

p.1

*Les accidents
du travail.*

La sécurité des machines

p.2

*Responsabilités
civiles et pénales.
La réglementation
européenne sur les
machines.*

*Ce guide technique a pour objet
de rappeler les différentes réglementations
qui régissent la sécurité des machines,
et de proposer une démarche pour atteindre
l'objectif de sécurité.*

p.5

*Les normes
européennes
harmonisées.
Démarche générale
pour atteindre la
sécurité.*

p.8

*Les modules
logiques de sécurité.*

Les accidents du travail : une réalité à effacer

p.13

*Offre de sécurité
Schneider Electric.*

■ L'amélioration de la sécurité, avec pour conséquence la réduction des accidents du travail, constitue pour des raisons à la fois éthiques, économiques et juridiques une préoccupation majeure des législateurs et des industriels.

p.15

*Le logiciel
Loginorme.*

■ L'entrée en vigueur des directives européennes et des normes européennes harmonisées, qui en sont issues, prouvent qu'un pas important a été franchi. Pour sa part, la volonté stratégique et politique des entreprises se poursuit et s'amplifie.

p.19

*Exemple
d'application.*

La réduction des accidents du travail dépend de la sécurité des machines et des installations. Elle procède également des hommes, de leur implication, de leur formation professionnelle et de leurs conditions de travail.

Merlín Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Responsabilités civiles et pénales

Employeurs et salariés sont étroitement liés et mutuellement dépendants en regard de la sécurité au sein de l'entreprise. Le Code du travail définit les mesures de contrôle et de sanction en cas de manquement à la réglementation d'hygiène et de sécurité ainsi que d'homicides ou de coups et blessures involontaires (article L.263). Le Code pénal détermine les sanctions en cas d'infraction et la responsabilité des personnes morales (articles 121-2, 221 et 222).

La réglementation européenne sur les machines

Les directives européennes concernant les machines ont pour objet de :

- promouvoir l'harmonisation et l'amélioration du milieu du travail pour protéger la santé et la sécurité des travailleurs,
- permettre la libre circulation des produits à l'intérieur de l'Union Européenne avec un niveau élevé de sécurité et de santé.

La réglementation européenne repose sur deux directives :

- l'une, dénommée "**directive sociale**" s'applique aux utilisateurs et concerne les machines en service ou d'occasion,
- l'autre, dénommée "**directive machines**" s'applique à la mise sur le marché de machines neuves et concerne les constructeurs de machines.

La directive sociale

La directive sociale 89/655/CEE a pour objet d'assurer la sécurité des travailleurs lors de l'utilisation des machines en service.

Elle vise la prescription d'objectifs minimaux de protection en milieu de travail.

Cette directive a été transposée en droit français par la loi 91-1414 du 31 décembre 1991, et l'article L.233-5-1 du Code du travail et ses décrets d'application 93-40 et 93-41 :

- le décret 93-40 concerne les prescriptions techniques applicables aux machines en service ou cédées d'occasion,
- le décret 93-41 précise les mesures d'organisation et les conditions de mise en œuvre et d'utilisation des équipements de travail et des moyens de protection. Ce décret précise également l'obligation de former les opérateurs au poste de travail, de fournir toute consigne ou information nécessaire et l'interdiction de procéder à des opérations dangereuses. Ce décret ne concerne pas les établissements scolaires puisque les élèves ne sont pas des professionnels.

Prescriptions techniques et dates d'application

Le décret 93-40 en son article 1 introduit les prescriptions techniques applicables pour l'utilisation des équipements de travail, prescriptions définies dans les articles R.233-15 à R.233-30 du Code du travail :

- R.233-15 Eléments mobiles de transmission
- R.233-16 Eléments mobiles de travail
- R.233-17 Protecteurs, dispositifs de protection
- R.233-18 Action volontaire de mise en marche
- R.233-19 Organes de service
- R.233-20 Signalisation
- R.233-21 Eclatement, rupture
- R.233-22 Projection, chute de pièce
- R.233-23 Eclairage
- R.233-24 Risque de brûlure
- R.233-25 Risque électrique
- R.233-26 Arrêt général

R.233-27 Arrêt au poste de travail
 R.233-28 Arrêt d'urgence
 R.233-29 Séparation des énergies
 R.233-30 Risque d'incendie/explosion

Pour aider les chefs d'entreprises à mesurer l'ampleur de la mise en conformité des machines en service, la réglementation a aménagé une étape intermédiaire : la réalisation d'un plan de mise en conformité.

Ce plan doit comporter :

- l'état de conformité de la machine au regard de chacun des articles R.233-15 à R.233-30,
- le détail des travaux prévus pour la mise en conformité,
- la date prévisible pour l'exécution de ces travaux,
- leur coût estimatif.

Ce plan doit être transmis à l'inspecteur du travail après consultation du CHSCT (Comité d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail) ou, à défaut, des délégués du personnel.

Les prescriptions s'appliquent :

- à toutes les machines en service dans l'entreprise au 1^{er} janvier 1993, et qui seront maintenues en service après le 1^{er} janvier 1997,
- aux machines d'occasion mises sur le marché depuis le 15 janvier 1993.

L'article 7 du décret 93-40 introduit l'obligation de mise en conformité des équipements de travail au plus tard le 1^{er} janvier 1997, après avoir établi et déposé un plan de mise en conformité avant le 30 juin 1995.

Cependant, certains secteurs professionnels ont conclu des conventions et accords avec le ministère du Travail qui a admis un allongement de la période de mise en conformité afin d'étaler le coût financier.

Remarque importante

Il n'est pas dans l'esprit du décret 93-40 d'exiger que toutes les machines en service atteignent un niveau de sécurité identique à celui de machines neuves sur lesquelles la sécurité a été intégrée dès l'origine. Cela reviendrait à nier le principe

fondamental d'intégration de la sécurité à la conception qui est unanimement reconnu.

Il s'agit en fait, pour l'essentiel, de mettre en place des moyens de protection rapportés et d'effectuer des modifications limitées du système de commande de manière à réduire, voire supprimer, les principaux risques. Dans cette approche, les moyens à mettre en œuvre seront concentrés sur les risques les plus importants et des choix devront être faits compte tenu notamment :

- des possibilités techniques,
- des contraintes d'exploitation engendrées par la mise en place des dispositifs de protection,
- du coût de la mise en conformité rapporté aux résultats attendus en matière de réduction du risque.

La directive machines

La directive machines 89/392/CEE modifiée par les directives 91/368/CEE, 93/44/CEE, 93/68/CEE (ou 98/37/CE qui regroupe l'ensemble) est destinée à garantir la libre circulation des machines et des composants de sécurité dans les pays de l'Union Européenne avec un niveau élevé de sécurité et de santé.

La transposition en droit français a été réalisée via la loi 91-1414 du 31 décembre 1991 qui a modifié le livre II du Code du travail, suivie des décrets d'application 92-765, 92-766, 92-767.

L'article L.233-5 du Code du travail indique qu'il est interdit d'exposer, de mettre en vente, de vendre, d'importer, de céder à quel que titre que ce soit, de mettre à disposition, de louer des machines qui ne seraient pas conformes à certaines règles.

Les décrets du 29 juillet 1992 définissent les règles et procédures :

- 92-765 : champ d'application des nouvelles dispositions,
- 92-766 : procédures de certification,
- 92-767 : règles techniques, procédures.

