

## Sécurité des machines

# PRESSES À SERVOMOTEUR: LA SÉCURITÉ EN QUESTION

L'arrivée sur le marché d'un nouveau type de presses, dites à servomoteur, pose des questions en matière de risques professionnels. Parce que leur fonctionnement diffère de celui des technologies conventionnelles, des investigations sont à mener pour analyser les fonctions de sécurité disponibles et leur efficacité en cas de défaillances des systèmes de régulation électronique.

*SERVO-MOTOR PRESSES: A QUESTION OF SAFETY - The arrival on the market of a new type of press, the "servo-motor press", raises questions as regards occupational risks. Since they operate differently from presses using conventional technologies, investigations need to be conducted to analyse the available safety functions and their effectiveness in the event that the electronic regulator systems fail.*

JAMES  
BAUDOIN,  
JEAN-PAUL  
BELLO  
INRS,  
département  
Ingénierie des  
équipements  
de travail

L'évolution technologique des systèmes d'entraînement pour moteurs électriques a favorisé l'apparition sur le marché d'une nouvelle génération de presses: les presses à servomoteur ou servopresses (Cf. Encadré). Offrant une plus grande souplesse d'utilisation et apportant des avantages économiques et environnementaux, ces équipements sont appelés à se développer. Une telle innovation pose néanmoins des questions en matière de risques professionnels. Quelle est l'influence de cette nouvelle technologie sur les mesures de sécurité? Ces mesures sont-elles efficaces? Quelles sont les réflexions à mener en vue de limiter les risques? Quelles sont les préconisations à mettre en œuvre? Cet article propose un éclairage sur ces questions.

Les problèmes de sécurité se posent depuis longtemps pour les presses conventionnelles. Très utilisées en métallurgie pour le découpage et l'emboutissage de tôles de carrosserie automobile notamment, elles ont généré dans le passé de nombreux accidents graves du travail en étant à l'origine d'amputations et d'écrasements des membres supérieurs. Elles sont donc considérées comme faisant partie des machines les plus dangereuses.

Pour autant, leurs dangers sont désormais clairement identifiés. D'où la mise en place de mesures de prévention adaptées, utilisées lors de la conception des presses ou leur mise à niveau, qu'elles soient neuves ou en service. Des règles de sécurité ont également été formalisées au travers de normes ou de publications techniques et sont maintenant bien maîtrisées par les concepteurs et les rénovateurs.

