

Décryptage

LUNETTES CONNECTÉES : DE NOUVEAUX RISQUES POUR LES SALARIÉS ?

Les lunettes connectées (LC), qui permettent l'affichage d'informations dans le champ visuel des utilisateurs, se développent rapidement dans de nombreux secteurs d'activité. Cet article fait le point sur la technologie et ses possibilités. Il précise ensuite les cas d'utilisation professionnelle des LC et aborde les questions soulevées en termes de prévention des risques professionnels.

SMART GLASSES: NEW RISKS FOR WORKERS? – Smart glasses (SG) allow information to be displayed in the user's visual field. Their applications are developing rapidly in several industries. This article reviews the technology and its potential. It then sets out the case for occupational use of SG and addresses the issues related to the prevention of occupational risks.

AURÉLIEN
LUX,
PATRICE
MARCHAL,
NELLIE
PERRIN
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

MARJORIE
PIERRETTE
INRS,
département
Homme
au travail

L'industrie du futur, ou « industrie 4.0 »¹, marque un tournant dans le secteur industriel. Avec l'ambition de répondre à l'objectif d'améliorer la compétitivité des entreprises en associant flexibilité et productivité, l'ensemble de ces transformations des systèmes de production est porté par l'émergence de nouvelles technologies et de leur interconnexion numérique.

Au même titre que la robotique collaborative, les exosquelettes ou l'impression 3D, la réalité augmentée (RA) est l'une des technologies clés de l'industrie du futur [1]. La RA permet de fournir à l'utilisateur, en relation avec son environnement (la « réalité »), des informations supplémentaires (« augmentées » via l'usage de technologies spécifiques). Son objectif est clair : « La RA a pour but d'enrichir la perception [de l'opérateur] et [sa] connaissance d'un environnement réel par l'ajout d'informations numériques le concernant [2] ». La transmission en temps réel d'informations nécessaires à la réalisation de la tâche devrait alors non seulement permettre des gains de productivité [3], mais également de renforcer la polyvalence des opérateurs et de faire face à des pénuries de compétences sur certains métiers. Cette

technologie permet aujourd'hui de parler d'« opérateur augmenté » [4].

Les lunettes connectées (LC) : définition

À l'inverse de la réalité virtuelle (RV), qui plonge l'utilisateur dans un monde totalement représenté, la RA ajoute à la perception du monde réel par l'utilisateur des informations relatives à l'environnement qui peuvent prendre différentes formes : texte, son, image, etc.

Si la RA peut s'appliquer à l'ouïe² et, plus rarement, au toucher, la grande majorité des interfaces développées aujourd'hui concernent la vue. Nous pouvons catégoriser ces interfaces visuelles en trois types distincts :

- les systèmes portés sur la tête (casques ou lunettes), qui permettent l'affichage de données sur un écran miniature situé dans le champ de vision de l'utilisateur ;
- les systèmes portés à la main (tablettes, téléphones portables), qui offrent une fenêtre augmentée sur le réel ;
- les systèmes de projection d'informations directement sur les objets physiques d'intérêt, qui servent alors d'écran.



