

Désignation	Utilisation	Courant thermique sous boîtier	Courant de service nominal $I_e$ à la tension de service nominale $U_e$						VA	
			120 V	240 V	380 V	480 V	500 V	600 V	Etablis- sement	Fermeture
A150	AC-15	10	6	–	–	–	–	–	7 200	720
A300	AC-15	10	6	3	–	–	–	–	7 200	720
A600	AC-15	10	6	3	1,9	1,5	1,4	1,2	7 200	720
B150	AC-15	5	3	–	–	–	–	–	3 600	360
B300	AC-15	5	3	1,5	–	–	–	–	3 600	360
B600	AC-15	5	3	1,5	0,95	0,92	0,75	0,6	3 600	360
C150	AC-15	2,5	1,5	–	–	–	–	–	1 800	180
C300	AC-15	2,5	1,5	0,75	–	–	–	–	1 800	180
C600	AC-15	2,5	1,5	0,75	0,47	0,375	0,35	0,3	1 800	180
D150	AC-14	1	0,6	–	–	–	–	–	432	72
D300	AC-14	1	0,6	0,3	–	–	–	–	432	72
E150	AC-14	0,5	0,3	–	–	–	–	–	216	36
<b>Courant continu</b>			<b>125 V</b>	<b>250 V</b>		<b>400 V</b>	<b>500 V</b>	<b>600 V</b>		
N150	DC-13	10	2,2	–	–	–	–	–	275	275
N300	DC-13	10	2,2	1,1	–	–	–	–	275	275
N600	DC-13	10	2,2	1,1	–	0,63	0,55	0,4	275	275
P150	DC-13	5	1,1	–	–	–	–	–	138	138
P300	DC-13	5	1,1	0,55	–	–	–	–	138	138
P600	DC-13	5	1,1	0,55	–	0,31	0,27	0,2	138	138
Q150	DC-13	2,5	0,55	–	–	–	–	–	69	69
Q300	DC-13	2,5	0,55	0,27	–	–	–	–	69	69
Q600	DC-13	2,5	0,55	0,27	–	0,15	0,13	0,1	69	69
R150	DC-13	1	0,22	–	–	–	–	–	28	28
R300	DC-13	1	0,22	0,1	–	–	–	–	28	28

Tableau 3

### Nombre de capteurs

La procédure d'évaluation du risque permettra de déterminer le nombre de capteurs pouvant être raccordés à un élément de relais de surveillance de sécurité (MSRU), ainsi que la périodicité à laquelle ils doivent être contrôlés. Pour s'assurer que les arrêts d'urgence et les interrupteurs de sécurité d'accès sont opérationnels, leur fonctionnement doit être contrôlé à intervalles réguliers, comme établi par l'appréciation du risque.

Par exemple, une entrée MSRU à double canal raccordée à une porte protégée qui doit être ouverte à chaque cycle machine (c'est-à-dire plusieurs fois par jour) ne doit pas nécessairement être contrôlée. La raison en est que l'ouverture du protecteur déclenche le contrôle par le MSRU lui-même, de ses entrées et de ses sorties (selon la configuration) en vue de détecter des défaillances isolées. Plus le protecteur est ouvert souvent, plus la sûreté du processus de contrôle est élevée.

Autre exemple : les arrêts d'urgence. Ces derniers n'étant le plus souvent utilisés qu'en cas d'urgence, ils sont probablement rarement utilisés. C'est pourquoi leur efficacité doit être confirmée par

l'établissement d'un programme prévoyant leur actionnement à intervalles réguliers.

Un troisième exemple peut être fourni par les trappes d'accès pour le réglage des machines, qui à l'instar des arrêts d'urgence sont très rarement utilisées. Dans ce cas encore, un programme doit être établi prévoyant leur manœuvre à intervalle régulier.

L'évaluation des risques aide à déterminer la nécessité de contrôle des capteurs et la périodicité de ces contrôles. Plus le niveau de risque est élevé, plus la fiabilité requise pour le processus de contrôle doit être importante. Par ailleurs, la fréquence du contrôle « manuel » imposé est inversement proportionnelle à celle du contrôle « automatique ».

### Puissances de sortie

Les puissances de sortie indiquent la capacité d'un dispositif de protection à commuter des charges. En principe, les puissances des dispositifs industriels, sont décrites comme résistives ou inductives. Une charge résistive peut être un élément chauffant. Les charges inductives sont en général des relais, des contacteurs, ou des solénoïdes : lorsque la charge présente une caractéristique inductive importante. L'Annexe A de la norme CEI 60947-5-1, reprise dans le Tableau 3, définit les caractéristiques nominales des charges.



## Principes de sécurité

### Protection de commande

**Identification** : L'identification est formée d'une lettre suivie d'un chiffre, par exemple A300,

#### A 3 0 0

La lettre se rapporte au courant thermique conventionnel sous boîtier et indique si le courant est continu ou alternatif. Par exemple, la lettre A représente 10 ampères en courant alternatif. Le chiffre indique la tension d'isolation. Par exemple, 300 représente 300 V.

**Utilisation** : Les catégories d'emploi indiquent les types de charges que le dispositif doit commuter. Les trois catégories d'emploi relevant de la norme CEI 947-5 sont répertoriées dans le Tableau 4.

Utilisation	Description des charges
AC-12	Commande de charges résistives et statiques avec isolement par optocoupleurs
AC-13	Commande de charges statiques avec isolement par transformateur
AC-14	Commande de charges inductives réduites (inférieures à 72 VA)
AC-15	Charges inductives supérieures à 72 VA
DC-12	Commande de charges résistives et statiques avec isolement par optocoupleurs
DC-13	Commande d'électroaimants
DC-14	Commande de charges inductives pourvues de résistances d'économie dans le circuit

Tableau 4

**Courant thermique,  $I_{th}$**  : Le courant thermique conventionnel sous boîtier correspond à la valeur du courant utilisé pour les essais d'échauffement de l'équipement monté dans un boîtier spécifié.

**Tension  $U_e$  et courant nominal de service  $I_e$**  : Le courant de service nominal et la tension de service nominale spécifient les capacités d'établissement et de coupure des éléments de coupure dans les conditions normales de service.

Les produits Allen-Bradley Guardmaster sont spécifiquement conçus pour 125VCA, 250VCA et 24VCC. Consulter l'usine pour une utilisation sous des tensions différentes des valeurs spécifiées.

