

La sécurité des machines		COURS
S.T.S. 2 Electrotechnique		2006

Sommaire

1. La réglementation européenne sur les machines ch1	2
2. La directive machine ch2	2
2.1 Exigences techniques ch21	2
2.2 Certification – date d’application ch22	2
Les normes européennes harmonisées ch23	3
3. Démarche générale pour atteindre la sécurité ch3	3
3.1 Appréciation du risque selon la norme EN 1050 ch31	3
3.1.1 Détermination des limites de la machine ch311	4
3.1.2 Identification des phénomènes dangereux ch312	4
3.1.3 Estimation du risque ch313	4
3.2 Prévention des risques selon la norme EN 292-1 ch32	4
3.3 Les catégories des systèmes de commande ch33	4
3.4 Démarche conduisant au choix d’un système de commande ch34	5
4. les modules logiques de sécurité ch4	6
Exemple 1 Ex1	
Exemple 2 Ex2	
5. TECHNIQUES DE SECURITE ch5	9
5.1 Mode négatif et mode positif.....	9
5.1.1 MODE NEGATIF	9
5.1.2 MODE POSITIF ch512	9
5.1.3 MODE COMBINE NEGATIF / POSITIF ch513	9
5.2 Contacts liés mécaniquement ch52	10
5.3 Autocontrôle ch53	10
5.4 Redondance + Autocontrôle ch54	11

La sécurité des machines		COURS
S.T.S. 2 Electrotechnique		2006

1. La réglementation européenne sur les machines [Som](#)

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.

2. La directive machine [Som](#)

La directive machine 89/392/CEE modifiée par la directive 98 / 37 / CE est destinée à garantir la libre circulation des machines et des composants de sécurité dans les pays de l'Union Européenne avec un niveau de santé et de sécurité élevée.

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 n'importe quel 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.

2.1 Exigences techniques [Som](#)

Les exigences techniques fixées par la directive s'expriment au travers des règles techniques à respecter dès la conception est lors de la fabrication de la machine. Elles visent à garantir la sécurité et la santé des personnes 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'exploitations.

Chaque fabricant a l'obligation d'effectuer une analyse des risques engendrés par la machine en projet.

2.2 Certification – date d'application [Som](#)

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.

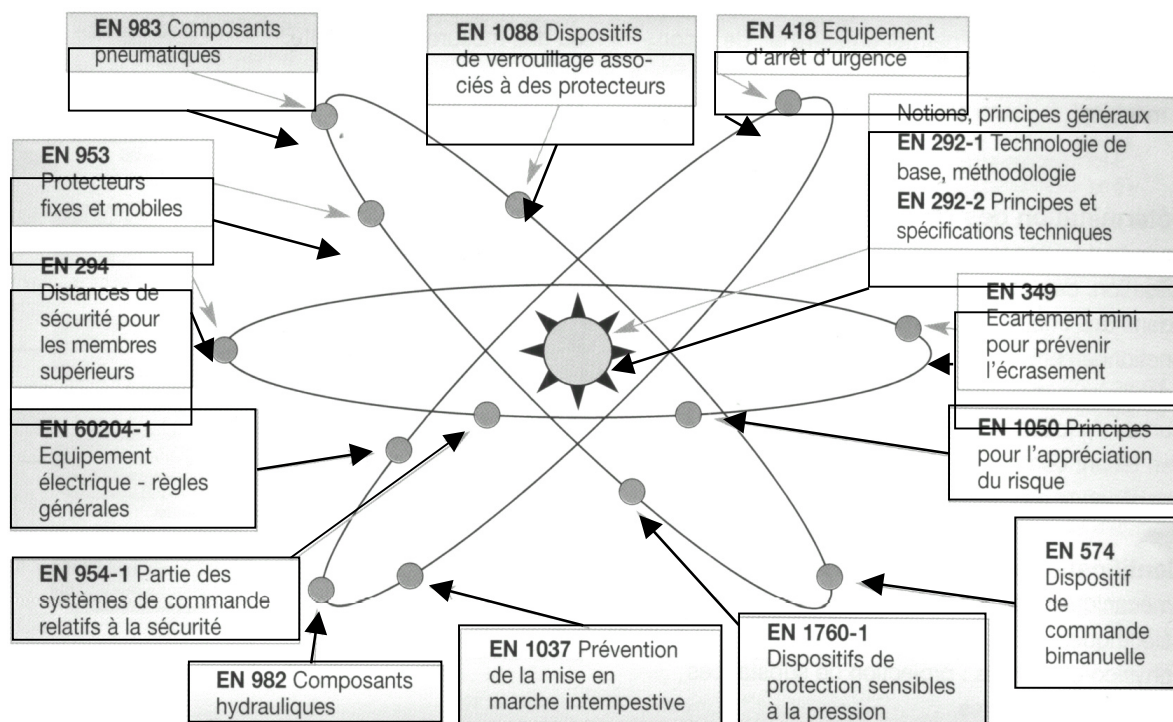
La certification valable pour l'ensemble du marché de l'Union Européenne est réalisée selon les cas :

