

SYSTÈMES DE SURVEILLANCE NUMÉRIQUES INTELLIGENTS POUR LA SECURITE ET LA SANTE AU TRAVAIL: OPPORTUNITES ET DEFIS

Le rôle des systèmes de surveillance numériques de la SST

Les systèmes et technologies numériques transforment le monde du travail pour les employeurs comme pour les travailleurs. Leur émergence influence également la gestion et l'amélioration de la santé et de la sécurité au travail (SST) sur le lieu de travail, ainsi que la nature, le lieu et l'organisation du travail.

Les systèmes de surveillance en matière de SST font un usage croissant des technologies numériques (TIC, caméras, dispositifs portables, équipements de protection individuelle intelligents, intelligence artificielle, etc.) pour collecter et analyser les données en matière de SST¹.

Ces nouveaux types de systèmes numériques de surveillance de la SST offrent de nombreuses possibilités d'améliorations en matière de SST, notamment: le renforcement de la sécurité des travailleurs et de la sensibilisation à la santé; l'amélioration de la répartition des tâches et des équipes; la prévention et la réduction des accidents; l'augmentation du bien-être; l'adaptation de solutions aux besoins spécifiques; la diminution des blessures et du stress professionnels; la réduction des conséquences des accidents; le contrôle des décisions, etc. Malgré leurs nombreux avantages connus et potentiels, les nouveaux systèmes de surveillance en matière de SST peuvent accroître ou générer des risques physiques pour la santé et la sécurité, des risques psychosociaux, une confusion des responsabilités en matière de SST, ou certaines limitations concernant la formation.

Les lieux de travail européens utilisent de plus en plus de systèmes numériques de surveillance en matière de SST, en particulier dans les industries où les travailleurs sont exposés à des niveaux plus élevés de risques en matière de SST en raison d'environnements spécifiques (dangereux), mais, dans l'ensemble, l'adoption de ces systèmes reste relativement lente et limitée². Des facteurs tels que l'ampleur des progrès technologiques et de la transition numérique, la taille de l'entreprise, la législation et la normalisation en ce qui concerne les changements technologiques et les implications en matière de SST, ainsi que des facteurs organisationnels influencent l'adoption des systèmes numériques de surveillance en matière de SST.

Malgré ces conditions sous-jacentes, le manque de données probantes sur l'utilisation et l'efficacité de ces systèmes et des technologies sur lesquelles ils s'appuient empêche les employeurs de prendre des décisions éclairées quant à la question de savoir si et quels systèmes ils peuvent utiliser dans leur organisation pour améliorer la SST des travailleurs.

La présente note d'orientation examine quelques-unes des principales possibilités et défis des nouveaux systèmes de surveillance en matière de SST et expose les principaux enseignements à tirer pour les responsables politiques et les décideurs afin de renforcer les avantages de ces systèmes et de réduire au minimum les inconvénients potentiels de leur utilisation au niveau organisationnel. La note d'orientation s'appuie sur les conclusions des recherches menées dans le cadre d'un rapport de l'EU-OSHA sur la SST et les systèmes numériques de surveillance en la matière.

Détection et prévention des blessures (approche proactive)

Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent faciliter la prévention des blessures grâce à la collecte de données précises et complètes, qui peuvent être analysées et utilisées pour adapter le lieu de travail et améliorer la SST des travailleurs, par exemple en mesurant l'exposition aux risques ergonomiques et en identifiant les dangers liés aux installations et aux locaux. Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent également prévenir les blessures en identifiant les comportements dangereux des travailleurs et

¹ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Systèmes de surveillance numériques intelligents pour la sécurité et la santé au travail: utilisations et défis*, 2023. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-uses-and-challenges>.

² Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Moteurs et obstacles à l'adoption de nouveaux systèmes de surveillance en matière de SST*, 2023, s.d.

en soutenant la formation personnalisée pour permettre une meilleure utilisation de ces systèmes. Ces systèmes peuvent également identifier les problèmes de santé et de bien-être individuels et soutenir les évaluations des risques en ligne et les inspections à distance. Le tableau ci-dessous résume les principaux types de possibilités de prévention des blessures que les systèmes de surveillance en matière de SST peuvent apporter sur le lieu de travail en entreprise et à distance.