Exigences techniques

- Les exigences techniques fixées par la directive s'expriment au travers des règles techniques à respecter dès la conception et lors de la fabrication de la machine.
- Elles visent à garantir la sécurité et la santé des personnes exposées lors de la mise en place, l'utilisation, le réglage et la maintenance de la machine.
- Elles sont formulées en terme d'objectifs à atteindre et sont réparties en deux catégories :
 - des règles techniques communes à toutes les machines (commandes et circuits de commande d'arrêt, risques mécaniques...),
 - des règles techniques complémentaires applicables aux machines présentant des risques spécifiques ou liés à des contraintes d'exploitation (hygiène alimentaire...).

Chaque fabricant a l'obligation d'effectuer une analyse des risques engendrés par la machine en projet. Il doit ensuite concevoir et construire la machine en prenant en compte cette analyse.

Un dossier technique est à réaliser par le fabricant. Ce dossier doit être tenu à la disposition des autorités nationales compétentes et n'a pas à circuler avec la machine.

Certification – date d'application

Quelle que soit la machine, la certification se traduit par :

- l'apposition du marquage CE de conformité sur la machine,
- la remise à l'acheteur d'une déclaration CE de conformité.

La certification valable pour l'ensemble du marché de l'Union Européenne est réalisée selon les cas :

- à l'initiative du fabricant : autocertification CE,
- ou après intervention d'un organisme notifié : examen CE de type.

Les machines qui relèvent de l'un ou l'autre cas sont déterminées réglementairement.

Cette directive est seule applicable depuis le 1^{er} janvier 1995 pour les machines et le 1^{er} janvier 1997 pour les composants de sécurité mis séparément sur le marché.

Application aux établissements d'enseignement technique

Les ateliers et laboratoires des établissements dispensant un enseignement technique ou professionnel sont soumis à plusieurs réglementations dont la loi 91-1 du 3 janvier 1991 art. 30, qui rend obligatoire l'application du Livre II du Titre III du Code du travail.

Concernant les équipements de travail, terme générique qui s'applique à l'ensemble des machines et autres appareils, plusieurs risques sont pris en considération :

- **le risque électrique**, avec le décret 88-1056 du 14/11/1998, succédant au décret 62-1454. En pratique, les bornes des appareils de mesurage, les fiches et les cordons de mesures, etc., devront être conformes à l'article 20 de ce décret (impossibilité de permutations des fiches et connecteurs, choisis en fonction des tensions). Pour une utilisation sur des tensions supérieures à 25 volts en courant alternatif, ou 60 volts en courant continu, une connectique IP 2x ou IP xxB, et le cas échéant la mise à la terre de l'enveloppe du matériel, met en conformité avec le décret la quasi totalité des appareils existants;

- **les risques mécaniques** (sont exclus les appareils mus à la main, les appareils de levage fixes ou mobiles), avec l'ensemble des textes, à savoir :

- les machines ou équipements d'avant les décrets du 15 juillet 1980, qui devront être mis en conformité au décret 93-40 du 11 janvier 1993, avant le 1^{er} janvier 1997. *Cette réglementation s'applique aux utilisateurs;*
- les machines ou équipements soumis aux décrets du 15 juillet 1980 valables jusqu'au 1^{er} janvier 1995 (période de chevauchement du 1^{er} janvier 1993 au 1^{er} janvier 1995), qui, si ils sont conformes ne seront pas modifiés étant réputés conformes au décret 93-40. *Cette réglementation s'appliquait aux constructeurs, les utilisateurs sont responsables de la vérification et du maintien de cette conformité;*
- les machines ou équipements soumis à la directive 89/392/CEE du 14 juin 1989 modifiée, introduite par les décrets 92-765, 92-766 et 92-767 du 29 juillet 1992 applicable au 1^{er} janvier 1993 dans la CEE.

La plus grande partie de ces machines est auto-certifiée par le constructeur lui même qui délivre une "déclaration de conformité".

Il appartient à l'utilisateur de vérifier ou de faire procéder à la vérification et de maintenir cette conformité.

Les autres machines, généralement les plus dangereuses, sont soumises à examen CE de type par un organisme habilité qui délivre une "déclaration de conformité CE de type". *Il appartient à l'utilisateur de maintenir cette conformité.*

Rappel :

Les normes s'appliquent aux constructeurs.

Le Code du travail s'applique à l'utilisateur.

Les normes européennes harmonisées

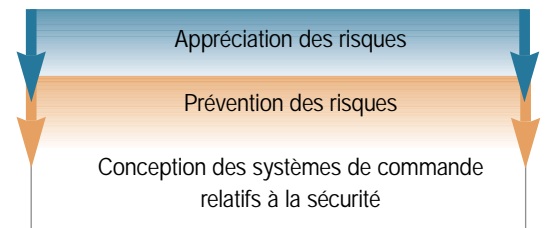
La normalisation est le complément de la réglementation pour aider les concepteurs et les fabricants de machines.

Les normes européennes harmonisées transposent en termes techniques les prescriptions correspondant aux exigences essentielles de sécurité définies par une ou plusieurs directives "nouvelle approche" (machines, basse tension, compatibilité électromagnétique). Elles ne sont pas d'application obligatoire ; seules les règles techniques des directives le sont. Le respect d'une norme européenne harmonisée donne présomption de conformité à la directive correspondante.

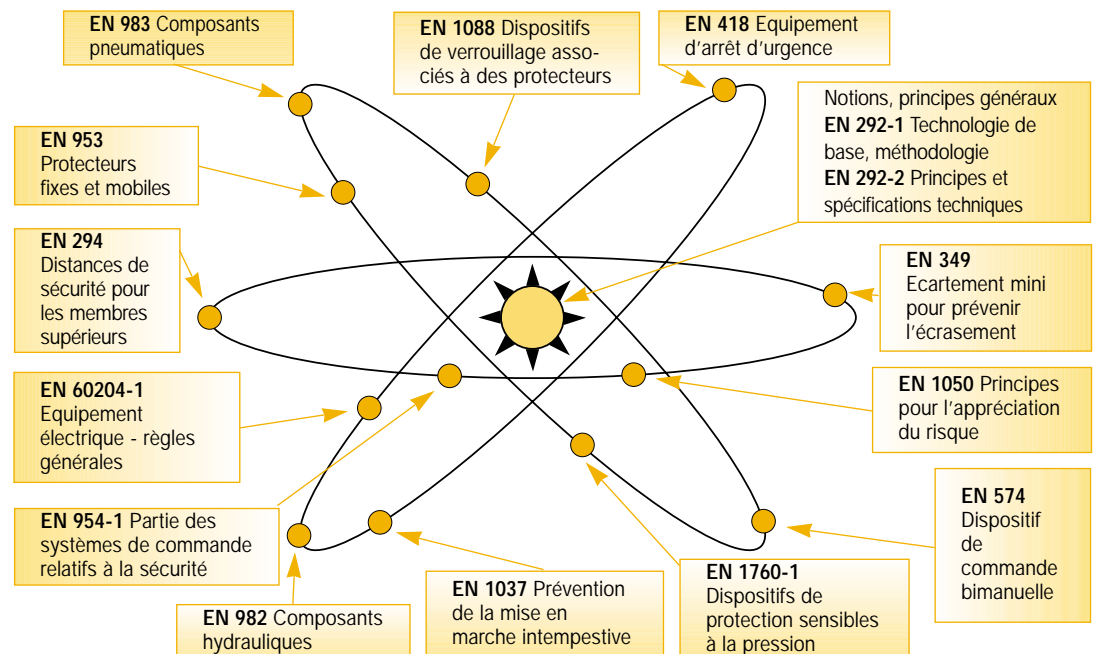
Démarche générale pour atteindre la sécurité

La mise en œuvre des moyens de sécurité garantissant le respect des exigences essentielles des directives passe par une analyse des risques.