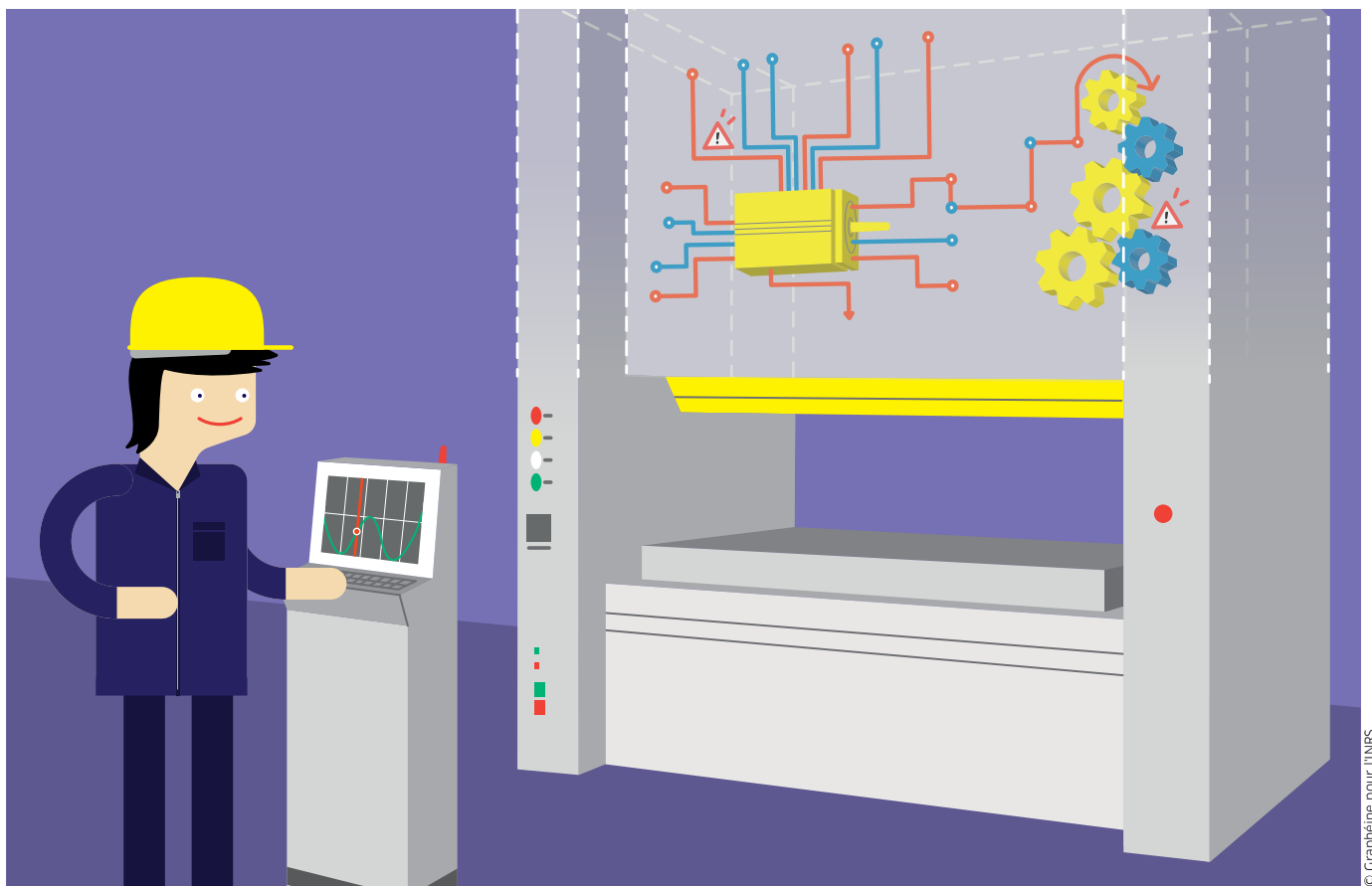
Aujourd'hui, ces mêmes référentiels sont utilisés pour concevoir et construire les presses à servomoteur qui fonctionnent pourtant différemment. Le passage d'une technologie à l'autre est comparable au passage du moteur à combustion au moteur électrique. Comme ce dernier, les servopresses ne nécessitent plus d'embrayage mécanique. La mise en mouvement ainsi que la régulation de ces mouvements (position, vitesse, sens de déplacement...) dépendent désormais uniquement du système d'entraînement électrique qui les équipe, à savoir le tandem servomoteur-variateur.

La cinématique des éléments mobiles de travail de ces presses peut, quant à elle, être dérivée de celle des presses mécaniques ou des presses hydrauliques, ou bien utiliser une technique innovante pour cette catégorie de machines, telle que la mise en œuvre de systèmes à vis.

### Des spécificités en termes de sécurité

Du point de vue de la prévention, les travaux actuels s'intéressent surtout aux éléments spécifiques des presses à servomoteur qui participent aux fonctions de sécurité (Cf. Figures 1 et 2), telles que le maintien et la mise à l'arrêt des éléments mobiles de travail (coulisseau, outils) ou la gestion sûre du mouvement de ces éléments. La sécurité des opérateurs doit évidemment rester assurée lors des modes de fonctionnement en conditions normales, mais aussi en cas de défaillance du système de commande, comme cela est requis dans la directive Machines [1].