**VA** : Les caractéristiques en VA (Volt-Ampère) indiquent les pouvoirs d'établissement et de coupure du circuit.

Exemple n° 1 : La classification « A150, AC -15 » indique que les contacts peuvent fermer un circuit de 7 200 VA. Sous 120 V c.a., les contacts peuvent établir un circuit sous 60 A. Puisque AC-15 désigne une charge inductive, les 60 A ne passent que pendant un court laps de temps ; c'est le courant d'appel de la charge inductive. La coupure du circuit ne se fait qu'à 720 VA, car le courant de régime établi de la charge inductive est de 6 A, ce qui correspond au courant de service nominal.

Exemple n° 2 : La classification « N150, DC-13 » indique que les contacts peuvent établir un circuit de 275 VA. Sous 125 V c.a., les contacts peuvent établir un circuit de 2,2 A. En courant continu, les charges électromagnétiques n'ont pas un courant d'appel comme en courant alternatif. La coupure du circuit ne se fait également qu'à 275 VA, car le courant en régime établi de la charge électromagnétique est de 2,2 A, ce qui correspond au courant de service nominal.

### Principes et systèmes d'interrupteur de sécurité

Parmi les différents types d'appareils de protection, l'un des plus importants est l'interrupteur de sécurité, qui conditionne l'alimentation de l'équipement dangereux à l'état de la protection d'accès.

L'ouverture du protecteur réalise l'isolement de l'alimentation, assurant ainsi la disparition de la situation dangereuse lorsque l'opérateur doit accéder à l'équipement dangereux.

Il existe un grand nombre de variantes d'interrupteur de sécurité, chacun avec ses propres caractéristiques.

Il est très important de s'assurer que le type d'équipement choisi convient à l'application. Plus loin dans le présent chapitre, est évoquée une série de décisions logiques conduisant au choix exact du dispositif à utiliser. Mais commençons tout d'abord par nous familiariser avec quelques-unes des caractéristiques et impératifs indiquant qu'un équipement est adapté à telle ou telle application d'interrupteur de sécurité.

#### Normes

La norme ISO 14119 : La norme ISO « Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs » fournit des conseils et a pour vocation d'être utilisée conjointement à la norme CEI 60947-5-1 pour les capteurs électromécaniques et une norme équivalente (CEI 60947-5-3) pour les capteurs magnétiques et inductifs.

#### Fiabilité

Un interrupteur de sécurité doit fonctionner de manière fiable même dans des conditions extrêmes et soumis à un traitement brutal. Le mécanisme de manœuvre doit être aussi simple que possible. Tous les matériaux employés pour sa fabrication de la meilleure qualité. La conception doit faire en sorte que l'usure des composants soit limitée au maximum. Le mécanisme doit être enfermé dans un boîtier robuste scellé.

#### Sécurité

La sécurité d'un interrupteur de sécurité est dépendante de sa capacité à résister aux tentatives de manipulations frauduleuses ou de neutraliser son mécanisme. Il doit être conçu de telle sorte qu'il ne soit pas facile de le neutraliser.

Il peut arriver que les circonstances poussent le personnel à neutraliser l'interrupteur de sécurité d'une manière ou d'une autre. Les enseignements sur l'exploitation de la machine, rassemblés pendant la phase d'évaluation des risques, aident à déterminer la probabilité que cela se produise. Plus elle est élevée, plus le capteur ou le système doivent être difficiles à neutraliser. Le niveau de risque estimé doit également entrer en ligne de compte à ce stade. Les interrupteurs sont disponibles avec différents niveaux de sécurité, allant de la résistance à la modification indésirable à la quasi-impossibilité de neutralisation.

Il est à noter à ce stade, que dans les cas où un haut niveau de sécurité est requis, il est parfois plus pratique d'y arriver par la façon dont l'interrupteur de sécurité est monté.



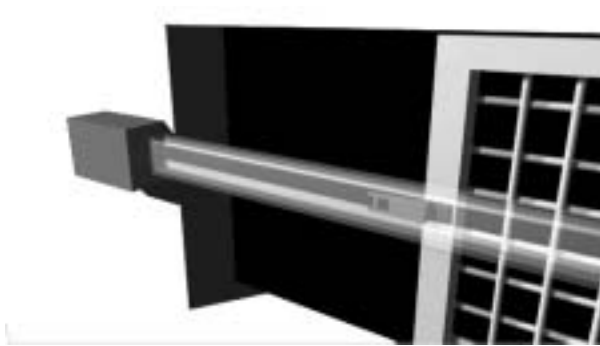


Figure 44

Par exemple, si le capteur est mis en place comme illustré à la Figure 44 avec une glissière de protection, il reste inaccessible même lorsque la porte du protecteur est ouverte. La nature des mesures d'inviolabilité prises au moment du montage dépend du principe de fonctionnement de l'interrupteur.

#### Fonctionnement en mode positif (également désigné par ouverture directe)

La norme ISO TR 12100-2 explique qu'un composant mécanique en mouvement entraîne inévitablement un autre organe dans son mouvement, que ce soit par contact direct ou par l'intermédiaire d'éléments rigides ; on dit que ces organes sont connectés entre eux en mode positif.

Avec les interrupteurs de sécurité isolés de type mécanique, lorsque le protecteur est ouvert, le déplacement du protecteur doit être relié en mode positif aux contacts de sécurité de l'interrupteur. La garantie est ainsi acquise que les contacts sont physiquement séparés ou « déconnectés de force » par le déplacement du protecteur.

L'interrupteur NE DOIT PAS dépendre exclusivement de la pression du ressort pour ouvrir les contacts, la force exercée pouvant être insuffisante pour surmonter un éventuel collage ou soudure des contacts. Il est par ailleurs possible que l'interrupteur crée une situation de danger si en cas de rupture du ressort, il n'existe aucun autre moyen d'ouvrir les contacts.

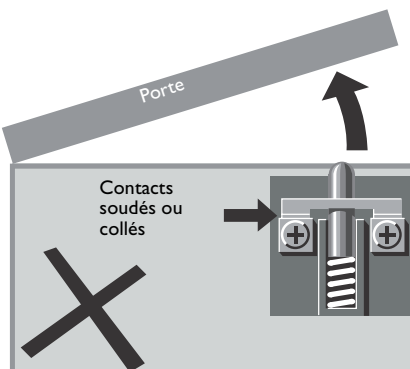


Figure 45

La Figure 45 illustre un exemple de système de fonctionnement en mode négatif (ou non positif). La porte du protecteur et les contacts de sécurité ne sont rendus solidaires par aucune liaison directe, si

bien que le système dépend entièrement de la pression du ressort pour ouvrir les contacts. En cas de mauvais fonctionnement du ressort, de soudure ou de collage des contacts, le système est défaillant et par conséquent parfaitement inacceptable. Les systèmes de ce type sont de surcroît faciles à frauder : il suffit de pousser sur le piston plongeur pendant que le protecteur est ouvert. Pire, l'interrupteur peut être déclenché accidentellement par l'opérateur en se penchant sur ou à l'intérieur de la machine, alors que le protecteur est ouvert.