Tableau 1. Types d'opportunités liées à l'utilisation des systèmes numériques de surveillance en matière de SST

Types d'opportunités	Brève description de l'avantage potentiel	Exemples de systèmes et technologies de surveillance en matière de SST
Mesurer les niveaux individuels ou collectifs d'exposition nocive ou environnementale	Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent soutenir la prévention des blessures en mesurant l'exposition nocive régulière et non régulière des travailleurs de manière individuelle et collective, y compris à distance (dans des secteurs tels que l'exploitation minière, le génie civil et l'industrie chimique).	- Les dispositifs portables et les EPI intelligents (lunettes connectées, casques de protection, bracelets connectés, chaussures connectées et vêtements de protection comportant des composants électroniques intelligents reliés à des smartphones et à des montres connectées), ou les caméras thermiques peuvent mesurer l'exposition nocive individuelle en temps réel (par exemple, gaz³, mercure⁴, rayonnement UV⁵, chaleur élevée⁶). - Les badges dotés de capteurs liés à l'internet des objets (IdO) peuvent permettre de capturer les niveaux de rayonnement, alerter les travailleurs et leur conseiller de s'éloigner d'une zone donnée. - Les réseaux de capteurs sans fil⁷ et les drones⁸ peuvent détecter des conditions environnementales nocives telles que des poussières toxiques dans des zones mal ventilées, des gaz explosifs, des fuites de radiations, des produits chimiques et des agents biologiques, ainsi qu'une humidité élevée⁹.
Mesure de l'exposition aux dangers ergonomiques	Les systèmes numériques de surveillance de la sécurité et de la santé au travail peuvent contribuer à prévenir les troubles musculo-squelettiques (TMS) d'origine	Les dispositifs portables utilisant des accéléromètres, l'IdO, les applications mobiles et les exosquelettes sont capables de mesurer le nombre de mouvements, leur vitesse, leur type et leur caractère approprié, afin de détecter les mouvements dangereux ou nocifs, de fournir un retour d'information biologique en temps réel

³ Binajaj, A., Sheltami, T., Aliyu, F., & Kaosar, M. (2018). Design and implementation of a wearable gas sensor network for oil and gas industry workers (Conception et mise en œuvre d'un réseau portable de capteurs de gaz pour les travailleurs de l'industrie pétrolière et gazière). *Journal of Computers*, 13(3), 300-308. <https://doi.org/10.17706/jcp.13.3.300-308>

⁴ Mattoli, V., Mazzolai, B., Raffa, V., Mondini, A., & Dario, P. (2007). Design of a new real-time dosimeter to monitor personal exposure to elemental gaseous mercury (Conception d'un nouveau dosimètre en temps réel pour surveiller l'exposition personnelle au mercure gazeux élémentaire). *Sensors and Actuators B: Chemical*, 123(1), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2006.08.004>

⁵ Bongers, C. C., Hopman, M. T., & Eijsvogels, T. M. (2015). Using an ingestible telemetric temperature pill to assess gastrointestinal temperature during exercise (Utilisation d'une pilule de température téléométrique ingestible pour évaluer la température gastro-intestinale pendant l'exercice). *Journal of Visualized Experiments*, (104), Article 53258. <https://doi.org/10.3791/2F53258>

⁶ Banerjee, S., Hoch, E. G., Kaplan, P. D., & Dumont, E. L. A. (2017). A comparative study of wearable ultraviolet radiometers (Une étude comparative des radiomètres ultraviolets portables). In *2017 IEEE Life Sciences Conference (LSC)* (pp. 9-12). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LSC.2017.8268131>

⁷ Cheung, W. F., et al, (2018). A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies (Un système de surveillance de la sécurité de la construction en temps réel pour les gaz dangereux intégrant un réseau de capteurs sans fil et des technologies de modélisation de l'information sur les bâtiments). *Sensors*, 18(2), Article 436. <https://doi.org/10.3390/s18020436>

⁸ Burgués, J., & Marco, S. (2020). Environmental chemical sensing using small drones: A review (Détection chimique environnementale à l'aide de petits drones: une analyse). *Science of The Total Environment*, 748, Article 141172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141172>

Hollenbeck, D., Zulevic, D., & Chen, Y. (2021). Advanced leak detection and quantification of methane emissions using sUAS (Détection avancée des fuites et quantification des émissions de méthane à l'aide de petits drones). *Drones*, 5(4), Article 117. <https://doi.org/10.3390/drones5040117>

