

# La sécurité des machines

**But** : réduire les causes d'accident du travail (qui posent des problèmes de santé bien sûr, mais aussi économiques), et/ou réduire la portée des accidents qui pourraient survenir.

**Contrainte** : assurer la sécurité tout en maintenant la disponibilité des équipements.

**L'objectif** de ce document est de vous permettre

- ☞ de retrouver les normes permettant d'estimer le niveau de risque, ou traitant de l'équipement considéré,
- ☞ de définir la catégorie de la partie du système de commande assurant la sécurité,
- ☞ de choisir des constituants de sécurité (capteurs, AU...),
- ☞ d'approcher le fonctionnement des relais de sécurité.

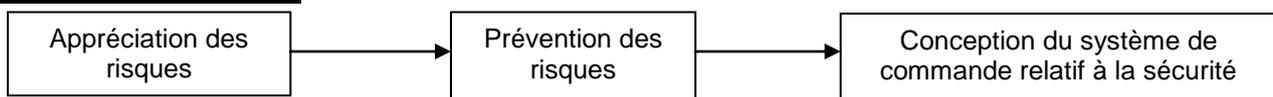
**Sûreté de fonctionnement** : associe les concepts de

- ☞ **Sécurité** : aptitude d'un dispositif à limiter les risques encourus à un niveau acceptable
- ☞ **Disponibilité** : aptitude d'un système ou dispositif à assurer sa fonction à un instant donné, pour une durée déterminée (fiabilité, maintenance...)

**La directive machine** : le constructeur de machines a une obligation de conformité à cette directive européenne applicable depuis janvier 1995. Cette directive, entrée dans les lois françaises, est traduite dans les termes techniques par un ensemble de normes européennes harmonisées (EN ...). Le respect de ces normes implique que la directive machine est respectée.

**Certification** : elle se traduit par une déclaration de conformité CE émise par le fabricant de la machine, et par le marquage CE apposé sur l'équipement. Cela peut être une auto certification du fabricant, ou un examen CE effectué par un organisme agréé.

**Démarche générale** :



## Appréciation des risques

- ☞ Mécaniques
- ☞ Electriques
- ☞ Physico chimiques

Selon l'approche suivante :

- ☞ **Etape 1** : Connaissance de l'environnement et de l'utilisation de la machine
- ☞ **Etape 2** : Evaluation globale du risque (EN 1050)
- ☞ **Etape 3** : Réduction du risque (EN 292)

**Zones dangereuses** : volume à l'intérieur duquel il y a risques (on peut être amené à y pénétrer pour des réglages, changements d'outil...)

**Distance de sécurité** : distance minimale du dispositif de protection à la zone dangereuse

**Les normes** : le respect des normes implique la conformité à la directive machine. Principales normes :

---

Type A : normes de base, principes généraux...	Type B : normes de groupe	Type C : prescriptions de sécurité pour une famille de machines
EN 292-1 et -2 : Sécurité des machines, notions fondamentales	EN 60204-1 : Equipement électrique des machines	EN 201 : presses à injecter les plastiques et le caoutchouc
EN 1050 : Appréciation du risque	EN 418 : Equipement d'arrêt d'urgence	Pr EN 692 : presses mécaniques
	EN 954-1 : Partie des commandes relative à la sécurité (traitement des AU, capteurs de sécu, relais de sécurité...)	
	EN 294 : distances de sécurité pour la protection des membres supérieurs	

## EN 292 : Sécurité des machines, notions fondamentales et principes généraux de conception

La **partie 1** comporte les définitions, la description des différents risques, la méthodologie de conception et réalisation de machines sûres, l'estimation du risque

La **partie 2** donne des conseils d'application pour suivre la stratégie suivante en 4 volets : prévention intrinsèque, protections, instructions pour l'utilisateur, dispositions supplémentaires

Le logiciel LOGINORME (édité par l'INRS) aide le concepteur / réalisateur à l'appréciation des risques, des catégories d'arrêt d'urgence...