**Remarque :** L'utilisation combinée d'un dispositif en mode négatif avec un autre en mode positif peut être acceptable dans certaines applications.

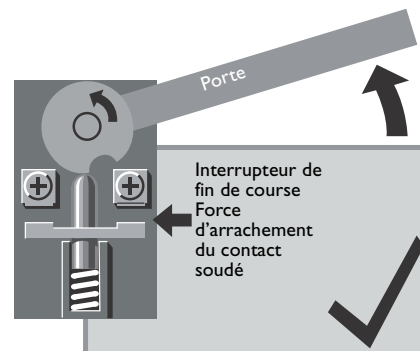


Figure 46

La Figure 46 propose un exemple simple de dispositif en mode positif, provoquant un arrachement forcé du contact. L'articulation du protecteur est munie d'une came qui actionne directement les contacts lors de sa manœuvre, même lorsque la porte est ouverte. Les contacts ne peuvent se fermer sous l'action de la force de rappel du ressort que lorsque le protecteur est complètement fermé. Toute rupture du ressort entraîne une défaillance du système conduisant à la situation de sécurité.

#### Boîtier

Le principe de fonctionnement en mode positif illustré à la Figure 46 est utilisé pour chaque interrupteur de sécurité Guardmaster auquel il peut s'appliquer. Ces derniers empêchent en outre tout abus car le bloc de contacts et la came sont scellés dans un boîtier robuste présentant toutes les garanties de sécurité. Ainsi, il est impossible de séparer la came du bloc de contacts et de neutraliser l'interrupteur de sécurité, en fraisant par exemple une encoche supplémentaire dans la came. Le même principe est adapté aux modèles d'interrupteurs de sécurité à broche tels qu'illustrés à la Figure 47. Ces dispositifs sont d'un emploi très courant car ils sont faciles à fixer sur le bourrelet d'ouverture du protecteur et peuvent être adaptés aux protecteurs coulissants, articulés, ou amovibles. La broche de l'actionneur est montée sur le protecteur et force ainsi la déconnexion des contacts lors de l'ouverture du protecteur. Le mécanisme du capteur est monté en boîtier et la commande de la broche est conçue pour être inviolable.



## Principes de sécurité

### Protection de commande

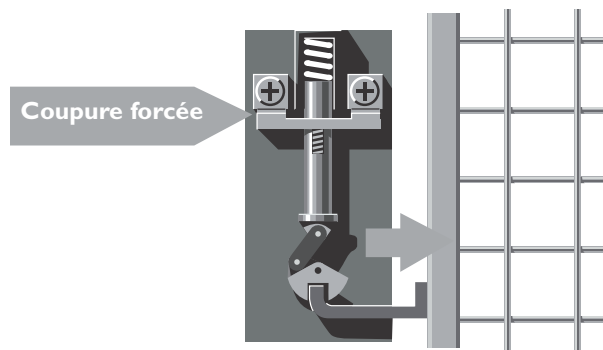


Figure 47

#### Adéquation à l'emploi projeté

Au minimum, tous les concepts et matériaux doivent être capables de résister aux contraintes liées au fonctionnement et aux influences extérieures prévisibles.

#### Autres principes de sécurité

Avec les systèmes dont le principe de manœuvre n'est pas mécanique, il n'y a aucun contact physique (en conditions normales) entre l'interrupteur et le dispositif actionneur. Par conséquent, le principe de fonctionnement en mode positif ne peut être utilisé comme moyen d'assurer l'action de commutation, et il faut recourir à d'autres méthodes, telles que celles décrites maintenant.

#### Mode en Défaillance orientée

Avec des dispositifs simples, il est possible d'utiliser des composants à mode de fonctionnement à panne orientée, comme l'explique la norme ISO TR 12100-2. Il s'agit de composants pour lesquels le mode de défaillance prédominant est connu à l'avance et ne change pas. Le dispositif est conçu de telle manière que tout événement susceptible d'entraîner un dysfonctionnement provoquera la mise hors tension du dispositif.

Exemple de dispositif faisant appel à cette technique : l'interrupteur de sécurité magnétique sans contact Guardmaster FERROGARD. Les contacts sont raccordés à un dispositif interne de protection contre les surintensités non réarmable. Toute surintensité dans le circuit protégé ouvre

le circuit au niveau du dispositif de protection, lequel est conçu pour fonctionner à un niveau de courant bien inférieur à celui susceptible de mettre en danger les contacts de sécurité.

#### Redondance (également appelée doublement des circuits)

Si le dispositif fait appel à des constituants sans sécurité intrinsèque et néanmoins essentiels à la fonction de sécurité, il est possible d'obtenir un niveau acceptable de sécurité en doublant ces composants ou systèmes. En cas de défaillance d'un des composants, l'autre peut prendre la relève et continuer à assurer la fonction. Il est généralement nécessaire d'assurer une surveillance, de manière à détecter la première défaillance et ainsi éviter, par exemple, qu'un système à deux voies ne passe en monovoie sans que personne ne s'en rende compte. Il faut également faire attention aux indications de défaillances d'origine commune.

Tout dysfonctionnement susceptible d'entraîner une défaillance de tous les constituants (ou voies) doublés en même temps doit faire

l'objet d'une mesure de protection. Parmi ces mesures, on pourra par exemple utiliser une technologie différente pour chaque voie ou mettre en œuvre un mode de défaillance orientée.

#### Isolation galvanique

La Figure 48 illustre des blocs de contact comportant deux jeux de contacts. L'utilisation d'une barrière d'isolement galvanique s'impose si la possibilité existe que les contacts des deux jeux se touchent mutuellement en cas de soudure ou de collage.

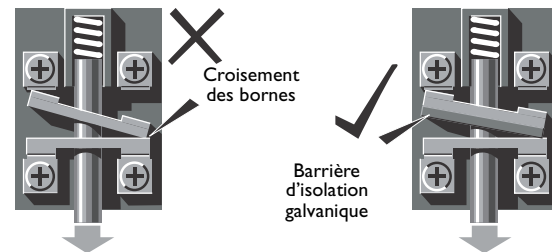


Figure 48

#### Typologie des systèmes d'interrupteurs de sécurité

Au sens le plus large, on distingue deux grands types de systèmes électriques d'interrupteurs de sécurité, dont les caractéristiques sont indiquées à la Figure 49.