Pour assurer la sécurité des machines, les constructeurs s'appuient notamment sur les variateurs élec-



© Graphisme pour l'INRS

troniques (systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable). Certains sont conçus pour pouvoir assurer des fonctions d'arrêt « sûr » par neutralisation immédiate du couple d'entraînement (STO<sup>1</sup>) du servomoteur. Dans ce cas, l'alimentation du servomoteur est coupée. Cette fonction de sécurité, définie dans la norme NF EN 60204-1 [2], peut revendiquer un niveau de sécurité élevé. D'autres types de variateurs assurent des contrôles « sûrs » de paramètres de régulation (vitesse, rampe, position...). Ils enclenchent une fonction de repli qui se traduit dans le cas présent par un arrêt « sûr » lorsque la régulation ne peut pas être maintenue à l'intérieur des limites définies. Cette fonction de repli est notamment activée en cas d'absence d'énergie ou de défaillance interne du système de régulation. La norme NF EN 61800-5-2 [3] fournit des préconisations pour la conception de tels systèmes d'entraînement.

Il arrive cependant, suite à une défaillance interne par exemple, que le système de régulation réagisse temporairement de manière aléatoire, voire potentiellement dangereuse, en augmentant la vitesse en phase de décélération ou en inversant le sens de rotation. Prenons l'exemple de la mise en œuvre d'une fonction d'arrêt contrôlée conformément à la catégorie d'arrêt 1 de la NF EN 60204-1 (SS1<sup>2</sup>) (Cf. Figure 3). Dans ce cas, la fonction de sécurité consiste à contrôler la décélération du moteur puis,

lorsque la vitesse est nulle, à garantir une absence de couple (STO).

Le contrôle de cette décélération peut être mis en œuvre de différentes manières : en surveillant la durée de décélération (temporisation) ou en surveillant la rampe de décélération. Or, en cas de défaillance du système de régulation électronique, ce paramétrage a une influence directe sur le comportement de l'élément mobile et notamment sur son temps d'arrêt.

Ce cas de figure montre combien il est important de considérer les choix de conception lorsque l'on étudie les fonctions de sécurité proposées et utilisées. Et ce, afin d'identifier les situations potentiellement dangereuses et d'élaborer des préconisations minimales à respecter pour assurer la sécurité des opérateurs.

Un autre élément de sécurité tient à la multiplicité des systèmes d'entraînement. Certains éléments mobiles sont mus par plusieurs systèmes d'entraînement (servomoteur variateur) dans le but de répartir les efforts ou de guider le coulisseau. C'est le cas des presses ou des presses plieuses, à vis et à servomoteur.

Pour les presses mécaniques, plusieurs systèmes d'entraînement peuvent être accouplés sur une même transmission lorsque des forces importantes sont nécessaires. Cette technique évite l'utilisation d'un moteur unique dont la puissance et l'encom-



ENCADRÉ

LES PRINCIPAUX TYPES DE PRESSES A SERVOMOTEURS OU SERVOPRESSES

• **Les presses mécaniques à servomoteur(s).** Elles utilisent la même cinématique de transformation d'un mouvement de rotation en mouvement linéaire que les presses mécaniques classiques (vilebrequin/bielle(s)). Le système de transmission par volant d'inertie et embrayage-frein est remplacé par une liaison permanente du servomoteur au système d'embielage *via* un système de réduction de vitesse (engrenage...). Le servomoteur qui fournit l'énergie motrice, ne tourne plus en permanence, mais

uniquement lorsqu'un mouvement est commandé. Plusieurs servomoteurs peuvent être accouplés sur un même vilebrequin.

• **Les presses ou presses plieuses à vis.** Elles utilisent la même cinématique que les presses ou presses plieuses hydrauliques classiques. Les vérins hydrauliques sont remplacés par des vérins électriques actionnés, soit directement, soit via une transmission (engrenage, courroie), par des servomoteurs (un par vérin). Le servomoteur qui fournit l'énergie motrice ne tourne plus en permanence, mais uniquement

lorsqu'un mouvement est commandé.