## EN 60204-1 : Equipement électrique des machines

(protection des personnes, des biens, interface homme-machine, système de commande, raccordement, câblage, documentation, marquage)

Elle définit trois **catégories d'arrêt d'urgence** :

- ☞ **Catégorie 0** : suppression immédiate de la puissance (arrêt non contrôlé)
- ☞ **Catégorie 1** : arrêt contrôlé en maintenant la puissance sur les actionneurs jusqu'à l'arrêt, suivi de la coupure de la puissance
- ☞ **Catégorie 2** : arrêt contrôlé avec maintien de la puissance sur les actionneurs

Elle définit également les codes des couleurs à uniformiser pour les boutons et voyants, les repères de câblage...

## EN 418 : Equipement d'arrêt d'urgence

(Fonction destinée à parer les risques, est déclenchée par une action humaine).

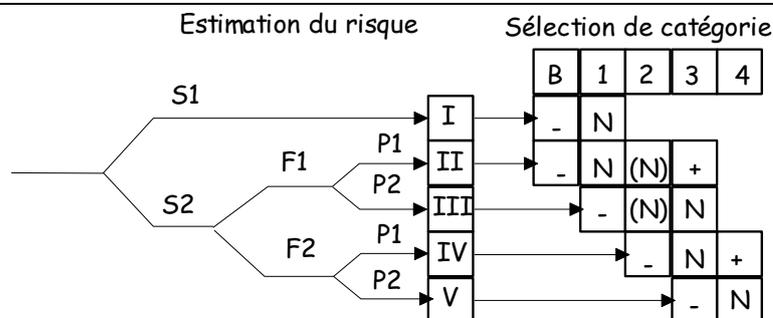
**Exigences de sécurité** :

- ☞ la fonction d'AU doit être disponible à tout moment (donc logique câblée)
- ☞ l'arrêt d'urgence doit fonctionner selon le principe de l'action positive (défini dans la EN 292)
- ☞ l'AU peut être de catégorie 0 ou 1

## EN 954-1 : Partie des systèmes de commande relative à la sécurité

Elle définit notamment différentes catégories quant au traitement de la sécurité.

**Attention** : ce tableau n'analyse pas tous les risques, mais seulement ceux liés à la partie commande



**S Gravité de la lésion**

S1 lésion légère  
S2 lésion sérieuse

**F Fréquence et durée d'exposition au risque**

F1 rare à assez fréquent  
F2 fréquent à continu

**P Possibilité d'éviter le phénomène dangereux**

P1 possible sous certaines conditions  
P2 rarement possible

**I-V Niveau du risque estimé****B,1-4 Catégorie de la partie du système de commande relative à la sécurité**

N Catégorie normale pour le niveau de risque

(N) possibilité supplémentaire pour des solutions normalisées de dispositifs de protection et pour du matériel électronique

+,- Passage à la catégorie supérieure ou inférieure

**Catégories de la partie du système de commande relative à la sécurité :**

Catégorie	Base principale de la sécurité	Exigence du système de commande	Comportement en cas de défaut	Commentaires
<b>B</b>	Par la sélection de composants conformes aux normes particulières	Selon les règles de l'art en la matière	Perte possible de la fonction de sécurité	Machines domestiques, de faible puissance
<b>1</b>	Par la sélection des composants et de principes de sécurité	Utilisation de composants et de principes éprouvés	Perte possible de la fonction de sécurité avec une probabilité plus faible	Pas de redondance sur l'entrée ni la sortie. Pas de redondance interne (relais à contacts liés mécaniquement)
<b>2</b>	Par la structure des circuits de sécurité	Test par cycle. La périodicité du test est adaptée à la machine	Défaut détecté à chaque test	Redondance ou non sur les entrées Boucle de retour permettant un test cyclique sur la sortie Ex : auto contrôle
<b>3</b>	Par la structure des circuits de sécurité	Un défaut unique ne doit pas amener à la perte de la sécurité. Ce défaut doit être détecté si cela est possible	Fonction de sécurité garantie, même en cas d'accumulation de défauts	Redondance sur les entrées et sorties
<b>4</b>	Par la structure des circuits de sécurité	Un défaut unique ne doit pas amener à la perte de la sécurité. Ce défaut doit être détecté dès ou avant la prochaine sollicitation de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité toujours garantie	Redondance sur les entrées et sorties Test cyclique des sorties par la boucle de retour  Ex : redondance + auto contrôle, relais de sécurité