- A l'initiative du fabricant : auto certification CE,
- Ou après intervention d'un organisme notifié : examen CE de type.

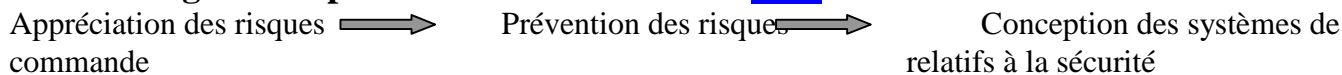
Cette directive est applicable depuis le 1^{er} janvier 1995 pour les machines et le 1^{er} janvier 1997 pour les composants de sécurité mis séparément sur le marché.

2.3 Les normes européennes harmonisées [Som](#)

Directive machines/normes harmonisées



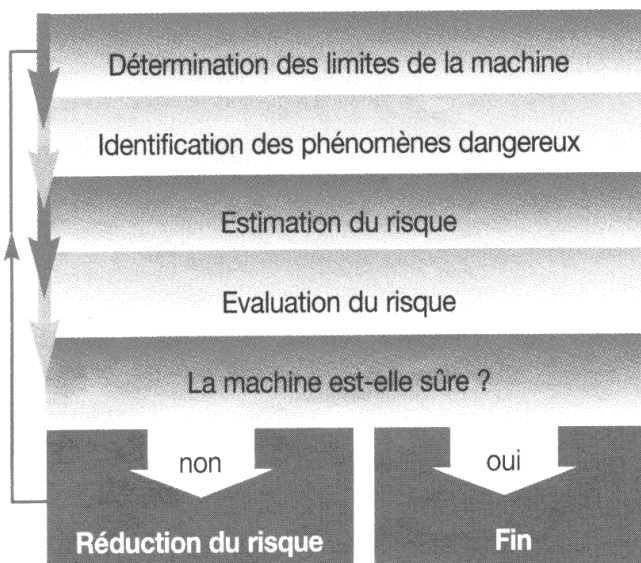
3. Démarche générale pour atteindre la sécurité [Som](#)



3.1 Appréciation du risque selon la norme EN 1050 [Som](#)

La norme EN 1050 vise 3 objectifs :

- Réduire ou éliminer le risque,
- Choisir le niveau adéquat de sécurité,
- Assurer la protection des personnes.



3.1.1 Détermination des limites de la machine [Som](#)

- 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

3.1.2 Identification des phénomènes dangereux [Som](#)

- Mécaniques : écrasement, choc, etc...,
- Electriques,
- Physico-chimiques : projection de substances dangereuses, brûlures.