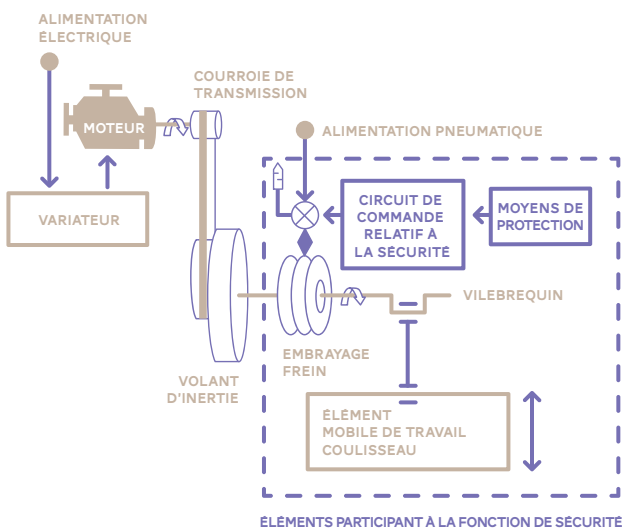
• **Les presses ou presses plieuses hydrauliques à servomoteur(s).** Comme celles d'ancienne génération, le coulisseau est mû par des vérins hydrauliques. La nouveauté réside dans la régulation des mouvements qui n'est plus obtenue par des distributeurs proportionnels, mais directement par une ou plusieurs pompes, unidirectionnelles ou bidirectionnelles, à débit variables, pilotée(s) directement par un (des) servomoteur(s).

brement seraient très importants. Mais plusieurs questions se posent concernant la régulation de cet ensemble dans les différentes phases de fonctionnement d'une servopresse. Il s'agit notamment de déterminer l'influence d'une défaillance unitaire d'un des systèmes d'entraînement sur la sécurité des opérateurs.

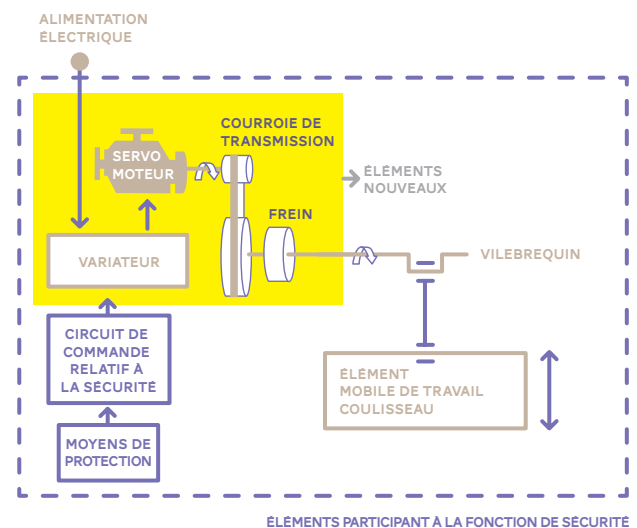
Par exemple, cette défaillance est-elle ou peut-elle être compensée par les autres systèmes? Si oui, cela éviterait une absence de couple sur l'ensemble des moteurs et dispenserait de la mise en place d'un système d'arrêt additionnel. Une telle défaillance est-elle ou peut-elle être détectée? Des préconisations ou des dérogations spécifiques peuvent-elles être appliquées à ces cas de figure et sous quelles conditions?

L'influence de la récupération d'énergie est également déterminante du point de vue du risque professionnel. Certains systèmes d'entraînement sont en effet équipés d'un récupérateur afin d'accumuler l'énergie produite lors des phases de décélération pour la restituer lors d'un besoin important de couple. Ces systèmes sont gérés directement par le ou les variateurs. Comment ces systèmes sont-ils intégrés et pris en compte? Quelle est leur influence sur la sécurité du système d'entraînement? Peuvent-ils être utilisés pour compenser temporairement une absence d'énergie?

