

→ J.P. Buchweiller, A. Mayer,
R. Klein, J.M. Iotti, A. Kusy,
Département Ingénierie des équipe-
ments de travail, INRS, Centre de
Lorraine, Nancy

D. Reinert, E. Christ,
Berufsgenossenschaftliches
Institut für Arbeitssicherheit (BIA),
Sankt Augustin, Allemagne

Equipements de protection individuelle comportant des circuits électroniques

Sûreté de fonctionnement

→ J.P. Buchweiller, A. Mayer,
R. Klein, J.M. Iotti, A. Kusy,
Département Ingénierie des équipe-
ments de travail, INRS, Centre de
Lorraine, Nancy

D. Reinert, E. Christ,
Berufsgenossenschaftliches
Institut für Arbeitssicherheit (BIA),
Sankt Augustin, Allemagne

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT WITH BUILT-IN ELECTRONICS.

DEPENDABILITY

Integrated electronics are used in cer-
tain personal protective equipment
(PPE), either to provide the protection
function itself (hearing protection,
welding masks) or to generate
indications or alarms (respiratory
protective devices).

The use of this technology raises ques-
tions concerning the level of protection
provided by this type of PPE, and also
its conformity with the essential requi-
rements stipulated in the relevant
European directive. The level of protec-
tion provided must be at least equiva-
lent to that of "conventional" PPE. The
present article proposes an approach
used in the field of machinery safe-
guarding, based on:

- determining a risk index,
- dependability approach.

The purpose of this approach is to
categorize the equipment in
accordance with standard EN 954-1.
For each category in this standard, a
different set of technical measures are
applied when designing PPE with
electronic circuitry, to achieve
the desired level of protection.

- personal protective equipment
- PPE ● built-in electronics
- protection level ● dependability

Equipements de protection individuelle comportant des circuits électroniques

Sûreté de fonctionnement

L'électronique intégrée est utilisée dans certains équipements de protection individuel-
le (EPI) pour assurer les fonctions de protection (protecteurs de l'ouïe et masques de
soudage), de signalisation et d'alarme (appareils de protection respiratoire).

L'utilisation de cette technologie amène à s'interroger sur le niveau de protection assuré
par ce type d'EPI et leur conformité aux exigences essentielles de la directive européenne
les concernant. Leur niveau de protection doit être au moins équivalent à celui des EPI
« classiques ». Le présent article propose une démarche utilisée dans le domaine relatif à la
sécurité des machines, basée sur :

- la détermination d'un indice de risque,
- l'approche « sûreté de fonctionnement ».

Cette démarche vise à déterminer l'appartenance de l'équipement à une catégorie, au sens
de la norme EN 954-1. Selon cette catégorie, des dispositions techniques sont à prendre,
au stade de la conception de l'EPI comportant de l'électronique, pour atteindre le niveau
de protection souhaité.

● protection individuelle ● électronique ● niveau de protection ● sûreté de fonctionnement

L'électronique intégrée a fait son
apparition il y a déjà plus de 20
ans dans le domaine de la pro-
tection individuelle avec la mise
sur le marché, dans les années 1970, des
premiers filtres optiques à cristaux liquides
pour soudeurs, puis de protecteurs anti-
bruit actifs et de communication.

Aujourd'hui, l'électronique fait son
entrée dans certains appareils de protec-
tion respiratoire autonomes pour rempla-
cer les manomètres et sifflets d'alarme
mécaniques dont ils étaient équipés jus-
qu'à présent. Le « niveau de sécurité »
apporté par ces nouvelles générations
d'EPI est-il au moins équivalent à celui des
EPI classiques ? Quelle confiance peut-on
avoir dans la « sûreté de fonctionnement »
des équipements ainsi conçus ?

Autant de questions que doivent se
poser légitimement concepteurs, utilisae-
teurs, certificateurs et préventeurs. Il ne
serait en effet pas acceptable que l'intro-

duction de ces technologies se traduise
par une dégradation du niveau de sécuri-
té des produits correspondants.

La directive 89/686/CEE relative aux EPI
a pris en compte ces exigences de sûreté
de fonctionnement [1]. Elle impose aux EPI
d'être conçus et fabriqués de façon à assu-
rer à l'utilisateur une protection approp-
riée dans toutes les conditions d'emploi
prévisibles auxquelles ils sont destinés (cf.
EES - § 1.1.1 de la directive ⁽¹⁾). Elle exige,
par ailleurs, qu'ils aient une résistance suf-
fisante contre les effets des facteurs d'am-
biance (climatiques, mécaniques, électro-
statiques, électromagnétiques...) inhérents
à leurs conditions prévisibles d'emploi (cf.
EES - § 1.3.2 de la directive).

Ces préoccupations sont-elles bien
prises en compte et de façon cohérente
dans les normes européennes EPI en
vigueur et sinon, que faire ?

⁽¹⁾ EES : Abréviation communément admise de
« Exigences essentielles de santé et de sécurité ».

C'est la réponse à cette question que se propose d'apporter cet article, à la lumière notamment de l'approche « sûreté de fonctionnement » et la démarche « appréciation du risque » utilisées pour les machines et composants de sécurité associés aux machines.

Il compare également la nouvelle génération d'EPI à celle des EPI « classiques »

équivalents et concernant les exigences en matière de sûreté de fonctionnement, il donne une réponse basée sur l'approche par catégories de la norme EN 954-1 [2].

Remarque

Il ne doit pas être fait de confusion entre les catégories de la norme EN 954-1 et les catégories de certification (0 à 3) communément utilisées par les personnes impliquées dans la certification des EPI [3].

1. EPI intégrant de l'électronique : spécifications normatives

1.1. Les filtres électro-optiques pour soudeurs à l'arc

Ces filtres « dynamiques » à cristaux liquides ont été développés pour améliorer le confort des soudeurs à l'arc et réduire les risques de « coups d'arc » (*photos 1 et 2*). En l'absence d'arc, ils sont suffisamment transparents pour permettre une vision correcte de la tâche visuelle et de son environnement et atteignent leur état « foncé » en quelques dixièmes de secondes après l'apparition de l'arc, pour assurer ensuite la protection des yeux du soudeur contre les rayonnements optiques émis.

Ces filtres font l'objet de la norme EN 379 [4] de janvier 1994, dont la révision est en cours. Elle comporte un certain nombre d'exigences de « sûreté de fonctionnement » prenant en compte deux facteurs : l'environnement climatique, pour tenir compte de la sensibilité des cristaux liquides au froid et à la chaleur et le risque de coupure de l'alimentation, consécutif à une panne de batterie.

