveur assure le freinage de la charge d'équipements de levage. Le mécanisme est associé à un amortisseur afin d'obtenir la meilleure loi de freinage possible et éliminer les surcouples dynamiques.

► Tous les mécanismes que l'on démarre, que l'on accélère, doivent en définitive être ralentis, stoppés et immobilisés. Les oscillations et vibrations induites doivent aussi être amorties : on obtient ainsi simultanément une meilleure efficacité du mouvement et un meilleur rendement énergétique, et la protection physique de l'ensemble mécanique. Viennent se greffer à ces considérations techniques la sécurité et le confort du passager ou de l'opérateur éventuel, de plus en plus souvent pris en compte.

Par exemple, « sur un ascenseur, on sécurise les biens et les personnes, c'est pourquoi une homologation est nécessaire », rappelle Jean-Raphaël Paillard, responsable

« La sécurisation, ce n'est pas seulement prévenir ou empêcher l'accident par l'arrêt des machines. C'est aussi donner l'impression que l'on ne risque rien ! »

marketing de la division Electromécanique Leroy Somer. Or, la sécurisation, ce n'est pas seulement prévenir ou empêcher l'accident par l'arrêt des machines. C'est aussi donner l'impression que l'on ne risque rien !

« Dans les ascenseurs, les moteurs ne sont plus placés dans une salle des machines, mais directement sur le toit de la cabine. Pour les passagers, il n'est pas rassurant d'entendre le claquement du frein à l'arrivée ou les bruits du moteur à l'accélération », rappellent les responsables de Mayr. C'est pourquoi dans de telles applications, mais aussi pour le scénique ou le médical, la réduction des bruits générés par le système est une préoccupation essentielle.

### AMORTISSEMENT RÉGULÉ

Sécurité et confort sont tout autant exigés sur les systèmes de freinage et d'amortissement des engins mobiles. Si un accumulateur monté sur un vérin peut suffire à assurer la suspension des engins agricoles, il faut ajouter une suspension des bras d'outillage pour absorber leurs oscillations par rapport à la machine. « On joue sur l'élasticité pour amortir les oscillations dues aux dénivellements terrain », explique Marc Mendowski, OEM Market Manager de Olaer. « Un outil agricole peut atteindre les 10 mètres, il génère un balourd important ! »

« Dans le cas d'une chargeuse, l'amortissement, régulé par des accumulateurs à

membrane RSM, sert de suspension au godet » confirme Philippe Durand, responsable commercial division hydraulique mobile Bosch-Rexroth. Ce dispositif permet à la fois de limiter les pertes de matériau transporté et d'augmenter le confort de conduite de la chargeuse ».

Le « module de stabilisation » Right Control proposé par le groupe génère aussi d'autres avantages : une plus grande vitesse de transport est possible qui augmente la productivité de l'opérateur, une distance de freinage plus courte assure une meilleure sécurité sur le chantier et les taux de pannes et temps d'arrêt diminuent grâce à une mécanique moins malmenée, source d'économies.

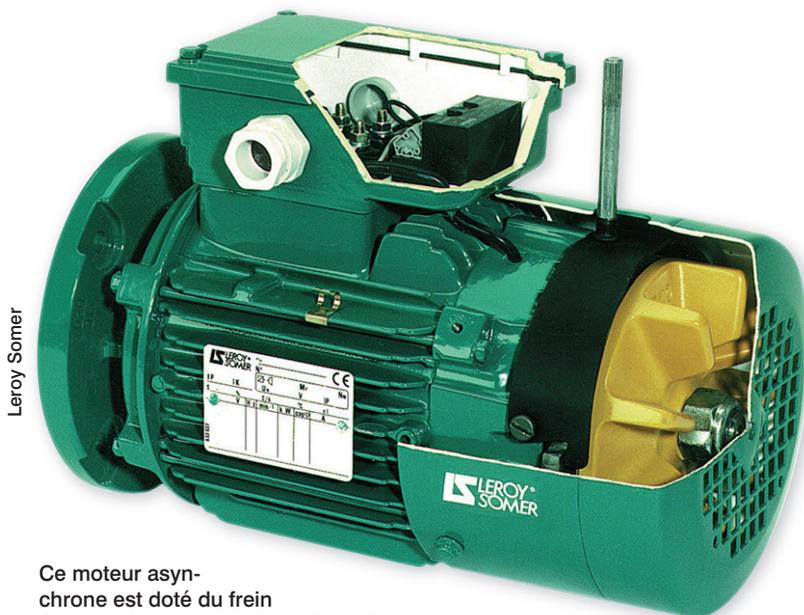
Sur un tracteur, Bosch-Rexroth utilise une fonction