⁹ Bakke, B., Stewart, P., Ulvestad, B., & Eduard, W. (2001). Dust and gas exposure in tunnel construction work. (Exposition à la poussière et aux gaz dans les travaux de construction de tunnels). *American Industrial Hygiene Association*, 62(4), 457-465. <https://doi.org/10.1080/15298660108984647>

Muduli, L., Mishra, D. P., & Jana, P. K. (2018). Application of wireless sensor network for environmental monitoring in underground coal mines: A systematic review (Application d'un réseau de capteurs sans fil pour la surveillance de l'environnement dans les mines de charbon souterraines: un examen systématique) *Journal of Network and Computer Applications*, 106, 48-67. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.12.022>

Types d'opportunités	Brève description de l'avantage potentiel	Exemples de systèmes et technologies de surveillance en matière de SST
	professionnelle et les lésions attribuables au travail répétitif (LATR), qui peuvent résulter d'une mauvaise posture. Cela s'applique à différents types d'emplois et de secteurs (par exemple, dans les bureaux ou dans le cadre du télétravail, de la construction, de l'exploitation minière, de l'industrie manufacturière, de la construction navale, de l'agriculture, de l'élevage, de la gestion des déchets, de l'hôtellerie et de la restauration, du transport et du stockage, ainsi que de la santé et de l'aide sociale)¹⁰.	à l'utilisateur et de prévenir des problèmes de santé graves à long terme. - Les dispositifs portables peuvent également avertir qu'un travailleur doit arrêter une certaine activité pour laquelle un seuil donné a été atteint: par exemple, arrêter le levage dynamique¹¹. En conséquence, des mesures peuvent être conçues pour éliminer ou réduire l'exposition aux facteurs de risque. - Des algorithmes d'apprentissage automatique utilisant des données cinématiques peuvent être utilisés pour accroître la fiabilité de la distinction entre postures correctes et incorrectes¹².
Identification des dangers liés aux installations et aux locaux	Un certain nombre de systèmes de surveillance de la SST permettent de détecter et d'avertir les travailleurs lorsqu'ils pénètrent dans une zone dangereuse. Les dangers peuvent concerner les glissades, les trébuchements et les chutes, les chariots élévateurs, les collisions et les accidents lors de l'utilisation et/ou de l'interaction avec des machines ou des véhicules.	Les capteurs (GPS, réseaux de capteurs sans fil¹³) peuvent être utilisés pour identifier la proximité, mesurer si la vitesse est supérieure aux seuils de sécurité ou activer les boutons d'arrêt d'urgence. - Les dispositifs portables peuvent détecter les risques liés à la tension électrique et les endroits où de nombreuses chutes ont été évitées de justesse (quasi-accidents), en analysant les données historiques¹⁴. - Les systèmes de vision montés sur des vêtements intelligents peuvent être utilisés pour éviter la collision humain/machine,¹⁵ tout comme les drones et les réseaux de capteurs sans fil, par exemple dans l'agriculture de précision¹⁶.
Identifier les comportements dangereux des travailleurs et	Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST offrent également la possibilité de former les travailleurs à	La télévision en circuit fermé (CCTV), les dispositifs portables, les EPI intelligents, l'identification par radiofréquence (RFID) et les caméras vidéo peuvent être utilisés pour détecter, voire prédire, les comportements

¹⁰ Khakurel, J., Melkas, H., & Porras, J. (2018). Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review (Tirer parti de la révolution des dispositifs portables dans l'environnement de travail: étude systématique). *Information Technology & People*, 31(3), 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

Zhu, Z., Dutta, A., & Dai, F. (2021). Exoskeletons for manual material handling – A review and implication for construction applications (Exosquelettes pour la manutention manuelle de matériaux - Examen et implications pour les applications de construction). *Automation in Construction*, 122, Article 103493. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103493>

Ziaei, M., Choobineh, A., Ghaem, H., & Abdoli-Eramaki, M. (2021). Evaluation of a passive low-back support exoskeleton (Ergo-Vest) for manual waste collection (Évaluation d'un exosquelette passif de soutien lombaire (Ergo-Vest) pour la collecte manuelle des déchets). *Ergonomics*, 64(10), 1255-1270. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1915502>