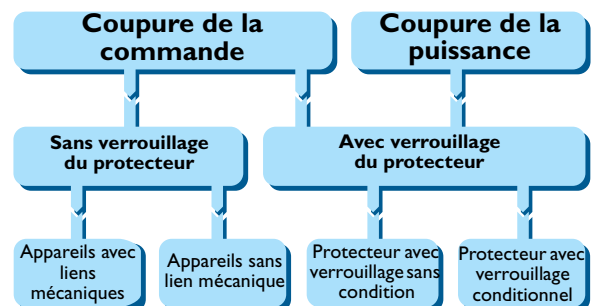


Figure 49

Coupure de la puissance : la source d'alimentation qui engendre le risque est directement coupée à l'ouverture du protecteur.

Coupure de la commande : la source d'alimentation qui engendre le risque est interrompue par le circuit de commande qui intègre les contacts de sécurité des interrupteurs de sécurité de porte.

Les pages qui suivent traitent exclusivement de l'interconnexion de sécurité des alimentations électriques, celles-ci correspondant aux besoins les plus courants, mais les mêmes principes de Contact peuvent s'appliquer aux systèmes hydrauliques et pneumatiques.

#### Coupure sur la puissance

La commutation de l'alimentation de l'équipement dangereux est solidaire du déplacement du protecteur. Pour les équipements à basse tension et courant faible, la plupart des modèles d'interrupteurs convient au verrouillage sur la puissance. Mais la plupart des machines industrielles utilisant du courant triphasé de relativement haute tension, il faut des systèmes de coupure de la puissance spécialement conçus à cet effet, avec des interrupteurs de coupure d'alimentation montrant une grande fiabilité tant en isolation qu'en pouvoir de coupure de la charge.



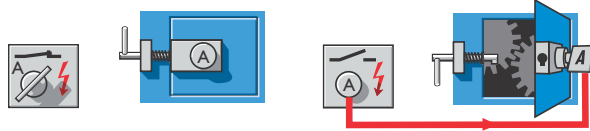


Figure 50

En matière de coupure de la puissance, la méthode la plus pratique consiste à utiliser un système à clé captive tel que le système PROSAFE (voir Figure 50). L'interrupteur-sectionneur de puissance est actionné par une clé captive lorsque l'interrupteur est en position ON. Lorsque la clé est tournée, les contacts de l'interrupteur-sectionneur s'ouvrent (alimentation coupée) et la clé peut être retirée.

Le protecteur est verrouillé en position fermée et ne peut être déverrouillé qu'en utilisant la clé de l'isolateur. Celle-ci doit être tournée pour libérer le verrouillage du protecteur, et il est impossible de la retirer tant que le protecteur n'est pas refermé et à nouveau en position verrouillée.

Il est donc impossible d'ouvrir le protecteur sans d'abord couper l'alimentation, et inversement, de remettre l'alimentation sans d'abord fermer et verrouiller le protecteur.

Les systèmes de ce type sont extrêmement fiables et présentent l'avantage de ne nécessiter aucun câblage électrique au niveau du protecteur. L'inconvénient majeur réside dans l'obligation d'utiliser la clé à chaque intervention, donc peu recommandé si l'accès au protecteur est fréquent.

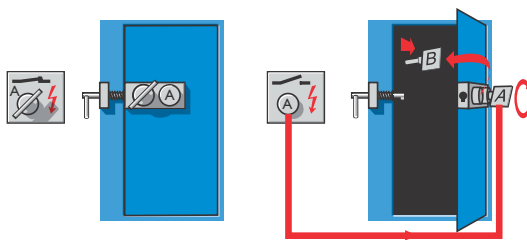


Figure 51

Pour tous les cas où l'accès complet du corps est nécessaire, l'utilisation d'une clé personnelle est conseillée, comme illustré à la Figure 51. La gamme PROSAFE est disponible en versions double clé pour répondre à ce type de besoin.

L'utilisation d'une clé personnelle apporte la garantie que l'opérateur ne peut être enfermé à l'intérieur de la zone protégée. La clé peut également servir pour les interrupteurs de mode d'apprentissage robotique, les commande d'avance pas-à-pas, etc.



Figure 52

Tourner la clé « A » dans le coupe-circuit et la retirer. L'alimentation est à présent coupée. Pour pouvoir accéder à la zone protégée par les portes de protecteur, la clé « A » est insérée et tournée dans le module d'échange de clé. Les deux clés « B » peuvent alors être retirées pour les serrures de protecteurs. La clé « A » reste captive, empêchant la remise sous tension. Les deux clés « C » peuvent alors être retirées des serrures des portes de protecteur pour servir à l'étape suivante, ou servir de clés personnelles (voir Figure 53).

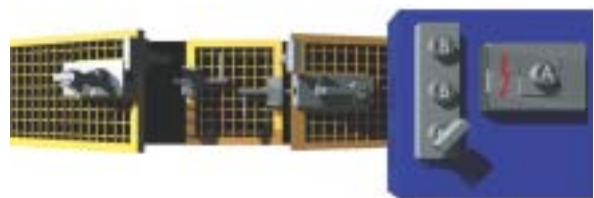


Figure 53

Les Figures 54 et 55 illustrent d'autres exemples d'applications d'interrupteurs de sécurité avec clés captives. En utilisant des serrures à double clé et des clés différentes avec un module d'échange, on peut constituer des systèmes complexes. En plus de garantir que l'alimentation est effectivement coupée avant que l'accès puisse être obtenu, le système peut aussi être utilisé pour imposer une suite de séquences logiques pour la mise en sécurité.

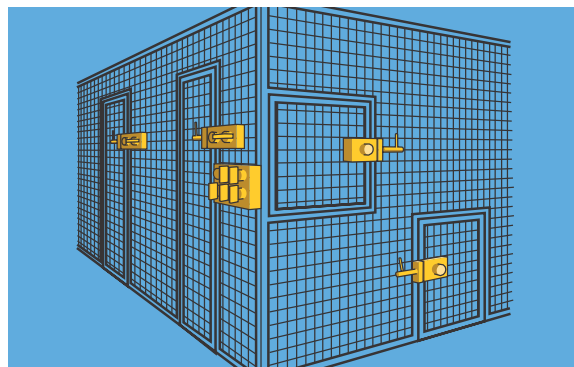


Figure 54



## Principes de sécurité

### Protection de commande

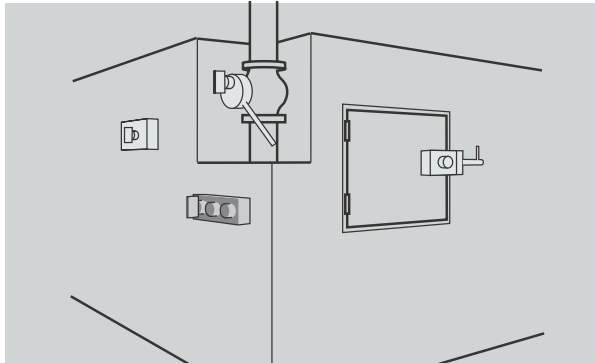


Figure 55

#### Caractéristiques requises

La sécurité des systèmes de ce type étant entièrement dépendante de la qualité de leur fonctionnement mécanique, il est essentiel que les principes et matériaux utilisés soient compatibles avec les sollicitations que l'on prévoit de leur faire subir.