soulever l'essieu avant par porte-à-faux. Cela évite la casse matériel et des sueurs froides au conducteur !

### DICHOTOMIES

La maîtrise des machines mobiles est également une spécialité Poclain Hydraulics, qui s'attaque pour sa part à la dichotomie comportement sur route / utilisation dans les champs posée par les engins agricoles. Ainsi, un tracteur en mode « champ » dispose de deux pédales de frein qui actionnent chacune indépendamment les freins arrière gauche et droit, permettant ainsi les virages serrés. En mode route, l'action des deux freins est coordonnée.

Par ailleurs, « la réglementation sur le freinage varie selon le pays, le poids des véhicules ou leur vitesse



Leroy Somer

Ce moteur asynchrone est doté du frein électromécanique FCR de sécurité et d'arrêt d'urgence. Polyvalent, de faible inertie, FCR supporte les fortes cadences de freinage : jusqu'à 6000 par heure ! Un système de booster en option réduit le temps de réaction du frein. Si on le règle avec une inertie plus importante et un rotor adapté, il freine et démarre en douceur, sans à-coups, évitant le balancement des charges ou le choc des matériels convoyés.

relevage de la charrue pilotée électroniquement. L'amortissement, régulé par le biais de capteurs d'effort et de position, évite les problèmes d'oscillation qui pourraient

maximale », remarque Rémy Mangano, chef produit Valves de Poclain Hydraulics. Toujours à la recherche de gains de productivité, l'agriculteur cherche à contenir - voire

### SILENCE, ON JOUE !

Au théâtre, les machineries font partie intégrante du spectacle. Les impératifs : la fiabilité et le silence.

Les premières générations de freins montés dans ces machineries étaient des exécutions doubles montées sur une plaque de jonction et fixées directement au flasque du moteur. D'une part, les dimensions spéciales de ces freins doubles contraignaient l'utilisateur à prévoir des moteurs aux longueurs d'arbre spéciales, ce qui pénalisait l'ensemble de l'entraînement : les délais de livraison étaient très longs et les surcoûts importants. D'autre part, l'amortissement sonore était réalisé par un joint torique, solution qui a rapidement montré ses limites : l'usure du joint et la dégradation de la qualité d'amortissement sonore induite s'accroissait avec le nombre de freinages.

Les premiers freins doubles avec douilles d'amortissement précontraintes par Belleville brevetée par Mayr apporta une solution des plus efficaces contre les nuisances sonores, qui ne dépassèrent plus les 65 dB(A). Mais restait le problème de l'encombrement.

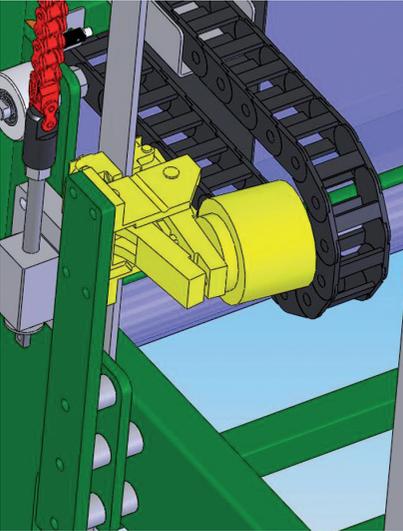
Les salles de spectacle exigeant une réduction sonore de plus en plus performante, le ROBA-stop®-Z a fait son apparition. Ce frein à deux circuits de freinage offre un encombrement réduit, fonctionne en dessous de 60 dB(A) et présente un levier de déblocage manuel et différentes possibilités de contrôle par détecteur et sonde thermique.