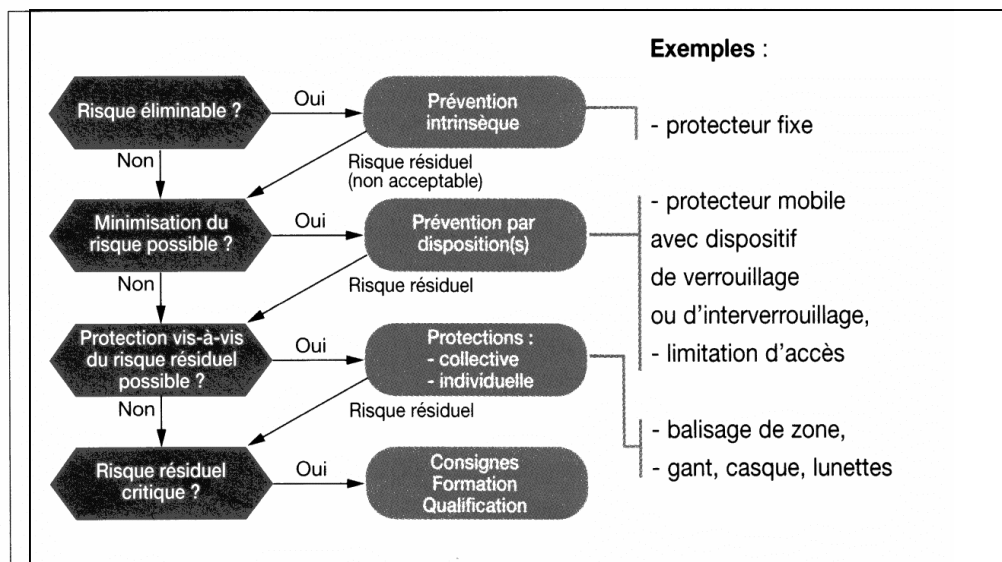
3.1.3 Estimation du risque [Som](#)

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).

3.2 Prévention des risques selon la norme EN 292-1 [Som](#)

Démarche générale de prévention des risques selon EN 292-1



3.3 Les catégories des systèmes de commande [Som](#)

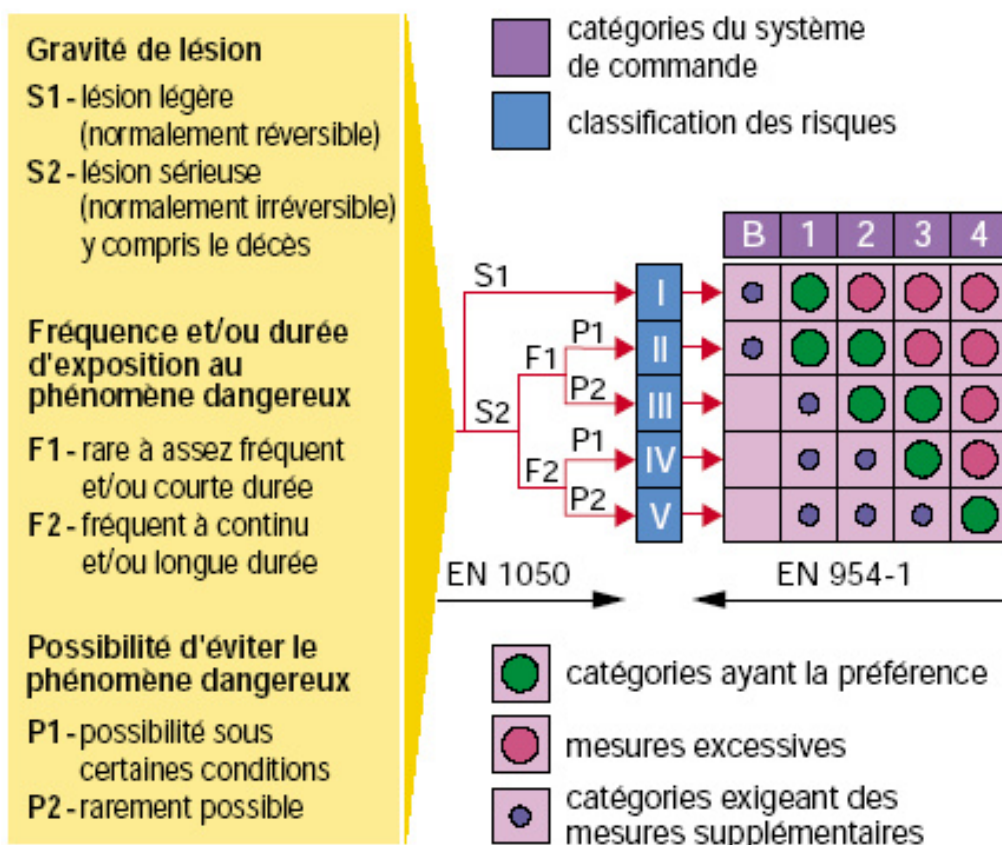
L'objectif du concepteur est de garantir que les défauts des parties d'un système de commande relatives à la sécurité ou des perturbations extérieures ne peuvent pas conduire à une situation dangereuse sur la machine. La norme définit cinq catégories d'un niveau croissant de performances suivant le tableau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