# Les techniques de la sécurité

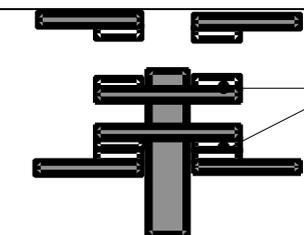
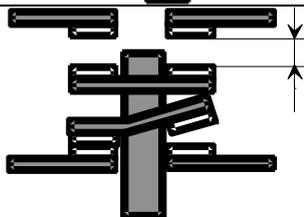
Cette partie reprends pour une large part des extraits du catalogue Télémécanique : Constituants pour applications de sécurité.

L'objectif est d'aider au choix et à la conception des dispositifs de protection (fin de courses, détection d'ouverture de portes...). Plus particulièrement, il s'agit de guider le choix des détecteurs électromécaniques et des relais de sécurité.

## Contacts de sécurité : contacts électriques liés mécaniquement

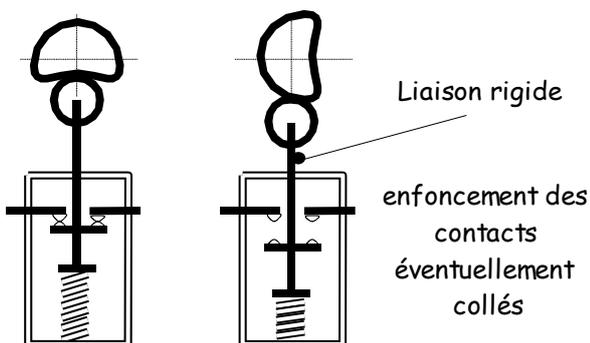
Ce sont des contacts ayant :

- ☞ Un lien mécanique entre les contacts
- ☞ Un isolement minimum entre les grains d'un contact ouvert, même en cas de soudure d'un contact fermé

<p>La liaison mécanique (guidage forcé) permet d'être sûr que les contacts NF et NO ne seront jamais fermés en même temps, quelle que soit la course. Il n'y a pas de recouvrement entre les courses d'activation / désactivation.</p>	 <p>contacts liés mécaniquement</p>
<p>En cas de soudure d'un contact NF, les contacts NO ne doivent plus pouvoir se fermer lors de l'excitation de la bobine. En cas de soudure d'un contact NO, les contacts NF ne doivent plus pouvoir se fermer lors de la désexcitation de la bobine.</p>	 <p>0,5 mm mini (coupure simple) 2x0,3 mm mini (coupure double)</p>

## Contacts de sécurité : manœuvre positive d'ouverture des contacts

Cela concerne tous les contacts : capteurs, mais aussi relais (KAU par exemple)

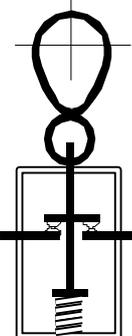
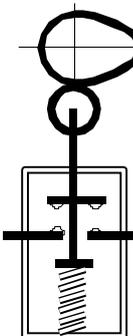
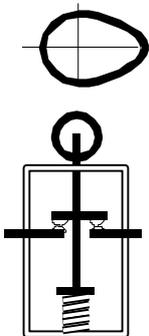
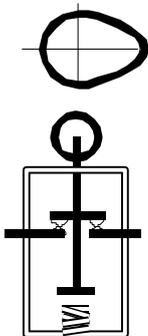