Si le système comporte un coupe-circuit, ce dernier doit pouvoir fonctionner en mode positif et doit répondre aux prescriptions des parties en vigueur de la norme CEI 60947.

La fiabilité du système et la sécurité qu'il procure contre les erreurs ou les manipulations tient à ce que les clés restent captives dans certaines conditions ; par conséquent, les deux caractéristiques fondamentales suivantes doivent être réunies :

1. CHAQUE SERRURE NE DOIT POUVOIR ETRE ACTIONNEE QUE PAR LA CLE QUI LUI EST ATTRIBUEE.  
Cela implique qu'il ne doit pas être possible de « forcer » la serrure avec un tournevis, etc., ni de faire céder le mécanisme en le maltraitant d'une manière trop facile. Lorsqu'il y a plus d'une seule serrure sur un site donné, cela implique également que les clés doivent être suffisamment différentes pour éviter toute possibilité de manœuvre frauduleuse.
2. IL N'EST PAS POSSIBLE D'OBTENIR UNE CLE PAR UN AUTRE MOYEN QUE CELUI PREVU.  
Cela implique, par exemple, que dès lors qu'une clé reste captive dans la serrure, le fait d'essayer de la retirer en forçant dessus entraîne une rupture de la clé et non de la serrure.

#### Coupure sur la commande

La coupure sur la commande constitue le moyen de protection le plus couramment utilisé. Son principe est simple : on fixe un interrupteur de sécurité sur le protecteur pour en détecter l'ouverture, les contacts s'ouvrent à chaque fois que le protecteur n'est pas correctement fermé. Les contacts sont raccordés via un circuit de commande à l'élément primaire de commande de la source de danger (le contacteur). Les considérations relatives au circuit de commande spécifique sont à prendre en compte.

La Figure 49 (page 32) recense les différents types de dispositifs adaptés à la coupure sur la commande.

Une première grande distinction est à établir entre les dispositifs munis d'un système de verrouillage du protecteur, et ceux qui en sont dépourvus.

#### Interrupteurs de sécurité sans verrouillage du protecteur

Ces dispositifs ne limitent pas l'accès et le protecteur peut être ouvert à tout moment, mais dès lors qu'il est ouvert, l'interrupteur réalise la coupure de l'alimentation de l'équipement dangereux par l'intermédiaire du circuit de commande du contacteur. Si l'équipement dangereux s'arrête immédiatement et que l'opérateur ne peut donc pas atteindre les parties dangereuses avant leur arrêt complet, les prescriptions sont respectées.

SI EN REVANCHE L'ÉQUIPEMENT DANGEREUX NE S'ARRÊTE PAS IMMÉDIATEMENT, il est possible que l'opérateur puisse atteindre des parties dangereuses avant leur arrêt complet et donc que tout danger ne soit pas écarté. Trois solutions sont possibles pour éviter cette situation inacceptable :

1. Utiliser un mécanisme d'interverrouillage avec blocage du protecteur, pour empêcher toute ouverture du protecteur avant que le danger ne soit effectivement écarté. (voir Figure 56.)

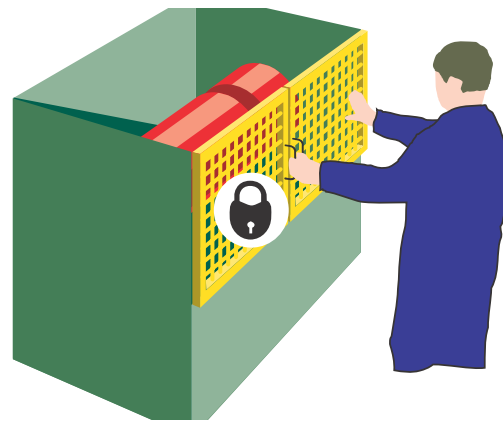


Figure 56

2. Installer un système de freinage pour permettre un arrêt rapide (voir Figure 57.) **Remarque** : l'intégrité du dispositif de freinage doit être prise en considération, tant au niveau de la défaillance de la résistance que de l'usure du système de freinage.

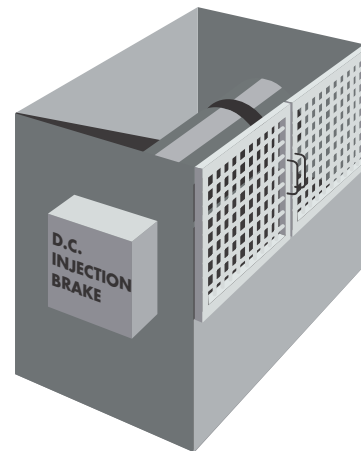


Figure 57

3. La distance séparant la porte de protecteur du phénomène dangereux doit être telle que le temps nécessaire à l'opérateur pour l'atteindre soit supérieur à celui nécessaire pour faire cesser le danger. (voir Figure 58.)



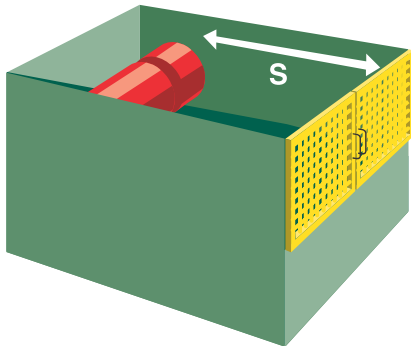


Figure 58

Si l'on a besoin d'un calcul précis, la norme EN 999 traite précisément du positionnement des équipements de protection en fonction de la vitesse d'approche des parties du corps. Pour l'instant, elle ne couvre pas spécifiquement les portes équipées d'interrupteurs de sécurité, mais il est raisonnablement possible d'en extrapoler ses principes sur le positionnement d'autres dispositifs de sécurité, basés sur la vitesse d'approche et le temps d'arrêt de la machine, sans verrouillage de la porte. La formule suivante donnée par l'EN 999 donne un résultat fiable.

$$S = (K \times T) + C$$

Où :

**S** = la distance minimale séparant la zone à risque du bourrelet d'ouverture du protecteur.

**K** = 1 600 (suggestion). Ce paramètre se fonde sur des recherches montrant qu'il est raisonnable de prendre pour référence une vitesse d'approche de l'opérateur égale à 1 600 mm/s. Les conditions réelles d'application sont toutefois à prendre en compte. En règle générale, la vitesse d'approche varie entre 1 600 et 2 500 mm/s.