Or, la demande a rapidement évolué vers le contrôle électrique et individuel de chaque circuit à partir de l'armoire électrique. Un tel dispositif n'était pas applicable au ROBA-stop®-Z monobobine ; avec ses deux bobines, ROBA-stop® silenzio résout la problématique : ce dernier frein de sécurité compact Mayr déploie 4 à 1800 Nm de couple sans dépasser les 50 dB(A) !

Ses concepteurs le soulignent : « Grâce à son nouveau dispositif d'amortissement sonore breveté, le ROBA-stop® silenzio est, dans sa version standard, le frein de scène le plus silencieux du marché mondial ». Il n'y a plus qu'à aller applaudir cet intermittent du spectacle inédit !



### AMORTIR AVEC UN FREIN LINÉAIRE



Siam Ringspann

Si la législation, en matière de prévention des accidents du travail, rend les freins à disque indispensables dans les machines tournantes pour ralentir et arrêter, dans la manutention verticale, le freinage linéaire doit être engendré avec une sécurité absolue. Le ralentissement doit être rapide et l'amortissement progressif et

sans rebondissements afin d'éviter les fatigues mécaniques et les renversements.

Le freinage sur rail proposé par Siam Ringspann répond à cette obligation sécuritaire. Un système original exclusif compense automatiquement l'usure des garnitures pour conserver un temps d'amortissement constant. Les matériaux de friction utilisés sont d'ailleurs dédiés à ce type de système et dispensés de rodage.



Siam Ringspann

La compensation des freins Siam Ringspann s'effectue pendant le freinage et s'exerce en continu, sans aucun à coup, à l'aide d'une roue libre, ce qui garantit un entrefer de freinage constant, gage d'un amortissement de valeur répétitive et d'amplitude identique. La manutention est ainsi effectuée sans heurt. Le frein peut être fixé sur le bâti, ou embarqué dans la plateforme. Autre avantage : son action d'amortissement palliera aussi une défaillance du frein de service ou d'un élément de transmission grâce aux capteurs de position qui évitent les antagonismes fonctionnels entre frein d'amortissement et frein de service.

réduire - ses temps de transport sur route. Cette nouvelle donne pousse les constructeurs à proposer des tracteurs toujours plus puissants, plus rapides et plus sûrs. Et, si la loi évolue et autorise des vitesses plus importantes (bientôt, les 40km/h seront autorisés), elle impose de relever le niveau de sécurité par les capacités de freinage des attelages agricoles.

sécurisée : elle freine au choix l'essieu arrière ou avant par commutation en cas de défaillance », souligne Rémy Mangano.

### FREINAGE ASSISTÉ

Pour les engins de travaux publics, Bosch-Rexroth propose de son côté un dispositif de freinage assisté. Une valve de freinage, LT31, est commandée par une pédale



Les freins à manque de courant BFK 468 multipôle génèrent plus de couple qu'un frein classique mono bobine dans un encombrement identique. A ce jour, quatre tailles de frein génèrent un couple de 100 à 2400 Nm sous 103, 205 ou 360Vdc. Ces freins peuvent être équipés de levier de déblocage manuel pour réduire le bruit et de microcontacts pour surveiller l'entrefer et l'état d'usure du frein.