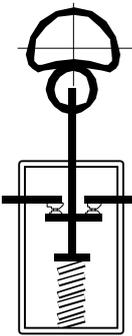
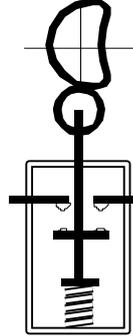
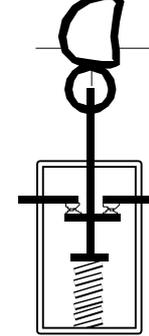
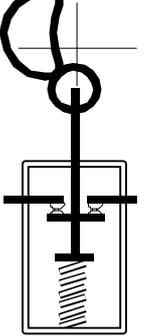
Un appareil de commutation électrique est dit à manœuvre positive d'ouverture des contacts si les contacts d'ouverture peuvent être amenés avec certitude à leur position d'ouverture : il n'y a pas de liaison élastique entre la tête d'attaque et les contacts.

Conséquence : si les contacts sont collés, l'activation du capteur entraîne l'ouverture " en force " des contacts par enfonceur.

## Les techniques d'utilisation des capteurs de sécurité : modes positif, négatif, combiné

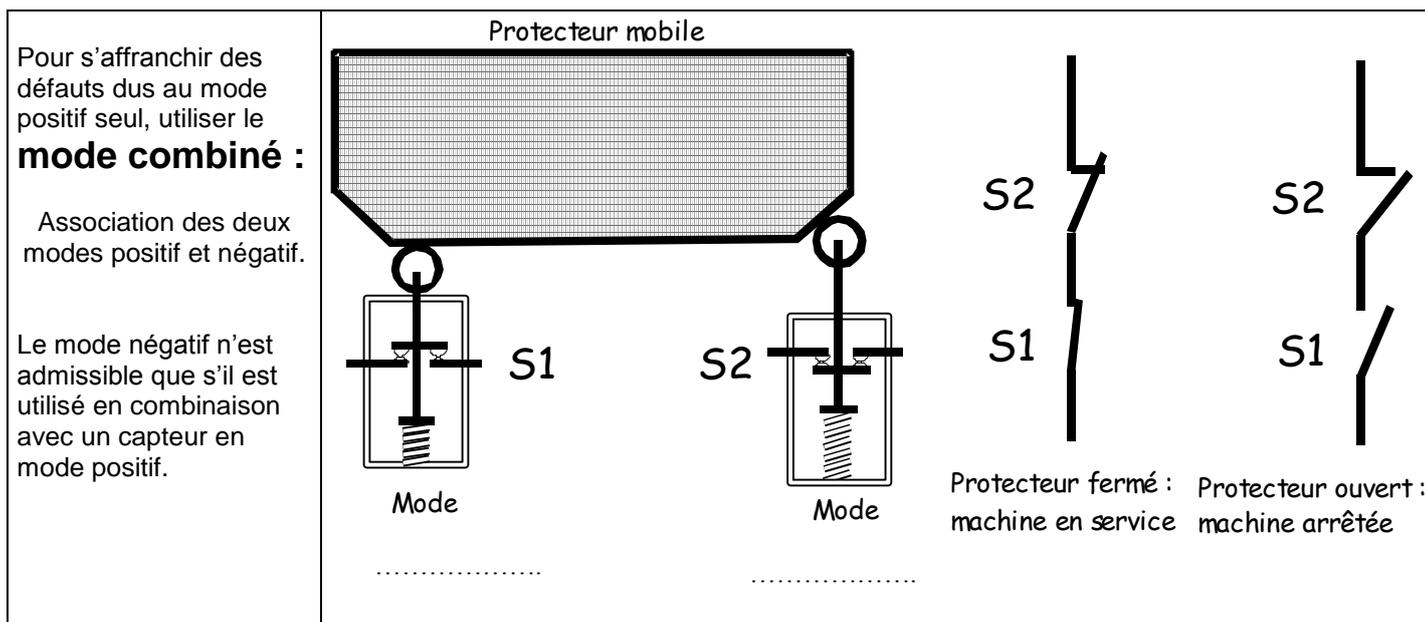
Ces modes définissent l'exploitation des capteurs utilisés.