Les étapes vers la sécurité sont les suivantes :



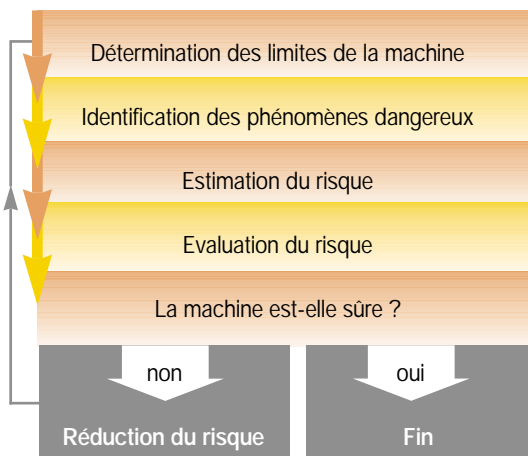
Directive machines/normes harmonisées



Appréciation du risque selon la norme EN 1050

La norme EN 1050 vise 3 objectifs :

- réduire ou éliminer le risque,
- choisir le niveau adéquat de sécurité,
- assurer la protection des personnes.



“L’appréciation du risque consiste en une série d’étapes logiques qui permet d’examiner, de façon systématique, les phénomènes dangereux associés à la machine”.

Détermination des limites de la machine

- pendant toutes les phases de sa vie (installation, utilisation, démontage),
- dans des conditions normales d’utilisation et de fonctionnement,
- dans des conditions abusives d’exploitation ou d’un dysfonctionnement,
- en tenant compte du niveau de formation et d’expérience des intervenants.

Identification des phénomènes dangereux

- mécaniques : écrasement, choc, etc.,
- électriques,
- physico-chimiques : projection de substances dangereuses, brûlures.

Estimation du risque

Analyse pour chaque situation dangereuse de :

- la gravité de la lésion ou du dommage (facteur S),
- la fréquence et la durée d’exposition dans la zone (facteur F),
- la possibilité d’éviter ou de limiter le phénomène dangereux (facteur P).

Evaluation du risque

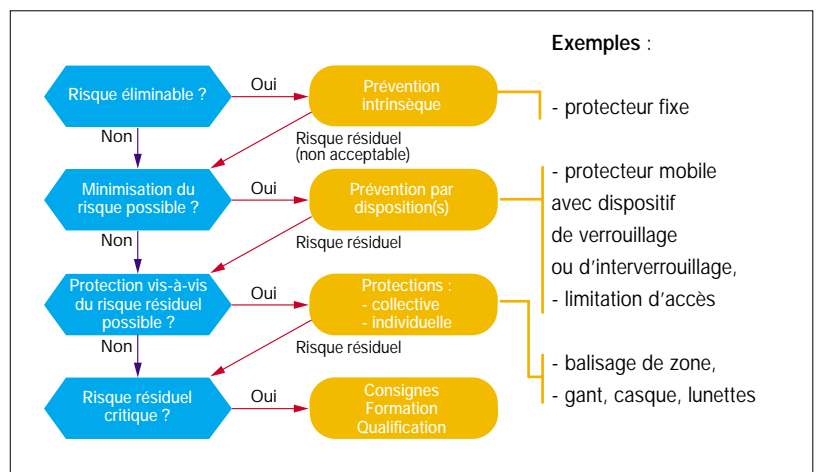
- comparaison par rapport à la réduction attendue du risque,
- vérification du niveau de sécurité atteint.

Prévention des risques selon la norme EN 292-1

Consiste à éliminer ou diminuer le risque :

- éliminer le risque quand cela est possible (objectif : “0” accident et “0” panne). Seule la prévention intrinsèque permet d’éliminer totalement le risque,
- diminuer le risque, avec comme objectif de le rendre acceptable quand il n’est pas possible de l’éliminer par des protections individuelles, collectives ou des mesures de sécurité.

Démarche générale de prévention des risques selon EN 292-1



Les catégories des systèmes de commande

L'objectif du concepteur est de garantir que les défauts des parties d'un système de commande relatives à la sécurité ou des perturbations extérieures ne peuvent pas conduire à une situation dangereuse sur la machine.
 La norme EN 954-1 définit cinq catégories d'un niveau croissant de performances suivant le tableau ci-dessous.

Catégories des parties de systèmes de commande – Exigences relatives

Catégories	Base principale de la sécurité	Exigence du système de commande	Comportement en cas de défaut	Structure typique d'un circuit de sécurité en cas de défaut	Commentaires
B	Par la sélection des composants conformes aux normes pertinentes	Contrôle correspondant aux règles de l'art en la matière	Perte possible de la fonction de sécurité		Perte possible de la fonction de sécurité
1	Par la sélection de composants conformes aux normes pertinentes	Utilisation de constituants et de principes éprouvés	Perte possible de la fonction de sécurité. Probabilité plus faible qu'en B	<p>* Unité de traitement</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de redondance sur E • Pas de redondance interne assurée par un relais à contacts liés mécaniquement • Pas de redondance sur S
2	Par la structure des circuits de sécurité	Test par cycle. La périodicité du test doit être adaptée à la machine et à son application	Défaut détecté à chaque test		<ul style="list-style-type: none"> • Redondance ou pas sur les entrées • La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur la sortie
3	Par la structure des circuits de sécurité	Un défaut unique ne doit pas conduire à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté si cela est raisonnablement faisable	Fonction de sécurité garantie, sauf en cas d'accumulation de défauts		<ul style="list-style-type: none"> • Redondance sur les E • Redondance sur les S
4	Par la structure des circuits de sécurité	Un défaut unique (ou une accumulation de défauts) ne doit pas mener à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté dès, ou avant la prochaine sollicitation de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité toujours garantie		<ul style="list-style-type: none"> • Redondance sur les E • Redondance sur les S • La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur les sorties

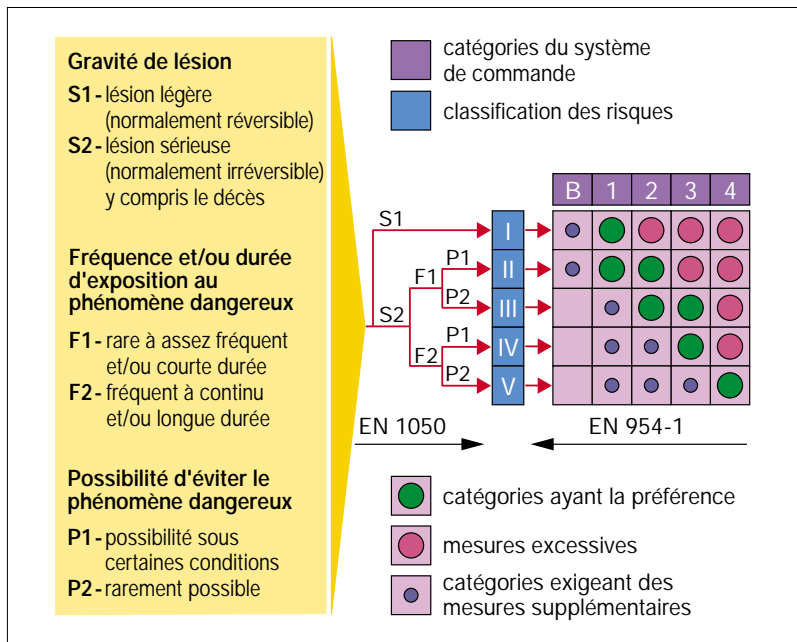
Démarche conduisant au choix d'un système de commande

Une matrice de correspondance entre les cinq niveaux résultant de l'estimation du risque et les cinq catégories de système de commande figure en annexe de la norme EN 954-1.