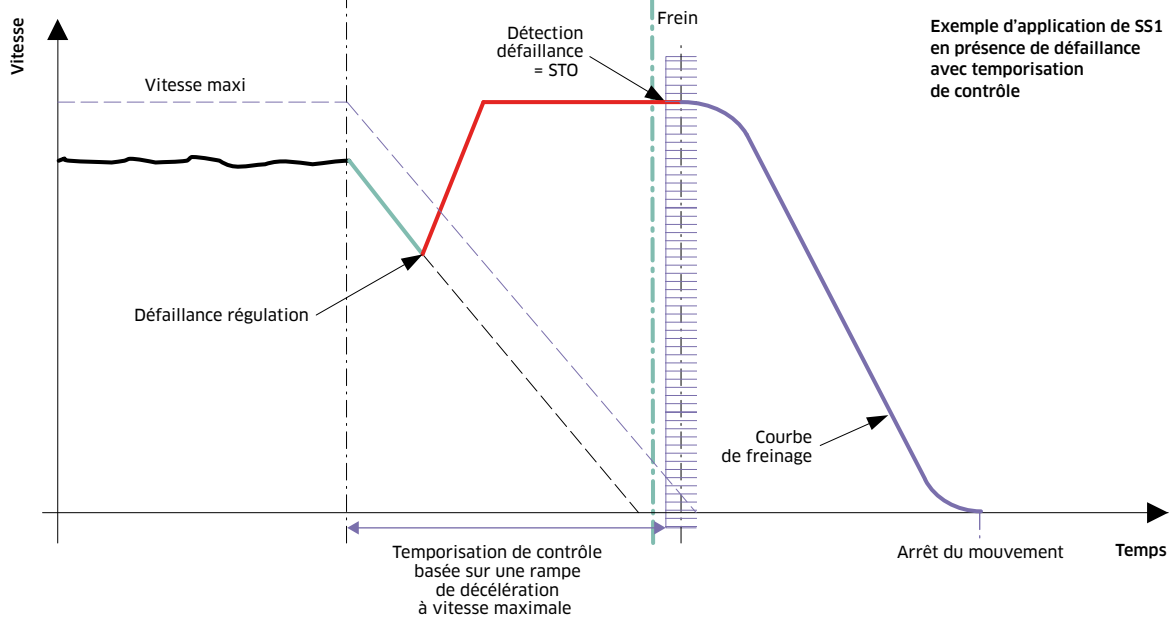
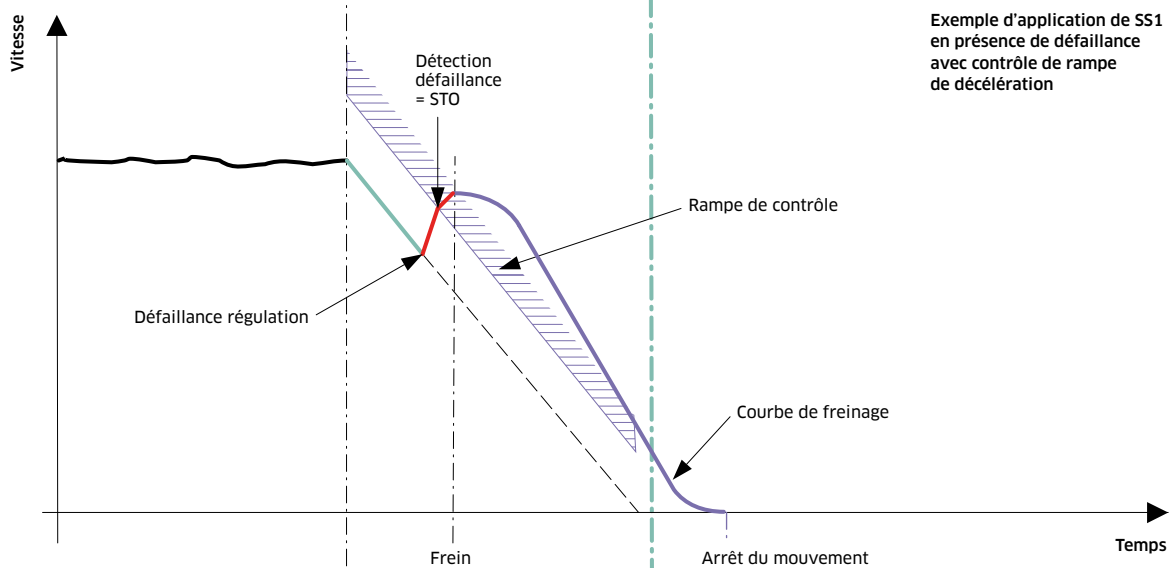
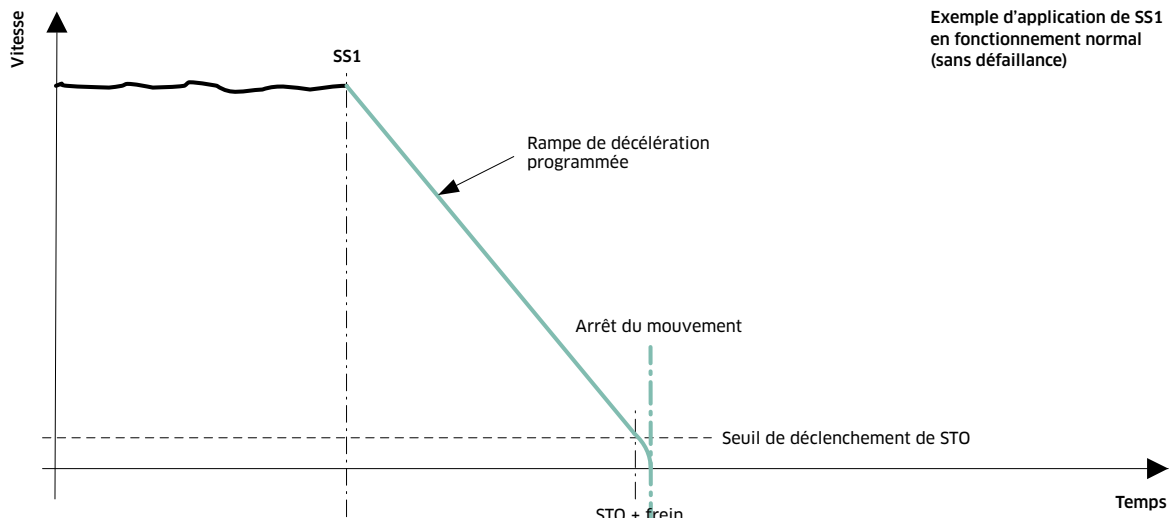
Les différents mécanismes de transmission entre le(s) servomoteur(s) et le coulisseau sont aussi à prendre en considération. Les servomoteurs sont intégrés dans la cinématique des presses de sorte