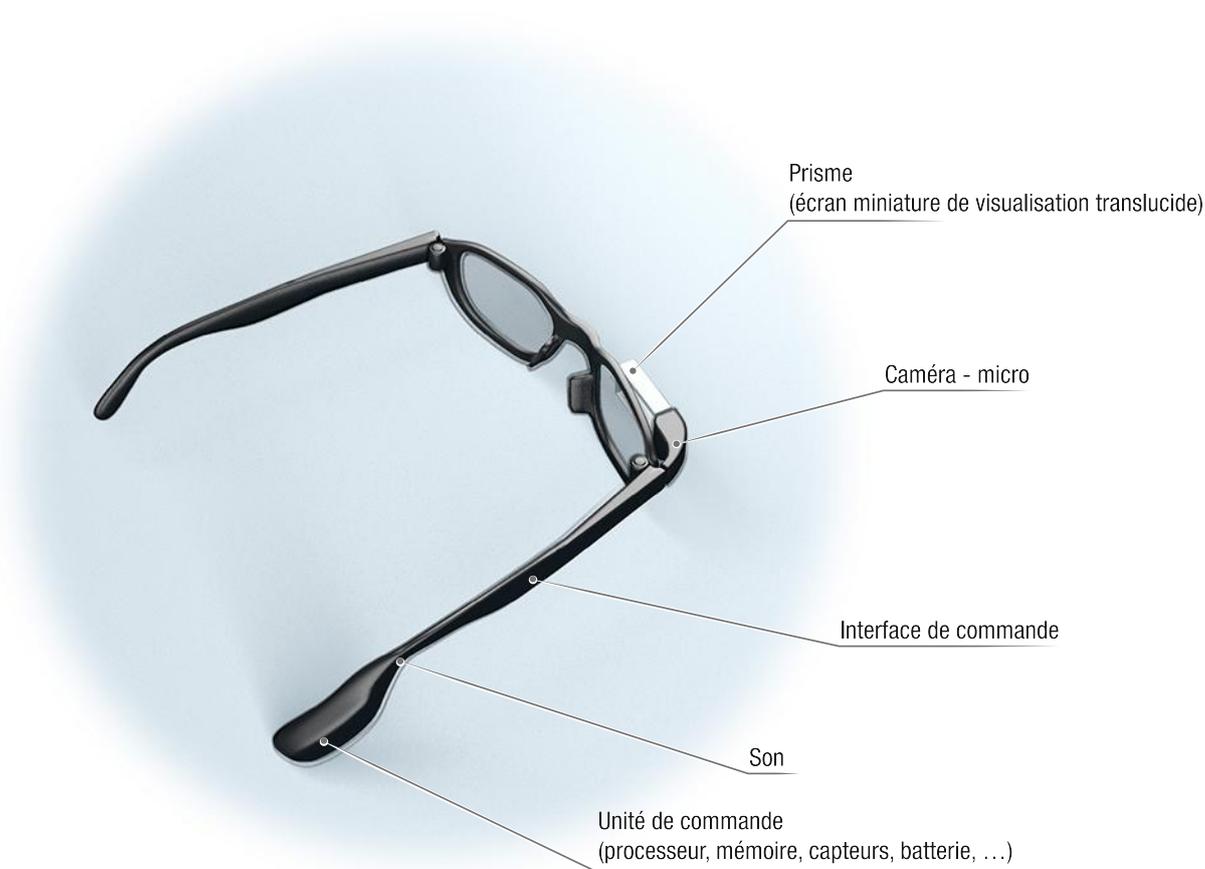


FIGURE 1 →
Exemple
d'architecture
de lunettes
connectées.