1.2. Les protecteurs antibruit électroniques

Il en existe à l'heure actuelle 3 types :

■ ■ Les serre-tête antibruit et bouchons d'oreille dits « dépendants du niveau ».

L'affaiblissement acoustique de ces protecteurs antibruit augmente avec le niveau sonore ambiant (*photos 3 et 4*). Ils sont couverts par les normes EN 352-4 [5] pour les serre-tête et EN 352-7 [6] pour les bouchons d'oreille. Ces normes ne traitent pas des aspects relatifs à la « sûreté de fonctionnement ».

■ ■ Les serre-tête antibruit « actifs » ou à « réduction active du bruit ».

Ils possèdent un microphone qui détecte le niveau de bruit résiduel à l'intérieur des coquilles et un dispositif électroacoustique qui génère un bruit similaire, mais en opposition de phase avec ce bruit résiduel. Ils sont couverts par le projet de norme prEN 352-5 [7].

Photos 1 et 2 - Filtre électro-optique - Electro-optical filter



Source : CEPRO - Distributeur XELUX



Source : CEPRO - Distributeur XELUX

Photos 3 et 4 - Serre-tête à atténuation dépendante du niveau - Headset with level-dependent attenuation



Source : AERO



Source : DALLOZ Safety

Photo 5 - Serre-tête de transmission et d'intercommunication - Transmitter and intercom headphones



Source : DALLOZ Safety

■ Les serre-tête « de transmission et d'intercommunication ».

Outre la protection des utilisateurs contre le bruit, ils permettent notamment la transmission de messages vocaux, de signaux d'avertissement utiles à l'accomplissement de la tâche. La liaison peut être filaire, hertzienne (fréquence radio) ou infrarouge (photo 5). Ils font l'objet du projet de norme prEN 352-6 [8].

1.3. Les appareils de protection respiratoire isolants du type « ARICO »

Les ARICO (appareils à adduction d'air comprimé) sont aujourd'hui équipés, pour l'information du porteur, d'un manomètre pour la visualisation de la charge en air et d'une alarme, sous la forme d'un sifflet continu ou intermittent, qui se déclenche automatiquement lorsque la réserve d'air a atteint une valeur critique (55 ± 5 bars), jusqu'à épuisement de la réserve. Ces équipements sont le reflet, sans intermédiaire, de la situation de la réserve en air.

Dans le souci d'améliorer la qualité et la quantité des informations fournies au porteur ainsi que les caractéristiques et les performances des appareils (exemple : le sifflet consomme de l'air et réduit de ce fait l'autonomie), les fabricants commencent à proposer, soit en option, soit en série, des systèmes électroniques capables de gérer et de délivrer ces informations au porteur (photos 6 et 7, page suivante). Ces dispositifs d'informations utilisent des « transducteurs » et ne sont plus en prise directe avec la situation de la réserve en air.

Ils sont couverts par la norme EN 137 [9] qui, toutefois, ne prend pas en compte les aspects de la « sûreté de fonctionnement ».

1.4. Nature des circuits électroniques intégrés dans les EPI

Les circuits électroniques intégrés dans les EPI mettent en général en œuvre des composants discrets ou faiblement intégrés, le plus souvent logiques, fonctionnant à bas niveau de courant, ce qui implique une forte susceptibilité aux perturbations électromagnétiques.

Ces circuits ne sont pas « durcis » pour prendre en compte ces perturbations que l'on rencontre couramment dans l'environnement industriel (amorçage des postes de soudage TIG ⁽²⁾, régulation de moteurs, de fours, talkies-walkies, etc.).

(2) TIG : Tungsten Inert Gas.

Ils sont en général conçus exclusivement pour assurer leur fonction, sans prendre en compte la défaillance des composants qu'ils mettent en œuvre.

2. Fonction de sécurité

2.1. Notion de « niveau de protection »

La notion de « niveau de protection », dans le contexte des dispositifs de protection, représente le niveau de confiance que l'on peut accorder au service rendu par le dispositif, c'est-à-dire dans ce cas, son aptitude à assurer sa fonction de sécurité.

Cette notion de niveau de confiance (sûreté de fonctionnement) peut être abordée au travers de plusieurs de ses aspects appelés « attributs », comme : la fiabilité, la disponibilité, la sécurité-innocuité, la confidentialité, l'intégrité, la maintenabilité.

L'importance accordée à chacun d'eux est modulée en fonction de l'application, donc du service que l'on attend du dispositif. L'attribut à privilégier pour les dispositifs de protection est la *sécurité-innocuité* (non-occurrence de défaillances catastrophiques sur un système).

L'intérêt de ce concept est d'intégrer des méthodes et des techniques permettant d'atteindre, par des moyens justifiés, un *niveau de protection* donné.

2.2. Démarche proposée

Dans une première phase et par analogie au domaine des machines, la démarche proposée consiste à évaluer les risques inhérents à l'utilisation de l'EPI, c'est-à-dire les risques encourus par la personne à protéger, en cas de dysfonctionnement de son équipement. Cette évaluation doit toujours être le résultat d'un travail collectif et d'échanges entre spécialistes de l'utilisation du dispositif concerné et spécialistes de la technologie rencontrée.

Elle peut avantageusement s'inspirer de la norme européenne EN 1050 ⁽³⁾ [10] : « Sécurité des machines - Principes pour l'appréciation du risque ».

(3) Cette norme utilisée habituellement pour des problèmes de sécurité des machines peut inspirer ce type de démarche.

L'utilisation pour un EPI particulier du diagramme représenté sur la [figure 1](#), établi à partir de la norme EN 1050, permet, en fonction de différents paramètres (gravité, exposition, probabilité d'occurrence de l'événement dangereux, possibilité d'évitement) d'estimer *un indice de risque*.

Pour l'EPI comportant des circuits électroniques, l'indice de risque doit être estimé en ayant à l'esprit un circuit électronique purement fonctionnel. La « gravité » peut, dans ce cas, être influencée par cette nouvelle conception, lorsque le circuit électronique est défaillant et n'assure plus correctement sa fonction de sécurité.

Photos 6 et 7 - Module d'affichage et d'alarme électronique sur un appareil de protection respiratoire

Respiratory protective device and its electronic display and alarm system



Source : DRAEGER



Source : DRAEGER

Le paramètre « exposition » n'est pas influencé par la conception de l'EPI.

