



HAL
open science

Système de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix

Patrice Marchal, James Baudoin

► To cite this version:

Patrice Marchal, James Baudoin. Système de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix. *Références en santé au travail*, 2019, Rubrique Mise au point de RST, 158, pp.117-124. hal-03082461

HAL Id: hal-03082461

<https://hal.science/hal-03082461v1>

Submitted on 18 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Systeme de protection individuelle intelligent (SPII) : definition, analyse, choix

AUTEURS :

P. Marchal, J. Baudoin, département Ingénierie des équipements de travail, INRS

EN
RÉSUMÉ

L'émergence de systèmes de protection individuelle dits « intelligents » (SPII) soulève de nouvelles questions vis-à-vis de la prévention des risques professionnels. Si les fabricants s'interrogent sur les exigences de sécurité applicables lors de la conception de tels équipements, les entreprises utilisatrices se questionnent également sur les performances et les limites de ces équipements ainsi que sur d'éventuels risques liés à leur utilisation. Afin de clarifier les échanges entre les parties prenantes, cet article propose dans un premier temps, une définition d'un SPII. Il présente ensuite des éléments d'analyse permettant de guider les futurs utilisateurs et employeurs dans leur choix lors de l'acquisition de ce type de produit ainsi que les services de santé au travail (SST) dans le conseil donné aux employeurs.

MOTS CLÉS

Protection individuelle / Technologie avancée / Équipement de protection individuelle / EPI

Portée par l'essor des techniques liées à l'Internet des objets, on constate l'émergence d'un grand nombre d'équipements connectés pouvant être tenus ou portés par les opérateurs : *smartphones, tablettes, montres mais aussi chaussures, casques, vêtements, lunettes, badges, gants...*

Parmi ces derniers, on trouve ainsi des équipements de protection individuelle (EPI) couverts par le règlement européen [1].

Si ces évolutions numériques prétendent aller globalement dans le sens d'une amélioration du confort d'utilisation ou du niveau de sécurité de l'EPI concerné, elles peuvent également être la source de nouveaux risques. Un utilisateur de semelles chauffantes connectées a par exemple été brûlé au deuxième degré suite à un dysfonctionnement du produit¹.

Cette évolution des EPI classiques vers des équipements, voire des systèmes multifonctions, dits « in-

telligents » pose donc de nouvelles questions vis-à-vis de la prévention des risques professionnels. En particulier, les entreprises utilisatrices (encadrement, préventeurs, salariés...), autant que les organismes de prévention et les services de santé au travail (SST), s'interrogent sur les performances et les limites de ces nouveaux EPI ainsi que sur d'éventuels risques liés à leur utilisation [2].

Après la définition d'un équipement ou d'un système de protection individuelle intelligent (SPII), cet article rappellera succinctement la démarche proposée par l'INRS pour analyser ces dispositifs et montrera comment cette démarche peut aussi être utile aux futurs utilisateurs et employeurs pour les orienter dans leur choix lors de l'acquisition de ce type de produit ainsi qu'aux services de santé au travail pour conseiller les employeurs.

1. www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/nancy-brule-aux-pieds-par-des-semelles-chauffantes-il-demande-une-juste-indemnisation-1490022167

Système de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix

QU'EST-CE QU'UN SYSTÈME DE PROTECTION INDIVIDUELLE INTELLIGENT (SPII) ?

Une grande variété d'EPI ou de combinaisons d'EPI est aujourd'hui qualifiée « d'intelligents » par leur fabricant, tant dans les articles scientifiques que dans les informations recueillies dans la presse et les salons professionnels [2 à 4]. Ce qualificatif est en effet appliqué couramment à des fins de marketing et s'étend à une large gamme de fonctionnalités. On trouve parfois le simple ajout d'un accessoire énergisé à un EPI classique mais aussi l'intégration de capteurs à un système de traitement capable de modifier de façon dynamique le comportement de l'EPI ou d'un système extérieur. La clarification de la terminologie relative aux EPI qui intègrent des nouvelles technologies est de ce fait une préoccupation des organismes de normalisation [5]. C'est en effet une base indispensable pour, d'une part, des échanges sans équivoque entre les différentes parties prenantes (fabricants, utilisateurs, contrôleurs, préventeurs...) et, d'autre part, la proposition d'une approche harmonisée pour l'analyse de ces produits.

Un SPII est avant tout un équipement de protection individuelle (EPI), il faut donc en premier lieu revenir sur la définition d'un tel équipement. Selon le règlement européen relatifs aux EPI, un EPI est un « *équipement conçu et fabriqué pour être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques pour sa santé ou sa sécurité* » [1].

Deux notions viennent compléter cette définition, celles de « sys-

tème » et « d'intelligence ».