**T** = temps d'arrêt complet du système, c'est-à-dire le temps total (en secondes) depuis l'ouverture des contacts du système d'interrupteur de sécurité jusqu'à la disparition du risque.

**C** = distance additionnelle (en mm) pour tenir compte d'une possible intrusion vers la zone à risque. L'utilisation de ce paramètre est dépendante de la possibilité pour l'opérateur d'atteindre la zone de danger par contournement ou de pénétrer dans la zone protection avant que les contacts d'interruption ne soient ouverts. Par exemple, le grillage du protecteur peut être suffisamment large pour permettre le passage d'un doigt, d'une main ou d'un bras. Les normes EN 294 et EN 811 donnent de plus amples indications sur le calcul des distances de sécurité.

Les interrupteurs de sécurité sans verrouillage du protecteur se subdivisent encore en deux catégories, selon qu'ils sont actionnés mécaniquement ou actionnés sans contact.

#### Dispositifs à manœuvre mécanique

Avec les dispositifs de ce type, le protecteur est lié mécaniquement aux contacts du circuit de commande de l'interrupteur fonctionnant en mode positif. On distingue trois types principaux d'actionneurs mécaniques.

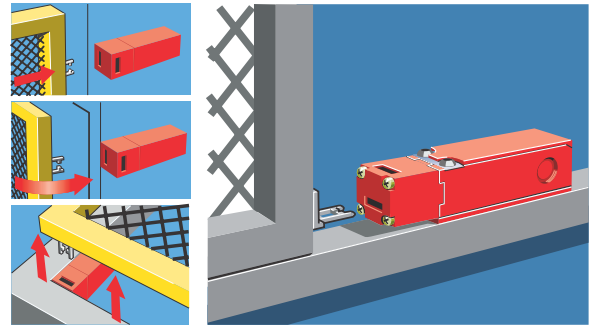


Figure 59

Il s'agit de :

#### Actionneurs à broche

Avec l'interrupteur Guardmaster Cadet illustré à la Figure 59, la « broche » est fixée sur le protecteur et ouvre ou ferme les contacts par le biais du mécanisme interne.

#### Caractéristiques :

La broche et le mécanisme interne sont conçus pour garantir l'inviolabilité de l'interrupteur. Ces appareils sont fiables et faciles à installer.

Utilisables indifféremment avec des protecteurs coulissants, articulés et amovibles, ils comptent par cette polyvalence parmi les interrupteurs les plus couramment utilisés.

#### A prendre en considération :

La broche montée sur le protecteur doit être suffisamment bien alignée sur le trou d'entrée du boîtier d'interrupteur. Les interrupteurs de ce type peuvent être difficiles à nettoyer complètement, ce qui peut poser problème dans les industries agro-alimentaires et pharmaceutiques.

#### Actionneurs à charnière

Le dispositif est monté sur la charnière de porte, comme illustré à la Figure 60. La transmission du mouvement d'ouverture du protecteur avec les contacts du circuit de commande est réalisée au moyen d'un mécanisme fonctionnant en mode positif.

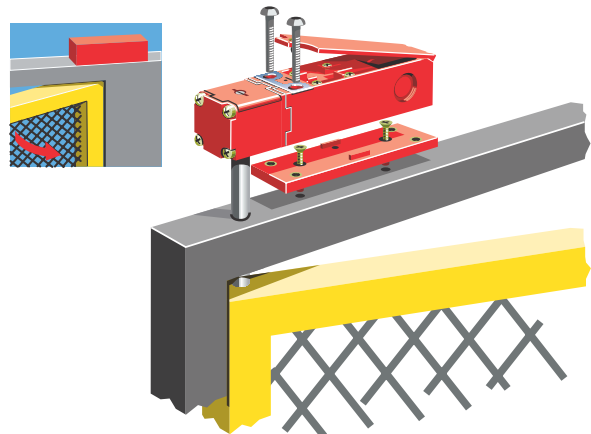


Figure 60



## Principes de sécurité

### Protection de commande

#### Caractéristiques :

Lorsque l'installation est bien réalisée, les interrupteurs de ce type conviennent idéalement à la plupart des protecteurs articulés dont l'axe d'articulation est accessible. Ils sont capables de réaliser l'isolement du circuit de commande sous un angle d'ouverture du protecteur de 3° seulement et sont pratiquement inviolables sans démontage complet du protecteur.

#### A prendre en considération :

Il faut faire attention car un angle d'ouverture de seulement 3°, peut entraîner un entrebâillement important sur le bourrelet ouvrant des protecteurs très larges. Il est également important de veiller à ce qu'un protecteur lourd ne soumette pas la tige d'activation de l'interrupteur à un effort excessif.

#### Actionneurs à came

Pour ce type de configuration, on utilise généralement un interrupteur de fin de course en mode positif (ou de position) associé à un actionneur linéaire ou rotatif (comme illustré à la Figure 61). L'usage en est généralement réservé aux protecteurs coulissants ; à l'ouverture de ceux-ci, la came pousse sur le noyau-plongeur pour ouvrir les contacts du circuit de commande.

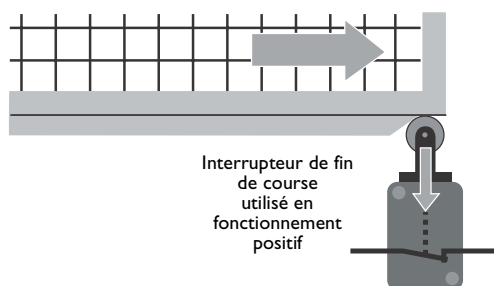


Figure 61

#### Caractéristiques :

La simplicité du système permet d'utiliser un interrupteur à la fois fiable et compact.

#### A prendre en considération :

Non utilisable avec les protecteurs amovibles.

Il est primordial que l'interrupteur à plongeur soit exactement en bout de course lorsque le protecteur est complètement fermé. Cela implique d'installer au besoin des butées supplémentaires pour limiter le mouvement du protecteur dans les deux directions.

Il est nécessaire de fabriquer une came convenablement profilée pour qu'elle assure sa fonction dans les tolérances définies. La came, fixée sur le protecteur, ne doit jamais se trouver séparée de l'interrupteur, sous peine de fermeture des contacts de ce dernier. Un tel système est vulnérable aux défaillances causées par l'usure, en particulier lorsque la came est mal profilée ou en présence de particules abrasives.