© 3 ZIGS pour l'INRS/2021

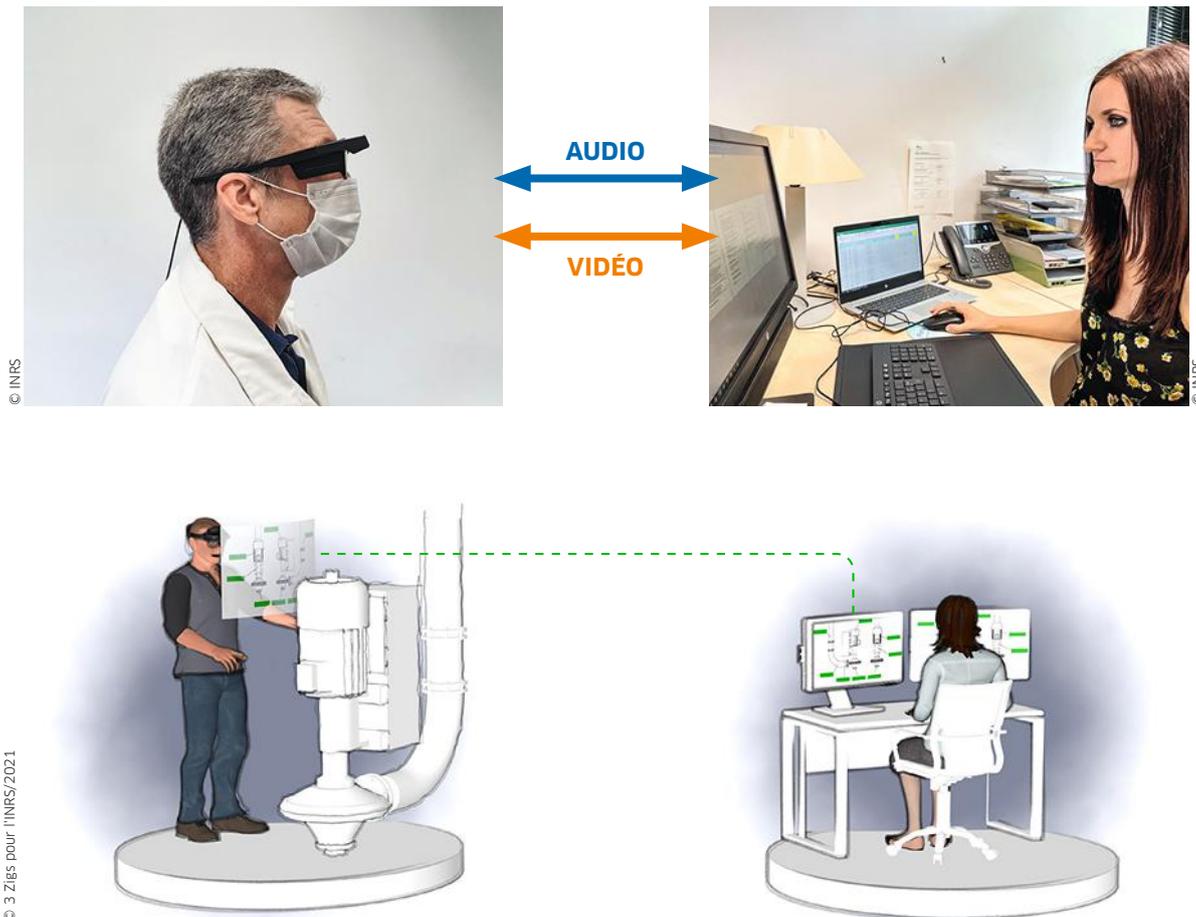
Dans cet article, nous nous intéressons uniquement aux systèmes portés sur la tête, couramment dénommés lunettes connectées (LC), ou « lunettes intelligentes », définies par Rauschnabel *et al.* [5] comme étant « des ordinateurs vestimentaires dotés d'une connexion Internet mobile qui se portent comme des lunettes ou qui se montent sur des lunettes ordinaires pour afficher des informations dans le champ de vision de l'utilisateur ». Du fait des progrès techniques des dernières années, les LC ont plus récemment laissé entrevoir de réelles applications industrielles. En effet, le marché s'est démocratisé, notamment sous l'impulsion des évolutions portées tout d'abord par le monde du jeu vidéo, puis grâce à des intégrateurs qui développent aujourd'hui des applications répondant aux besoins spécifiques des utilisateurs professionnels.

Les différentes technologies

Les lunettes connectées (Cf. Figure 1) sont toutes équipées d'un dispositif de visualisation permettant d'afficher des informations dans le champ de vision de l'utilisateur. Le plus souvent, c'est un écran miniature positionné devant un œil. Il peut être transparent (prisme) et escamotable.

Dans le cas de certains systèmes binoculaires, l'affichage des informations virtuelles est parfois directement intégré aux oculaires. Les informations peuvent alors s'insérer dans l'espace réel sous la forme d'hologrammes en trois dimensions. On parle alors de « réalité mixte ».

La plupart des LC disposent également d'une caméra pour filmer la scène selon le point de vue de l'utilisateur et d'un dispositif de communication audio (microphone et haut-parleur). Les LC, véritables ordinateurs miniatures connectés à Internet, intègrent une unité de commande (processeur, mémoire, systèmes de connexion, etc.), une batterie, ainsi qu'une interface de dialogue (boutons, pavé tactile, reconnaissance gestuelle, etc.). Différents systèmes électroniques et capteurs, comme des GPS, des accéléromètres, un dispositif de suivi oculaire (*eye-tracker*), etc., peuvent également apporter des fonctions complémentaires. Les dernières évolutions, si elles ont récemment porté sur la miniaturisation et l'ergonomie (réduction du poids, confort optique, etc.), sont désormais liées à l'amélioration de l'autonomie des batteries et au développement d'applications dédiées, répondant aux besoins spécifiques des entreprises.