¹¹ Ranavolo, A., Draicchio, F., Varrecchia, T., Silvetti, A., & Iavicoli, S. (2018). Wearable monitoring devices for biomechanical risk assessment at work: Current status and future challenges—A systematic review (Dispositifs de surveillance portables pour l'évaluation des risques biomécaniques au travail: situation actuelle et défis à venir — Examen systématique). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), Article 2001. <https://doi.org/10.3390/ijerph15092001>

¹² Conforti, I., Mileti, I., Del Prete, Z., & Palermo, E. (2020). Measuring biomechanical risk in lifting load tasks through wearable system and machine-learning approach (Mesure du risque biomécanique dans les tâches de levage de charges au moyen d'un système portable et d'une approche d'apprentissage automatique). *Sensors*, 20(6), Article 1557. <https://doi.org/10.3390/s20061557>

¹³ Wireless sensor networks (WSNs) (Réseaux de capteurs sans fil).

¹⁴ Baka & Uzunoglu (2016) and Yang & Shen (2015) in: Khakurel, J., Melkas, H., & Porras, J. Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review (Tirer parti de la révolution des dispositifs portables dans l'environnement de travail: étude systématique). *Information Technology & People*, 31(3), 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

¹⁵ Voir: <https://www.retenua.com/en/products/emitrace/>

¹⁶ Popescu, D., Stoican, F., Stamatescu, G., Ichim, L., & Dragana, C. (2020). Advanced UAV-WSN system for intelligent monitoring in precision agriculture (Système avancé de drones-réseaux de capteurs sans fil pour une surveillance intelligente dans l'agriculture de précision). *Sensors*, 20(3), Article 817. <https://doi.org/10.3390/s20030817>

Types d'opportunités	Brève description de l'avantage potentiel	Exemples de systèmes et technologies de surveillance en matière de SST
soutenir la formation personnalisée	l'utilisation correcte des équipements, de cibler et d'adapter la formation aux travailleurs dont les dossiers démontrent qu'ils sont susceptibles, en moyenne, d'adopter des comportements dangereux . Ces systèmes peuvent être appliqués dans de nombreux secteurs différents, y compris, par exemple, dans les secteurs de l'industrie manufacturière, de la métallurgie, de la construction, de l'exploitation minière, de la chimie et des transports.	dangereux susceptibles de causer des blessures et facilitent également l'identification de bonnes pratiques en matière de sécurité. • L'identification par radiofréquence¹⁷ et l'apprentissage profond¹⁸ permettent de contrôler l'équipement (par exemple les outils de travail ou les protections pour la tête, les oreilles et les pieds) ou de vérifier si l'équipement (de protection) est correctement porté. • Les systèmes portables de surveillance de la SST sont utilisés dans les transports, l'industrie minière et la construction pour détecter les signes précoces de fatigue physique, musculaire et mentale, de stress, de somnolence, de diminution de la vigilance et du temps de réaction, ou d'altération de la capacité de jugement¹⁹. • Les capteurs de mouvement portables et l'analyse biomécanique peuvent fournir aux travailleurs des informations sur la posture correcte²⁰.
Identification des problèmes de santé et de bien-être des personnes	Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST créent des possibilités de collecter et d'analyser des données permettant d'évaluer une personne de manière globale.	• L'utilisation d'accéléromètres dans le cadre du projet SurPASS, qui vise à évaluer un système électronique qui mesure le comportement physique quotidien (24 heures sur 24 et 7 jours sur 7) (activité physique, comportement sédentaire et sommeil) au travail et pendant le temps libre des adultes qui travaillent²¹. Des projets similaires ont été lancés, par exemple pour mesurer le rayonnement UV au travail et pendant les loisirs²².

¹⁷ Mahmad, M. K. N., MAZ, M. R. R., & Baharun, N. (2016). Applications of radio frequency identification (RFID) in mining industries (Applications de l'identification par radiofréquence (RFID) dans les industries minières). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 133) (Article 012050). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/133/1/012050>
Dachry, W., & Bensassi, B. (2021). Toward a real-time personal protective equipment compliance control system based on RFID technology (Vers un système de contrôle en temps réel de la conformité des équipements de protection individuelle basé sur la technologie RFID). In F. Saeed, T. Al-Hadhrani, F. Mohammed, & E. Mohammed (Eds), *Advances on Smart and Soft Computing* (pp. 553-565). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6048-4_48