<p>Fonctionnement du capteur en <b>mode négatif</b> :</p> <p>Machine en fonctionnement = capteur actionné</p> <p>Les défauts possibles sont internes au capteur, ils ne peuvent pas être détectés par la maintenance préventive</p>				
	<p>Machine en service</p>	<p>Machine arrêtée</p>	<p>Contacts collés Défaillances dangereuses : la machine continue de fonctionner</p>	<p>Ressort cassé Défaillances dangereuses : la machine continue de fonctionner</p>

<p>Fonctionnement du capteur en <b>mode positif</b> :</p> <p>Machine en fonctionnement = capteur au repos</p> <p>Les défauts " invisibles " (internes au capteur) comme contacts collés ou ressort cassé ne conduisent plus à une situation dangereuse. Par contre, une maintenance préventive permet de s'affranchir des défauts dangereux présentés ci-contre.</p>				
	<p>Machine en service</p>	<p>Machine arrêtée</p>	<p>Galet usé Défaillances dangereuses : la machine continue de fonctionner</p>	<p>Came mal alignée Défaillances dangereuses : la machine continue de fonctionner</p>

**SI LE CAPTEUR EST UNIQUE, IL DOIT ÊTRE INSTALLÉ SELON LE MODE POSITIF**

Cependant, il reste encore les défauts possibles du mode positif, qui peuvent conduire à des situations dangereuses.



## Les méthodes : la redondance

La redondance consiste à doubler la sécurité : la défaillance d'un organe est alors compensée par le bon fonctionnement d'un autre (on suppose bien sûr qu'ils ne peuvent être défaillants simultanément...)

**Redondance homogène** : la redondance est de même nature que le circuit initial. Par exemple, doubler les contacts NF des circuits d'AU

**Redondance hétérogène** : la redondance est de nature différente du circuit initial. Par exemple, le deuxième circuit d'AU est connecté à un API. Il y a donc une sécurité câblée associée à une sécurité logicielle.

**Redondance passive** : lorsque la redondance n'est mise en fonction qu'après la mise en défaut du circuit initial. Par exemple, c'est le cas des groupes Normal / Secours : le groupe de secours est démarré si l'alimentation normale est mise en défaut.

**Redondance active** : Lorsque tous les circuits de sécurité sont en fonction en même temps. Par exemple, c'est le cas du doublage en série des circuits d'AU. Pour l'exemple précédent, la redondance serait active si le groupe électrogène était en fonction en permanence.

De manière générale, une redondance active améliore la sécurité, une redondance passive ne permet d'améliorer que la disponibilité du système.

## Les méthodes : l'auto contrôle

Cela consiste à vérifier automatiquement le fonctionnement de chacun des organes qui changent d'état à chaque cycle de fonctionnement. Par conséquent, on peut interdire le cycle suivant en cas de défaut.

L'auto contrôle des deux relais de sécurité redondants doit les maintenir dans une position de sécurité (au repos) dès qu'une défaillance apparaît, et ne pas autoriser le réarmement du système.

L'auto contrôle se fait en surveillant plusieurs contacts d'un même relais. Il est donc indispensable que celui-ci soit à contacts mécaniquement liés.

## Redondance + auto contrôle

Pour une redondance seule, le premier défaut d'un circuit peut ne pas être détecté. La fonction de sécurité est assurée alors qu'un des deux contacts redondants d'AU est shunté par exemple (tous les contacts sont en série), mais on ne détecte pas ce défaut.

En y associant l'auto contrôle, un premier défaut est nécessairement détecté avant qu'un deuxième défaut n'intervienne : le cycle suivant de manœuvre est interdit.