Lorsque la « probabilité d'occurrence de l'événement dangereux » est d'origine technique, elle est fonction des composants et de la conception du système relatif à la fonction de protection. Les deux paramètres dépendent de la catégorie mise en œuvre pour ce système.

La « possibilité d'évitement ou de limitation du dommage » peut être aussi influencée par l'introduction de circuits électroniques dans la conception de l'EPI.

En utilisant l'indice de risque comme point de départ, la méthode proposée conduit à la détermination d'une catégorie selon la norme européenne EN 954-1, dont le concept est décrit brièvement ci-après.

2.3. Les catégories

Selon la norme européenne EN 954-1, le concepteur peut spécifier et concevoir un dispositif en fonction de :

- l'aptitude du dispositif à assurer une fonction de sécurité nominale dans un environnement particulier,
- les conditions de maintien de la fonction de sécurité, c'est-à-dire le comportement attendu du dispositif lors de défauts de ses composants (*cf. tableau en annexe*).

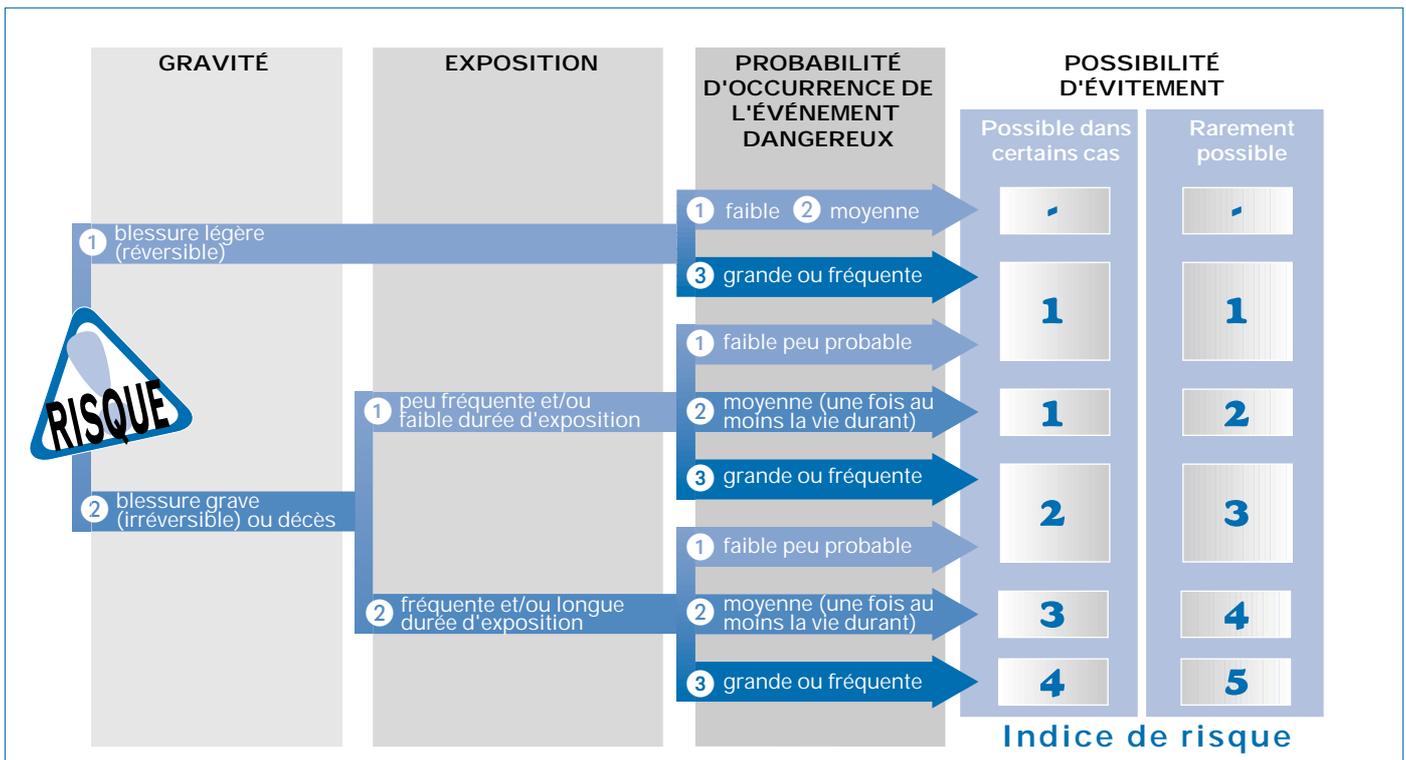
Pour cela, le texte de norme définit un concept particulier : les catégories (*cf. annexe*). Celles-ci ne donnent pas d'indication directe d'un quelconque niveau de sûreté de fonctionnement mais définissent plusieurs types de comportement des dispositifs en présence de défauts de composants ou de perturbations environnementales.

Bien qu'à la lettre, l'usage des catégories ne s'applique qu'aux « parties de système de commande relatives à la sécurité », il peut toutefois être étendu par analogie à tout les dispositifs assurant des fonctions de sécurité, ce qui est le cas des EPI.

La catégorie revendiquée pour le dispositif étant prise en compte dans le développement et la conception du dispositif, en fonction bien évidemment de l'état de la technique (4), puis validée a posteriori, les utilisateurs sont alors capables de justifier la confiance qu'ils peuvent placer dans le dispositif.

Dans le cas particulier d'une évolution technologique d'un dispositif existant, la catégorie de la génération précédente devrait être estimée ; cela servirait de référence pour déterminer à la fois les spécifications de test et de conception de nouveaux produits.

Fig. 1. Estimation de l'indice de risque selon EN 1050 - Risk index estimation (standard EN 1050)



3. Sureté de fonctionnement : analyse

Un filtre électro-optique, deux protecteurs individuels contre le bruit (PICB) (mettant en œuvre des circuits électroniques pour assurer les fonctions de sécurité) et un appareil de protection respiratoire (du type ARICO) sont analysés pour servir d'exemple d'application à la méthode décrite dans le chapitre précédent.

3.1. Les filtres de soudage électro-optiques

Estimation de leur indice de risque au sens de la norme EN 1050 (fig. 2)

Gravité

Selon la norme EN 379 [4] applicable à ces produits, la protection contre les rayonnements ultraviolets et infrarouges est assurée par des filtres optiques « passifs » indépendants du système électronique. Pour le rayonnement visible, il est exigé qu'en cas de panne du dispositif, l'échelon de protection reste supérieur à une certaine valeur.