¹⁸ Nath, N. D., Behzadan, A. H., & Paal, S. G. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment (L'apprentissage profond au service de la sécurité des sites: détection en temps réel des équipements de protection individuelle). *Automation in Construction*, 112, Article 103085. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103085>
Fang, Q., Li, H., Luo, X., Ding, L., Luo, H., Rose, T. M., & An, W. (2018). Detecting non-hardhat-use by a deep learning method from far-field surveillance videos (Détecter l'absence d'utilisation d'un casque au moyen d'une méthode d'apprentissage profond à partir de vidéos de surveillance en champ lointain). *Automation in Construction*, 85, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.018>

¹⁹ Jung, S.-J., Shin, H.-S., & Chung, W.-Y. (2014). Driver fatigue and drowsiness monitoring system with embedded electrocardiogram sensor on steering wheel. (Système de surveillance de la fatigue et de la somnolence du conducteur avec capteur d'électrocardiogramme intégré sur le volant). *IET Intelligent Transport Systems*, 8(1), 43-50. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2012.0032>
de Naurois, C. J., Bourdin, C., Stratulat, A., Diaz, E., & Vercher, J. L. (2019). Detection and prediction of driver drowsiness using artificial neural network models (Détection et prédiction de la somnolence du conducteur à l'aide de modèles de réseaux neuronaux artificiels). *Accident Analysis & Prevention*, 126, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.038>
Lee, B. G., Lee, B. L., & Chung, W. Y. (2015). Smartwatch-based driver alertness monitoring with wearable motion and physiological sensor (Surveillance de la vigilance du conducteur à l'aide d'une montre intelligente dotée d'un capteur de mouvement et d'un capteur physiologique). In *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 6126-6129). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319790>

Li, J., Li, H., Umer, W., Wang, H., Xing, X., Zhao, S., & Hou, J. (2020). Identification and classification of construction equipment operators' mental fatigue using wearable eye-tracking technology (Identification et classification de la fatigue mentale des conducteurs d'engins de chantier à l'aide d'une technologie de suivi oculaire portable). *Automation in Construction*, 109, Article 103000. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103000>

Aryal, A., Ghahramani, A. and Becerik-Gerber, B., 2017. Monitoring fatigue in construction workers using physiological measurements (Surveillance de la fatigue chez les travailleurs de la construction à l'aide de mesures physiologiques). *Automation in Construction*, 82, 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.003>

²⁰ Svertoka, E., Saafi, S., Rusu, A., Burget, R., Marghescu, I., Hosek, J., & Ometov, A. (2021). Wearables for industrial work safety: A survey (Dispositifs portables pour la sécurité du travail industriel: enquête). *Sensors*, 21, Article 3844. <https://doi.org/10.3390/s21113844>

²¹ Voir: https://nfa.dk/da/forskning/strategiske-forskningsomraader/om-msb/om_msb_researchers

²² Strehl, C., Heepenstick, T., Knuschke, P., & Wittlich, M. (2021). Bringing light into darkness—Comparison of different personal dosimeters for assessment of solar ultraviolet exposure (Faire entrer la lumière dans l'obscurité - Comparaison des différents dosimètres personnels pour l'évaluation de l'exposition aux ultraviolets solaires). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), Article 9071. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179071>

Types d'opportunités	Brève description de l'avantage potentiel	Exemples de systèmes et technologies de surveillance en matière de SST
Supporting online risk assessments and remote inspections (Soutenir les évaluations des risques en ligne et les inspections à distance)	Certains systèmes numériques de surveillance en matière de SST se concentrent spécifiquement sur les évaluations et inspections numériques et dynamiques des risques . ²³	- OIRA est un outil interactif d'évaluation des risques en ligne au niveau de l'UE qui permet de prévoir les risques²⁴. Il existe d'autres outils similaires au niveau national, tels que: BeSmart.ie; Rie.nl; et Prevencion10.es. Il existe des outils pour des facteurs de risque spécifiques, tels que le bruit ou les produits chimiques²⁵. - Les réseaux de capteurs et la réalité augmentée (RA) permettent la réalisation d'inspections à distance, par exemple dans les secteurs de l'agriculture et de la sylviculture, du pétrole et du gaz, de l'exploitation minière et de la construction²⁶.
Applications pendant la pandémie de COVID-19	Les systèmes intelligents de surveillance en matière de SST qui s'appuient sur les dispositifs portables, l'IdO, l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique, ou les dispositifs de suivi, peuvent contribuer à garantir des lieux de travail plus sûrs dans les situations nécessitant la mise en place de mesures visant à contrer la transmission de maladies.	- Ces systèmes peuvent mesurer les températures et d'autres signes précoce d'infections éventuelles et veiller à ce que des mesures d'hygiène préventives appropriées soient adoptées par les travailleurs et à ce que les aspects environnementaux tels que la qualité de l'air et la ventilation soient mesurés et pris en considération. Le port de masques peut être imposé plus facilement grâce à des méthodes de détection des masques faciaux²⁷. La reconnaissance faciale peut également aider à identifier les personnes qui, par exemple, devraient être mises en quarantaine en raison de la pandémie de COVID-19²⁸.