Elle permet au concepteur de déterminer lui-même la catégorie du système de commande correspondant à la fonction de sécurité concernée.

L'évaluation des risques est une opération très complexe et pour une machine donnée, elle peut être différente selon les parties de la machine considérée.

Choix du système de commande selon EN 1050 et EN 954-1 en fonction des facteurs de risques estimés (S, F, P)



Les modules logiques de sécurité

Les modules logiques de sécurité sont des appareils qui s'intègrent dans les circuits de commande pour assurer la sûreté et la disponibilité des fonctions de sécurité. Leur câblage interne est réalisé en redondance et leur logique est autocontrôlée. Les modules de sécurité sont des éléments indispensables pour assurer sans risque de défaillance les fonctions de sécurité. Ils permettent de détecter les défauts de fonctionnement qu'une installation simple ne permet pas d'éviter.

Ils effectuent à chaque cycle de fonctionnement une série de tests qui permettent de détecter toute défaillance des dispositifs de protection et des circuits associés. C'est ainsi qu'ils détectent :

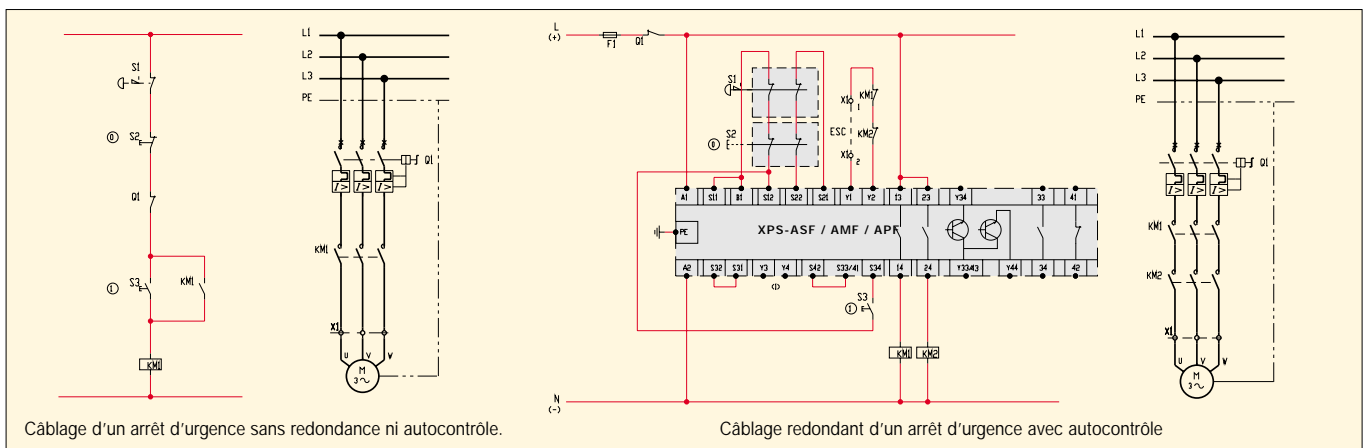
- tout défaut et court-circuit sur les câblages des organes de commande,
- tout collage d'un contact électrique dans un organe de service,
- la mise en court-circuit d'un contact de bouton d'arrêt d'urgence,
- le grippage d'un bouton d'impulsion de mise en marche,
- un courant de fuite à la terre.

L'association de la redondance et de l'autocontrôle dans certains modules de sécurité permet le classement des circuits de commande en catégorie 4. Après un premier défaut, l'autocontrôle signale le défaut et incite au dépannage tandis que la redondance permet d'assurer la fonction de sécurité. Les principales fonctions que les modules de sécurité peuvent ainsi surveiller sont :

- l'arrêt d'urgence,
- les protecteurs mobiles (dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage),
- les commandes bimanuelles, les barrières immatérielles,
- la détection de vitesse nulle, la rupture d'arbre ou de chaîne,
- les tapis et bords sensibles, etc.

Les modules de sécurité pilotent des contacteurs ou des relais de commande qui sont équipés de contacts liés mécaniquement ; l'insertion de ces contacts dans la boucle de retour assure la détection d'un défaut sur les sorties.

Exemple d'intégration d'un module logique de sécurité dans un circuit de commande



Les fonctions de sécurité - exemples

Les fonctions de sécurité sont destinées à assurer la surveillance, la commande, l'arrêt de fonctionnement ou la séparation des sources d'énergie pour l'application des exigences des directives européennes. Ces fonctions peuvent être combinées dans un même ensemble dont les caractéristiques sont adaptées à celles de la machine à protéger. Nous mettons l'accent dans ce guide sur deux fonctions de sécurité :

- arrêt d'urgence,
- dispositif de verrouillage et d'interverrouillage.

Arrêt d'urgence

L'arrêt d'urgence est destiné :

- à parer à des risques (phénomènes dangereux) en train d'apparaître ou à atténuer des risques existants,

pouvant porter atteinte à des personnes, à la machine ou au travail en cours,

- à être déclenché par une action humaine unique quand la fonction d'arrêt normal ne convient pas.

Les risques sont ceux qui peuvent prendre naissance à l'occasion :

- d'anomalies dans le fonctionnement de la machine : dysfonctionnement de la machine, propriétés inacceptables du matériau travaillé, erreurs humaines, etc.,
- du fonctionnement normal de la machine.

Les dispositifs d'arrêt d'urgence doivent provoquer l'arrêt des processus dangereux dans un temps aussi court que possible, mais sans créer de risque supplémentaire.

Ils doivent répondre à la norme EN 418 qui définit les exigences de sécurité :

- la fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et à même de fonctionner à tout instant, quel que soit le mode de marche,

- les contacts des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être à manœuvre positive d'ouverture.

Ainsi, une fois manœuvré, l'organe de commande doit rester dans cet état jusqu'à ce qu'il soit réarmé manuellement. Les dispositifs d'arrêt peuvent appartenir à l'une des catégories suivantes :

- catégorie 0 : une action sur le dispositif provoque immédiatement l'interruption de l'alimentation en énergie des actionneurs de la machine,
- catégorie 1 : après action sur le dispositif, les actionneurs restent alimentés pour obtenir l'arrêt de la machine, l'alimentation étant coupée après arrêt de la machine.

Un arrêt d'urgence est réalisé uniquement avec des composants électromécaniques câblés.

L'organe de commande d'un dispositif d'arrêt d'urgence doit être de couleur rouge sur fond jaune. Les dispositifs d'arrêt d'urgence sont couramment utilisés sans relayage intermédiaire, c'est-à-dire en agissant directement sur le circuit de commande de la machine. Cette disposition est suffisante lorsque le risque estimé correspond aux catégories de systèmes de commande B ou 1.

Dans les autres cas, l'emploi d'un module de sécurité pour réaliser un relayage intermédiaire permet d'éliminer les risques dus à un défaut du circuit de commande ou du circuit de puissance, tel que court-circuit du bouton d'arrêt d'urgence, collage des contacts du contacteur...

Exemples d'application de modules de sécurité pour la fonction d'arrêt d'urgence.