« La loi autorise des vitesses plus importantes et impose de relever le niveau de sécurité par les capacités de freinage des attelages agricoles »

Poclairn Hydraulics propose des solutions de freinage par valve, qui « augmente le volume d'huile à l'infini par le biais de la pompe », selon Rémy Mangano : toute la puissance nécessaire à l'arrêt de l'engin est ainsi assurée au moment où elle est demandée. La solution simple circuit des tracteurs, où le frein de parking sert de frein d'urgence, est complétée par un double circuit pour les applications telles que engins miniers, chariots télescopiques, chargeuses... « C'est une solution beaucoup plus

au pied du conducteur de l'engin. Lorsqu'elle est légèrement actionnée, la pompe hydraulique réduit le débit du circuit de transmission, ce qui engendre au préalable un effet « frein moteur ». Lorsque le conducteur appuie plus fort sur la pédale, les freins hydrauliques entrent en action. Le système combine ainsi les atouts de la transmission hydrostatique et la rapidité du frein à friction. Il se branche directement sur le circuit existant, prêt à fonctionner au démarrage du moteur. Le freinage est fin même sur

les gros engins, et répond rapidement. A la technicité s'ajoute ainsi l'impression inénarrable, pour le conducteur, de commander sa machine au quart de poil !

C'est une impression qu'aiment également avoir les personnels travaillant avec ou autour des machines-outils. Surtout dans le cas du levage de charges lourdes. C'est pourquoi les fabricants de freins rivalisent d'ingéniosité pour assurer l'arrêt automatique, rapide et contrôlé des charges en cas de défaillance du système ou de l'énergie.

#### DIX DE CHUTE

Dans cette optique, Foc Transmissions a développé le Motosuiveur. Ce système assure le freinage sur les

équipements de levage dans le cas de la perte du contrôle de la charge. Ainsi, un treuil à chaîne fermée par Motosuiveur s'arrête en 20 à 50mm en cas de rupture mécanique ou électrique.

Constitué d'une partie mécanique roue et vis sans fin irréversible montée sur le tambour, son état naturel est la position de blocage du système. Le mécanisme est associé à un amortisseur afin d'obtenir la meilleure loi de freinage possible et d'ainsi éliminer les surcouples dynamiques. La partie électronique, située au niveau moteur couple / variateur, sert à libérer le système quand l'opérateur lui en donne l'ordre.

L'anti-survitesse et l'anti-dévi-



INTORQ

Les freins à manque de courant de la gamme BFK 461 sont conçus pour une durée d'enclenchement à 100% sous tension. Avec ses sept tailles pour un couple de 4 à 235 Nm, sous les tensions 24, 103, 180 ou 205Vdc, BFK 461 trouve sa place dans les machines à tisser, l'éolien, et les appareils de levage.



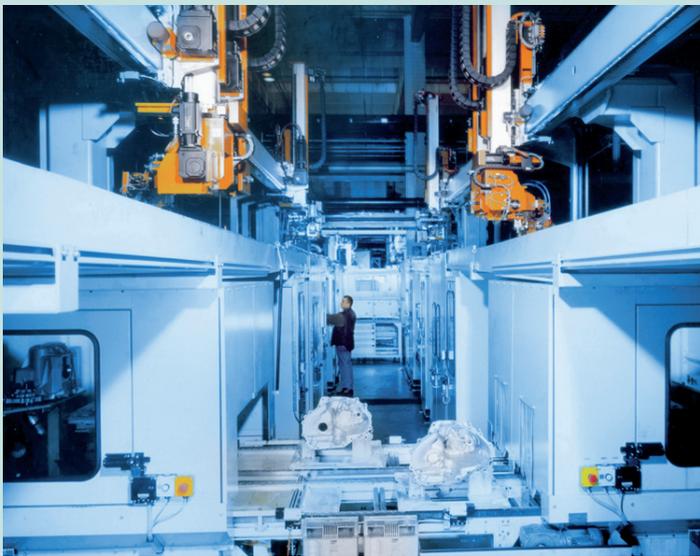
rage sont des fonctions intrinsèques. Il ne possède aucune pièce d'usure et, comme le système fonctionne en action positive, il présente une grande fiabilité mécanique. La preuve : le Motosuiveur a été intégré dans les cahiers des charges d'Areva, d'EDF et de Westinghouse !