← FIGURE 2
Exemples
d'utilisation
des LC dans
le domaine de la
téléassistance.

Cas d'usage et domaines d'utilisation

Concernant l'utilisation des lunettes connectées, plusieurs usages se développent dans différents domaines ; ils peuvent être classés en trois catégories :

- **Téléassistance** : le porteur des LC partage sa vision grâce à la caméra et échange en temps réel avec une personne distante (Cf. Figure 2). C'est par exemple le cas d'un agent de maintenance intervenant sur une machine qui communique avec un expert situé dans un bureau ou sur un site distant ;
- **Visualisation** : des informations complémentaires sont apportées à l'utilisateur des LC, directement dans son champ de vision, par exemple pour prévenir d'une anomalie ou pour afficher en temps réel des données issues de capteurs (affichage automatique) ;
- **Guidage** : le porteur des LC réalise sa tâche de manière autonome. Le système lui apporte des informations visuelles afin de le guider, pas à pas, dans la réalisation d'une activité complexe (exemples : procédure, notice de montage, check-list de contrôle, etc. ; Cf. figure 3).

On retrouve ces différents cas d'usage des LC dans les principaux domaines d'utilisation

professionnels suivants : logistique, médecine, maintenance, production, contrôle qualité, conception, aménagement de locaux, etc. Le secteur de la logistique semble être aujourd'hui celui pour lequel l'utilisation des LC est la plus développée, juste avant celui de la maintenance.

Par ailleurs, les conditions sanitaires particulières liées à la pandémie de Covid-19 ayant favorisé, dès l'année 2020, le travail et l'expertise à distance, il semble que cela ait entraîné une augmentation importante du marché des LC.

Prévention des risques professionnels

Au vu de la multiplication des expérimentations de cette technologie, à plus ou moins grande échelle, et de la prévision d'un déploiement des LC dans l'industrie et les services, la question des risques professionnels liés à leur utilisation se pose, tant en termes d'opportunités que de points de vigilance. Ainsi, les trois cas d'usage précédemment identifiés (téléassistance, visualisation et guidage) sont porteurs d'intérêts potentiels pour la prévention des risques professionnels et peuvent contribuer :

- à réduire les risques d'accidents liés à des erreurs dans la réalisation de procédures complexes, du fait de l'aide apportée à l'opérateur, par la

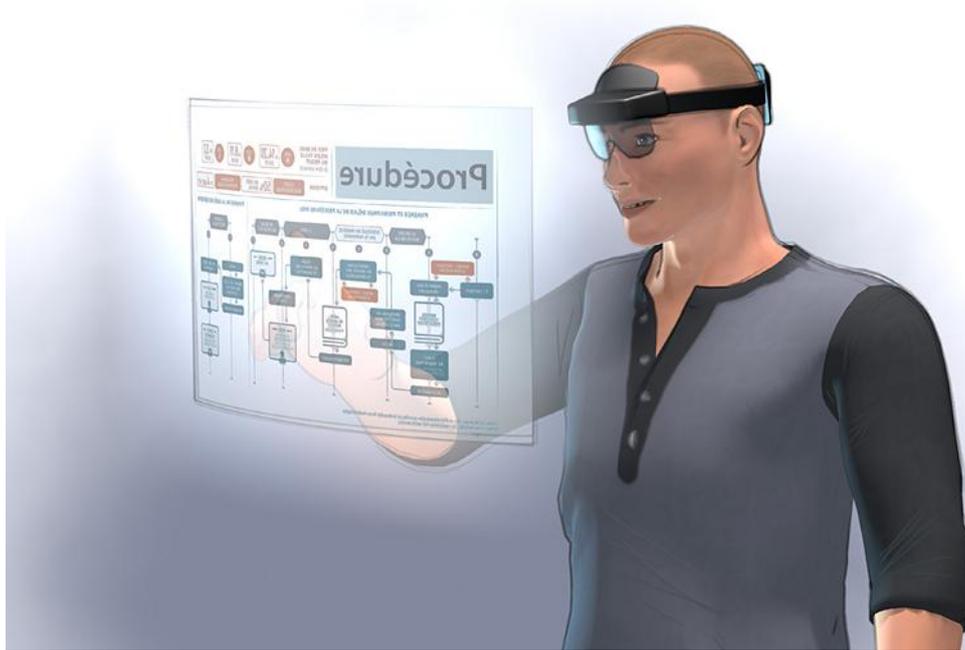


FIGURE 3 →
Exemple de
l'utilisation de LC
pour le guidage
pas-à-pas lors
d'une procédure.