Cette limitation, associée au réflexe palpébral de l'utilisateur, conduit en principe à un risque de lésion oculaire faible et réversible.

Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Des masques de soudage sont utilisés habituellement dans des situations industrielles dont les conditions d'environnement (froid, chaleur, variations de température, parasites rayonnés par les postes de soudage à l'arc, décharges électrostatiques, chocs mécaniques...) sont susceptibles de perturber fortement et en permanence l'électronique de ces systèmes.

Possibilité d'évitement

Le dysfonctionnement du filtre sera immédiatement détecté visuellement puisqu'il sera bloqué en position « Etat foncé » ou « Etat clair ».

Dans ce dernier cas, l'utilisateur, s'il maîtrise lui-même l'opération de soudage, arrêtera de souder, donc stoppera l'émission de rayonnement dangereux, ou, s'il surveille une opération de soudage en automatique, pourra détourner le regard pour se soustraire au danger. La possibilité d'évitement est donc en principe garantie.

Indice de risque estimé

L'indice de risque inhérent à ce type de dispositif, pour la fonction de protection de la vue d'un opérateur contre le rayonnement visible émis par une opération de soudage, est estimé au maximum à 1 sur l'échelle retenue (indice maximum 5).

Proposition de mesures à envisager pour les filtres de soudage électro-optiques

Dans un tel cas, les mesures à prendre afin de réduire le risque sur une telle application pourraient consister simplement à jouer sur le paramètre « probabilité d'occurrence de l'événement dangereux ».

(4) Dans l'esprit de la nouvelle approche, l'état de la technique est celui qui procure aux utilisateurs le niveau de sécurité le plus élevé que permettent d'atteindre les connaissances scientifiques, les possibilités techniques et les contraintes économiques du moment. Il n'est pas synonyme de ce qui est techniquement le plus rencontré. Cela conduirait alors à un niveau de sécurité moindre que celui qu'on est en droit d'attendre. A l'inverse, l'état de la technique ne correspond pas à ce qu'il est possible de réaliser au mieux d'un point de vue technique.

Ceci pourrait s'effectuer par la vérification systématique de l'aptitude à la fonction du dispositif dans un environnement perturbant pour les circuits électroniques, c'est-à-dire, en complément des spécifications déjà contenues dans la norme EN 379, les rayonnements électromagnétiques et les décharges d'électricité statique.

Ces mesures satisfont aux exigences de la catégorie B de la norme EN 954-1. Cela signifie que l'équipement électronique est capable de faire face aux contraintes de fonctionnement prévues et aux influences extérieures concernées.

3.2. Les appareils de protection de l'ouïe

3.2.1. Serre-tête à atténuation dépendante du niveau

Estimation de leur indice de risque au sens de la norme EN 1050 (fig. 3)

Gravité

En cas de non fonctionnement, l'utilisateur est protégé par l'affaïssissement acoustique passif du PICB. En cas de dysfonctionnement, l'élévation du niveau sonore est limitée par la puissance de l'amplificateur incorporé.

Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Les protecteurs sont utilisés à des postes de travail pouvant présenter des champs électromagnétiques susceptibles d'induire des dysfonctionnements des modules électroniques de ces PICB.

Possibilité d'évitement

En cas d'élévation soudaine du niveau sonore de restitution, l'utilisateur peut rapidement retirer le protecteur pour limiter la durée d'exposition au bruit due au dysfonctionnement et quitter l'environnement bruyant du poste de travail.

Indice de risque estimé

L'indice de risque inhérent à ce type de dispositif est estimé au maximum à 1 sur l'échelle retenue (indice maximum 5).

Proposition de mesures à envisager

Dans un tel cas, les mesures à prendre afin de réduire le risque sur une telle application pourraient consister simplement, comme dans l'exemple précédent, à jouer sur le paramètre « probabilité d'occurrence de l'événement dangereux » en vérifiant systématiquement l'aptitude à la fonction du dispositif dans un environnement perturbant pour les circuits électro-

niques (c'est-à-dire l'environnement climatique, les rayonnements électromagnétiques et les décharges d'électricité statique). Il peut également être envisagé d'avoir recours à des circuits électroniques limitant, par conception, la puissance sonore restituée sous le protecteur.

Des propositions chiffrées, basées sur les valeurs adoptées pour d'autres familles de dispositifs, pourraient être faites dans ce sens.

Ces mesures satisfont aux exigences de la catégorie B de la norme EN 954-1. Cela signifie que l'équipement électronique est capable de faire face aux contraintes de fonctionnement prévues et aux influences extérieures concernées.

3.2.2. Serre-tête à réduction active du bruit

Estimation de leur indice de risque au sens de la norme EN 1050 (fig.4)

Cette nouvelle conception est susceptible de créer de nouveaux dangers car un circuit électronique défaillant pourrait générer des pics sonores qui s'ajouteraient au bruit résiduel.

Fig. 2. Estimation de l'indice de risque pour les filtres électro-optiques (norme EN 1050) - Electro-optical welding mask filter: risk index (standard EN 1050)

