

→ R. Klein, Département
Ingénierie des équipements
de travail, Centre de Lorraine,
INRS, Vandœuvre.

Appareils de protection respiratoire autonomes

Validation de la sûreté de fonctionnement des appareils comportant des circuits électroniques

SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS

VALIDATION OF THE OPERATIONAL
SAFETY OF APPARATUS INCORPORATING
ELECTRONIC CIRCUITS

This article is primarily intended for
standardisation experts, designers
and certification bodies. It proposes
answers to problems related to the
safety of the electronic circuits fitted
to self-contained breathing apparatus,
particularly by taking design require-
ments into account and applying a
validation method.

- self-contained breathing apparatus
- electronic circuit
- operational safety
- validation

Cet article s'adresse principalement aux experts de la normalisation, ainsi qu'aux concepteurs et aux organismes de certification. Il propose des réponses aux problèmes posés par la sécurité des circuits électroniques équipant les APR autonomes, à travers notamment la prise en compte des exigences de conception et l'application d'une méthode de validation.

- protection respiratoire
- sûreté de fonctionnement
- circuit électronique
- validation

1. Introduction

À l'instar de nombreux autres équipements, l'électronique a fait son entrée dans certains appareils de protection respiratoire (APR) de type ARICO (appareils isolants autonomes à circuit ouvert à air comprimé) pour remplacer les manomètres et sifflots d'alarme mécano-pneumatiques, dont ils étaient équipés jusqu'à présent. Tout en ayant pour but premier d'assurer une fonction d'alarme, l'électronique permet d'alléger l'appareil, d'améliorer ses performances et de donner plus d'informations à l'utilisateur. Il est par exemple possible de calculer un temps d'autonomie en fonction de la pression et du volume des bouteilles, d'assurer une fonction signalisation sonore « homme mort » et de préalarme.

Cependant, ces avantages ne doivent pas écarter la question posée par l'incidence de la technologie « électronique » sur le niveau de protection assuré par l'APR, c'est-à-dire le niveau de confiance que l'on peut avoir dans son aptitude à assurer sa fonction de sécurité. Pour répondre à cette préoccupation et en l'absence de référentiel technique normalisé propre aux circuits électroniques des APR ⁽¹⁾, des exi-

gences de conception ainsi qu'une méthode de validation sont décrites dans le présent article. Elles se basent sur celles appliquées dans le domaine de la sécurité de machines [1 à 4].

Cet article s'adresse principalement aux experts de la normalisation, afin d'être pris en compte dans la norme européenne EN 137 [5] relative à ce type d'équipement, ainsi qu'aux organismes de certification. Il s'adresse également aux concepteurs qui l'utiliseront comme référentiel technique.

2. Fonctions d'alarme requis sur les APR et moyens mis en œuvre pour les réaliser

Conformément aux prescriptions de la norme EN 137 [5], l'utilisateur d'un APR de type ARICO doit être averti par un signal sonore ou lumineux lorsque la réserve en air passe à moins de 200 litres ou lorsque la pression devient inférieure à 55 ± 5 bar. Cette alarme doit être maintenue jusqu'à ce que la pression résiduelle atteigne 10 bar. L'utilisateur doit également pouvoir bénéficier d'une indication continue de la pression réelle de l'air contenu dans les bouteilles.

Pour les APR « classiques », c'est-à-dire non dotés d'électronique, cette fonction de

⁽¹⁾ Compte tenu de l'état de la technique et des connaissances au moment de son élaboration, la norme EN 137 ne prend aucunement en compte l'utilisation de circuits électroniques pour réaliser cette fonction de sécurité [5].

sécurité est assurée à l'aide d'un manomètre mécanique à aiguille et d'un sifflet pneumatique. Ces deux dispositifs sont raccordés aux bouteilles par un tuyau dont la défaillance (coupure) a été prise en compte dans la conception de l'APR. Ces dispositions permettent d'assurer une fonction de sécurité répondant, selon les experts, aux exigences essentielles de la directive [6] relative aux équipements de protection individuelle (EPI).

