

La figure 35 reprend le même circuit de Contact, à la seule différence que l'interrupteur de sécurité a été remplacé par une barrière immatérielle.

La barrière immatérielle de sécurité est un dispositif complexe. Même sous sa forme la plus simple, elle est dotée d'une multiplicité de composants électroniques et de circuits intégrés. Les modèles plus sophistiqués (ayant plus de possibilités) peuvent également être asservis à des équipements programmables et à des logiciels.

Prévoir et éliminer toutes les défaillances dangereuses dans un dispositif électronique non programmable constituerait une tâche considérable, et dans un dispositif programmable, ce serait virtuellement impossible. Il faut par conséquent accepter que des défauts sont possibles et que la meilleure réponse consiste à les détecter et à s'assurer que les actions de protection nécessaires sont prises (blocage en mode sécurité, par exemple). Ainsi, le besoin porte sur un dispositif répondant aux critères de la catégorie 2, 3 ou 4. Avec un circuit simple comme celui illustré à la Figure 35, la barrière immatérielle est également chargée de la surveillance du câblage et des contacteurs. Les barrières immatérielles étant relativement complexes, le choix de la catégorie dépend en général seulement des résultats de l'estimation du risque. Ceci n'exclut pas la possibilité de travailler dans une autre catégorie si le dispositif fait appel à une approche inhabituelle mais justifiable.

On peut constater, au vu des deux derniers exemples, que le même degré de protection est assuré par deux types de systèmes utilisant des dispositifs répondant à des catégories différentes.

### Autres considérations et exemples

La présente section apporte des exemples de circuits de commande associés à la sécurité pour lesquels elle fait référence aux pratiques recommandées et aux catégories de systèmes de commande associés à la sécurité, lorsque c'est nécessaire.

#### Critères généraux

Le système doit être capable de résister à des influences prévues telles que la température, l'environnement, la charge électrique, la fréquence d'utilisation, les interférences aériennes, les vibrations, etc. La norme CEI 60204-1 « Sécurité des machines—Équipement électrique des machines—Règles générales » apporte un guide détaillé sur la protection contre les chocs électriques, les techniques de câblage, l'isolation électrique, les liaisons équipotentielles, l'équipement, les alimentations, les circuits et fonctions de commande, etc. Une connaissance de cette norme est essentielle pour tous ceux qui sont concernés par la conception et la maintenance des systèmes de commande associés à la sécurité.

#### Circuits et relais de surveillance de sécurité

Les exemples qui suivent sont basés sur l'utilisation d'un interrupteur de sécurité sur la commande, mais le même principe peut être appliqué à d'autres dispositifs de commutation (dispositifs d'arrêt ou dispositifs de déclenchement, par exemple).

#### Catégorie 1

La figure 36 illustre un circuit de commande associé à la sécurité simple. Le dispositif d'interrupteur de sécurité est en mode positif et répond aux critères de la catégorie 1. Le contacteur est convenablement sélectionné pour sa tâche, et est conçu et fabriqué

selon des normes spécifiques. La partie du système la plus vulnérable à une défaillance est le câblage de raccordement. Afin de surmonter ce handicap, le câblage doit être installé conformément aux clauses concernées de la norme CEI 60204-1. Il faudrait que son cheminement et sa protection soient de nature à prévenir tout court-circuit ou défaut de mise à la terre. Ce système satisfait aux critères de la catégorie 1.

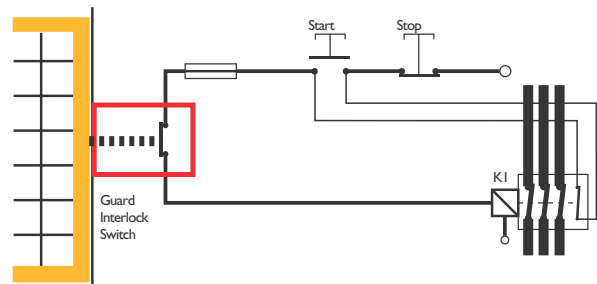


Figure 36

La figure 37 illustre un circuit légèrement plus complexe. Dans ce cas, on demande au système d'interrupteur de sécurité de commander plus d'un contacteur, chacun étant sur un circuit d'alimentation différent. Ses constituants doivent faire l'objet de la même considération.