En ce qui concerne la notion de « système », l'INRS retient la définition proposée par l'Association française de l'ingénierie système, à savoir celle d'un « *assemblage d'appareils ou de dispositifs composé de divers éléments intégrés à l'équipement permettant d'assurer une ou des fonctions déterminées* ». Cette définition est en effet cohérente avec celle proposée par la norme CEN/TR 16298:2011 relative aux systèmes textiles² ou encore celle sur les EPI combinés et multirisques³ [6].

La notion « d'intelligence » est plus complexe à définir tant les domaines qui s'y intéressent sont variés (psychologie, ingénierie, informatique...). Pour définir un EPI « intelligent », les définitions proposées pour les systèmes techniques [7], les matériaux [8] et les textiles intelligents [6] ont été utilisées. Ce sont en effet sur ces bases (textiles ou matériaux « intelligents », systèmes techniques « intelligents ») que repose la plupart des EPI dits « intelligents » actuellement commercialisés. Le point commun entre ces différentes définitions est la notion d'interaction ou de réponse automatique d'un système à une information ou un changement de son environnement. Ainsi, la définition retenue du terme « intelligent » est celle d'un équipement « *capable de s'adapter automatiquement à des changements de son environnement ou suite à un signal externe* ». Sur la base de ces éléments, la définition suivante est proposée : « *Un système de protection individuelle intelligent (SPII) est un assemblage de dispositifs ou d'éléments destiné à être porté ou tenu par une personne, en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles*

2. Système textile :

« Assemblage de composants textiles et non textiles intégrés dans un produit qui conserve ses propriétés textiles, par exemple un vêtement, un tapis ou un matelas ».

3. EPI multirisques :

« ensemble constitué de plusieurs dispositifs ou moyens associés de façon solidaire par le fabricant en vue de protéger une personne contre un ou plusieurs risques susceptibles d'être encourus simultanément ».

de menacer sa santé ou sa sécurité et qui réagit automatiquement, soit à des changements de son environnement, soit à un signal externe ».

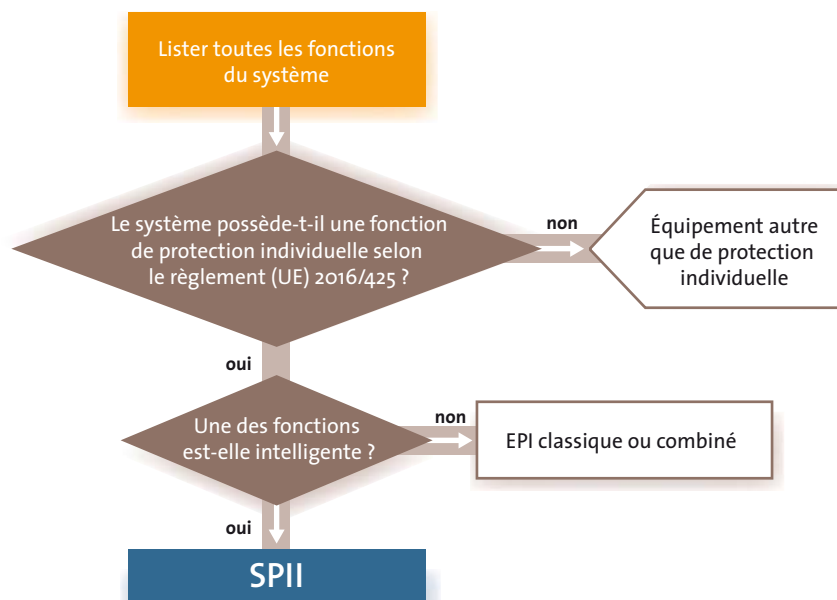
Selon cette définition, un SPII peut désigner, par exemple, un EPI qui réagit automatiquement :

- en informant le porteur ou un tiers par l'indication d'une valeur, d'une position... (lunettes de protection équipées d'un sonomètre avec affichage sur un oculaire du niveau de bruit ambiant par exemple) ;
- en alertant le porteur ou un tiers en cas de dépassement d'une valeur seuil (veste de protection contre la chaleur équipée d'un détecteur de température intérieure qui déclenche une alarme en cas de dépassement d'un seuil prédéfini par exemple) ;
- en modifiant sa fonction de protection (adaptation de la filtration d'un masque de soudage actif, par exemple) ou en commandant un autre équipement (arrêt d'une machine dangereuse lorsque le porteur d'un badge est à proximité).