Arrêt d'urgence catégorie 3

Fonction-description :
 Mise en marche du moteur par appui sur S3 qui ferme les sorties de sécurité du module Preventa.
 Arrêt du moteur par action sur S1 ou S2 qui ouvre les sorties de sécurité du module Preventa.
Surveillance de défaut :
 Redondance des contacts de S1 et S2, des contacteurs KM1 et KM2.
 Pas de surveillance de ces composants, ni du bouton S3.

Arrêt d'urgence catégorie 4

Fonction-description :
 Mise en marche du moteur par appui sur S3 qui ferme les sorties de sécurité du module Preventa.
 Arrêt du moteur par action sur S1 ou S2 qui ouvre les sorties de sécurité du module Preventa.
Surveillance de défaut :
 Redondance des contacts de S1 et S2, des contacteurs KM1 et KM2.
 Surveillance de défaut par le module Preventa :
 • premier défaut sur S1 ou S2,
 • défaut de S3,
 • défaut de KM1 ou KM2 par la technique des contacts liés mécaniquement,
 • court-circuit dans le câblage de S1 et S2.

(1) avec surveillance du bouton marche

Dispositif de verrouillage et d'interverrouillage

Les protecteurs mobiles destinés à empêcher l'accès aux zones dangereuses sont munis de dispositifs de verrouillage ou d'interverrouillage : ces dispositifs ont pour fonction d'assurer que l'accès à un mécanisme dangereux n'est possible que si la machine est à l'arrêt.

- Les dispositifs de verrouillage provoquent l'arrêt instantané du mécanisme dangereux en cas d'ouverture ou de retrait du protecteur mobile.

Lorsque le dispositif de verrouillage est actionné par le déplacement du protecteur, il engendre un ordre d'arrêt si le protecteur est ouvert tandis qu'il autorise le démarrage de la machine si le protecteur est fermé. Pour les catégories 1 ou 2, le dispositif de verrouillage peut être composé d'un seul interrupteur de position actionné suivant le mode positif et équipé d'un contact à manœuvre positive d'ouverture. Pour les catégories 3 ou 4, le dispositif de verrouillage doit être composé de deux interrupteurs fonctionnant suivant deux modes opposés, positif et négatif : l'interrupteur en mode positif est à contact à ouverture tandis que l'interrupteur en mode négatif est à contact à fermeture.

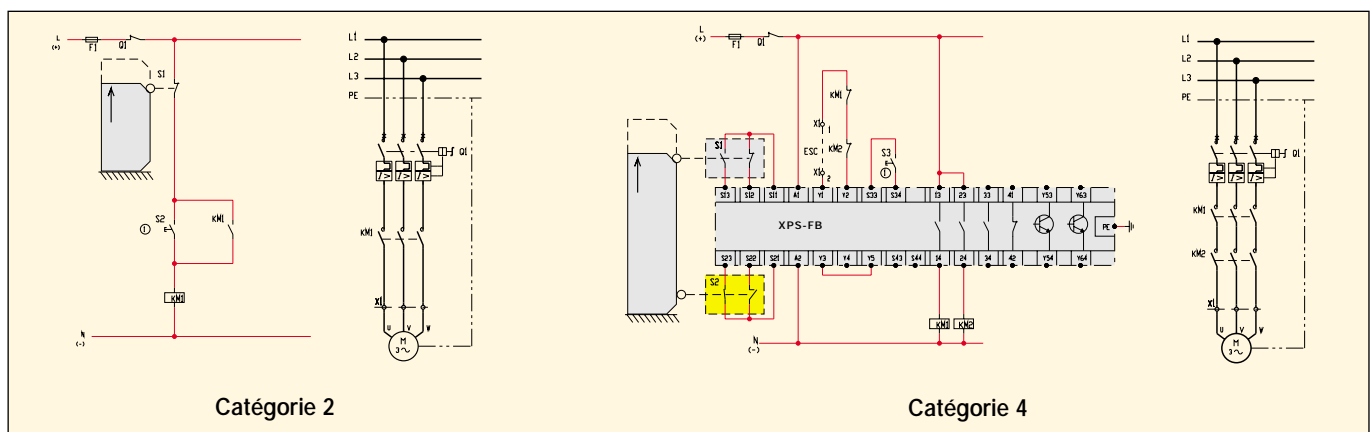
- Les dispositifs d'interverrouillage empêchent l'ouverture ou le retrait des protecteurs mobiles tant qu'un danger subsiste. Un dispositif d'interverrouillage est nécessaire lorsque le temps d'arrêt du mécanisme dangereux est supérieur au temps d'accès à ce mécanisme : le dispositif d'interverrouillage s'oppose alors à l'ouverture ou au retrait des protecteurs mobiles tant que le mécanisme n'est pas complètement arrêté.

Les protecteurs et les dispositifs de verrouillage sont conçus et doivent être installés de manière à éviter toute neutralisation frauduleuse. L'association avec un module de sécurité permet d'éliminer les risques dus aux défauts tels que :

- actionnement de deux interrupteurs de position dans un temps trop long (supérieur à 0,5 seconde),
- défaillance d'un interrupteur de position lors de l'ouverture ou de la fermeture du protecteur mobile,
- mise en court-circuit du contact d'interrupteur.

La fermeture d'un protecteur mobile ne peut en aucun cas provoquer le démarrage de la machine. Pour les machines à inertie dont le protecteur mobile est équipé d'un interverrouillage, la sécurité peut être encore améliorée par un dispositif de détection de vitesse nulle.

Exemples de schéma pour protecteur mobile



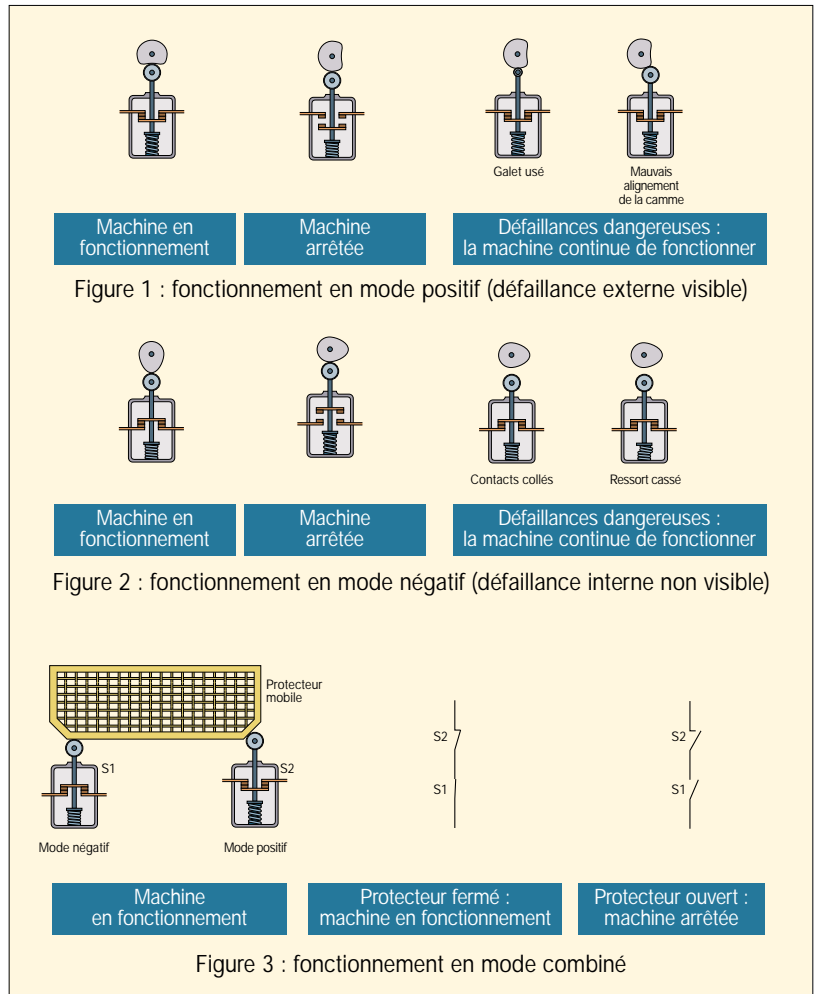
Techniques de sécurité : les modes négatif, positif, combiné

Le fonctionnement d'un composant de sécurité tel qu'un interrupteur de position peut s'effectuer suivant plusieurs modes : le mode positif, le mode négatif ou le mode combiné.