3.4 Démarche conduisant au choix d'un système de commande *Som*

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



4. les modules logiques de sécurité [Som](#)

Ils s'intègrent dans des 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 auto contrôlée. 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. C'est ainsi qu'ils détectent :

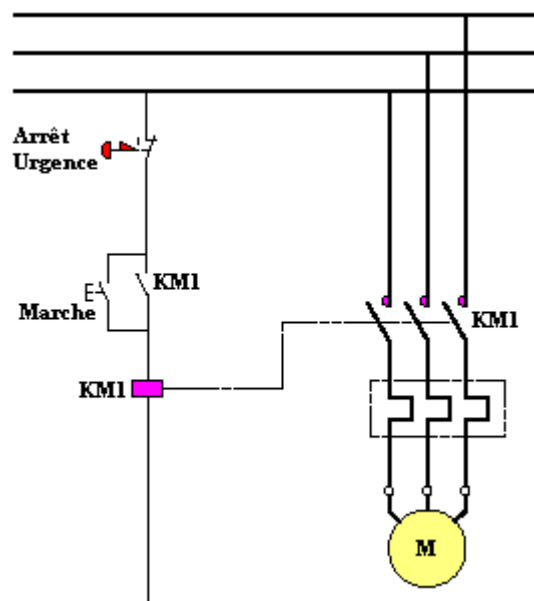
- tout défaut et court-circuit sur le câblage des organes de commande,
- tout collage d'un contact électrique dans un organe de service,
- la mise en court-circuit d'un contact de bouton d'arrêt d'urgence,
- le grippage d'un bouton d'impulsion de mise en marche,
- un courant de fuite à la terre.

Les principales fonctions que les modules assurent sont :

- l'arrêt d'urgence,
- les protecteurs mobiles (dispositifs de verrouillage et d'inter verrouillage)
- les commandes bimanuelles, les barrières immatérielles,
- la détection de vitesse nulle, la rupture d'arbre de chaîne,

Les modules de sécurité pilotent des contacteurs ou des relais de commande.

Exemple n°1 : [Som](#)