A contrario :

- un EPI classique et un EPI combiné classique ne sont pas des SPII du fait de l'absence de fonction « intelligente » ;
- complété d'un dispositif énergisé, un EPI n'est pas nécessairement un SPII. Par exemple, des lunettes de sécurité qui intègrent un éclairage à actionnement manuel constituent un système de protection individuelle qui ne peut pas pour autant être qualifié d'« intelligent » ;
- un équipement ou un système dit « intelligent » porté ou tenu par un salarié (tee-shirt connecté, montre ou ceinture connectée, tablette...) mais qui ne le protège pas, au sens de la définition d'un EPI, n'est pas un SPII [1].

Figure 1 : Logigramme pour l'identification des systèmes de protection individuelle intelligent (SPII)



La figure 1 illustre la démarche à suivre pour identifier si un produit répond ou non à la définition proposée pour un SPII. Un SPII est en premier lieu un équipement de protection individuelle (EPI). En conséquence, les éléments proposés dans la brochure de l'INRS sur les équipements de protection individuelle pour guider les entreprises dans le choix d'un EPI s'appliquent également aux SPII [9]. Il est toutefois nécessaire d'adapter ces éléments pour prendre en compte les notions de système et d'intelligence qui sont spécifiques aux SPII. Ainsi, la démarche d'analyse des SPII issue d'une récente étude menée par l'INRS a été déclinée, selon le point de vue des futurs utilisateurs et employeurs, pour les orienter dans leur choix lors de l'acquisition de ce type de produit [10 à 12].

DÉMARCHE POUR L'ANALYSE DES SPII

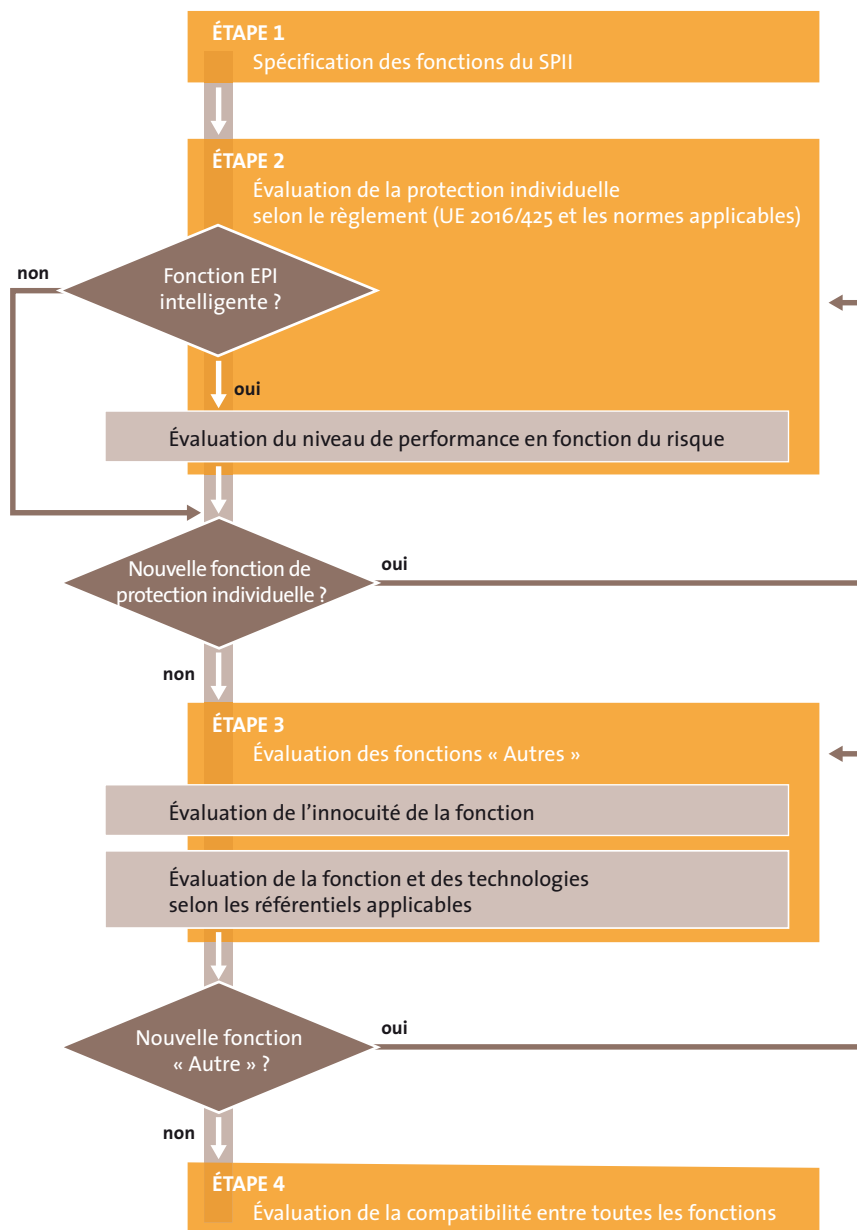
L'analyse des SPII sur la base des normes EPI actuelles n'est pas suffisante du fait, qu'à de rares exceptions près, elles ne prennent pas encore en compte les risques en cas de défaillance des fonctions intelligentes.