Le mode positif présente une meilleure sécurité du fait que l'ouverture des contacts est assurée en cas de défaillance interne du composant. Par contre, l'usure de certains constituants peut conduire à une situation dangereuse, mais les conséquences du vieillissement peuvent être évitées par des opérations de maintenance (figure 1).

En mode négatif, une défaillance interne du composant, telle que rupture du ressort de rappel ou collage des contacts peut se produire de manière imprévisible ; elle peut conduire à une situation dangereuse dans la mesure où elle conduit à la non ouverture des contacts (figure 2).

La combinaison du mode positif et du mode négatif permet de s'affranchir des risques de défaillance de mode commun des dispositifs et permet de garantir un meilleur niveau de sécurité (figure 3).



Offre de sécurité Schneider Electric

Schneider Electric est un spécialiste de la sécurité. Il offre plusieurs milliers de produits, de marque Telemecanique et Merlin Gerin, concourant directement ou indirectement à la sécurité. Parmi les produits exclusivement conçus pour la sécurité, citons :

Les modules de sécurité Preventa

Ces modules XPS sont dédiés à la surveillance des constituants fonctionnels de sécurité. Cette gamme complète et homogène offre des solutions adaptées pour toutes les applications générales de sécurité (surveillance d'arrêt d'urgence ou d'interrupteurs de position, contrôle de pupitres de commande bimanuelle, surveillance de vitesse nulle...) ou spécifiques (contrôle de presses hydrauliques, surveillance dynamique d'électrovannes...).



Modules Preventa XPS pour le contrôle d'un pupitre de commande bimanuelle.

Les interrupteurs de position de sécurité

Ces interrupteurs XCS sont dédiés à la protection des personnes opérant sur des machines industrielles dangereuses. Montés sur des protecteurs mobiles, ils assurent efficacement des fonctions de sécurité adaptées aux machines avec ou sans inertie. Par la diversité des constituants de la gamme et de leurs performances :

- plastiques ou métalliques,
- à clé-langnette, à axe rotatif, à levier ou à réarmement,

les interrupteurs XCS apportent des solutions "à la mesure" des besoins.



Interrupteur XCS à clé-langnette monté sur un protecteur mobile.

Les barrières immatérielles

Ces barrières XUS-L assurent la protection individuelle et collective des opérateurs ayant à intervenir sur des machines ou zones d'accès dangereuses en phase opérationnelle.



Barrières immatérielles XUS-L assurant la protection d'une zone dangereuse.

Ces barrières, simples de mise en œuvre avec le module de dialogue et de visualisation, permettent de réduire le temps d'accès, d'augmenter la productivité et d'améliorer l'ergonomie du poste de travail.

La protection différentielle

Qu'elle soit associée à un disjoncteur ou à un interrupteur, c'est une des fonctions principales de la sécurité de la distribution électrique.

La sélectivité, associée à cette protection permettra à l'installation de ne se départir que de sa partie défailante, tout en laissant les autres départs en service.



Vigirex RMH, appareil de mesure et de signalisation des courants de fuite à la terre.

Bibliographie

Titres	Références	Editeurs
La sûreté des machines et installations automatisées	D 313	SADAVE
L'essentiel de la sécurité	94319	Schneider Electric
Catalogue Contrôle industriel 1999/2000 (chapitre F : sécurité et mise en conformité des machines)	16653	Schneider Electric
CD-Rom Schémathèque sécurité	89502	Schneider Electric
Cahiers techniques	CT144 et 184	Schneider Electric
La sécurité des machines automatisées - tomes 1 et 2	MD1SMA1(et 2)F	ISF
Maintenance et maîtrise du risque	ED 1521	INRS
Concevoir une machine sûre	ED 1520	INRS
Machines et équipements de travail	ED 770	INRS
Sécurité des machines et des équipements de travail	ED 807	INRS
Schémas électriques des machines industrielles et sécurité	ED 723	INRS
Le risque électrique	ED 1501	INRS
Equipements de travail - règles d'utilisation. Guide juridique	1707	Journaux officiels
Equipement de travail - moyens de protection. Guide juridique	1644-1	Journaux officiels
Equipement de travail - moyens de protection. Guide juridique	1644-2	Journaux officiels
Mise en conformité des machines	6D02	CETIM

Cette liste n'est pas exhaustive.

Le logiciel Loginorme*

La norme NF EN 292-1 a pour objectif d'aider les concepteurs, au travers d'une démarche d'analyse, à intégrer la sécurité dans la conception ou la reconception des machines à usage professionnel ou non. Selon la définition donnée à l'article 3.4 de cette norme, la sécurité d'une machine est son aptitude à accomplir sa fonction, à être transportée, installée, mise au point, entretenue, démontée et mise au rebut dans les conditions d'utilisation normale spécifiée dans la notice d'instructions sans causer de lésion ou d'atteinte à la santé.

Le logiciel Loginorme est un support à la démarche préconisée par cette norme. Il va nous permettre lors de la conception de balayer toutes les combinaisons possibles des différents états du système réalisé pour l'ensemble des points de vue liés à son cycle de vie.

Ces états sont répertoriés au travers de quatre limites :

- L1 : production normale,
- L2 : marche dégradée ou réglages,
- L3 : maintenance,
- L4 : assemblage ou mise en/hors service.

Les différents points de vue sont les suivants :

Produit : matière d'œuvre sur laquelle le système à étudier apporte une valeur ajoutée.

Production : ensemble des contraintes de temps, de cadence, de mode de production, de flexibilité, de qualité et d'organisation du travail.

Procédé : principe d'élaboration d'un produit ou d'accomplissement d'un service préalablement défini.

Processus : ensemble des moyens (humains, matériels et organisationnels) et des procédures permettant de réaliser le procédé conformément aux objectifs de production.

Partie opérative (PO) : ensemble des moyens matériels opérant physiquement sur les matières d'œuvre en vue d'assurer la production.

Partie commande (PC) : ensemble des constituants et composants de traitement de l'information.

Outils : ensemble des outils ou dispositifs nécessaires pour réaliser les opérations de réglage ou de maintenance.

Machine : le système est placé dans son environnement de production.

Cet ensemble de situation est répertorié dans le tableau de bord du logiciel Loginorme (figure 1). Celui-ci permet d'avoir une traçabilité dans le temps de l'ensemble de l'analyse menée pour le système étudié.

?	Produit				Production				Procédé				Processus				P.Opérat				P.Comm				Outilag				Machine			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RISQUES																																
Risque de coupure																																
Défaillance du circuit de																																
Erreurs de montage																																

Figure 1

(*) Le logiciel Loginorme a été réalisé par Bernard Bierce et Daniel Guyonvarch, professeurs dans les sections BTS MAI au lycée Louis Bascan de Rambouillet, en collaboration avec l'INRS.