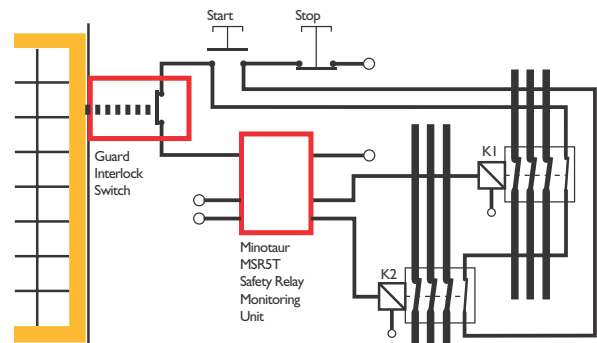


Figure 37

Avec un circuit non associé à la sécurité, un relais ordinaire suffit pour « diviser » le signal, mais sur le plan de la sécurité, cela n'est absolument pas acceptable, car ces relais peuvent rester collés (ils le font parfois). C'est pourquoi on utilise un élément de relais de surveillance de sécurité comme le MINOTAUR MSR5T de Guardmaster, pour assurer la commutation. Ce système satisfait aux critères de la catégorie 1.

#### Catégorie 2

La Figure 38 montre un système conforme aux critères de la catégorie 2 et qui doit par conséquent tester les fonctions de sécurité avant que la machine puisse être mise en marche. Elles doivent par ailleurs être testées périodiquement. À la mise sous tension initiale, le Minotaur n'enclenche pas les contacteurs de puissance tant que le protecteur n'a pas été ouvert, puis fermé. Cette manœuvre vérifie l'absence de défaut isolé (par opposition à des défauts multiples) dans le circuit reliant l'interrupteur au Minotaur. Le contacteur ne peut être mis sous tension que si cette vérification est concluante. Le circuit est vérifié de la même manière à chaque manœuvre du protecteur.



## Principes de sécurité

### Autres considérations et exemples

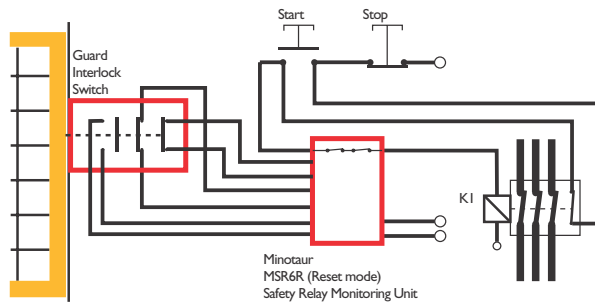


Figure 38

#### Catégorie 3

La Figure 39 montre un système conforme aux critères de la catégorie 3, et qui est souvent utilisable dans des applications où le risque estimé est plus élevé. Il s'agit d'un système à deux voies qui est intégralement surveillé, y compris les deux contacteurs. A l'ouverture et à la fermeture du protecteur, toute défaillance dangereuse déclenche les contacteurs par l'intermédiaire du Minotaur, jusqu'à correction du problème et réarmement du Minotaur.

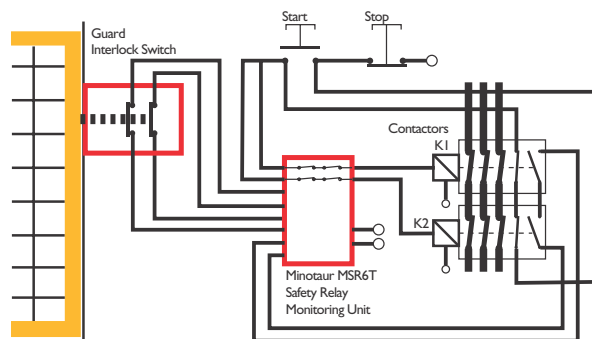


Figure 39

#### Catégorie 4

La catégorie 4 exige que la fonction de sécurité reste assurée même en cas d'accumulation de pannes non détectées. Le moyen le plus pratique de répondre à ce critère consiste à faire appel à des techniques de surveillance continue ou à haute fréquence. Ce n'est pas possible avec la plupart des organes mécaniques et électromécaniques (interrupteurs mécaniques, relais, contacteurs) tels que ceux utilisés dans les systèmes d'interrupteur de sécurité et d'arrêt d'urgence.

Ces techniques sont viables (et souvent utilisées) pour surveiller les composants électroniques statiques, parce qu'un changement d'état haute fréquence est possible sans dégradation importante de la durée de vie du composant. C'est pour cette raison qu'une approche en catégorie 4 se rencontre fréquemment dans les « sous-systèmes » autonomes, tels que les barrières immatérielles.