Ces dernières années, certains constructeurs proposent, soit en option, soit en série, des appareils dont la fonction de sécurité décrite plus haut est entièrement réalisée de façon électronique par l'intermédiaire d'un transducteur pression/tension électrique, d'un afficheur à cristaux liquides ou 7 segments pour l'indication manométrique et d'un cristal piézoélectrique pour la signalisation sonore (fig. 1).

Certains APR présentent une solution mixte consistant à utiliser un avertisseur sonore pneumatique (sifflet) et un circuit électronique (transducteur + afficheur) pour l'indication manométrique. Cette conception est telle, que la défaillance d'un composant pneumatique ou électronique ne conduit pas à la perte de la fonction de sécurité. Ces appareils ont un niveau de protection égal à celui des APR « classiques », si le circuit électronique fait face aux influences extérieures.

3. Exigences en matière de conception des circuits électroniques assurant les fonctions d'alarme d'un APR

Comme mentionné dans le paragraphe d'introduction, la démarche choisie pour définir les exigences applicables APR, pour la conception des circuits électroniques assurant une fonction de sécurité, est celle utilisée dans le domaine de la sécurité des machines. L'application de cette démarche aux APR montre que pour ne pas dégrader le niveau de sécurité obtenu avec les appareils « classiques », les exigences de conception de ces circuits électroniques doivent être celles de la catégorie 3 de la norme EN 954-1 [1]. Cette catégorie ne doit pas être confondue avec celles de certification des EPI.

Pour cette catégorie 3 (selon EN 954-1), les exigences concernent l'aptitude des sous-ensembles et composants à pouvoir faire face aux influences attendues (exigence de base) et le maintien de la fonction de sécurité en cas de défaut unique. L'obtention du niveau de sécurité est principalement basée sur l'architecture des circuits et non plus uniquement sur la fiabilité des composants (redondance, dynamisme, comparaison des signaux,...).

Le concepteur peut atteindre cette catégorie en prévoyant une architecture redondante des circuits et un échange dynamique de signaux pour la détection de défauts.

4. Méthodologie pour l'analyse de la sûreté de fonctionnement des circuits électroniques

4.1. Nécessité et but

Suite à une brève analyse des APR comportant des circuits électroniques actuellement mis sur le marché, il s'est avéré que les préoccupations mentionnées plus haut étaient justifiées. En effet, comme le montre la figure 1, une simple défaillance au niveau du transducteur pression/tension conduit à la perte simultanée de la fonction d'alarme et de celle de signalisation. Il s'est également avéré lors d'essais en laboratoire, que ces circuits électroniques sensibles à des perturbations électromagnétiques ayant des caractéristiques proches de celles pouvant être présentes dans l'environnement normal d'utilisation de l'appareil. L'action des perturbations conduisait à un affichage manométrique erroné, entraînant soit un déclenchement intempestif, soit une absence d'alarme.

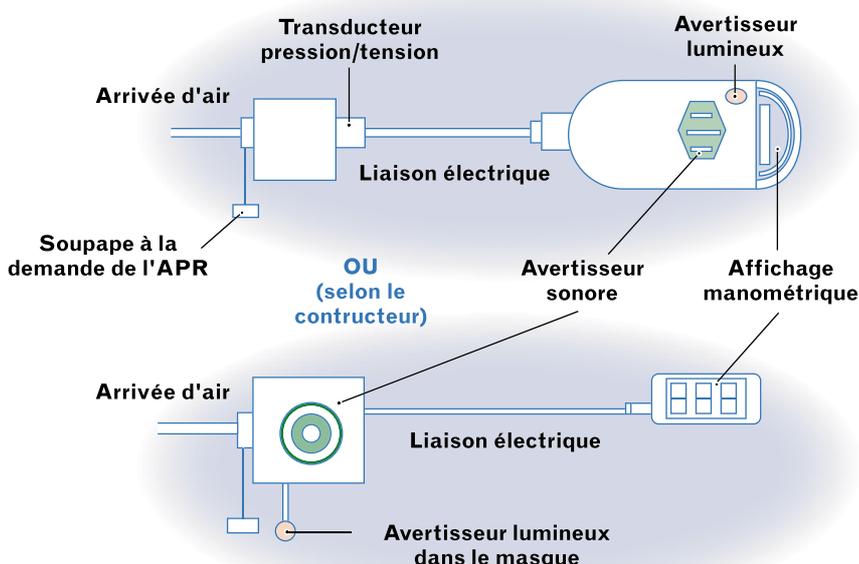
Afin de garantir les APR intégrant de l'électronique aux utilisateurs, nous proposons une méthodologie pour leur validation. Cette méthodologie ne concerne que les circuits électroniques assurant des fonctions de sécurité. Elle vient en addition de ce qui est actuellement pratiqué pour la validation des APR « classiques ».