### SÉCURITÉ STATIQUE

Autre système, autre application : la tête de blocage Sitema de la série KSP a pour but de sécuriser une charge statique contre toute rupture d'entraînement en l'immobilisant sur une tige de vérin, ou une tige séparée.

Ce dispositif de sécurité peut

### SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE REDONDANTE



Bosch Rexroth

Les axes électriques à charge suspendue constituaient un réel danger : rien ne garantissait l'opérateur contre leur chute, et ce plus particulièrement lorsque les entraînements ne sont plus sous tension, surtout si les freins de maintien sont encrassés ou usés.

Bosch-Rexroth a donc ajouté une fonction de sécurité supplémentaire à son concept Safety On Board : IndraDrive. Ce système assure le maintien redondant des axes verticaux à l'arrêt et ce, même après la mise hors tension du moteur. Il répond à la norme EN 954-1 catégorie 3.

Safety On Board utilise trois canaux indépendants : l'asservissement de l'axe IndraDrive et les deux freins mécaniques. En fonctionnement normal ces deux freins n'interviennent que lors de la coupure en puissance du moteur. Dans les autres cas, ils sont déclenchés et contrôlés séparément dans l'entraînement par deux canaux redondants différenciés.

Le contrôle de cette fonction est réalisé en cascade. Dans un premier temps, l'entraînement immobilise la charge à l'arrêt. IndraDrive s'assure que l'axe en fonction Safety est en « arrêt sûr », c'est à dire que l'axe est à l'arrêt avec son couple nominal, le système surveillant qu'il n'y a aucune dérive. En cas d'échec, les deux freins mécaniques sont déclenchés l'un après l'autre, voire, dans les cas plus critiques, simultanément. Ainsi, l'opérateur peut effectuer sa tâche sans avoir peur que le ciel lui tombe sur la tête !



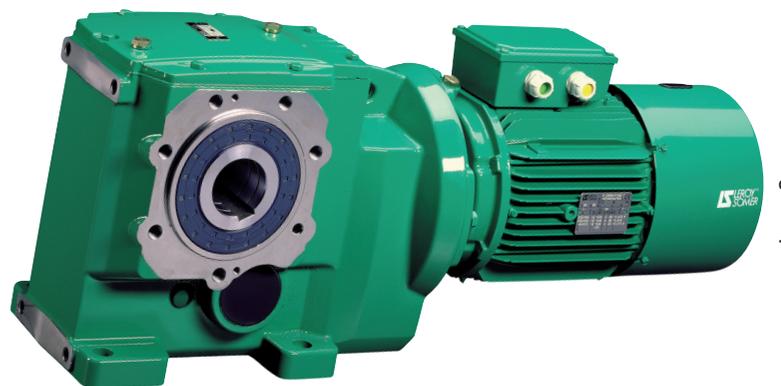
Rockwell Automation

Dans le levage de charges importantes, il est vital de ne pas gaspiller l'énergie de freinage. Un variateur 4 quadrants comme le PowerFlex 700 permet de réinjecter cette énergie dans le réseau. Sécurité et économie d'énergie vont donc de pair !



être utilisé à la fois en qualité de frein de parking sans palier ou comme frein d'urgence pour axes verticaux. Le système auto-bloquant assure des forces de maintien très élevées. L'élimination du serrage est conditionnée à un léger mouvement de remon-

Mais les solutions mécaniques sont dorénavant assistée par de l'électronique, elles aussi. Premièrement, parce que le variateur est dorénavant capable de commander un frein mécanique en arrêt d'urgence. « En commande de système de levage, la pre-



Leroy Somer

Le motoréducteur frein Orthobloc, destiné aux applications de convoyages, doit entraîner en toute sécurité des charges à vitesse précise ou à cadences élevées. Ce motoréducteur frein à couple conique et sortie perpendiculaire présente un rendement supérieur (95%) aux solutions à poulies et courroies (80%).

tée de la charge. Ceci donne un avantage sécuritaire qui ne permet, en règle générale, le desserrage du dispositif que lorsque le système d'entraînement de la charge est fonctionnel.