Afin de guider les fabricants et les organismes notifiés dans cette analyse, l'étude INRS précédemment citée a conduit à proposer la démarche illustrée par la figure 2 [10 à 12]. Cette démarche distingue l'analyse des fonctions dites de « protection individuelle » selon le règlement européen des autres fonctions du SPII [1].

ÉTAPE 1 - SPÉCIFICATIONS DES FONCTIONS DU SPII

Cette première étape consiste, de façon classique pour le fabricant

Figure 2 : Logigramme simplifié de la démarche proposée pour l'analyse d'un système de protection individuelle intelligent (SPII)



Systeme de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix

d'un produit, à spécifier l'ensemble des fonctions d'usage de son produit. Dans le cas présent, il s'agit pour le fabricant d'un SPII de spécifier :

- la ou les fonctions de protection individuelle revendiquées, afin de définir les exigences essentielles de santé et de sécurité applicables, et leur catégorie c'est-à-dire la procédure d'évaluation de conformité à ces exigences ainsi que les normes d'essais en vigueur ;
- les autres fonctions afin d'identifier les différents référentiels réglementaires applicables selon la nature de ces fonctions ou leur déclinaison matérielle ;
- les dispositifs ou composants ajoutés à l'EPI de base, indépendamment du fait qu'ils sont amovibles ou démontables, afin de définir la configuration du système à tester.

ÉTAPE 2 - ANALYSE DES FONCTIONS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Les fonctions de protection individuelle précédemment identifiées doivent ensuite être analysées une à une sur la base des exigences essentielles de santé et de sécurité du règlement européen relatifs aux EPI [1]. Les fabricants ou les organismes de contrôle peuvent pour cela s'appuyer sur les normes d'essais harmonisées qui apportent présomption de conformité à ce règlement⁴. Cette analyse doit se faire dans les différentes configurations d'utilisation revendiquées par le fabricant du SPII (cf. étape 1), y compris celles qui impliquent des composants amovibles ou démontables.

Dans le cas des fonctions de protection individuelle qui intègrent une partie intelligente non prise en compte dans les normes harmonisées existantes, il convient alors pour le fabricant de déter-

miner leur comportement en cas de défaillance ou de perturbations environnementales. Par analogie avec le domaine des machines, il est proposé, pour cela, de définir, à l'aide de la norme NF EN ISO 13849-1 [13], un niveau de performance requis ou PLr (*Performance Level required*). Ce niveau est déterminé à partir de l'évaluation du risque couvert par cette partie intelligente (figure 3). Enfin, le fabricant doit identifier et appliquer les référentiels réglementaires en fonction des technologies mises en œuvre pour cette partie intelligente (directive « CEM », par exemple en cas d'utilisation d'un système électronique) [14].

ÉTAPE 3 - ANALYSE DES AUTRES FONCTIONS DU SPII

Cette troisième étape concerne les fonctions revendiquées par le fabricant qui ne sont pas des fonctions de protection individuelle, appelées dans la suite de cet article fonctions « Autres ». Il peut s'agir par exemple d'une fonction de chauffage intégrée à des gants de protection, d'un système de géolocalisation dans une chaussure de sécurité, d'un détecteur de courant dans un casque de sécurité...

Comme dans l'étape précédente, le fabricant doit analyser une à une ces fonctions « Autres » afin :

- de s'assurer de leur innocuité dans les conditions prévisibles d'emploi du SPII ;
- d'appliquer les référentiels réglementaires selon les technologies mises en œuvre mais aussi selon leur nature. En particulier, dans le cas où l'une des fonctions « Autres » est « de sécurité » au sens de la directive « Machines » [15], il s'agira comme précédemment de définir, en fonction d'une analyse de risque, son niveau de performance requis (PLr) en appliquant la norme NF EN ISO 13849-1 [13]. Ce serait,

par exemple, le cas d'un casque de sécurité qui intégrerait un système de détection d'intrusion dans une zone dangereuse d'une machine pour commander son arrêt.

ÉTAPE 4 - COMPATIBILITÉ ENTRE L'ENSEMBLE DES FONCTIONS

Après avoir analysé toutes les fonctions du SPII, cette dernière étape a comme objectif de s'assurer que leur combinaison ne génère pas de risques nouveaux pour le porteur dans les conditions d'utilisation prévues du SPII.

L'innocuité et la compatibilité fonctionnelle de toutes les fonctions entre elles (fonctions qui composent le SPII) doivent être vérifiées.