Cette méthodologie a été élaborée en commun avec le BIA ⁽²⁾ dans le cadre d'une démarche plus globale, prenant en compte d'autres types d'EPI qui intègrent de l'électronique (protecteurs auditifs, filtres électro-optique de soudage).

⁽²⁾ BIA : Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (Allemagne).

Fig. 1. Représentation schématique des circuits électroniques assurant la fonction d'alarme d'un APR -

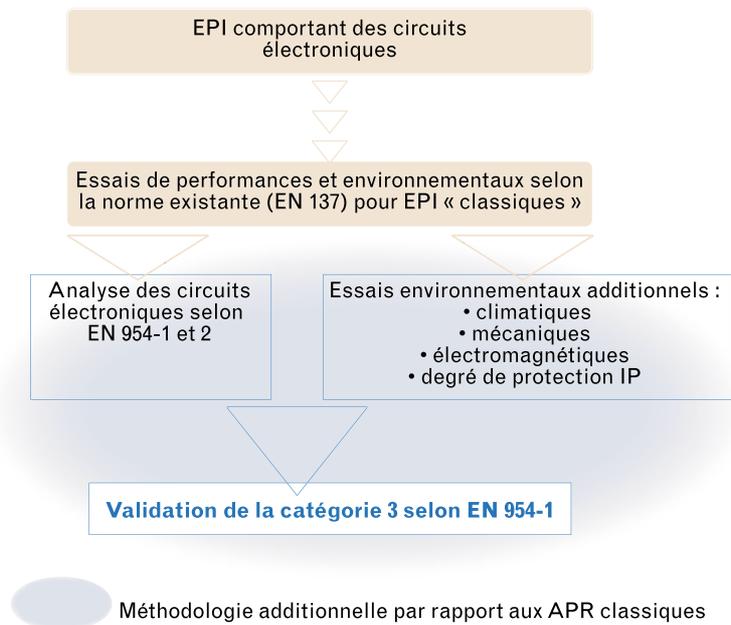
Schematic diagram of electronic circuits ensuring the alarm function in self-contained breathing apparatus



4.2. Structure de la méthodologie

Tout comme pour la définition des exigences de conception, la méthodologie de validation proposée est basée sur celle utilisée dans le domaine de la sécurité des machines et plus particulièrement sur celle décrite dans les normes EN 954-1 et 2. L'utilisation possible de ce référentiel nécessite cependant de définir les essais environnementaux applicables à ces appareils. En effet, comme mentionné au paragraphe 3, une exigence de base relative aux catégories de la norme EN 954-1 concerne l'aptitude du circuit à faire face aux influences extérieures.

La méthodologie de validation d'un APR comportant des circuits électroniques peut donc se schématiser selon la *figure 2*.



5. Définition des essais environnementaux proposés

5.1. Rappel des essais existants

Dans le cadre de la certification applicable à tous types d'APR, la norme EN 137 prévoit des essais environnementaux essentiellement climatiques comme le montre l'énumération succincte du *tableau 1*. Cependant, pour les raisons indiquées au paragraphe 1, ceux-ci n'ont pas été établis en tenant compte des circuits électroniques équipant actuellement certains APR. Il est donc nécessaire d'une part, de mieux définir la méthodologie de certains de ces essais et d'autre part, de proposer des essais complémentaires spécifiques à l'utilisation de l'électronique.

5.2. Éléments à prendre en compte pour la définition des essais proposés

Les types et les définitions des essais environnementaux complémentaires proposés doivent tenir compte, en premier lieu, de la nature et des caractéristiques des perturbations environnementales auxquelles le circuit électronique équipant l'APR est susceptible de faire face au cours de son utilisation.