Réduire au minimum les conséquences des accidents et améliorer les enquêtes et les rapports (approche réactive)

Les systèmes numériques de surveillance de la sécurité et de la santé au travail offrent une gamme de possibilités pour minimiser les conséquences des accidents ou des situations d'urgence en permettant des interventions rapides ainsi que des enquêtes et des rapports d'accidents. Ces systèmes peuvent réduire les blessures en signalant une situation d'urgence et en envoyant des données de localisation précises, suggérant aux travailleurs

²³ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *L'élaboration d'une évaluation dynamique des risques et ses implications pour la santé et la sécurité au travail*, 2021. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/development-dynamic-risk-assessment-and-its-implications-occupational-safety-and-health>

²⁴ Voir: <https://oiraproject.eu/en>
OSHwiki, *OIRA et autres outils d'évaluation des risques en ligne dans les stratégies et législations nationales en matière de SST*, 2021. Disponible à l'adresse: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/oira-and-other-online-risk-assessment-tools-national-osh-strategies-and-legislation>

²⁵ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *L'élaboration d'une évaluation dynamique des risques et ses implications pour la santé et la sécurité au travail*, 2021. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/development-dynamic-risk-assessment-and-its-implications-occupational-safety-and-health>

²⁶ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Le numérique et la sécurité et la santé au travail – Un programme de recherche de l'EU-OSHA*, 2019. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>
EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Impact de l'intelligence artificielle sur la sécurité et la santé au travail*, 2021. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/impact-artificial-intelligence-occupational-safety-and-health>

Howard, J., Murashov, V., & Branche, C. M. (2017). Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety (Utilisation de drones dans le secteur de la construction et sécurité des travailleurs). *American Journal of Industrial Medicine*, 61(1), 3-10.
<https://doi.org/10.1002/ajim.22782>

²⁷ Loey, M., Manogaran, G., Taha, M. H. N., & Khalifa, N. E. M. (2021). A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic (Un modèle hybride d'apprentissage par transfert profond avec des méthodes d'apprentissage automatique pour la détection des masques faciaux à l'ère de la pandémie de COVID-19). *Measurement*, 167, Article 108288. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108288>

²⁸ Confédération européenne des syndicats. (2020). *COVID-19 Watch ETUC briefing on new technologies allowing more surveillance at work* (Veille COVID-19 – Note d'information de la CES sur les nouvelles technologies permettant une surveillance accrue au travail). https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2020-12/20200930_covid-19%20Briefing%20on%20surveillance%20technologies.pdf

comment se comporter dans une situation dangereuse. Ils permettent également d'enquêter de manière rapide, sûre et effective sur les accidents et de signaler les accidents de manière efficace et moins stigmatisante.

Signalisation et localisation des urgences

Les systèmes de surveillance en matière de SST fondés sur le suivi GPS permettent aux travailleurs, qui risqueraient autrement d'être tués ou de subir des blessures graves, d'être **rapidement et précisément localisés et mis en sécurité**. Ils peuvent être utilisés, par exemple, pour les conducteurs de camions en détresse, pour les pompiers qui pénètrent dans une zone de sauvetage dangereuse comportant du feu, de la fumée et des températures élevées, ou pour les mineurs et les ouvriers de la construction qui sont piégés ou qui sont tombés.

Les systèmes de surveillance en matière de SST permettent la **signalisation automatique d'une urgence**, par exemple par la détection des chutes à l'aide d'accéléromètres. Ils peuvent également envoyer des alertes de panique automatiques, même lorsque le travailleur n'est pas en mesure de passer un appel d'urgence. Étant donné que les travailleurs peuvent être localisés avec précision, les **opérations de sauvetage peuvent être plus rapides**²⁹.