## Relais de sécurité

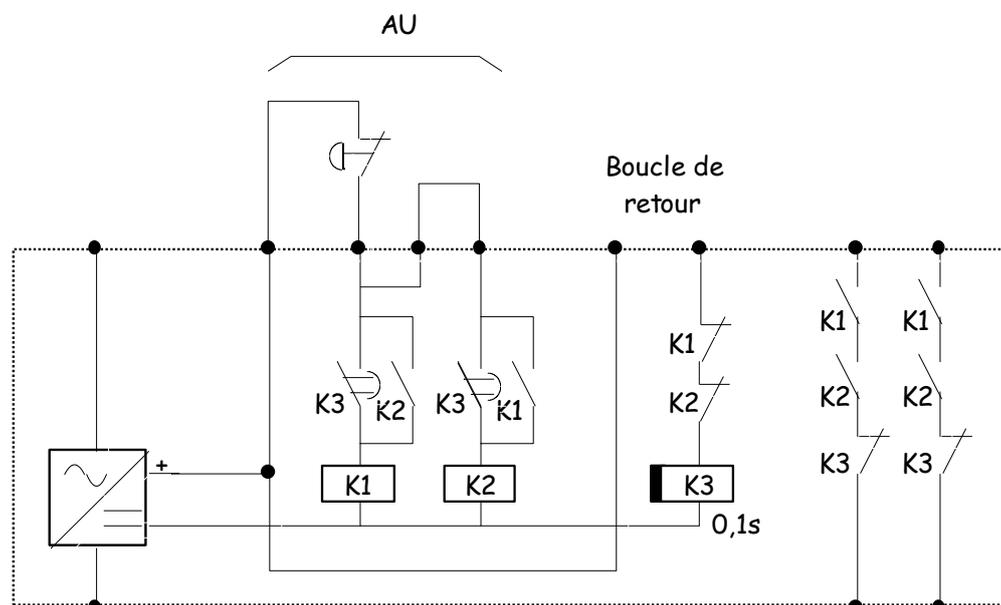
Ces relais associent :

- ☞ Le traitement de la redondance
- ☞ L'autocontrôle

Ils comportent :

- ☞ Des contacts à manœuvre positive d'ouverture
- ☞ Des relais à contacts liés mécaniquement

Ce sont par exemple la gamme PREVENTA de Télémécanique ou les relais de sécurité PILZ.



# Etude du document “ Les techniques de la sécurité ”

1- Pour indiquer un défaut, quelle solution choisissez vous, et pourquoi :

Machine	En marche	Détection du défaut
Capteur type 1	Fermé	Ouvert
Capteur type 2	Ouvert	Fermé

- 2- Rappeler ce qu'est un contact à action brusque, dépendante
- 3- Définir ce qu'est une manœuvre positive d'ouverture des contacts
- 4- Des contacts de sécurité multiples (AU,...) se montent en série ou en parallèle ?
- 5- Définir pour les contacts de sécurité, mode d'action positif, négatif, combiné
- 6- Quelles sont les défaillances possibles d'un contact capteur ?
- 7- Contacts liés mécaniquement :  
En cas de soudure d'un des jeux de contacts, l'autre jeu est il forcément ouvert ?  
Quelle est la distance mini d'ouverture que les contacts doivent respecter ?  
Les deux contacts peuvent ils être fermés simultanément ?
- 8- Définir la redondance, l'auto contrôle, la redondance hétérogène
- 9- Définir la fonction de la protection par isolation totale
- 10- Etudier le schéma interne d'un relais de sécurité “ préventa ” (remarque K3 est le relais d'auto contrôle)  
Un relais préventa permet une protection de catégorie :.....  
Les entrées de sécurité sont elles alimentées en continu ou alternatif ?  
Etude des redondances : compléter le tableau suivant

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
Fonctionnement normal			
Mise en défaut			

- 11- Les contacts K1 et K2 sont liés mécaniquement, permettant l'auto contrôle  
Expliquer pourquoi et dans quelles conditions le relais déclenche même si un des contacts internes reste collé (défaut interne au relais de sécurité)
  - 12- Expliquer pourquoi et dans quelles conditions le relais déclenche même si un des contacts de l'arrêt d'urgence reste collé ou est court circuité (défaut sur les entrées)
- 
-