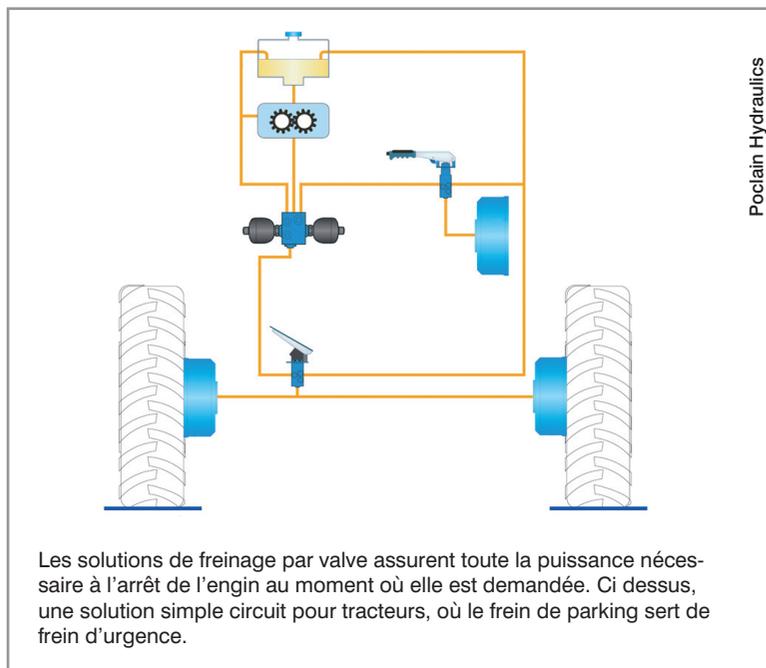
mière exigence est la gestion de sécurité du frein mécanique », commente Fabrice Poulet, spécialiste de la variation de vitesse de Rockwell Automation. Le frein mécanique reste ouvert tant que le

variateur est capable de gérer la charge, fermé dès que le variateur détecte un risque. Un système en boucle fermée avec retour codeur permanent vérifie la cohérence entre l'action à réaliser, la vitesse et la position du moteur. Différentes fonctionnalités sont programmées pour faire face aux différentes possibilités de fonctionnement / dysfonctionnement. L'ensemble du cycle est vérifié en permanence, phase d'arrêt y compris.

### ECONOMIES D'ÉNERGIE

Deuxièmement, un moteur électrique en binôme avec un variateur intelligent peuvent se montrer très performants en gestion de freinage et générer des économies d'énergie en prime ! Tous les variateurs sont bidirectionnels et font indifféremment travailler le système en moteur ou en générateur.

En application levage, la montée de la charge est réalisée en mode moteur, la



« Un moteur électrique en binôme avec un variateur intelligent peuvent se montrer très performants en gestion de freinage et générer des économies d'énergie en prime ! »

descente en mode générateur, c'est à dire qu'on freine tout le long. « La quantité d'énergie qui revient dans le variateur - que l'on peut se contenter de dissiper à l'aide d'une résistance - correspond environ à la moitié du temps de cycle et de la puissance nominale du moteur », évalue Fabrice Poulet. « Pour les charges importantes - le gros levage, les applications dérouleur où l'on travaille en permanence en mode freinage - il est important de ne pas gaspiller cette énergie ». Elle est donc réinjectée dans le réseau grâce à un système « 4 quadrants ».

« Avec la hausse du prix de pétrole, le freinage en récu-



Ce heurtoir mobile permet l'arrêt d'un train de 640 tonnes à 17 Km/h sur une distance de 6 mètres. Le train vient heurter les amortisseurs avant qui peuvent chacun absorber jusqu'à 100 tonnes. La structure métallique est liée aux rails par des patins de frein empilés les uns à la suite des autres, générant ainsi un effort de freinage progressif. L'ensemble se déplace sur le rail jusqu'à l'arrêt du train.