Il existe de nouvelles solutions **portables** pour les travailleurs évoluant dans des environnements de travail isolés, qui disposent d'une fonctionnalité «**homme à terre**» (**man-down**) intégrée dans une oreillette numérique intervenant en cas de perte de conscience ou de blessure invalidante³⁰. **Les galeries de mines connectées par l'intermédiaire de réseaux de capteurs sans fil** permettent également de localiser rapidement les travailleurs et de déterminer s'ils se déplacent ou non. Cette surveillance en temps réel est rendue possible par le Bluetooth, les stations Wifi, le Wifi souterrain ou la 5G. Les **véhicules aériens sans pilote (drones)** offrent également des capacités importantes en matière de recherche et de sauvetage, tant en surface que sous terre. Les drones autonomes peuvent contourner les dangers dans des galeries minières souterraines³¹ ou peuvent être utilisés dans l'industrie pétrochimique pour identifier et localiser les victimes.³²

Réaction aux situations d'urgence ou aux accidents

Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent également être utiles dans le cadre de la gestion des urgences ou des accidents. **Les dispositifs portables** et de **réalité augmentée** permettent à **l'information** (vidéo, audio, images, texte) **d'être transmise** rapidement et d'être accessible facilement, par exemple par le biais de lunettes connectées, afin qu'un travailleur puisse prendre une décision plus éclairée sur la meilleure façon de répondre à la situation dans laquelle il se trouve.

Dans le cas des pompiers, les **EPI intelligents** sont dotés de **systèmes de refroidissement actifs**. Bien que l'immersion de la main et de l'avant-bras dans l'eau froide soit le moyen le plus simple et le plus efficace de réduire la contrainte thermique³³, les systèmes de refroidissement automatique figurent parmi les caractéristiques avantageuses des EPI intelligents du futur.

Les drones peuvent non seulement indiquer la localisation des travailleurs lors des opérations de recherche et de sauvetage, mais aussi détecter des défaillances dans les équipements utilisés. Cela sera utile pour les responsables chargés de réduire le risque de blessure, ainsi que pour **fournir de nouveaux équipements** qui pourraient être nécessaires, tels que des appareils respiratoires d'urgence pour les travailleurs des mines³⁴.

²⁹ Lawson, F. (31 juillet 2020). *How apps with GPS tracking ensure worksite safety* (Comment les applications avec suivi GPS garantissent la sécurité des sites de travail). Industry Today. <https://industrytoday.com/how-apps-with-gps-tracking-ensure-worksite-safety/>
Khakurel, J., Melkas, H., & Porras, J. (2018). Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review (Tirer parti de la révolution des dispositifs portables dans l'environnement de travail: étude systématique). *Information Technology & People*, 31(3), 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

³⁰ Guilbeault-Sauvé, A., De Kelper, B., & Voix, J. (2021). Man down situation detection using an in-ear inertial platform (Détection d'une situation d'homme à terre à l'aide d'une plateforme inertielle intra-auriculaire). *Sensors*, 21(5), Article 1730. <https://doi.org/10.3390/s21051730>

³¹ Hennage, D. H., Nopola, J. R., & Haugen, B. D. (2019). *Fully autonomous drone for underground use* (Drone entièrement autonome à usage souterrain). Document présenté lors du 53^e symposium U.S. Rock Mechanics/Geomechanics. OnePetro.

³² Gamulescu, O. M., Rosca, S. D., Panaite, F., Costandoiu, A., & Riurean, S. (2020). Accident sites management using drones (Gestion des sites d'accidents à l'aide de drones). In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 305) (Article 00004). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500004>

³³ Giesbrecht, G. G., Jamieson, C., & Cahill, F. (2007). Cooling hyperthermic firefighters by immersing forearms and hands in 10°C and 20°C water (Refroidissement de pompiers en hyperthermie en immergeant leurs avant-bras et leurs mains dans de l'eau à 10 °C et 20 °C). *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 78(6), 561-567.