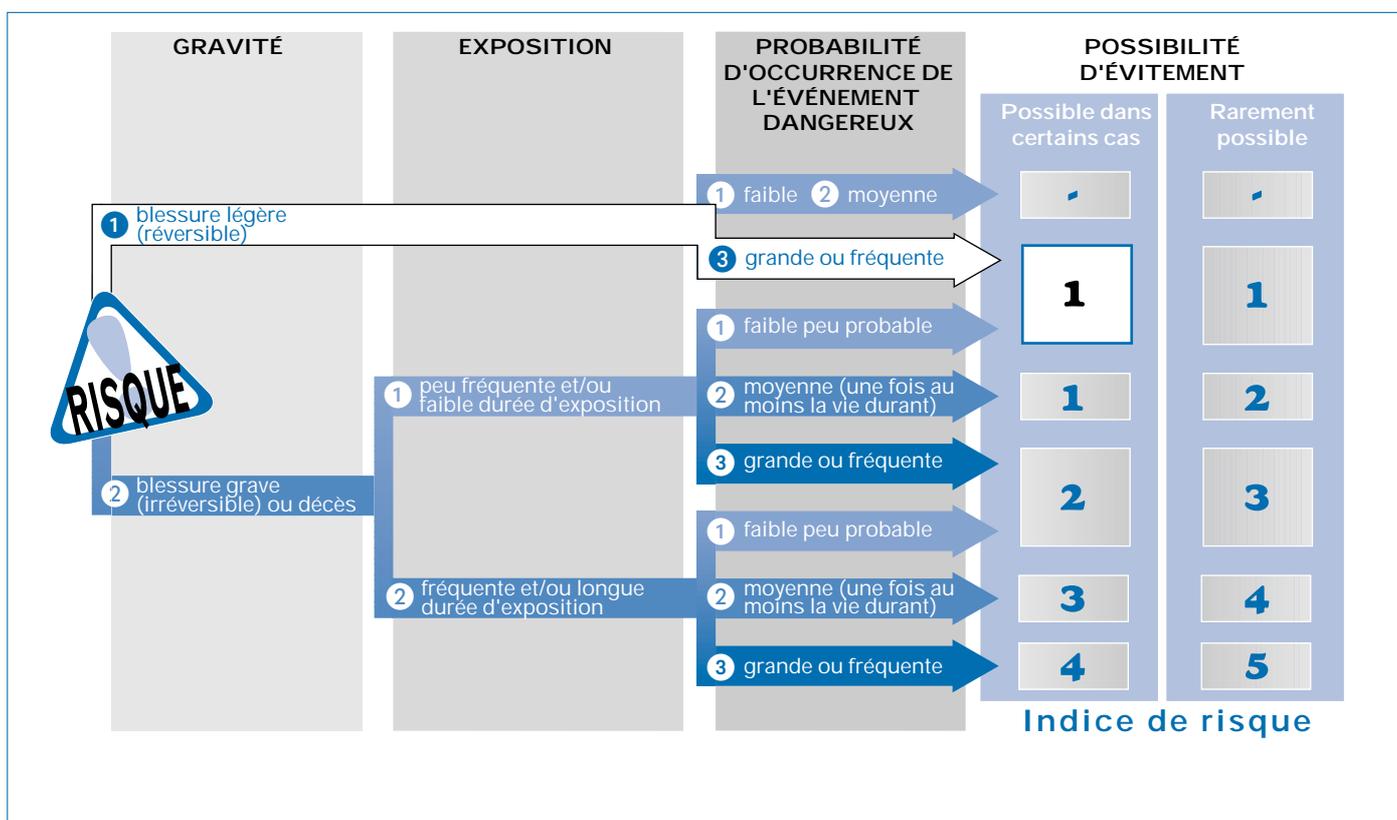


Fig. 3. Estimation de l'indice de risque pour les serre-tête à atténuation dépendante du niveau (norme EN 1050)
Headset with level-dependent attenuation: risk index (standard EN 1050)

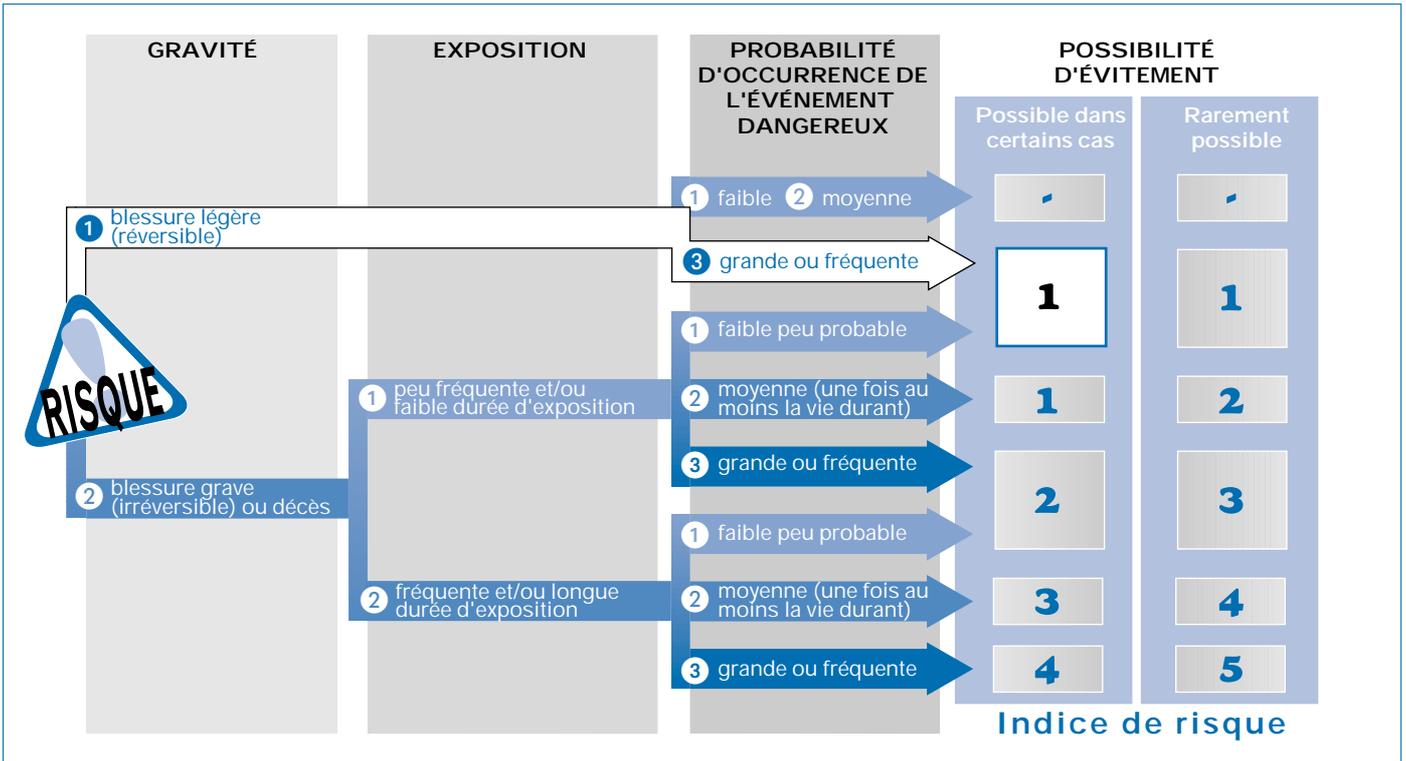
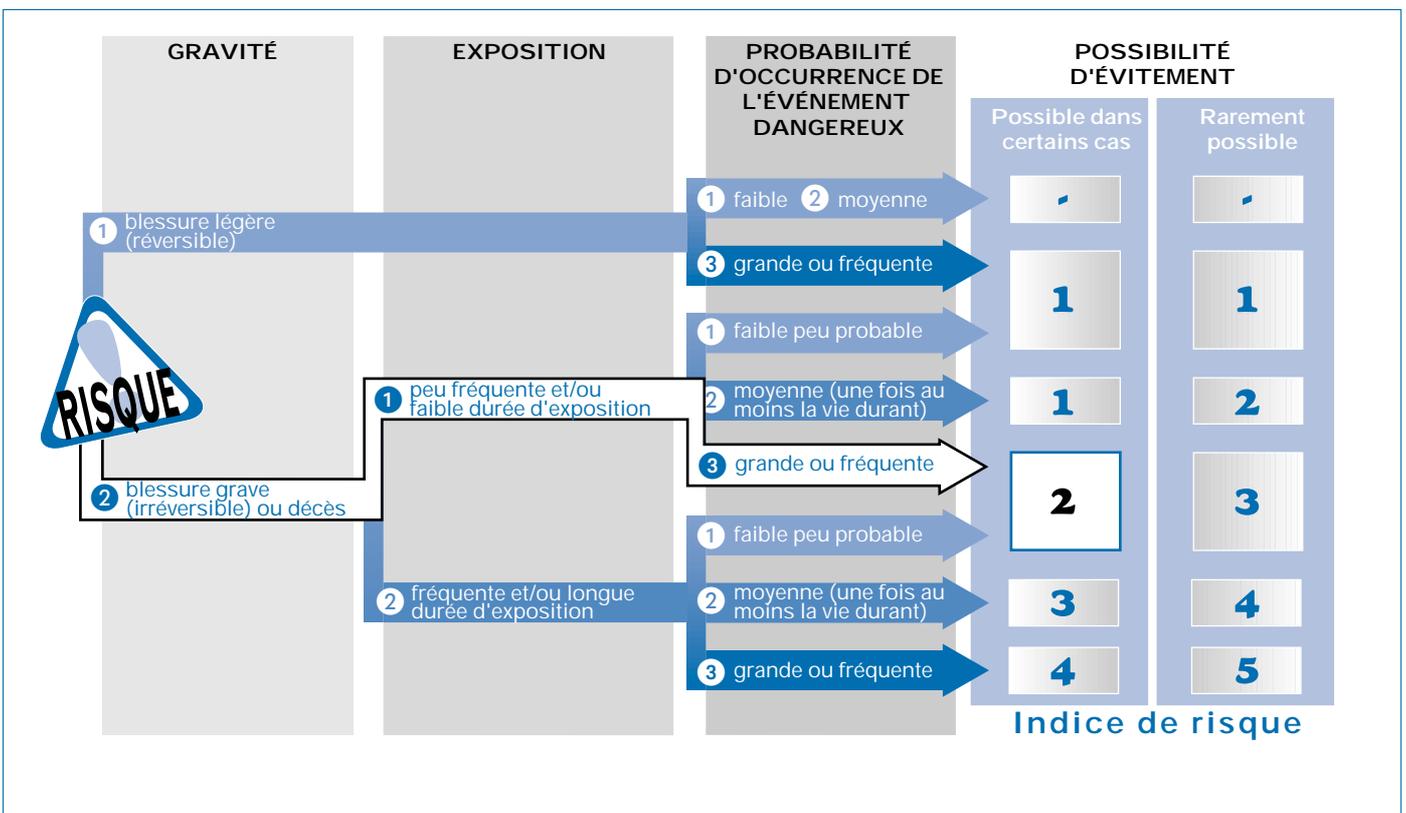