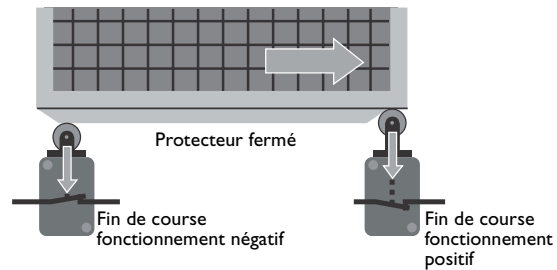


Figure 62

Il est souvent souhaitable d'associer deux capteurs comme illustré à la Figure 62.

#### Appareils à déclenchement sans contact (non mécanique)

Avec les dispositifs de ce type, le protecteur est relié aux contacts de circuit de commande de l'interrupteur via un champ magnétique ou électronique. Pour les rendre compatibles avec les exigences des interconnexions de sécurité, ils doivent posséder des perfectionnements à même de garantir un fonctionnement satisfaisant.

Parce qu'ils n'offrent pas le bénéfice d'un véritable fonctionnement mécanique en mode positif, les interrupteurs sans contact doivent garantir par d'autres moyens qu'ils ne feront pas défaut en cas de condition dangereuse. Cette exigence est satisfaite par application des principes de « défaillance orientée » ou par le recours à la redondance et à la surveillance.

Le Guardmaster Ferrogard fait appel au principe de la défaillance orientée. Grâce à l'utilisation de composants spéciaux, la seule défaillance critique susceptible de se produire au point de vue de la sécurité est le soudage des contacts de sécurité, causé par une surcharge de courant sur l'interrupteur, comme illustré à la Figure 63.

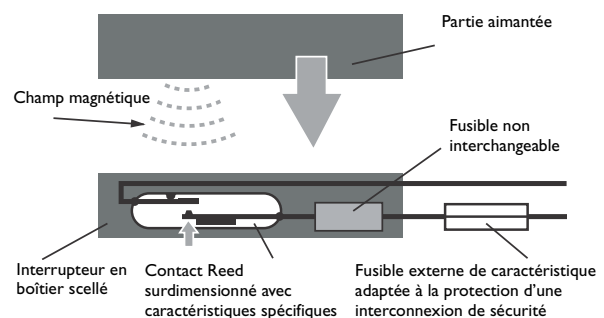


Figure 63

On empêche le phénomène au moyen d'un dispositif de protection contre les surintensités sans réarmement. La marge de sécurité entre la valeur nominale de ce dispositif et le contact Reed est importante. Du fait de l'absence de réarmement, l'interrupteur doit être protégé par un fusible auxiliaire convenablement calibré.





Il est essentiel que l'interrupteur ne puisse être déclenché que par l'actionneur prévu pour cela. Cela implique que les détecteurs de proximité ordinaires (sensibles aux métaux ferreux) ne conviennent pas. L'interrupteur doit absolument être déclenché par un actionneur « actif ».

Il est possible de relever encore le niveau de sécurité par un système de codage, comme sur le Guardmaster Ferrotek. Cet interrupteur fait appel au même principe de défaillance orientée que le Ferrogard, mais il est plus sûr grâce à son détecteur et actionneur codés.

**Caractéristiques :**

Les dispositifs sans contact sont disponibles en versions totalement scellées, idéales pour les applications en agro-alimentaire car non sujettes à l'encrassement et faciles à nettoyer à l'air comprimé. Elles sont d'une mise en œuvre extrêmement aisée et offrent des tolérances de fonctionnement considérables, si bien qu'elles peuvent compenser une certaine usure ou déformation du protecteur tout en continuant à fonctionner normalement.



Figure 64

Les dispositifs plus sophistiqués comme le Guardmaster Ferrotek fonctionnent sur le principe d'un codage électronique. Le Ferrotek offre en outre deux « voies » de commutation séparés et diversifiés, et une unité de contrôle pouvant surveiller jusqu'à six autres capteurs, en plus des contacteurs et du câblage (voir Figure 64).

**A prendre en considération :**

Pour les types de déclenchement les plus simples, si l'invulnérabilité est un aspect important, il peut être nécessaire de les mettre en œuvre de telle sorte qu'ils ne soient pas accessibles lorsque le protecteur est ouvert, comme illustré à la Figure 65. Il est très important, en particulier pour les types sans codage, qu'ils ne soient pas soumis aux interférences de champs magnétiques ou électriques.

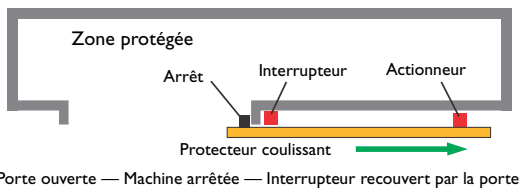


Figure 65

**Interrupteurs de sécurité avec interverrouillage**

Ces dispositifs conviennent particulièrement aux machines dont l'arrêt n'est pas instantané, mais peuvent également apporter un niveau de protection supplémentaire à la plupart des autres matériels. Ils assurent l'interconnexion de l'alimentation de la source de danger avec le mouvement du protecteur en bloquant l'ouverture de ce dernier tant que tout danger n'est pas écarté.

On peut les classer en deux types : sans condition d'ouverture ou avec condition d'ouverture.

**Déverrouillage inconditionnel de protecteur**

Les dispositifs de ce type sont manœuvrés manuellement ; le protecteur peut être ouvert à tout moment. Le mécanisme de déblocage du protecteur (poignée ou bouton moleté) commande également l'ouverture des contacts du circuit de commande.

Le modèle Guardmaster Centurion à boulon est un interrupteur muni d'une temporisation imposée. Le boulon qui bloque le protecteur en place, commande les contacts et le boulon moleté peut être retiré en le dévissant. Les premiers tours ouvrent les contacts, mais le boulon n'est complètement rétracté que moyennant un grand nombre de tours supplémentaires (opération pouvant prendre jusqu'à 20 secondes).

Le système à clé captive Prosafe (voir section consacrée à l'interverrouillage sur la puissance) peut également être mis à profit pour assurer le verrouillage sans condition d'ouverture du protecteur.

**Caractéristiques :**

Ces dispositifs sont d'une mise en œuvre simple ; ils sont extrêmement robustes et fiables. Le boulon de temporisation convient principalement aux protecteurs coulissants.

**A prendre en considération :**

Le temps d'arrêt de la source de danger doit être parfaitement connu et il doit rester impossible de retirer le boulon interrupteur tant que le danger n'a pas disparu. Il ne doit être possible de pousser le boulon en position verrouillée que lorsque le protecteur est complètement fermé. Cela implique la nécessité d'ajouter des butées pour limiter la course du protecteur, comme illustré à la Figure 66.