Poclain Hydraulics

ATV

pération d'énergie revient dans l'air du temps », observe aussi Marc Mendowski, OEM Market Manager de Olaer. Le but est de transformer l'énergie cinétique du frein en énergie utile. Avec un circuit hydraulique, le freinage est réalisé en mettant l'huile sous pression, phase qui recharge l'accumulateur utilisé en réserve d'énergie. Il la réinjectera ensuite dans le circuit en le maintenant sous pression.

### REGAIN D'INTÉRÊT

Dans le même ordre d'idée, « les embrayages et freins centrifuges, qui n'ont pas besoin d'apport en énergie pour fonctionner, suscitent un regain d'intérêt depuis quelques temps », remarque Stéphane Bredel, directeur d'exploitation Suco VSE France.

Les embrayages et freins centrifuges, utilisés en machine-outil comme en levage, sont construits selon le même principe. Cette interface entre un élément menant (moteur thermique) et un élément mené (compresseur, porte,

système de concassage, éléments portatifs...) constitue un système « tout ou rien ». Quand la vitesse centrifuge du cœur du système est supérieure à la raideur des ressorts de maintien des masselottes de frottement, celles-ci s'écartent pour bloquer la cloche externe. Si cette dernière est mobile, le système embraye en assurant une protection mécanique de la transmission. Si elle est fixe, le système est stoppé. L'utilisation du point d'équilibre du frein centrifuge permet aussi un ralentissement de chute, notamment dans le cas d'une porte coupe-feu de scène de spectacle ou dans un aéroport.

Fiables, peu encombrants et robustes, les freins centrifuges s'adaptent à beaucoup de cas de figure. Ils peuvent également être combinés à un frein électromagnétique pour réaliser un ralentissement de secours soft des nacelles élévatoires. On en revient, là encore, à une certaine notion de confort : il s'agit ici d'utiliser un outil de travail sans en avoir une peur bleue !



Cet amortisseur à absorption de grosses énergie arrête un train de 480 t à 10 km/h sur les 2 mètres de course de l'amortisseur. Ce dispositif est réutilisable immédiatement sans aucune intervention.



Suco VSE France

Les systèmes centrifuges permettent tant de solutions différentes qu'un avatar Atox a même été réalisé pour sécuriser le système d'approvisionnement des cargos pétroliers en plate-forme pétrolière ! En médaillon, Suco Zero, frein centrifuge nouvelle génération sur le point d'entrer sur le marché français : il permettra, sans apport d'énergie, d'obtenir un couple à vitesse nulle à la valeur de consigne désirée.



« La pénétration du variateur de vitesse sur le marché ne peut que s'accélérer »

### DOUCEUR DU FREINAGE

Et les machines-outils, dans tout ça ? La douceur du freinage, même en cas d'urgence, s'y développe de plus en plus : préservation des éléments électromécaniques et de la production oblige ! Mais pas seulement.

« La pénétration du variateur de vitesse sur le marché ne peut que s'accélérer. Il induit un gain d'énergie par régulation de vitesse de la mécanique, améliore les performances machine grâce à la cadence variable et assure un positionnement plus précis. Le variateur qui pilote le moteur assure le ralentissement jusqu'à l'arrêt puis le frein statique maintien / bloque le système. Au final,

c'est l'électronique qui fait le travail : le servomoteur n'est plus équipé que d'un tout petit frein de parking ! », constate Jean-Raphaël Paillard (Leroy Somer).