De plus, il sera nécessaire que le fabricant vérifie que toutes les fonctions du SPII sont compatibles avec l'environnement d'utilisation pour lequel il est destiné, par exemple dans le cas d'une utilisation en zone ATEX.

DÉMARCHE POUR LE CHOIX D'UN SPII

Comme pour les EPI, le choix d'un SPII doit être guidé par l'analyse du poste de travail dans le cadre d'une action concertée associant l'employeur, le service de santé au travail et les futurs utilisateurs.

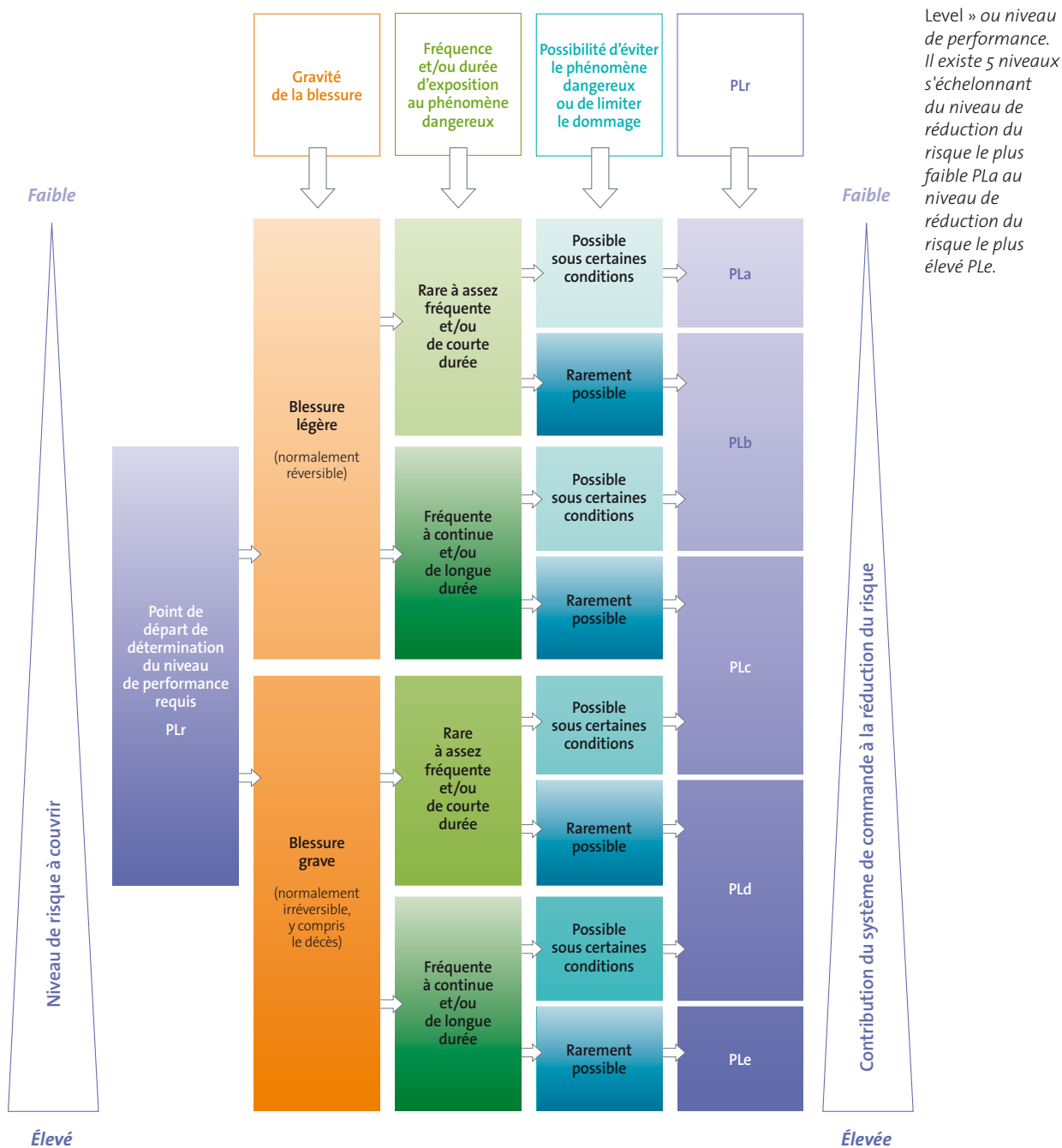
La logique de la démarche d'analyse présentée dans le paragraphe précédent peut être reprise pour guider les entreprises dans le choix d'un SPII approprié aux risques à prévenir, adapté au travailleur et compatible avec le travail à effectuer.