Ils doivent correspondre à une réalité qui se trouve pour certains essais, déjà transcrite dans la norme EN 137 ou dans

Fig. 2. Représentation schématique du processus de validation de la sûreté de fonctionnement d'un APR comportant des circuits électroniques - *Schematic diagram of the process to validate the operational safety of self-contained breathing apparatus incorporating electronic circuits*

TABLEAU I

RAPPEL SUCCINCT DES ESSAIS PRÉCONISÉS PAR LA NORME EN 137

- A BRIEF REMINDER OF TESTS RECOMMENDED BY THE EN-137 STANDARD

Type d'essai préconisé	Description sommaire
Température et humidité en mode stockage	Atmosphère sèche 70 °C pendant 72 h. Atmosphère humide 70 °C pendant 72 h avec Hr > 95 %. - 30 °C pendant 24 h.
Vérification des performances de l'appareil complet	A - 30 °C et à + 60 °C avec 50 % Hr. après conditionnement de 4 h.
Essais pratiques de performances à basse température	- 6 °C après conditionnement à température ambiante à 23 °C pendant 4 h. - 15 °C après conditionnement à - 30 °C pendant 4 h.
Fonctionnement de l'avertisseur sonore	Température de l'air 0 °C à 10 °C. Température ambiante : 3 °C avec Hr > 90 %. Avec aspersion d'eau.
Étanchéité	Immersion du manomètre pendant 24 h sous 1 m d'eau. Fonctionnement de l'APR après immersion pendant environ 10 s (*).
Inflammabilité et chaleur radiante	Concerne les tuyaux et le harnais (**)

(*) Essais non applicables à la fonction de sécurité.

les notices d'utilisation des APR commercialisés.

Par ailleurs, comme cette méthodologie est principalement destinée aux organismes de certification des APR, les propositions d'essais doivent également prendre en compte leur faisabilité, tant sur le plan technique qu'économique, sous peine de ne jamais les voir appliquées. En ce qui concerne la méthode d'application

des perturbations environnementales, il est recommandé de se référer aux normes générales d'essais qui sont connues des laboratoires spécialisés dans les essais environnementaux.

Enfin, les performances de la fonction de sécurité nécessitent d'être vérifiées au cours des essais environnementaux. De ce fait, les opérations dues à cette vérification ne doivent pas influencer sur les caractéris-

tiques des perturbations environnementales appliquées. De même, toute partie de l'APR non nécessaire à assurer la fonction de sécurité (masque, harnais, bouteille,...) doit être retirée pour ne pas nuire à la reproductibilité des essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques (pièces métalliques), et pour des raisons de commodité. L'APR se résume donc à un système ayant une pression d'air comme variable d'entrée et comme variables de sortie, un affichage lumineux et un signal sonore.

5.3. Facteurs environnementaux retenus

En complément des essais préconisés par la norme EN 137 (cf. tableau I), les essais environnementaux proposés pour les circuits électroniques des APR sont des essais mécaniques, climatiques, de compatibilité électromagnétique et de vérification du degré de protection de l'enveloppe contenant le circuit électronique (degré IP selon la norme NF EN 60529 [7]).

En effet, ces facteurs d'influence se rencontrent lors de l'utilisation des APR et ils agissent sur les circuits électroniques, quels que soient leur utilisation et leur environnement. La température fait varier les caractéristiques des composants ; les chocs et/ou vibrations conduisent à la rupture de liaisons électriques (cassures de pistes, débouchage de circuits intégrés). Les perturbations électromagnétiques altèrent les informations mémorisées ou véhiculées par un signal électrique. La pénétration d'eau et de poussière crée des courts-circuits entre liaisons électriques ou une opposition au passage des informations suite à une oxydation des conducteurs.

6. Protocole expérimental

6.1. Test de la fonction d'alarme

Comme rappelé précédemment, les performances de la fonction de sécurité nécessitent d'être vérifiées au cours des essais environnementaux ; or, il n'est pas possible d'utiliser les bouteilles de l'APR du fait de leur capacité relativement faible. Par conséquent, l'entrée d'air de l'APR en essai doit être raccordée à une alimentation extérieure en air comprimé dont la qualité est compatible avec celle de l'air respirable (exemple : qualité α). La pression est fixée à 5 bar environ au-dessus du seuil de fonctionnement de l'avertisseur (55 ± 5 bar ou une valeur différente, dépendante du volume des bouteilles utilisées en exploitation). La pression réelle d'alimentation est indiquée par un manomètre situé à l'extérieur du milieu d'essai.