#### S.E.P. (Systèmes Electroniques Programmables)

Dans les circuits associés à la sécurité précédemment illustrés, le dispositif de protection est directement connecté au(x) contacteur(s) au moyen d'un seul câblage électrique et de dispositifs électromécaniques simples ou à surveillance intrinsèque. C'est la méthode recommandée du « circuit câblé ». Sa simplicité est un gage de fiabilité et d'une surveillance relativement aisée. De plus en plus les opérations normales de commandes sont confiés à des équipements programmables. Avec les

progrès de la technologie, les systèmes de commande électroniques, programmables et complexes, peuvent être considérés comme le système nerveux central d'un grand nombre de machines. Tout événement dans le système de commande a un impact sur le fonctionnement de la machine et inversement, tout événement dans la machine a un impact sur le système de commande. L'arrêt de l'une de ces machines par toute autre moyen que son système de commande peut entraîner une grave détérioration des outillages et de la machine, ainsi qu'une perte ou une altération du programme. Il peut également se produire que, au redémarrage, la machine manifeste un comportement erratique dû à la désynchronisation de la séquence de son système de commande.

Malheureusement, la complexité de la plupart des systèmes électroniques programmables présente un nombre de mode de pannes trop élevé pour qu'ils puissent être utilisés comme unique moyen d'arrêter la machine sur ordre d'un interrupteur de sécurité de porte de protecteur ou d'un bouton d'arrêt d'urgence.

En d'autres termes, on peut arrêter la machine sans qu'elle ne subisse de dommages OU l'arrêter EN TOUTE SECURITE POUR LE PERSONNEL — MAIS PAS LES DEUX A LA FOIS. Trois solutions sont proposées ci-après :

1. La sécurité est en rapport direct avec les systèmes programmables. Il est théoriquement possible de concevoir un système programmable dont le niveau de sécurité est suffisamment élevé pour un emploi en rapport avec la sécurité. Pour y parvenir dans la pratique, il faudrait faire appel à des mesures spéciales telles que la redondance et la diversité avec surveillance croisée. Cela est possible dans certains cas, mais il faut bien se rendre compte que ces mesures spéciales doivent être appliquées à tous les aspects du système, y compris à l'écriture du logiciel.

La question essentielle reste de savoir si l'on peut prouver qu'il n'y aura aucune défaillance (ou suffisamment peu). L'analyse complète des modes de panne d'un système programmable, même relativement simple, peut, au mieux, exiger beaucoup de temps et coûter très cher et, au pire, s'avérer impossible.

La norme CEI 61508 traite justement en détail de ce sujet, et toute personne concernée par les systèmes programmables associés à la sécurité est encouragée à l'étudier.

Les coûts de développement de ces systèmes ne se justifient que pour les applications pour lesquelles ils offrent des avantages décisifs, ou lorsqu'aucune autre méthode n'est applicable.

2. Bloc logique de commande avec temporisation des sorties de sécurité (voir Figure 40). Ce système présente le niveau de sécurité élevé d'un circuit câblé et autorise également un arrêt immédiat, correctement séquencé, de la machine, tout en assurant une bonne protection de la machine et du programme.

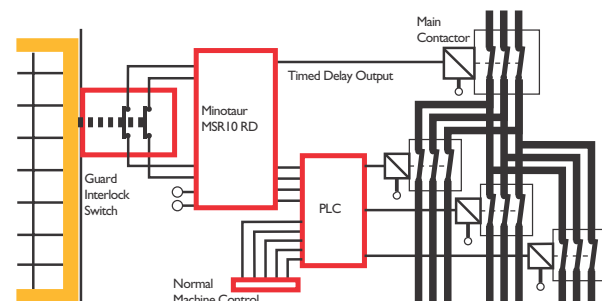


Figure 40



Les sorties primaires du Guardmaster MINOTAUR MSR10RD sont raccordées aux entrées du dispositif programmable (automate programmable, par exemple) et les sorties temporisées au contacteur. Lorsque l'interrupteur de sécurité de protecteur est actionné, les sorties primaires du Minotaur commutent instantanément, signalant au système programmable de procéder à un arrêt correctement séquencé. Suite à un délai suffisant autorisant l'opération, la sortie temporisée du Minotaur commute pour couper le contacteur principal.

Les produits de cette famille Guardmaster sont associables à différents dispositifs de protection et disponibles en d'autres configurations et dont le système de commutation peut s'adapter aux exigences de systèmes particuliers.

**Remarque :** Tout calcul pour déterminer le temps d'arrêt complet doit prendre en compte le délai de temporisation des sorties du Minotaur. C'est particulièrement important lorsque ce facteur est utilisé pour déterminer le positionnement des appareillages en conformité avec la norme EN 999.