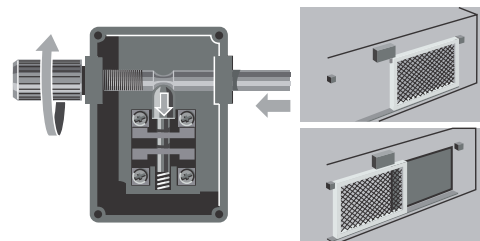


Figure 66

**Déverrouillage conditionnel de protecteur**

Avec les dispositifs de ce type, le protecteur ne peut être ouvert que sur réception d'un signal confirmant que :

Le contacteur est en position OFF.

Un intervalle de temps présélectionné est arrivé à échéance, ou que le mouvement dangereux a cessé.

Ces signaux sont habituellement dérivés des contacts auxiliaires du contacteur et, au choix, d'une minuterie de sécurité (Guardmaster CU1 par exemple) ou d'un détecteur d'arrêt de mouvement autocontrôlé électronique (Guardmaster CU2 par exemple).

Ils assurent l'interconnexion de l'alimentation de l'équipement dangereux avec le déplacement du protecteur et empêchent par là même l'ouverture de ce dernier tant que tout danger n'est pas écarté. Du fait que le déverrouillage nécessite un signal issu d'une source extérieure, ces dispositifs sont particulièrement indiqués pour les applications utilisant des automates programmables.



## Principes de sécurité

### Protection de commande

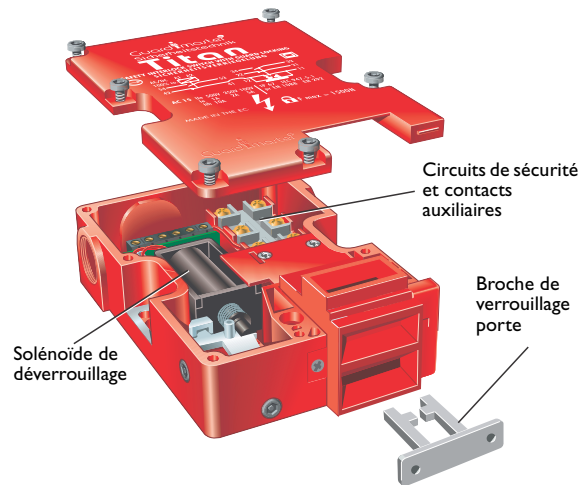


Figure 67

La meilleure solution pour cette application consiste à utiliser une gâche électromagnétique de sécurité telle que le Guardmaster TLS-GD2 (illustré Figure 67) ou Atlas 4. Pour les applications à accès moins fréquents, est possible de configurer le système à clé captive Prosafe (voir section consacrée à la coupure sur la puissance) de la même manière.

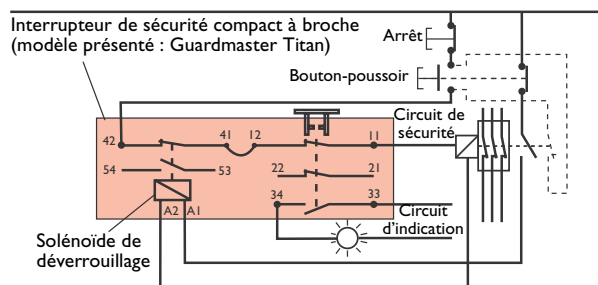


Figure 68

Dans l'exemple illustré à la Figure 68, le danger cesse dès la coupure de l'alimentation (position OFF). Le protecteur ne peut pas être ouvert tant que le contacteur n'est pas en position OFF. Dès lors que le protecteur est ouvert, les contacts du circuit de commande interdisent toute réexcitation du contacteur jusqu'à fermeture et verrouillage du protecteur.

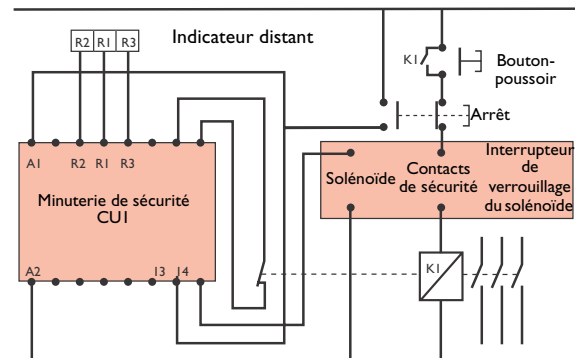


Figure 69

Avec la configuration illustrée à la Figure 69, l'interrupteur ne débloque pas le protecteur tant que le contacteur n'est pas en position OFF et qu'un intervalle de temps présélectionné ne s'est pas écoulé. La temporisation peut être réglée entre 0,1 s et 40 mn. Le temps d'arrêt maximal de la machine doit pour cela être prévisible et constant. Il ne doit pas dépendre de méthodes de freinage, susceptibles de se dégrader à l'usage.

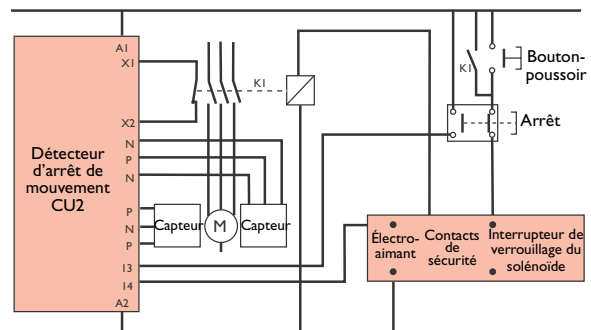


Figure 70

Avec la configuration illustrée à la Figure 70, l'interrupteur ne déverrouille pas le protecteur tant que le contacteur n'est pas en position OFF et que tout mouvement n'a pas cessé.

Avec les systèmes illustrés aux Figures 69 et 70, la machine est arrêtée par son système de commande opérationnel, manuellement ou automatiquement. Ainsi, ces systèmes sont particulièrement recommandés pour les machines avec lesquelles le risque existe d'endommager l'outil ou de perdre le programme suite à un arrêt d'urgence causé par l'ouverture inadéquate d'un protecteur.

#### Questions utiles pour le choix des interrupteurs de sécurité

Les questions qui suivent aident à la prise de décisions logiques conduisant au choix rationnel des interrupteurs de sécurité les plus adéquats.

**La machine prend-elle un certain temps pour s'arrêter après coupure de son alimentation ?**

OUI = un système à déverrouillage temporisé du protecteur est probablement nécessaire.