Pour recenser un risque dans l'une de ces situations, il est nécessaire de bien connaître le concept de l'émergence d'un dommage. Les définitions fournies par la norme EN 1050 permet de tracer la structure suivante (figure 2).

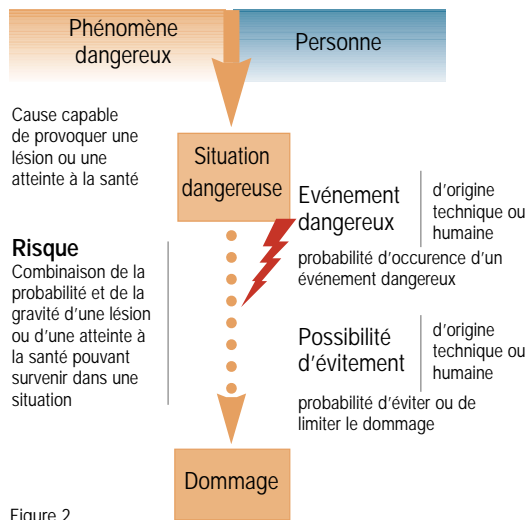


Figure 2

Dès l'instant où le risque est identifié, la norme EN 292 nous indique la démarche à suivre :

- **mesure de prévention :**
 - la disparition du phénomène dangereux conduit à la suppression de la situation dangereuse,
 - sinon, minimisation du risque soit en diminuant le phénomène dangereux, soit en écourtant voire en supprimant la présence de la personne à proximité du phénomène dangereux,
- **mesure de protection :**
 - dans le cas contraire, des mesures de protection (collectives ou individuelles) seront à mettre en œuvre afin d'isoler l'opérateur du phénomène dangereux,
- **instruction :**
 - si malgré cela il existe un risque résiduel, il sera nécessaire de former et d'informer le personnel sur les événements dangereux relatifs à la situation dangereuse et sur les évitements possibles. Cette itération extraite de la norme NF EN 292 est présentée en annexe. Les solutions retenues dans le cadre de cette démarche peuvent créer des contraintes pour des points de vue suivants.

Par exemple, la mise en place d'une cartérisation pour isoler l'opérateur d'un phénomène dangereux entraîne la contrainte d'un contrôle fiable de son état fermé par la partie commande.

L'analyse se termine lorsqu'il n'y a plus de risque résiduel pour le point de vue donné et qu'aucune nouvelle contrainte vers un point de vue suivant n'a été créée. Dans le cas d'une contrainte créée dans un nouveau point de vue, il faudra ne pas oublier de mener une analyse pour ce risque lors de l'étude de ce point de vue.

Dans la suite de cet article nous allons mettre en œuvre cette démarche au travers d'un exemple.

Exemple de conception sûre

Comme support exemple, nous allons mener très rapidement quelques étapes de la conception d'un système répondant aux extraits suivants du cahier des charges d'un client :

- produit : réalisation d'un perçage dans une pièce brute obtenue directement par sciage dans une barre (figure 3). Les pièces présentent une bavure très coupante provenant de l'opération de sciage,

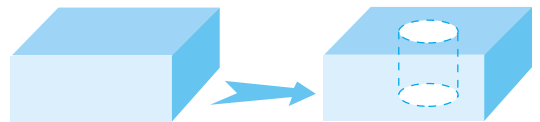


Figure 3

- production : 400 pièces par jour (sept heures de production) durant cinq ans réalisées par du personnel non qualifié,
- procédé retenu : perçage par foret,
- processus imposé : chargement et déchargement manuel du système.

Le logiciel nous propose de commencer par le point de vue "produit". Les questions à se poser alors sont les suivantes :

- le produit présente-t-il un risque ?
- dans quelles limites ?
- quel est le phénomène dangereux ?
- quelle est alors la situation dangereuse ?

- quel est l'événement dangereux qui conduira au dommage ?
- existe-t-il une possibilité d'évitement ?

Pour notre exemple, du point de vue produit, il existe un phénomène dangereux : la présence de la bavure. La situation dangereuse sera la manipulation par l'opérateur de production de cette pièce lors du chargement ou déchargement manuel du système. Le risque existe également pour le régleur ou l'opérateur de maintenance mais avec moins de probabilité car leur présence sur le système sera épisodique. L'événement dangereux sera la prise de cette pièce au niveau de la bavure, l'évitement de la coupure est possible si l'opérateur se rend compte du risque avant de saisir trop fortement la pièce. L'analyse de ce risque recensé débute par la recherche de mesures de prévention qui consistent soit à supprimer la bavure en amont, soit remplacer l'opérateur par un dispositif de chargement/déchargement. Ces solutions sont à proposer au client car non énoncées ou contraires au cahier des charges présenté. Si ces solutions ne sont pas retenues, aucune mesure de réduction du risque n'existe (manipulation manuelle obligatoire de l'ensemble des pièces qui présentent toutes des bavures). Il faut donc passer au stade de la protection. La solution la plus évidente est l'équipement de l'opérateur de gants de protection (équipement de protection individuel). Cette mesure qui ne crée aucune contrainte vers les points de vue suivants peut être complétée par une information sur les risques associés à la manipulation des pièces coupantes. L'étude de ce risque pour ce point de vue est considérée comme terminée.

Toute cette démarche est structurée par le logiciel au travers d'une succession d'écrans à renseigner. L'ensemble des réponses est stocké et imprimé afin de conserver une trace de la démarche de sécurité et des solutions retenues ou non lors de la conception de la machine. Le tableau de bord nous renseigne en permanence sur l'état d'avancement de nos études (figure 4).

Ces documents devraient être également présents dans le dossier machine. Pour la suite de notre article nous allons passer directement au point de vue PO. Le procédé retenu pour réaliser le trou est l'utilisation d'un foret, le processus qui en découle est le suivant : chargement manuel, immobilisation de la pièce, usinage, libération puis déchargement. Ce procédé et ce processus présentent des risques que nous n'étudierons pas : risque de coupure et perforation dû à l'outil coupant, projection de copeaux et de lubrifiant provenant de l'opération d'usinage. Les mesures retenues ont créé des contraintes d'utilisation d'une cartérisation en fonctionnement normal vers le point de vue PO. De ce point de vue, le risque de perforation ou de coupure en production normale n'existe que si le capot est ouvert, donc apparaît ici une contrainte de fiabilisation de l'information "capot fermé" vers le point de vue partie commande. De plus lors de phases qui nécessitent l'ouverture du capot, il faut éviter tout mouvement intempestif des actionneurs, donc création d'une contrainte supplémentaire de fiabilisation des commandes et de la chaîne d'arrêt d'urgence vers le point de vue PC.

?	Produit				Production				Procédé				Processus				P.Opérat				P.Coms				Outillage				Machine			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RISQUES																																
Risque de coupure																																

en cours
 terminée
 engendre risque(s)

Figure 4

Dans cette démarche par points de vue successifs, l'ensemble des risques liés à chaque situation du système est analysé. La totalité du travail est sauvegardée dans un fichier qui permettra d'avoir dans le temps la traçabilité et le pourquoi des choix réalisés.

Nous ne mènerons pas plus loin cet exemple. De nombreux risques découlant du cahier des charges

n'ont pas été abordés (troubles musculo-squelettiques liés à la production et aux manipulations...).