La pression est ensuite réduite lentement jusqu'à 10 bar, puis la pression est

alors ramenée à la valeur de départ, environ 5 bar au-dessus du seuil de déclenchement (figure 3).

Le critère de performance selon la norme EN 137 est constamment vérifié lors du cycle de variation de pression décrit à la figure 3. Un déclenchement de l'alarme doit se produire au franchissement du seuil d'alarme spécifié. Cette alarme doit se maintenir jusqu'à ce que la pression de 10 bar soit atteinte.

Pendant ce cycle, les indications du manomètre extérieur et de celui de l'APR sont relevées afin de s'assurer du maintien de la précision de l'indication manométrique donnée à l'utilisateur.

Le principe et la réalisation pratique du système d'alimentation en air comprimé sont respectivement illustrés par les figures 4 et 5 (3).

(3) La solution mettant en œuvre un compresseur fixe ou mobile a été écartée, car la qualité de l'air fourni est trop éloignée de celle de l'air respirable et pourrait endommager l'APR (présence d'eau, d'huile, air chaud).

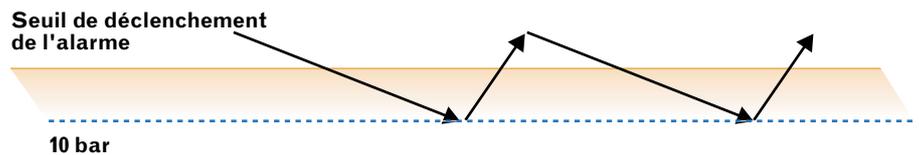


Fig. 3. Variation de la pression d'alimentation autour du seuil de déclenchement de l'alarme sonore - Variation in the supply pressure around the audible alarm trigger threshold

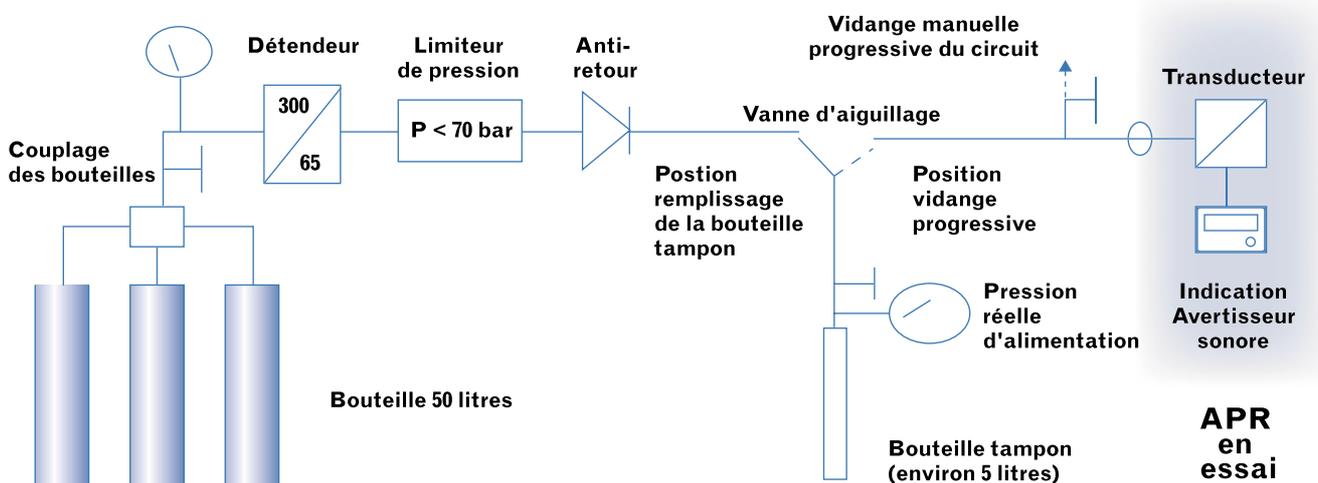


Fig. 4. Principe de l'alimentation en air comprimé - Principle of the compressed air supply

En position de remplissage, la bouteille tampon est remplie à la pression fixée au détendeur.