Fig. 4. Estimation de l'indice de risque pour les serre-tête à réduction active du bruit (norme EN 1050) -
Active noise-reduction headset: risk index (standard EN 1050)



Gravité ⁽⁵⁾

Le fonctionnement de l'atténuateur par opposition de phase peut se dérégler et transformer le dispositif en amplificateur. L'élévation brusque du niveau sonore sous le PICB qui résulterait de ce dysfonctionnement est susceptible de provoquer une altération partielle et temporaire, voire définitive de l'audition de l'utilisateur.

Exposition

La durée d'exposition est limitée au temps que met l'utilisateur à retirer le protecteur en cas d'élévation du niveau sonore due à une addition de phase.

Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Les protecteurs sont utilisés à des postes de travail pouvant présenter des champs électromagnétiques susceptibles d'induire des dysfonctionnements des modules électroniques de ces PICB.

(5) Il n'a été pris en compte pour cette analyse que le risque de lésion de l'audition du porteur en cas de dysfonctionnement du dispositif de protection. Il est à noter que l'augmentation subite du niveau sonore sous le protecteur peut mener le porteur à effectuer un mouvement incontrôlé menant à une situation dangereuse dans laquelle le risque serait d'une autre nature, dépendant du poste de travail.

Possibilité d'évitement

En cas d'élévation soudaine du niveau sonore de restitution, en principe l'utilisateur peut rapidement retirer le protecteur pour limiter la durée d'exposition au bruit due au dysfonctionnement et quitter l'environnement bruyant du poste de travail.

Indice de risque estimé

L'indice de risque inhérent à ce type de dispositif est estimé au maximum à 2 sur l'échelle retenue (indice maximum 5).

Proposition de mesures à envisager

Dans un tel cas, les mesures à prendre afin de réduire cet indice de risque élevé pourrait consister à jouer sur le paramètre « probabilité d'occurrence de l'événement dangereux », par exemple, en renforçant l'immunité de ces dispositifs aux rayonnements électromagnétiques et aux décharges d'électricité statique et en ayant recours à un circuit électronique limité en puissance ou ayant une meilleure performance en présence de défauts de ses composants.

Des propositions précises, basées sur les mesures adoptées pour d'autres familles de dispositifs, pourraient être faites dans ce sens après consultation des diverses parties prenantes.

Ces mesures satisfont aux exigences de la catégorie B de la norme EN 954-1. Cela signifie que l'équipement électronique est capable de faire face aux contraintes de fonctionnement prévues et aux influences extérieures concernées.