© 3 Zéigis pour l'INRS/2021

contextualisation de l'information qui lui est transmise par les LC ;

- à faciliter la formation, en reproduisant une situation d'apprentissage en conditions réelles dans un environnement sécurisé, et en rendant visibles les difficultés potentielles pour l'apprenant ;
- à réduire les accidents liés aux déplacements professionnels des experts sur des sites d'exploitation éloignés, en facilitant le travail à distance.

Toutefois, l'utilisation des LC soulève des interrogations sur les effets à court, moyen et long terme sur la santé des utilisateurs ainsi que sur leur sécurité (risques d'accident, de chute, etc.).

Effets sur la santé

De nombreuses questions restent en suspens quant aux effets de l'utilisation des LC sur la santé des salariés qui les porteraient fréquemment, voire de façon continue tout au long d'une journée de travail : il peut s'agir par exemple de fatigue visuelle, de troubles de la perception (cybercinétose), ou encore de stress ou de fatigue causés par une augmentation de la charge cognitive ou par une intensification du travail. D'un point de vue psychosocial, des effets délétères pourraient également être liés à une situation d'isolement social et de perte d'autonomie, lorsque l'utilisateur doit obéir continuellement aux consignes transmises *via* les LC. Ces nouveaux dispositifs, souvent connectés en WiFi, Bluetooth ou 4G et placés à proximité du cerveau, soulèvent également des interrogations sur les risques associés aux rayonnements électromagnétiques. Même si une expertise récente de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) n'a pas mis en évidence pour le moment de lien de causalité

entre cette exposition et d'éventuels effets sur la santé [6], la question reste cependant ouverte.

Néanmoins, à ce jour, peu d'informations sur les effets des LC sur la santé et sur les risques d'accidents sont disponibles³. À notre connaissance, seul le BAuA allemand [7] a émis des conseils et des premières recommandations spécifiques à la conception et à l'utilisation des LC. Malgré tout, les entreprises qui s'intéressent à cette technologie ou l'utilisent s'interrogent sur d'éventuels effets sur la santé et adoptent souvent le principe de précaution, en réduisant le temps d'utilisation des LC ou en renonçant à les utiliser.

Risque d'accidents

Dans leur activité, les salariés sont parfois amenés à se déplacer à pied en utilisant les LC, et la modification de la perception de l'environnement questionne sur le risque d'accidents (chocs, collisions, chutes) :

- d'une part, ils peuvent recevoir des informations *via* les LC, c'est le cas en logistique pour les préparateurs de commande ou encore en maintenance lors d'interventions sur des installations de grandes dimensions. Ils risquent de focaliser toute leur attention sur les informations reçues dans les lunettes au détriment de la détection des événements autour d'eux, on parle alors d'« effet tunnel ». Une étude de l'IFA (Allemagne) [8] a mis en évidence une augmentation du temps de réaction face à un événement extérieur lors de l'utilisation de LC dans un simulateur de conduite de chariots élévateurs ;
- d'autre part, certaines technologies imposent d'ajouter en face avant ou latérale des éléments opaques pour y intégrer les écrans, les caméras

ou l'électronique de contrôle des LC : ces éléments peuvent entraîner une diminution du champ de vision (Cf. Figure 4).

Enfin, l'utilisation des LC dans le milieu professionnel pose la question de leur compatibilité avec le port d'équipements de protection individuelle (EPI) comme les lunettes ou casques de protection (Cf. encadré).

Recherches en cours à l'INRS

Actuellement, l'INRS étudie les risques d'accidents liés à l'utilisation des lunettes connectées lors des déplacements à pied. L'étude s'intéresse aux deux facteurs de risques évoqués : l'effet « tunnel » d'une part, et la restriction physique du champ de vision d'autre part. L'étude explore également les effets perçus sur la santé physique et psychologique des utilisateurs, en évaluant leur ressenti et leur acceptabilité des LC.