En position vidange, l'APR est raccordé à la bouteille tampon, qui est manuellement progressivement vidée jusqu'à 10 bar.

6.2. Essais climatiques

L'équipement électronique en essai est conditionné dans une chambre climatique (fig. 6). Il est soumis à trois paliers de température : $-30 \pm 2^\circ\text{C}$ - $0 \pm 2^\circ\text{C}$ - $+60 \pm 2^\circ\text{C}$. Au cas où le constructeur spécifie une température d'utilisation inférieure à -30°C et/ou supérieure à $+60^\circ\text{C}$, les essais sont effectués aux températures données par le constructeur.

L'essai commence à la température ambiante, puis la température croît jusqu'à la valeur la plus élevée et ensuite décroît jusqu'à la valeur la plus faible. Chaque palier dure deux heures. Pour chaque palier, le taux d'humidité relative est fixé selon la norme EN 60068-2-2 [8] pour les températures positives et selon la norme EN 60068-2-1 [9] pour les températures négatives. Un test des fonctions d'alarme (cf. § 6.1) est effectué toutes les 15 minutes pendant chaque palier de température.

Les essais en palier permettent de s'affranchir des performances de variation des paramètres climatiques des enceintes. Ils permettent également d'interrompre un essai en fin de palier et de le reprendre ultérieurement au palier suivant.

6.3. Essai mécanique

L'APR est soumis trois fois de suite à une chute d'une hauteur de 1 mètre. Un essai fonctionnel, selon le protocole décrit au paragraphe 6.1, est ensuite effectué.

Cet essai mécanique simulant des chutes possibles de l'APR en exploitation ne figure pas dans la norme EN 137.

Un essai de vibration n'est pas proposé car il ne correspond à aucune réalité pour un APR.

6.4. Perturbations électromagnétiques

Par analogie avec des composants de sécurité électroniques, l'APR est soumis à des essais d'immunité aux décharges électrostatiques, aux perturbations électromagnétiques rayonnées et aux perturbations conduites, induites par les champs électromagnétiques. Il est également soumis à une variation lente de sa tension d'alimentation. L'APR peut être exposé à un ou plusieurs de ces trois types de perturbations en cours d'utilisation.

La méthode d'application des perturbations se fait selon les normes européennes de compatibilité électromagnétiques :

- NF EN 61000-4-2 pour les décharges électrostatiques [10],
- NF EN 61000-4-3 pour les perturbations rayonnées [11],
- NF EN 61000-4-6 pour les perturbations conduites induites [12].

L'essai d'immunité aux décharges électrostatiques s'effectue avec le niveau de sévérité 4, soit 8 kV pour les décharges au contact et 15 kV pour les décharges dans l'air. Un essai fonctionnel est effectué immédiatement après l'application des décharges.



Fig. 5. Réalisation pratique de l'alimentation en air comprimé - *Practical construction of a compressed air supply*



Fig. 6. Circuit raccordé à l'alimentation d'air en essai climatique - *Circuit connected to the air supply for climatic testing*



Les perturbations électromagnétiques rayonnées sont appliquées avec le niveau de sévérité 3, soit 10 V/m, de 27 MHz à 1 GHz et le niveau 4, soit 30 V/m, de 800 à 960 MHz et de 1,4 à 2 GHz. L'APR en essai est exposé selon deux axes perpendiculaires pour lesquels la probabilité d'influence des perturbations est estimée la plus grande.

Cet essai représente l'action d'un champ électromagnétique, dans lequel le circuit électronique de l'APR peut se trouver.

L'injection de perturbations conduites rayonnées avec le niveau de sévérité 3, soit 10 V, représente l'action des perturbations induites dans les liaisons entre le transducteur et le circuit électronique par le même champ électromagnétique.

La *figure 7* montre deux circuits électroniques en cours d'essai d'immunité aux perturbations rayonnées. Le premier plan montre concrètement que l'APR en essai se réduit aux éléments schématisés au § 2.