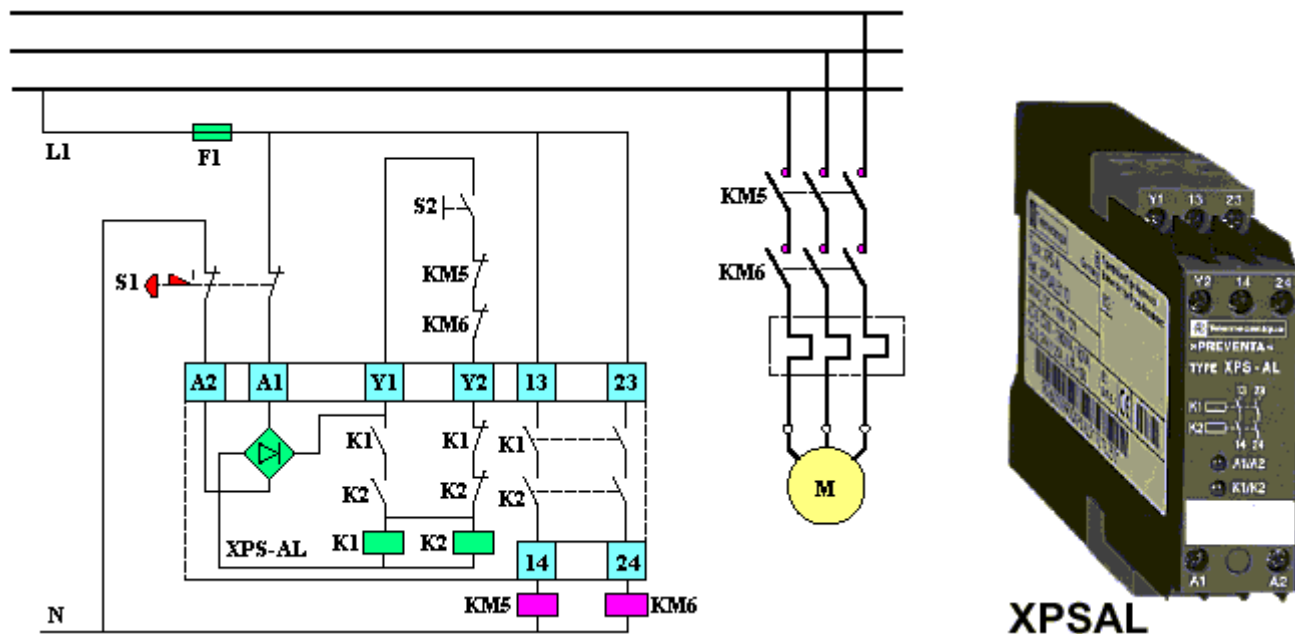


Lors d'une action sur le poussoir "Arrêt Urgence", il faut que le moteur s'arrête. Ceci est impossible si:

- le contact "Arrêt Urgence" est défaillant : il reste fermé (collage ou soudage). La bobine KM1 est donc toujours alimentée et les pôles principaux restent fermés.
- le contacteur KM1 est défaillant : les pôles principaux restent soudés.

Pour améliorer la sûreté de fonctionnement, on peut utiliser la **redondance** qui consiste à doubler les éléments qui peuvent être responsables d'une défaillance.

On peut utiliser un module Preventa XPS-AL associé à un poussoir bipolaire S1 et à deux contacteurs KM5 et KM6.



L'utilisation d'un poussoir d'arrêt d'urgence bipolaire permet l'ouverture des relais K1 et K2, même si l'un des deux contacts de S1 reste collé.

Si l'un des relais K1 ou K2 reste collé, les contacteurs KM5 et KM6 s'ouvrent quand même. Un nouveau démarrage est rendu impossible par la boucle Y1-Y2.

Il en est de même si l'un des contacteurs KM5 ou KM6 reste collé.

Exemple n°2 : [Som](#)

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.

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

5. TECHNIQUES DE SECURITE [Som](#)

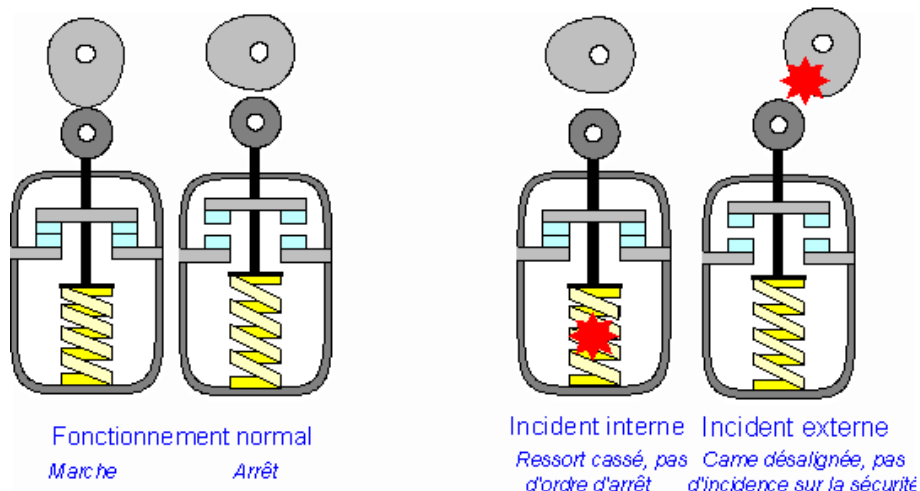
5.1 Mode négatif et mode positif

Ces modes de fonctionnement concernent la commande des interrupteurs de position.