ÉTAPE 1 - ANALYSE DES BESOINS DE PROTECTION

L'employeur doit, sur la base de l'analyse du poste de travail, définir

4. La liste complète de ces normes est disponible sur le site de l'Union Européenne : [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC1013\(03\)&format=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC1013(03)&format=EN).

Figure 3 : Graphique de détermination du niveau de performance requis (PLr) d'une fonction de sécurité [11]



les besoins en matière de moyens de protection individuelle et en fonction des contraintes liées à l'activité.

Il doit ensuite confronter ces besoins et ces contraintes aux fonctions revendiquées par le fabricant du SPII et à leur domaine d'utilisation (étape 1 de la démarche d'analyse). Ces informations émanant du fabricant doivent normalement figurer dans la notice d'instructions.

ÉTAPE 2 - VÉRIFICATION DE L'ADÉQUATION DES FONCTIONS DE PROTECTION INDIVIDUELLE DU SPII AUX BESOINS DE PROTECTION

L'employeur doit ensuite s'assurer que les fonctions de protection individuelle du SPII sont en adéquation avec celles souhaitées en termes de niveau de protection, d'efficacité, de confort, d'ergonomie, d'innocuité et de résistance.

La démarche est la même que pour les EPI. En plus du marquage « CE » qui est obligatoire et qui atteste de la conformité de l'équipement aux règles techniques de conception et aux procédures de certification, l'employeur doit consulter la notice d'instructions afin de vérifier les caractéristiques du SPII, les normes appliquées, la signification des marquages apposés et les classes de protection qui doivent être

Système de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix

adaptées aux niveaux des risques et aux conditions d'utilisation envisagées.

Pour les fonctions de protection individuelle du SPII qui intègrent une partie intelligente, l'employeur doit s'assurer que le fabricant a bien pris en compte les risques de défaillance ou de dysfonctionnement de cette partie. Deux cas de figure se présentent :

- cet aspect est pris en compte dans les normes en vigueur comme c'est le cas, par exemple, des masques de soudage automatiques avec la norme NF EN 379 [16]. L'employeur peut alors simplement vérifier dans la notice que le fabricant revendique bien la conformité à cette norme ;

- cet aspect n'est pas encore pris en compte dans les normes en vigueur. Si le fabricant a bien suivi la démarche d'analyse proposée (cf. § *Démarche pour l'analyse des SPII*), il aura déterminé un niveau de performance (PLr) pour cette partie intelligente en s'appuyant sur la norme NF EN ISO 13849-1 [13] et ce niveau sera alors normalement indiqué dans la notice d'instruction du SPII. L'employeur pourra alors vérifier que ce niveau de performance est en adéquation avec le niveau de risque dans les conditions d'utilisation envisagées.

ÉTAPE 3 - VÉRIFICATION DE L'ADÉQUATION DES FONCTIONS « AUTRES » DU SPII À L'ACTIVITÉ DU SALARIÉ

Dans un premier temps, il convient pour l'employeur de s'assurer que ces fonctions « Autres » répondent bien à un besoin identifié lors de l'analyse du poste de travail (étape 1). Si ce n'est pas le cas, l'employeur doit s'interroger sur l'intérêt d'un système intelligent par rapport à un EPI classique.

Une attention particulière doit ensuite être portée par l'employeur sur la vérification dans la notice d'instructions que l'ensemble des référentiels réglementaires applicables à ces fonctions « Autres » sont bien mentionnés : directive « CEM » pour les composants électroniques [14], « Ondes radios » pour les systèmes de transmission [17] ou encore la directive « Machines » dans le cas de fonctions en lien avec la sécurité d'une machine [15].

ÉTAPE 4 - VÉRIFICATION DE L'ADÉQUATION DU SPII COMPLET À L'ACTIVITÉ ENVISAGÉE

Après s'être assuré individuellement que les différentes fonctions du SPII conviennent à l'activité et aux risques à couvrir, y compris en cas de dysfonctionnement, il est indispensable que l'employeur s'assure que leur combinaison soit compatible avec l'activité envisagée. Là encore, il convient de vérifier la conformité du SPII complet, composants amovibles compris, vis-à-vis de certaines exigences liées au domaine d'activité comme, par exemple, en atmosphère explosive, la directive « ATEX » [18].

Comme pour les EPI classiques, il est recommandé, avant de faire le choix définitif d'un SPII, de retenir plusieurs modèles et de les faire tester par le personnel afin de s'assurer que, dans leurs différentes configurations d'utilisation, ils ne sont pas à l'origine d'inconfort, de gêne et de difficultés de port. Ces essais sont d'autant plus importants que les réticences au port des EPI peuvent, par exemple, être liées à des questions d'ordre esthétique : un EPI est d'autant plus facilement porté qu'il renvoie au travailleur une image valorisante.