6.5. Variation de la tension d'alimentation

La variation lente de tension d'alimentation est un facteur d'influence qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de

l'utilisation de circuits électroniques. L'essai proposé préconise de faire varier la tension d'alimentation dans les limites de 15 % et de - 30 % de la tension nominale. Cet essai s'effectue manuellement à l'aide d'une alimentation extérieure. Il représente un défaut ou une décharge sur l'accumulateur ou la pile alimentant le circuit électronique de l'APR. Un essai fonctionnel (cf. § 6.1) est effectué continuellement pendant l'application des perturbations rayonnées, conduites et la variation lente de tension.

6.6. Degré de protection de l'enveloppe

Cet essai représente les conditions d'utilisation possible de l'APR en présence d'eau et de poussière. La ou les enveloppes contenant les circuits électroniques relatifs à la fonction de sécurité sont soumises à un essai d'étanchéité aux poussières et à l'eau selon la norme NF EN 60529 [6]. Le degré à atteindre est au minimum IP 67, correspondant à une étanchéité aux poussières et à une immersion temporaire. Un essai fonctionnel selon le paragraphe 6.1 est effectué immédiatement après l'essai d'étanchéité de la ou des enveloppes.

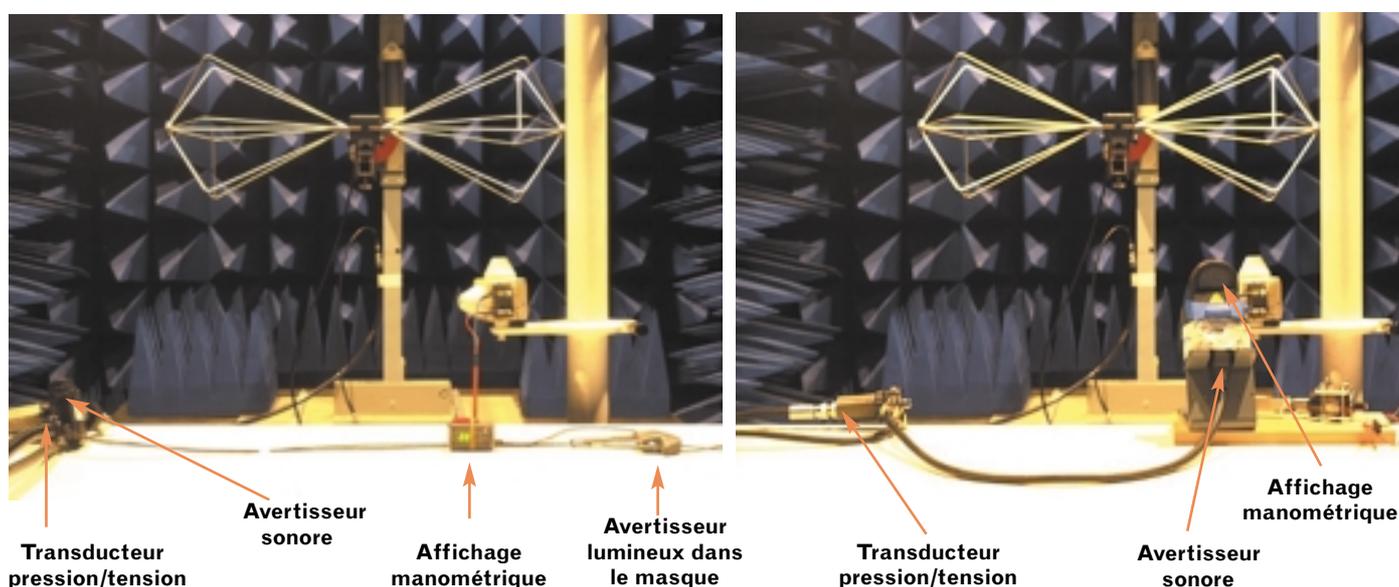
CONCLUSION

L'utilisation de l'électronique dans les APR doit toujours conduire à s'interroger sur le maintien du niveau de protection assuré par ce type de protecteur. Cette interrogation concerne non seulement l'utilisateur et le préventeur, mais aussi le concepteur et le certificateur de l'équipement.