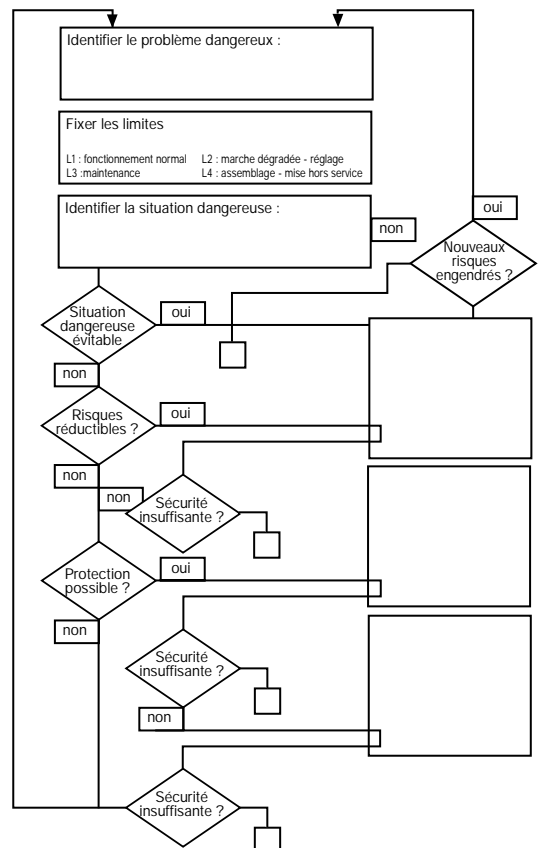
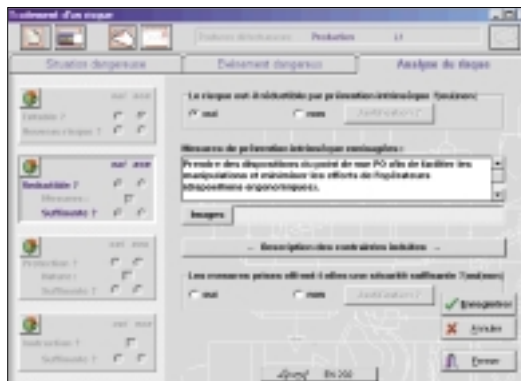
La nouvelle version du logiciel Loginorme sera normalement disponible à l'occasion du salon Educatec (24 au 28 novembre 1999).

Annexe

Tableau de bord final de notre étude menée complètement avec le logiciel Loginorme

RISQUES	Produit				Production				Procédé				Processus				P.Opérat				P.Comm				Outillage				Machine			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Risque de coupure																																
Postures défectueuses																																
Risque de perforation																																
Risque de projections																																
Risque d'écrasement																																
Risque d'écrasement																																

Démarche préconisée par la norme NF EN 292 et reprise par le logiciel.



SEAE fait la lumière sur la mise en conformité

La société SEAE (soudure et applications électriques), située à Montrabé près de Toulouse, développe et réalise des luminaires depuis plus de 50 ans. Plus de 4 000 appareils sont produits chaque jour et 300 tonnes d'acier sont consommées mensuellement. Elle offre un catalogue riche de plus de 1 200 références destinées à l'éclairage industriel et tertiaire. Aujourd'hui, ce catalogue évolue vers l'éclairage domestique avec des produits décoratifs. Son bureau d'études intégré effectue pour les clients des simulations d'installations afin d'optimiser l'implantation et le choix des luminaires.

SEAE dispose d'un parc important de presses à découper pour assurer la réalisation des différentes pièces entrant dans la construction d'un luminaire. La mise en conformité de son parc machines est d'abord passé par une première étape d'analyse. Les machines les plus sensibles, et celles pour lesquelles cette mise en conformité pouvait être faite rapidement, ont été modifiées les premières par le service de maintenance. Le travail étant par contre plus long pour les presses de fortes capacités, SEAE s'est tournée vers le lycée Déodat de Séverac à Toulouse avec qui plusieurs projets avaient été déjà menés avec succès dans le cadre de thèmes d'examen. SEAE lui a confié la mise en conformité d'une presse poinçonneuse de 220 tonnes. Le plan de mise en conformité, décrivant pour chaque article les objectifs à atteindre et les travaux à effectuer, a été établi selon la classification de la machine (catégorie 4 dans le cas présent) puis présenté à l'organisme de contrôle pour approbation. La phase de réalisation est élaborée avec la collaboration du lycée. C'est un groupe de trois étudiants en classe de BTS électrotechnique, piloté par leur professeur, qui rédige le cahier des charges à partir du plan de mise en conformité. Après analyse



La presse poinçonneuse de 220 tonnes, objet de la mise en conformité.



Le pupitre de commande bimanuelle Telemecanique garantit une sécurité totale pour l'opérateur.

et discussion avec SEAE, la solution et le choix du matériel sont validés. Les étudiants sont pilotés en entreprise par des responsables, véritables tuteurs qui leur apportent toute leur expérience. La presse dispose de deux moteurs agissant sur la guillotine : le premier pilote les mouvements de montée et de descente, le second contrôle la course

de réglage. Le mouvement de descente de la guillotine est actionné par une commande bimanuelle qui oblige l'opérateur à garder les mains hors de la zone de danger pendant le fonctionnement de la presse. L'automatisme pilotant cette dernière repose sur l'utilisation d'un module Preventa Telemecanique XPS-BC associé au pupitre de commande bimanuelle. Le module, adoptant les principes de redondance et d'autocontrôle, garantit la mise de la machine en état d'être non dangereuse en cas de défaillance d'un des constituants de sécurité. Il réalise un système de commande de catégorie 4 selon la norme EN 954-1. Un automate programmable TSX Nano gère tous les modes de marche et regroupe toutes les informations d'état. Le choix de l'automate, face à une solution traditionnelle en logique câblée, se justifie par son aptitude à fournir plus de simplicité et de rapidité aux réglages et à garantir l'évolutivité de l'installation. Pour les tuteurs, Bernard Demblans, directeur technique, et Antoine Caparros, responsable production chez SEAE, "ce type de partenariat école-entreprise est très positif. Les élèves apportent des idées nouvelles tant sur le plan des solutions que des technologies utilisées. De notre côté, nous mettons à leur disposition notre expérience du métier et nos matériels afin qu'ils travaillent en vraie grandeur dans la réalité du monde industriel. C'est avec la complémentarité de cette équipe que nous avons mené à bien notre projet".■

Avertissement

Schneider Electric dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas reproduits dans le présent guide, et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni de conséquences liées à la mise en œuvre des informations et schémas contenus dans ce guide.



Jean-Yves Hernandez, professeur d'électrotechnique, et l'un des trois étudiants ayant réalisé l'automatisme de mise en conformité de la presse.

Le lycée Déodat de Séverac

Lycée d'enseignement technologique et professionnel, Déodat de Séverac accueille près de 2 000 élèves sur son site de Toulouse. Il offre un large éventail de formations recouvrant les baccalauréats S, STI et STL, les BTS électrotechnique, électronique, MI, CIRA, ATI et génie chimique, les préparations aux grandes écoles, les BEP électrotechnique, électronique et maintenance des systèmes mécaniques automatisés (MSMA), et enfin le baccalauréat professionnel maintenance en électronique audiovisuelle (Mavelec).



Ce guide technique a été réalisé sous la direction de Francis Bossu, avec la collaboration de : Alain Guignabel, Bernard Lallemand, Eric Lamidieu, Alain Moutray et Michel Rochon.