↑ FIGURE 1 Schéma de principe de la cinématique et du système d'entraînement d'une presse mécanique « classique »



↑ FIGURE 2 Schéma de principe de la cinématique et du système d'entraînement d'une presse mécanique à servomoteur



← FIGURE 3 Exemples de diagrammes de fonctionnement de la fonction de sécurité SS1 →

que leur mouvement est en rapport direct avec celui de l'élément mobile de travail qu'ils entraînent. Ceci peut être réalisé au moyen de mécanismes semblables à ceux des presses mécaniques traditionnelles, en entraînant directement un embielage par exemple. Dans ce cas, les techniques de transmission à mettre en œuvre sont connues et bien maîtrisées par les fabricants.

Cependant, les contraintes techniques d'encombrement, d'implantation, de démultiplication des efforts à fournir pour atteindre des puissances de machines élevées, de la taille et du nombre de servomoteurs, ont poussé les fabricants à utiliser des solutions qui ne sont pas innovantes en elles-mêmes, mais qui n'étaient jusque-là pas utilisées sur des presses conventionnelles pour assurer la sécurité. C'est ainsi que des systèmes de transmission par courroies ont été mis en œuvre. Quels sont les risques inhérents aux défaillances (bris, glissement...) de ces éléments? Quelles sont les conséquences vis-à-vis

Les mouvements du coulisseau doivent également pouvoir être arrêtés de manière sûre, lorsque les moyens de protection, tels qu'une barrière immatérielle, sont sollicités. Pour les presses à servomoteur, c'est le système de commande qui va gérer les phases de ralentissement, puis d'annulation du couple d'entraînement *via* le variateur, puis le maintien à l'arrêt. On constate donc qu'en fonction de la configuration des éléments mobiles, du type d'arrêt mis en œuvre et des défaillances possibles (y compris l'absence d'alimentation), des moyens supplémentaires de retenue mécaniques du coulisseau en position d'arrêt peuvent être nécessaires.