Comme pour la sécurité des machines, l'électronique peut être utilisée dans le domaine de la protection individuelle dont font partie les APR. Cela nécessite de prendre en compte l'aspect sûreté de fonctionnement dès la conception, puis de procéder à sa validation à l'aide d'un référentiel incluant une méthodologie appropriée.

La partie expérimentale de cette méthodologie a été validée suite à son application sur deux APR commercialisés acquis par le laboratoire. Aucune difficulté n'a été relevée pour l'activation de la fonction de sécurité durant les essais préconisés et pour la vérification de ses critères de performance. Les essais environnementaux effectués selon la méthodologie proposée

Fig. 7. Essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques rayonnées - *Testing immunity to radiated electromagnetic disturbances*



ont montré leur faisabilité et leur pertinence en mettant en évidence des dysfonctionnements conduisant à la perte de la fonction de sécurité (cf. § 4.1).

La phase relative à l'analyse des circuits électroniques afin de déterminer s'ils satisfont aux prescriptions de la catégorie 3 selon la norme EN 954-1 est validée de par son utilisation courante dans le domaine des machines.

Cette démarche se veut une aide à l'introduction de la technologie électronique dans les APR. Elle s'adresse dans un premier temps aux experts de la normalisation. Ces derniers disposeront alors d'éléments pour introduire un chapitre relatif à l'aspect sûreté de fonctionnement des EPI à base d'électronique dans les normes les concernant.

Il devrait ensuite en résulter une prise en compte de cet aspect par les constructeurs et la possibilité pour les experts concernés, de procéder à l'analyse et à la certification de ce type d'EPI à l'aide de la méthodologie proposée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BUCHWEILLER J.P., MAYER A., IOTII J.M., KUSY A., REINERT D., CHRIST E. - Équipements de protection individuelle comportant des circuits électroniques - Sûreté de fonctionnement. - *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, 2000, ND 2128, 10 p.
- Zuverlässigkeit persönlicher Schutzausrüstung mit integrierter Elektronik. - *Die BG Fachzeitschrift für Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und Unfallversicherung*, April 2000, A8833, pp. 209-215.
- [2] Norme EN 1050 - Sécurité des machines - Principes pour l'appréciation du risque. Paris, AFNOR, 1996, 20 p.
- [3] Norme EN 954-1 - Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : principes généraux de conception. Paris, AFNOR, 1996, 46 p.
- [4] Projet de norme prEN 954-2 - Projet de norme, Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 2 : validation. Paris, AFNOR, 1999, 67 p.
- [5] Norme EN 137 - Appareils de protection respiratoire autonomes à circuit ouvert, à air comprimé. Exigences, essais, marquage. Paris, AFNOR, 1993, 23 p.
- [6] Directive 89/686/EEC du Conseil du 21 décembre 1989 concernant les lois des États Membres relatives aux équipements de protection individuelle. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, n° L 399 du 30 décembre 1989, pp. 0018-0038.
- [7] Norme NF EN 60529 - Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP). Paris, AFNOR, 1992, 43 p.
- [8] norme NF EN 60060-2-2 - Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, deuxième partie : essais. Essai B : chaleur sèche. Paris, AFNOR, 1993, 37 p.
- [9] Norme NF EN 60060-2-1 - Essais d'environnement, deuxième partie : essais. Essai A : froid. Paris, AFNOR, 1993, 26 p.
- [10] Norme NF EN 61000-4-2 - Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4 : techniques d'essai et de mesure. Section 2 : essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Paris, AFNOR, 1995, 35 p.
- [11] Norme NF EN 61000-4-3 - Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4 : techniques d'essai et de mesure. Section 3 : essais d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques. Paris, AFNOR, 29 p.
- [12] Norme NF EN 61000-4-6 : 1997: Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4 : techniques d'essai et de mesure. Section 6 : essais d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques. Paris, AFNOR, 1997, 44 p.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ - 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part des *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, 4^e trimestre 2002, n° 189 - ND 2181 - 1 000 ex.
N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952 - ISBN 2-7389-1136-6

Imprimerie de Montligeon - 61400 La Chapelle Montligeon