D'autant que plusieurs niveaux de freinage électrique existent, ce qui procure un large choix de possibilités. « Même sans équipement de freinage, un variateur de vitesse est capable de freiner une charge en n'alimentant plus le moteur... mais avec seulement 10% de rendement ! Ce n'est pas très efficace, mais dans certains

assuré par les variateurs de fréquence, mais des freins spéciaux, qui seront intégrés dans la machine, restent encore un marché bien vivant. Avec un petit inconvénient : « Les freins ont de moins en moins de réserve : nos clients veulent passer de plus en plus de couple dans un même environnement », déplore Christian Schneider. Reste donc à définir le dimensionnement correct d'un frein, qui dépend à la fois de sa charge, de sa vitesse et de sa fréquence d'utilisation, mais aussi de ses conditions d'uti-

Dernier rempart pour éviter la chute : le système de frein de sécurité. L'ensemble ci-contre est dédié à un pont roulant de transport d'acier liquide - 640 tonnes suspendues ! Ces freins à ressorts à ouverture hydraulique d'une force de 30 tonnes chacun sont installés sur la joue du tambour sur lequel s'enroule le câble. En cas de survitesse de la charge pour cause de rupture mécanique ou de disfonctionnement électrique, les freins se referment et l'arrêtent.

lisation et de maintenance : vérification régulière de l'état des surfaces de freinage, réglage, inspection... « C'est un peu en machine-outil comme sur une voiture : on ne monte pas le même frein sur une F1 que sur une petite voiture de ville. Il y a des précautions de montage à prendre et des règles d'entretien à suivre », compare Jean-Raphaël Paillard.

A Fabrice Poulet de conclure : « Dans tous les cas de figure, il faut faire bien attention à l'analyse de l'applicatif. La sécurité doit primer sur le prix. Plus les charges sont lourdes, plus le risque mécanique et humain est important ! ». Et ça, ça peut vraiment coûter cher ! ■ E.B.



cas, c'est suffisant », souligne Fabrice Poulet (Rockwell Automation). Ensuite, le spécialiste joue sur les possibilités du variateur pour obtenir différents effets : freinage par injection de courant continu, freinage par contrôle vectoriel de flux, pilotage...

### GÉRER L'ARRÊT

« L'objectif consiste à freiner une charge dans un délai donné et cela plusieurs milliers de fois », rappelle Christian Schneider, directeur commercial France de Intorq. Comme l'entraînement est réalisé électriquement, il est plus facile de gérer l'arrêt électriquement aussi.

Le freinage dynamique est donc de plus en plus souvent

### L'ACCUMULATEUR AU SECOURS DU FREIN



« Le freinage hydraulique peut être assuré par l'accumulateur utilisé en frein de secours ou de parking », explique Marc Mendowski, OEM Market Manager de Olaer. L'accumulateur hydropneumatique s'utilise en effet comme système de secours du frein à disque classique par compensation d'énergie.

En fonctionnement normal, la centrale hydraulique génère l'énergie nécessaire aux différentes fonctions de l'appareil, et notamment au freinage. En cas de dysfonctionnement de la centrale, l'accumulateur la remplace en injectant dans le circuit sa pression interne. Il est également utilisé pour maintenir la pression à l'arrêt au parking.

Cette fonction frein de secours de l'accumulateur est notamment utilisée sur les Airbus A320, A330 et A340. Si le générateur hydraulique tombe en panne, l'accumulateur permet de donner plusieurs coups de frein, aidant ainsi au bon déroulement d'un atterrissage rendu périlleux ou assurant la mise au parking de l'avion. En fonctionnement normal, cet accumulateur sert de toutes façons de frein de parking en maintenant la pression sur le frein, par compensation de fuite, pendant plusieurs jours.

Sur un char Leclerc, le système d'accumulateurs frein de secours / parking est un peu plus complexe. Une batterie de trois accumulateurs gonflés à trois pressions différentes sont connectés entre eux en permanence de façon à assurer la linéarité du freinage. Pour plus de confort !



Ci-dessus : Trois accumulateurs gonflés à trois pressions différentes assurent la linéarité du freinage d'un char Leclerc  
En haut : Si le générateur hydraulique de l'avion tombe en panne, l'accumulateur assure plusieurs coups de frein pour rattraper la situation.