### Temps d'arrêt global

Un dernier élément à considérer concerne la détermination du temps d'arrêt global des éléments mobiles et son influence sur le choix et la mise en œuvre des moyens de protection. Lorsque le paramétrage des différentes fonctions de sécurité mises en œuvre est maîtrisé, de même que leur réaction en cas de défaillance, il est nécessaire de pouvoir déterminer, dans les conditions les plus défavorables, le temps d'arrêt global des éléments mobiles lors de la sollicitation de ces fonctions.

Ce temps devra prendre en compte tous les paramètres définis précédemment tels que: les temps de la mise en œuvre des fonctions d'arrêt, les temps de détection et de réaction aux anomalies/défaillances et, le cas échéant, les temps de freinage complémentaire. Ces temps peuvent avoir une influence directe sur le positionnement d'un dispositif de sécurité (barrière immatérielle par exemple) et sur le choix du moyen de protection mis en œuvre (protecteur mobile avec ou sans dispositif d'interverrouillage par exemple).

Il conviendra donc de déterminer l'influence des choix de conception ou de paramétrage sur le temps d'arrêt afin d'orienter le concepteur sur les choix de fonctions de sécurité en fonction des moyens de protection prévus et/ou les paramètres à choisir pour optimiser le temps d'arrêt global.

Les différents cas qui ont été abordés ci-dessus montrent que des investigations sont encore nécessaires pour pouvoir définir et formaliser précisément les mesures de sécurité à adopter lors de la conception d'une presse à servomoteur. C'est dans ce but que l'INRS a engagé l'étude « Sécurité des presses à servomoteurs » qui doit se terminer en 2014. Le projet de norme ISO 16092 [4] est actuellement en cours d'élaboration pour ce type de machine. L'INRS participe déjà activement à ces travaux et apporte toute son expertise pour que cette norme procure un haut niveau de sécurité aux opérateurs. ●

1. STO : Safe Torque Off (arrêt immédiat de catégorie d'arrêt 0)
2. SS1 : Safe Stop 1 (arrêt contrôlé de catégorie d'arrêt 1)
3. SS2 : Safe Stop 2 (arrêt contrôlé de catégorie d'arrêt 2)
4. SOS : Safe Operating Stop (maintien en position d'arrêt)

---

## BIBLIOGRAPHIE

[1] DIRECTIVE 2006/42/CE du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte). *Journal Officiel de l'Union Européenne* n° L157 du 09 juin 2006, 63p.

[2] NORME NF EN 60204-1 - Sécurité des machines - Equipement électrique des machines - Partie 1 : Règles générales. Paris, AFNOR, Septembre 2006, 128 p.

[3] NF EN 61800-5-2 - Entraînements électriques de puissance à vitesse variable - Partie 5-2 : exigences de sécurité - Fonctionnalité. Paris, AFNOR, Juillet 2006, 66 p.

[4] ISO/CD 16092 - Machines-outils - Sécurité des presses

---

des fonctions de sécurité auxquelles ils participent? Des vis à rouleaux, mécanismes à haut rendement, sont ainsi utilisées par certains fabricants pour entraîner le coulisseau des presses à vis. Contrairement à des systèmes vis/écrou classiques, la réversibilité de mouvement est systématique. Les fabricants de ce type de presses prennent-ils suffisamment en compte ces caractéristiques spécifiques? Et si des risques peuvent en découler, quels moyens mettent-ils en œuvre pour les supprimer? Il existe également des moyens supplémentaires de maintien à l'arrêt ou d'obtention d'arrêts « sûrs » des éléments mobiles. Dans le cas des presses à mouvement vertical, le principal élément mobile de travail (coulisseau) est soumis à une charge entraînante (liée à la gravité) qu'il faut maintenir à l'arrêt lors des interventions des opérateurs sous le coulisseau. Or, les fonctions de commande d'arrêt, qui aboutissent à une commande d'absence de couple, ne peuvent pas assurer à elles seules ce maintien. Même chose pour les fonctions d'arrêt ou de maintien à l'arrêt contrôlé (SS1<sup>2</sup>, SS2<sup>3</sup>, SOS<sup>4</sup>) lorsque l'énergie électrique est absente.