3.3. Les appareils de protection respiratoire (de type ARICO)

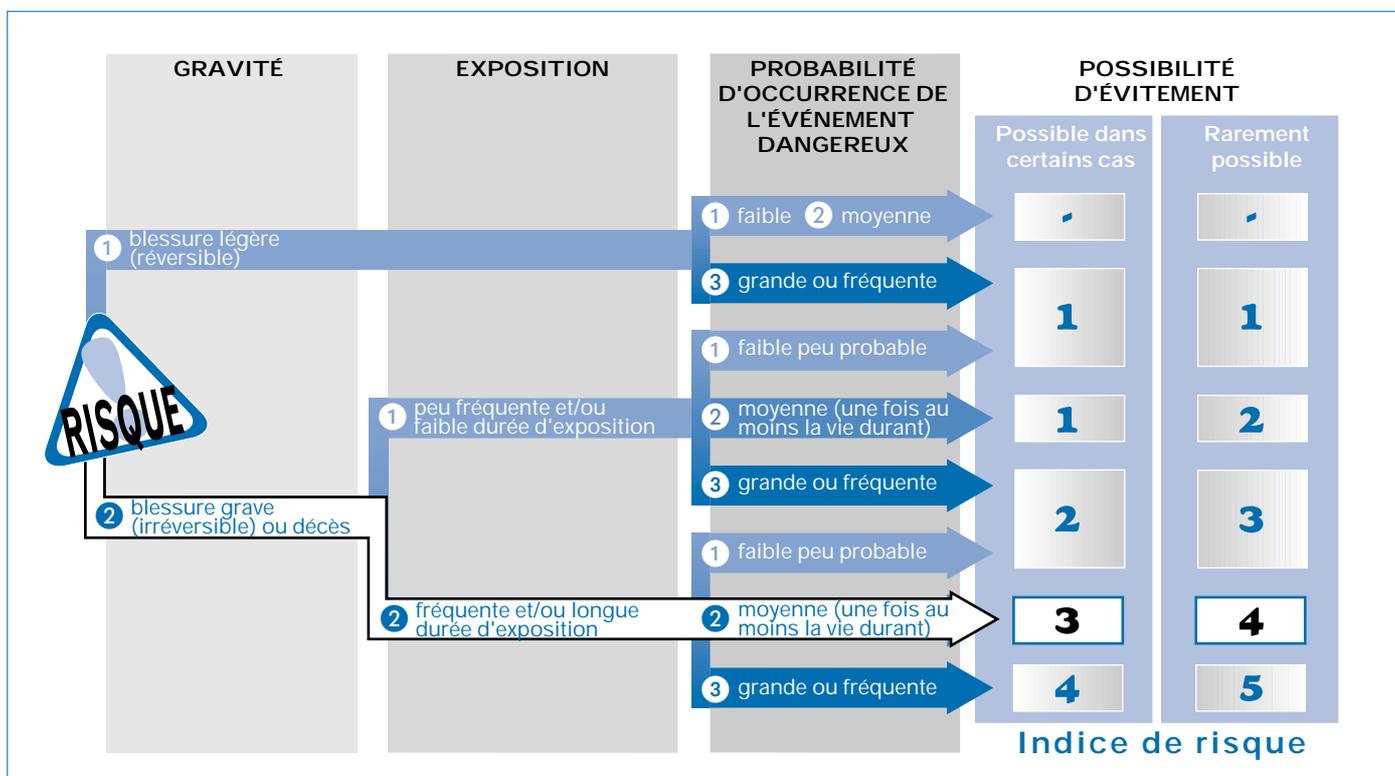
En protection respiratoire, font ou peuvent faire appel à l'électronique, tous les équipements qui, pour une bonne utilisation, nécessitent selon les exigences :

- un contrôle préalable des performances ;
- un contrôle permanent des facteurs influant sur le niveau de protection.

Entrent dans ce cas :

- les appareils filtrants à ventilation assistée contre les particules et/ou les gaz,
- les appareils isolants autonomes à adduction d'air comprimé (ARICO) utilisés entre autres dans la lutte contre l'incendie.

Fig. 5. Estimation de l'indice de risque pour les appareils de protection respiratoire de type ARICO (norme EN 1050) - Respiratory protective devices (ARICO type): risk index (standard EN 1050)



Estimation de leur indice de risque au sens de la norme EN 1050 (fig. 5)

Contrairement aux catégories d'EPI précédents, les dispositifs électroniques intégrés dans ces appareils de protection respiratoire (APR) ne peuvent intégralement remplacer des composants mécaniques pour assurer les fonctions de sécurité, sans en modifier les caractéristiques. Il est donc intéressant dans ce cas de comparer l'indice de sécurité estimé pour ces APR, avec et sans électronique.

Les résultats d'analyse présentés ci-après, font apparaître un écart lié principalement aux possibilités d'évitement moindres, plus difficiles dans un cas que dans l'autre.

Gravité

Le risque lié à l'utilisation d'un ARICO, panne d'air, va entraîner soit une blessure grave soit le décès du porteur, quelle que soit la technologie utilisée.

Exposition

Le porteur de l'appareil est exposé en permanence dès qu'il s'équipe, quelle que soit la technologie utilisée.

Probabilité d'occurrence de l'événement dangereux

Une panne d'air peut arriver au moins une fois pendant la durée de vie de l'APR, quelle que soit la technologie utilisée.

Possibilité d'évitement

Bien qu'étant prises sur la même source, le porteur possède deux types d'informations qui sont le manomètre et le sifflet, dont la panne simultanée est peu probable.

De plus, la lecture analogique permanente de la pression dans la bouteille, règle de base pour un porteur spécialisé, lui permet d'évaluer la situation dans

laquelle il se trouve, lui laissant une possibilité d'évitement (par exemple : un manomètre indiquant qu'une bouteille est toujours remplie après quelques instants d'utilisation, aiguille bloquée, est interprété comme un dysfonctionnement qui doit entraîner le retrait de la zone dangereuse).

Cette analyse montre qu'une défaillance unique ne conduira pas à une situation dangereuse et qu'elle sera normalement détectée par l'utilisateur.

Prises sur la même source et traitées par le même circuit électronique, les informations numériques fournies au porteur peuvent être dégradées simultanément (risque de pannes de mode commun liées aux facteurs d'environnement) ne lui laissant pas de possibilité d'analyse, donc d'évitement.

Indice de risque estimé

La comparaison montre clairement que l'indice de risque lié à la nouvelle conception (4) est plus élevé que celui d'un EPI du même type, de conception classique (3). Cela amène dans ce cas à proposer des modifications du circuit électronique.