CONCLUSION

Si la diversité des évolutions potentielles des EPI classiques vers des SPII pose de nouvelles questions vis-à-vis de la prévention des risques professionnels, elle ne modifie ni les obligations générales des fabricants vis-à-vis de leur conception, ni celles des employeurs pour leur utilisation. En effet, comme le rappelle la définition proposée pour ces SPII, ce sont avant tout des EPI. Leurs fabricants doivent donc respecter les exigences générales de conception définies par le règlement européen relatifs aux EPI [1] en termes de niveaux de protection, d'efficacité, de confort, d'ergonomie, d'innocuité et de résistance.

De même, les obligations des employeurs pour l'utilisation des SPII sont similaires à celles des EPI classiques. Le choix d'un SPII reste guidé par l'analyse du poste de travail. L'employeur doit assurer l'information et la formation des salariés à l'utilisation du SPII retenu vis-à-vis de l'ensemble de ses fonctions. En outre, il doit aussi veiller au maintien de son état de conformité avec les règles techniques [9].

Si ces obligations générales restent inchangées, la définition des performances des SPII, basée uniquement sur les normes EPI actuelles, n'est cependant pas suffisante du fait, qu'à de rares exceptions près, elle ne prend pas encore en compte les notions de « système » et « d'intelligence » qui différencient les EPI des SPII.

En ce qui concerne la notion de « système », l'approche proposée ici consiste, pour le fabricant, à tester un SPII dans ses différentes configurations, notamment dans le cas de l'utilisation de compo-

sants amovibles ou démontables. Ces composants et leurs caractéristiques devront alors être précisés dans la notice d'instructions du SPII. De cette façon, les futurs utilisateurs pourront s'assurer que ces composants additionnels ont bien été pris en compte dans la vérification de conformité des fonctions de protection individuelle du SPII. C'est par exemple le cas de caméras ou de systèmes de réalité augmentée qui viennent se clipser sur une paire de lunettes de protection (figure 4). C'est bien l'ensemble du SPII (lunette + dispositif de réalité augmentée) qui doit dans ce cas satisfaire aux exigences de protection, d'efficacité, de confort, d'ergonomie, d'innocuité et de résistance. Ces lunettes de protection doivent satisfaire aux exigences de base qui leur sont applicables : par exemple, selon la norme NF EN 166 [19], l'évaluation de la résistance à l'inflammabilité doit être réalisée sur tous les composants du protecteur ou, autre exemple, le système de réalité augmentée ne doit pas obstruer le champ de vision minimal défini par cette norme. De même, le système ajouté ne doit pas créer de gêne supplémentaire comme par exemple le déséquilibre des lunettes.

Dans le cas où cet équipement amovible ne figurerait pas dans la notice d'instructions de ces lunettes, parce qu'il serait fourni par un autre fabricant, il est déconseillé à un employeur de l'utiliser du fait de son obligation de maintien en conformité des EPI.

Pour les parties « intelligentes » qui participent aux fonctions de protection individuelle, il est proposé de prendre en compte leur comportement en cas de défaillance ou de perturbations environnementales, par exemple en s'appuyant sur la norme NF EN ISO 13849-1 [13]. Celle-ci permet au fabricant du SPII de définir un niveau de performance requis (PLr) à partir de l'évaluation du risque couvert par cette partie intelligente (cf. figure 2). L'indication de ce niveau de performance dans la notice d'instructions permettra à l'employeur de vérifier son adéquation avec le niveau de risque dans les conditions d'utilisation envisagées.

En cas de doute sur ce point (niveau de performance non précisé ou non cohérent avec l'analyse de risque), il est conseillé à l'employeur de ne pas retenir ce SPII.

Enfin, du fait de ces notions de système et d'intelligence, les SPII mettent généralement en œuvre



Figure 4 : Lunettes de protection additionnées d'un dispositif de réalité augmentée.

des technologies variées. Une attention particulière doit donc être portée aux différents référentiels réglementaires auxquels ils doivent répondre en complément du règlement EPI.

L'évolution des EPI classiques vers des équipements, voire des systèmes multifonctions, dits « intelligents » interroge les entreprises utilisatrices (encadrement, préventeurs, salariés...), autant que les organismes de prévention et les SST, sur les performances et les limites de ces nouveaux EPI ainsi que sur d'éventuels risques liés à leur utilisation. La démarche présentée dans cet article permet de les guider dans le choix d'un équipement et de préserver la santé et la sécurité des utilisateurs. Néanmoins, leur intégration en milieu de travail doit se faire en concertation avec les utilisateurs, après une analyse de l'activité et une formation à leur utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

1 | Règlement (UE) 2016/425 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2016 relatif aux équipements de protection individuelle et abrogeant la directive n° 89/686/CEE du Conseil. (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). In: EUR-Lex. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2016 (<https://eur-lex.europa>.

[eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0425](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0425)).

2 | DOLEZ P, DECAENS J, BUNS T, LACHAPPELLE D ET AL. - Analyse du potentiel d'application des textiles intelligents en santé et en sécurité au travail. Rapports scientifiques R-1029. Montréal : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) ; 2018 : 100 p.

3 | DABROWSKA A - Perspectives d'utilisation des EPI intelligents dans le domaine de la prévention des accidents et du bien-être au travail : exemples de solutions. Session 3. Innovation technologique, changements organisationnels : quels enjeux pour la prévention ? Conférence scientifique de

l'INRS. Nancy, 29-31 mars 2017. INRS, 2017 (www.inrs.fr/footer/actes-evenements/innovation-technologique-mars-2017.html).

4 | GRALEWICZ G, OWCZAREK G - An inventory of selected electronic, textronic, mechatronic and ICT-based solutions for safety-related applications in smart working



Système de protection individuelle intelligent (SPII) : définition, analyse, choix

BIBLIOGRAPHIE (suite)

- environments. The Central Institute for Labour Protection, National Research Institute (CIOP-PIB), 2015 (www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/75456/An_inventory_of_selected_ITC_solutions_CIOP-PIB_2015.pdf).
- 5 | Protective textiles and personal protective clothing and equipment. Final report CEN-CENELEC BT/WG 8. CEN, CENELEC, 2014 (www.ergonomics-fees.eu/sites/default/files/N87_M509%20final%20report%20of%20from%20CEN-CENELEC%20BT%20WG%208_20140110_complete.pdf).
- 6 | Textiles et produits textiles. Textiles intelligents. Définitions, catégorisation, applications et besoins de normalisation. FD CEN/TR 16298. Mars 2012. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2012 : 28 p.
- 7 | Le guide des technologies de l'Industrie du Futur. Alliance Industrie du Futur, 2018 (www.industrie-dufutur.org/Documents%20%C3%A0%20t%C3%A9%20C3%A9charger/guide-technologies-de-lindustrie-futur/).
- 8 | DE ROSNAY J - Les matériaux intelligents. Texte de la 278^e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 4 octobre 2000. Université de tous les savoirs, 2000 (streaming-canal-u.fnmsh.fr/vod/media/canalu/documents//utls/041000.pdf).
- 9 | BALTU I, CHAPOUTHIER A - Les équipements de protection individuelle (EPI). Règles d'utilisation. 2^e édition. Édition INRS ED 6077. Paris : INRS ; 2013 : 23 p.
- 10 | MARCHAL P - Systèmes de protection individuelle « intelligents » : une définition et une démarche pour leur analyse. Décryptage DC 21. Hyg Sécurité Trav. 2018 ; 251 : 6-9.
- 11 | BAUDOIN J, BELLO JP, BLAISE JC, HARDY S ET AL. - Sécurité des machines. Principes de conception des systèmes de commandes. Édition INRS ED 6310. Paris : INRS ; 2019 : 59 p.
- 12 | SIAS : sécurité des systèmes industriels automatisés. Compte rendu de la 9^e conférence internationale : sécurité des systèmes industriels automatisés. Nancy, 10-12 octobre 2018. Congrès CC 26. Hyg Sécurité Trav. 2019 ; 254 : 84-87.
- 13 | Sécurité des machines. Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité. Partie 1 : principes généraux de conception. Norme française homologuée NF EN ISO 13849-1. Mars 2016. Indice de classement E 09-025-1. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2016 : 106 p.
- 14 | DIRECTIVE 2014/30/EU du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique (refonte). (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). In: EUR-Lex. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2014 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0030&from=EN>).
- 15 | DIRECTIVE 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte). (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). In: EUR-Lex. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2006 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=EN>).
- 16 | Protection individuelle de l'œil. Filtres de soudage automatique. Norme française homologuée NF EN 379 + A1. Septembre 2009. Indice de classement S 77-113. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2009 : 27 p.
- 17 | DIRECTIVE 2014/53/UE du Parlement européen et du Conseil du 16 avril 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'équipements radioélectriques et abrogeant la directive 1999/5/CE. (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). In: EUR-Lex. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. 2014 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0053&from=FR>).
- 18 | DIRECTIVE 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (refonte). Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). In: EUR-Lex. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. 2014 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0034&from=FR>).
- 19 | Protection individuelle de l'œil. Spécifications. Norme française homologuée NF EN 166. Janvier 2002. Indice de classement S 77-101. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2002 : 36 p.