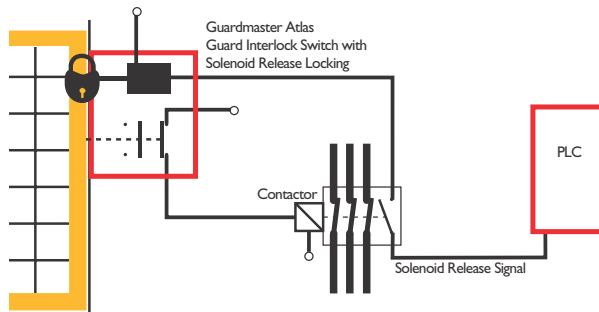


Figure 41

- Gâche électromagnétique de porte pilotée par un système programmé (voir Figure 41). Dans ce cas également, le système offre le même niveau élevé de sécurité qu'un circuit câblé, tout en assurant un arrêt immédiat correctement séquencé, mais il n'est applicable que lorsque le phénomène dangereux est protégé par une protection.

Pour que l'ouverture de la porte de protecteur soit autorisée, le solénoïde du Guardmaster ATLAS doit recevoir un signal de déclenchement de la part de l'automate programmable. Ce signal n'est émis qu'après déroulement complet d'une séquence de commande d'arrêt. Ceci évite tout dommage sur les outillages ou une perte de programme. Lorsque le solénoïde est activé, la porte peut être ouverte. Le contacteur de la machine est interrompu par les contacts du circuit de commande du Guardmaster ATLAS.

Pour surmonter les ralentissements machine ou les faux signaux de déclenchement, il peut être nécessaire d'associer à l'automate programmable une unité de temporisation CU1 ou un détecteur d'arrêt de mouvement CU2 Guardmaster (il est possible d'utiliser indifféremment des interrupteurs Atlas ou TLS-GD2 Guardmaster pour cette application).

## Autres considérations

### Redémarrage de la machine

Si, par exemple, un protecteur muni d'un interrupteur de sécurité est ouvert alors que la machine fonctionne, il provoque l'arrêt de cette dernière. Dans la plupart des cas, il est impératif que la machine ne redémarre pas directement sitôt le protecteur refermé. Pour ce faire, une solution courante consiste à utiliser un contacteur à verrouillage, tel que schématisé à la Figure 42. C'est une porte d'accès munie d'un interrupteur de sécurité qui est prise dans cet exemple, mais cette prescription s'applique également à d'autres équipements de protection et systèmes d'arrêt d'urgence.

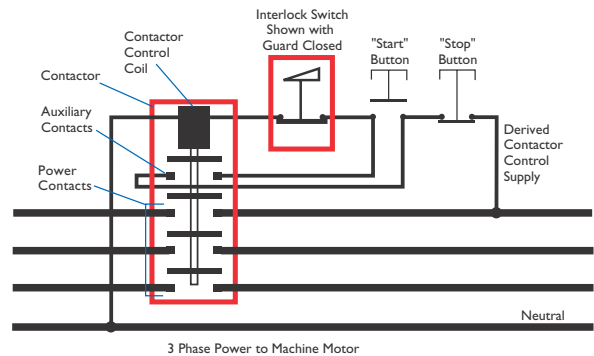


Figure 42

L'appui et le relâchement du bouton de démarrage met sous tension momentanément la bobine de commande du contacteur, laquelle ferme les contacts d'alimentation. Tant que les contacts d'alimentation restent sous tension, la bobine de commande reste alimentée (verrouillage électrique) via les contacts auxiliaires du contacteur qui sont reliés mécaniquement aux contacts d'alimentation. Toute interruption de l'alimentation électrique principale ou du système de commande entraîne la désactivation de la bobine et l'ouverture des contacts d'alimentation principale et auxiliaires. Le système d'interrupteur de sécurité du protecteur est relié au circuit de commande du contacteur. Cela implique que pour redémarrer la machine, il faut fermer le protecteur, puis mettre en position « ON » le bouton normal de démarrage qui réarme le contacteur et démarre la machine.

La norme ISO TR 12100-1 définit clairement les impératifs à respecter pour les situations normales d'interdiction de redémarrage (extrait du paragraphe 3.22.4) :

*Lorsque le protecteur est en position fermée, les actions dangereuses de la machine protégées par le protecteur peuvent être exécutées, mais la fermeture du protecteur ne peut à elle seule les lancer.*

Un nombre important de machines sont déjà dotées de contacteurs simples ou doubles, au fonctionnement identique à ce qui est précédemment décrit (ou qui utilisent un système qui permet d'obtenir le même résultat). Lorsqu'on monte un dispositif d'interrupteur de sécurité sur une machine existante, il est nécessaire de déterminer si la disposition de commande d'alimentation électrique répond à cette exigence et de prendre au besoin des mesures complémentaires.