5.1.1 MODE NEGATIF

En mode négatif, un incident interne (ressort cassé, contacts collés ...) entraîne la non-ouverture du contact et peut conduire à une situation dangereuse.

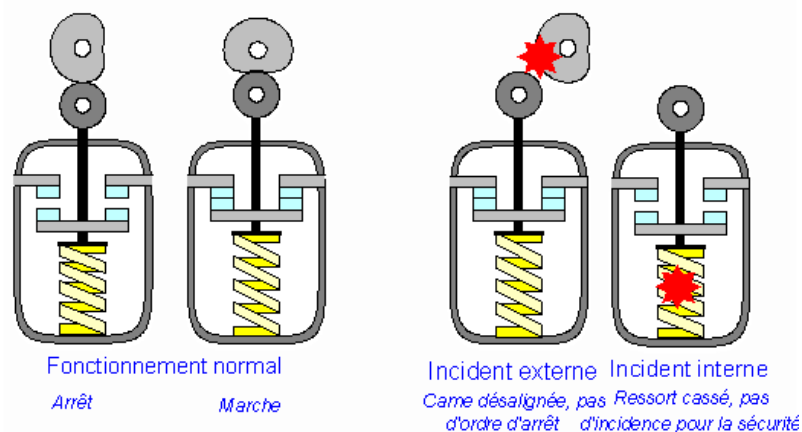
Par contre un incident externe (désalignement de la came, usure du galet ...) influant uniquement sur la disponibilité du système



5.1.2 MODE POSITIF [Som](#)

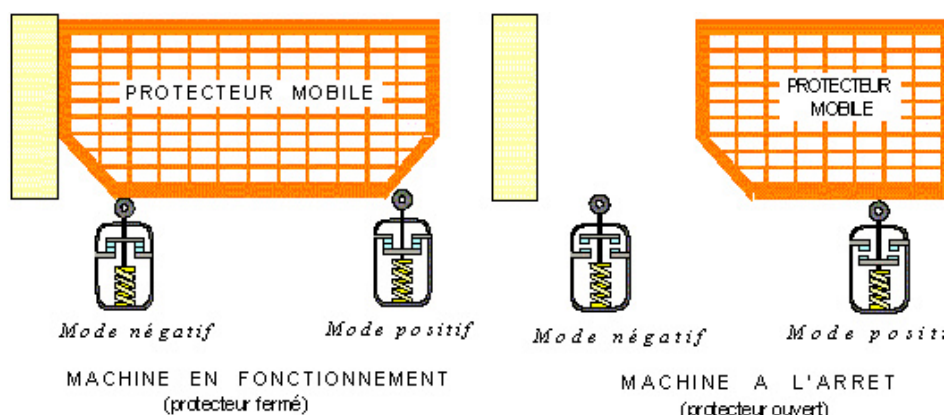
En mode positif, un incident interne se répercute sur la disponibilité de la machine car l'ouverture du contact est toujours assurée.

Un incident externe peut par contre entraîner une situation dangereuse.



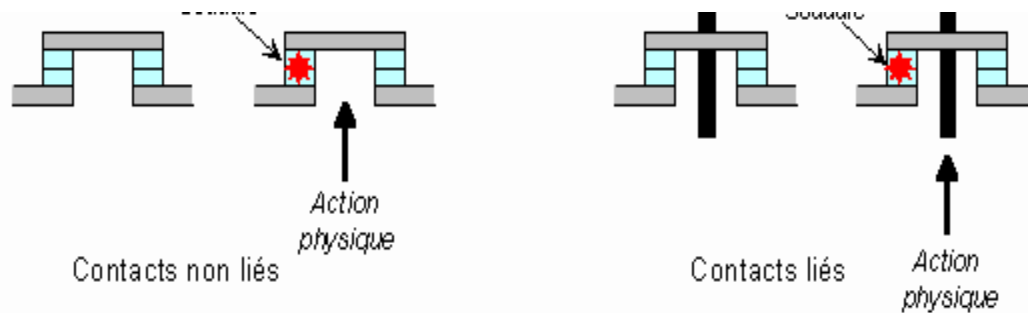
5.1.3 MODE COMBINE NEGATIF / POSITIF [Som](#)

La combinaison des deux modes permet d'obtenir un niveau de sécurité supérieur à celui du mode positif seul.