Les résultats de ces travaux devraient permettre de formuler des recommandations aux utilisateurs et aux préventeurs quant à l'utilisation de cette nouvelle technologie dans les milieux de travail. Ces recommandations pourront également être adressées aux concepteurs / intégrateurs de LC, afin qu'ils optimisent leur matériel dans une perspective de santé et de sécurité des utilisateurs. ●

1. Voir : www.inrs.fr/inrs/themes-travail/industrie-du-futur/ce-qu-il-faut-retenir.html ; www.inrs.fr/media.html?refINRS=DC%2023 ; et : www.inrs.fr/media.html?refINRS=TS806page12.

2. Depuis longtemps, comme le montre l'existence ancienne des « audioguides » des musées ou salles d'expositions.

3. Voir : www.inrs.fr/media.html?refINRS=NO%2020.



© 3 Zégs pour l'INRS/2021

↑ FIGURE 4 Certains systèmes peuvent occulter partiellement le champ de vision.

ENCADRÉ QUID DES EPI ?

La plupart des LC présentes sur le marché ne sont pas des équipements de protection individuelle (EPI). Pour répondre aux besoins des employeurs d'associer connectivité et sécurité, certains fabricants commercialisent des systèmes indépendants à fixer sur les lunettes ou casques de protection standard. Si ces équipements amovibles ne figurent pas dans la notice d'instructions de l'EPI concerné, il est alors déconseillé à un employeur de les utiliser, du fait de son obligation de maintenir la conformité des EPI. L'ensemble, lunettes de protection plus dispositif de réalité augmentée, doit en effet satisfaire aux exigences de protection, d'efficacité, de confort, d'ergonomie, d'innocuité et de résistance et répondre aux exigences du règlement (UE) n° 2016/425 relatif aux EPI (voir [9-11] pour plus de détails à ce sujet).

BIBLIOGRAPHIE

[1] ALLIANCE INDUSTRIE DU FUTUR – *Guide des technologies de l'industrie du futur, enjeux et panorama des solutions*. 2018, 188 p. Accessible sur : www.industriedufutur.org/content/uploads/2018/03/Guide-des-Technologies_2018_V3.pdf.

[2] ARNALDI B., GUITTON P., MOREAU G. – *Réalité virtuelle et réalité augmentée, mythes et réalité*. Londres, ISTE Editions Ltd., coll. Informatique, 2018, 324 p.

[3] HARTWIG M. ET AL. – *Adaptive reminders for safe work*. In : *International Conference on Persuasive Technology*. Berlin, 2015, Springer.

[4] ACE CLUSTER – *White paper on HumAn-CEntred factories from theory to industrial practice: Lessons learned and recommendations*. 2019, 51 p.

[5] RAUSCHNABEL P.A., BREM A., IVENS B.S. – *Who will buy smart*

glasses? Empirical results of two pre-market-entry studies on the role of personality in individual awareness and intended adoption of google glass wearables. *Computers in Human Behavior*, 2015, 49, pp. 635-647. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.00>.

[6] ANSES – *Expositions aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée*. Rapport d'expertise collective, juin 2021, 314 p.

[7] WILLE M., WISCHNIEWSKI S. – *Influence of head mounted display hardware on performance and strain*. In : *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe*, 2014, pp. 269-79.

[8] GROSS B., RISSLER J. – *Beurteilung von Aufgabenlasten von digitalen Informations-systemen auf Flurförderzeugen: Datenbrille (HMD) vs. Monitor (Grundlagen-*

untersuchung). Sankt Augustin, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2018, IFA report 5/2018, 43 p.

[9] RÈGLEMENT EUROPÉEN (UE) N° 2016/425 DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL du 9 mars 2016 relatif aux EPI et abrogeant la directive n° 89/686/CEE. Accessible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0425>.

[10] MARCHAL P. – *Systèmes intelligents de protection individuelle : une définition et une démarche pour leur analyse*. *Hygiène & sécurité du travail*, 2018, 251, pp. 6-9. Accessible sur : www.hst.fr.

[11] MARCHAL P., BAUDOIN J. – *Systèmes intelligents de protection individuelle (SPII) : Système, analyse, choix*. *Références en santé au travail*, 2019, 158, pp. 117-124.