Proposition de mesures techniques à envisager pour les ARICO

L'analyse de l'indice de risque dans les deux situations met en évidence une régression du niveau de sécurité avec l'utilisation d'un appareil qui serait équipé, sans précaution particulière, d'un dispositif d'information électronique.

Dans un tel cas, les mesures à prendre afin de réduire cet indice de risque élevé pourrait consister à jouer sur le paramètre « probabilité d'occurrence de l'événement dangereux », par exemple en ayant recours à un circuit électronique ayant

une meilleure performance en présence de défauts de ses composants, au moins égale à celle des EPI « classiques ».

Le circuit électronique devrait être conçu de façon à satisfaire les exigences de la *catégorie 3* de l'EN 954-1.

CONCLUSION

L'introduction de l'électronique dans les EPI est généralement facteur de progrès, améliorant très sensiblement les niveaux de protection et de confort apportés à leurs utilisateurs.

Cependant, comme pour tous les systèmes électriques ayant à assurer des fonctions de sécurité, des précautions particulières sont à prendre dans la conception et dans la certification de ces équipements, pour éviter qu'une défaillance de leurs composants - due par exemple à leur sensibilité à certains facteurs d'environnement - ne se traduise par une situation de gêne, voire dans certains cas par un danger réel pour les porteurs.

L'analyse réalisée sur la base des normes EN 1050 et EN 954-1 montre qu'il serait utile d'introduire, dans les normes EPI concernées, des spécifications complémentaires relatives à la sûreté de fonctionnement. Les catégories proposées, selon EN 954-1, dépendent de l'indice de risque estimé selon chaque type d'EPI.

Cette analyse nécessite bien entendu d'être validée à l'échelon européen par tous les acteurs concernés (fabricants, utilisateurs, certificateurs...) avant d'envisager d'entreprendre une quelconque action au niveau des Comités techniques « EPI » du CEN (Comité européen de normalisation) et de la Coordination européenne des organismes notifiés.

BIBLIOGRAPHIE

1. Directive du Conseil 89/686/CEE du 21 décembre 1989 concernant les lois des Etats Membres relatives aux équipements de protection individuelle. *Journal Officiel des Communautés Européennes L 399, 30 déc. 1989, pp. 0018-0038.*
2. EN 954-1 - Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : principes généraux de conception. *Paris - La Défense, AFNOR, 1996, 46 p.*
3. PPE - Useful facts (EPI- Faits utiles) : en relation avec la Directive 89/686/CEE. *Luxembourg, Bureau des Publications Officielles des Communautés Européennes, 1997, 117 p.*

4. EN 379 - Spécification concernant les filtres de soudage avec facteur de transmission dans le visible commutable et les filtres de soudage avec double facteur de transmission dans le visible. *Paris - La Défense, AFNOR, 1994, 10 p.*
5. prEN 352-4 - Protecteurs contre le bruit. Exigences de sécurité et essais. Partie 4 : serre-tête à atténuation dépendante du niveau. *Bruxelles, CEN, 1999, 33 p.*
6. prEN 352-7 - Protecteurs contre le bruit. Exigences de sécurité et essais. Partie 7 : Bouchons d'oreille à atténuation dépendante du niveau. *Bruxelles, CEN, 1999, 10 p.*

7. prEN 352-5 - Protecteurs contre le bruit. Exigences de sécurité et essais. Partie 5 : serre-tête à atténuation active du bruit. *Bruxelles, CEN, 1999, 34 p.*
8. prEN 352-6 - Protecteurs contre le bruit. Exigences de sécurité et essais. Partie 6 : serre-tête pour la communication. *Bruxelles, CEN, 1999, 37 p.*
9. EN 137 - Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit ouvert, à air comprimé. Exigences, essais, marquage. *Paris - La Défense, AFNOR, 1993, 23 p.*
10. EN 1050 - Sécurité des machines. Principes pour l'appréciation du risque. *Paris - La Défense, AFNOR, 1996, 20 p.*

ANNEXE I

EXIGENCES CONCERNANT LES CATÉGORIES DES PARTIES DES SYSTÈMES DE COMMANDE DES MACHINES RELATIVES À LA SÉCURITÉ, SELON LA NORME EN 954-1

Catégorie	Exigences (en bref)	Comportement du système	Principe
B	Les parties des systèmes de commande relatives à la sécurité et/ou leurs dispositifs de protection, ainsi que leurs composants, doivent être conçus, réalisés, sélectionnés, montés et combinés selon les normes pertinentes, afin de faire face aux influences attendues	L'occurrence d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité.	Principalement caractérisée par le choix des composants
1	Les prescriptions de la catégorie B s'appliquent. Des composants et des principes de sécurité éprouvés doivent être utilisés	L'occurrence d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité, mais la probabilité d'occurrence est plus faible qu'en catégorie B.	
2	Les prescriptions de la catégorie B et l'utilisation de principes de sécurité éprouvés s'appliquent. La fonction de sécurité doit être contrôlée à des intervalles convenables par le système de commande de la machine	L'occurrence d'un défaut peut conduire à la perte de la fonction de sécurité dans l'intervalle entre deux contrôles. La perte de la fonction de sécurité est détectée par le contrôle.	Principalement caractérisée par la structure
3	Les prescriptions de la catégorie B et l'utilisation de principes de sécurité éprouvés s'appliquent. Les parties relatives à la sécurité doivent être conçues de telle sorte que : 1 ⇨ un défaut unique sur l'une quelconque de ces parties ne mène pas à la perte de la fonction de sécurité ; 2 ⇨ le défaut unique soit détecté chaque fois que cela est raisonnablement faisable.	Si un défaut unique se produit, la fonction de sécurité est assurée. Certains défauts sont détectés mais pas tous. L'accumulation de défauts non détectés peut conduire à la perte de la fonction de sécurité.	
4	Les prescriptions de B et l'utilisation de principes de sécurité éprouvés s'appliquent. Les parties relatives à la sécurité doivent être conçues de telle sorte que : 1 ⇨ un défaut unique sur l'une quelconque de ces parties ne mène pas à la perte de la fonction de sécurité ; 2 ⇨ le défaut unique soit détecté pendant ou avant la prochaine sollicitation de la fonction de sécurité ou, si cela n'est pas possible, une accumulation de défauts ne doit pas mener à la perte de la fonction de sécurité	Lorsque les défauts se produisent, la fonction de sécurité est toujours assurée. Les défauts seront détectés à temps pour empêcher la perte de la fonction de sécurité.	