5.2 Contacts liés mécaniquement *Som*

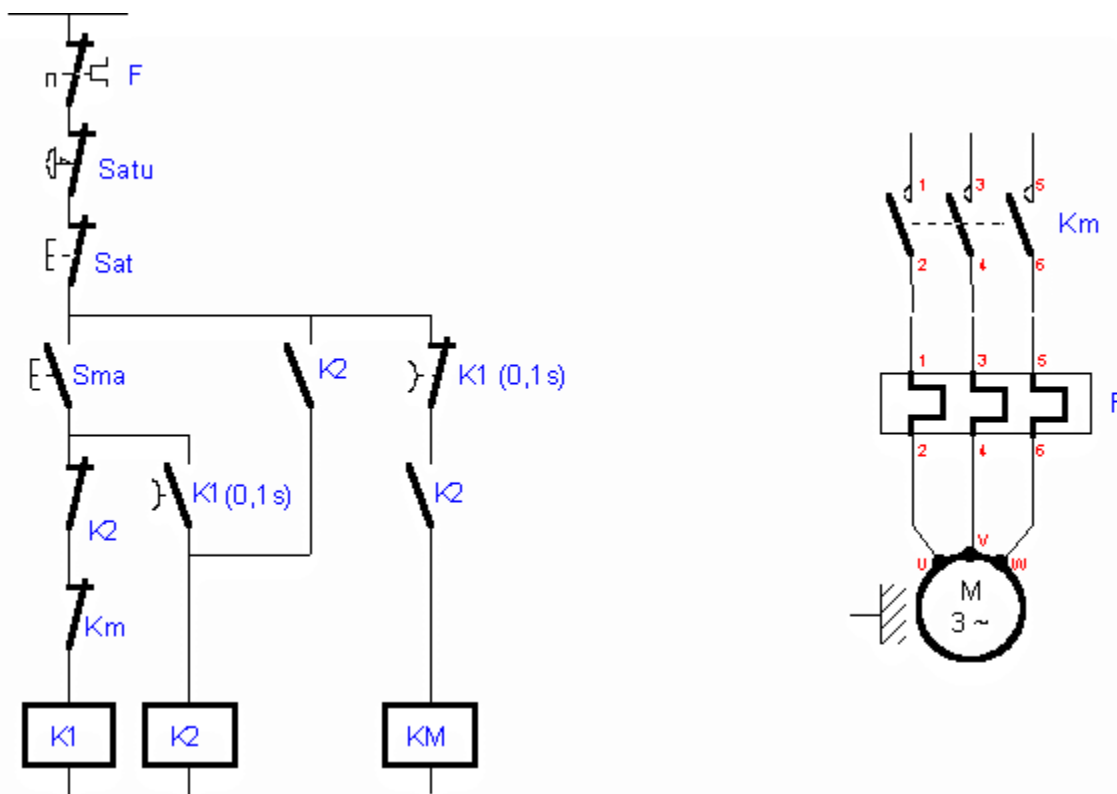
Sur les appareils munis de ce type de contacts, le lien mécanique qui relie les contacts mobiles garantit l'impossibilité de fermeture simultanée des contacts NO et NC. En cas de soudure d'un contact NC, les contacts NO ne peuvent pas se fermer lors de l'action sur le capteur. De même en cas de soudure d'un contact NO, les contacts NC ne peuvent pas se refermer.



5.3 Autocontrôle *Som*

L'autocontrôle consiste à vérifier automatiquement le bon fonctionnement des organes liés à la sécurité à chaque cycle de fonctionnement. Un premier défaut dans le circuit de sécurité est nécessairement détecté avant qu'un deuxième défaut ne se manifeste (cycle suivant interdit).

Le schéma suivant utilise deux relais **K1** et **K2** pour s'assurer que le contacteur **KM** ne reste pas collé (le matériel utilisé doit posséder des contacts liés mécaniquement).



Le fonctionnement est le suivant :

Action sur **Sma** :

- **K1** s'enclenche
- **K2** s'enclenche
- **K1** se déclenche, **K2** s'autoalimente, **KM** s'enclenche

Action sur **Satu**, **Sat** ou **F** :

- **K2** et **KM** se déclenchent, **K1** est déjà déclenché.

En cas de collage des contacts :

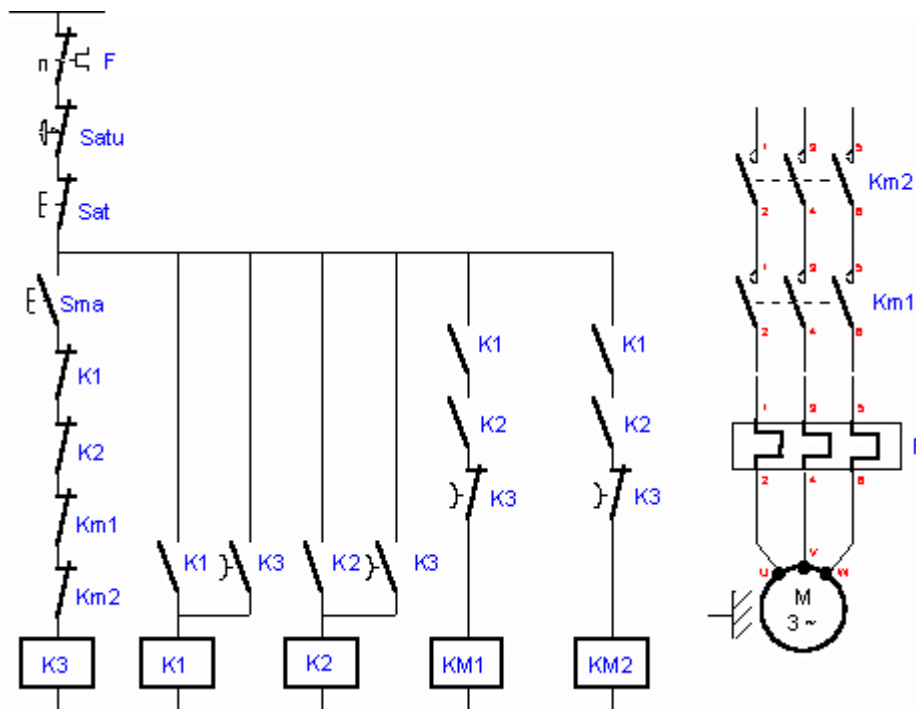
- de **KM** ou de **K2** : **K1** ne peut s'enclencher, interdisant la relance d'un nouveau cycle.
- de **K1** : le contact NC de **K1** empêche l'enclenchement de **KM**.

5.4 Redondance + Autocontrôle *Som*

L'association des ces deux techniques assure à la fois la disponibilité et la sécurité de la machine. Elle fournit des circuits de commande de **catégorie 4**.

Avec l'autocontrôle, un premier défaut est obligatoirement détecté dès la fin du cycle empêchant la relance d'un nouveau cycle.

La redondance fait que sur le premier défaut, le fonctionnement n'est pas interrompu et la fonction sécurité maintenue.



Les constructeurs de matériel ont mis sur le marché des blocs intégrant les fonctions de redondance et d'autocontrôle (modules PREVENTA de chez TELEMECANIQUE, bloc PNOZ de chez PILZ ...). Cette solution réduit la complexité du câblage et du temps de mise en oeuvre.

Le module de sécurité pour arrêt d'urgence présenté est du type GSK-C de la gamme PREVENTA de chez TELEMECANIQUE.