<https://www.ingentaconnect.com/contentone/asma/asem/2007/00000078/00000006/art00004>

Barr, D., Reilly, T., & Gregson, W. (2011). The impact of different cooling modalities on the physiological responses in firefighters during strenuous work performed in high environmental temperatures (Incidence des différentes modalités de refroidissement sur les réactions physiologiques des pompiers lors de travaux pénibles effectués à des températures ambiantes élevées). *European Journal of Applied Physiology*, 111, 959-967. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1714-1>

³⁴ Hennage, D. H., Nopola, J. R., & Haugen, B. D. (2019). *Fully autonomous drone for underground use* (Drone entièrement autonome à usage souterrain). Document présenté lors du 53^e symposium U.S. Rock Mechanics/Geomechanics. OnePetro.

Enquêtes et rapports sur les accidents

Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent soutenir les enquêtes sur les accidents en fournissant des **données** concernant le lieu où l'accident s'est produit, les personnes présentes et les victimes, les actions et/ou les conditions qui ont conduit à l'accident, et ce qui s'est passé pendant l'accident et les opérations de sauvetage ultérieures (si nécessaire). Cela peut aider à définir une chaîne d'événements³⁵.

Des données précises et impartiales sur les accidents peuvent être obtenues **rapidement et efficacement** grâce à l'utilisation de systèmes numériques de surveillance de la SST, qui peuvent suffire à des fins d'enquête ou fournir une base solide pour approfondir ou compléter une enquête. Des données peuvent être recueillies sur l'exposition à différents types de dangers par l'intermédiaire de **dosimètres, de radiomètres, d'accéléromètres, de réseaux de capteurs sans fil** ou de la **réalité augmentée**. Les données peuvent également prendre la forme de **géolocalisation, d'images, de sons et de mouvements**.

Les données collectées par les systèmes numériques de surveillance de la sécurité et de la santé au travail peuvent également fournir des indications sur **la manière dont les opérations de sauvetage peuvent être améliorées** en termes de temps de réponse et d'actions entreprises.

Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST offrent également la **possibilité d'établir des rapports rapides et précis**³⁶. Par exemple, les applications (pour smartphones) peuvent remplacer les rapports en format papier, et sont également plus faciles à archiver et à récupérer. C'est également le cas pour les enregistrements audio et vidéo de l'accident, qui peuvent être envoyés automatiquement à l'agent responsable de la SST³⁷. En l'absence de technologie numérique, il s'agit souvent d'un processus long et fastidieux, qui peut accentuer le stress lié au fait d'avoir vécu un accident ou d'en avoir été témoin.

Sous-déclaration, ce qui peut être dû à la longueur et à la lourdeur du processus de déclaration. De même, la stigmatisation et la honte liées au fait d'être impliqué dans un accident peuvent être atténuées par la technologie numérique à la suite d'une déclaration sur place et/ou automatique³⁸.

Défis potentiels liés à l'utilisation des systèmes numériques de surveillance en matière de SST

Malgré les nombreux avantages reconnus et potentiels de l'utilisation des systèmes numériques de surveillance en matière de SST, des difficultés subsistent. Ils découlent des compromis potentiels qui doivent être faits entre les avantages et les risques de ces systèmes. Leur utilisation a des répercussions sur la collecte et la protection des données, la manière dont les systèmes de surveillance en matière de SST fonctionnent dans des environnements réels, les relations de travail, ainsi que les responsabilités et les limites en matière de SST.

Risques physiques

L'utilisation d'exosquelettes pour la surveillance, qui, en réduisant les contraintes dans certaines parties du corps, peut modifier la redistribution de l'effort, peut entraîner l'émergence de nouvelles contraintes biomécaniques et de nouveaux facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (TMS)³⁹. Les exosquelettes peuvent également entraver les mouvements et entraîner des collisions en raison de leur structure encombrante, ils peuvent causer de l'inconfort, des irritations cutanées, augmenter la charge cardiovasculaire et le stress, ou donner aux travailleurs une confiance excessive en leurs capacités, en leur donnant un sentiment d'invulnérabilité qui pourrait entraîner des accidents⁴⁰. La réalité virtuelle et la réalité augmentée peuvent provoquer une

³⁵ Probst, T. M., Bettac, E. L., & Austin, C. T. (2019). Accident under-reporting in the workplace (Sous-déclaration des accidents sur le lieu de travail). In R. J. Burke & A. M. Richardsen (Eds), *Increasing occupational health and safety in workplaces* (pp. 30-47). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781788118095.00009>

³⁶ Voir: <https://osha.europa.eu/en/blog/world-day-safety-and-health-work>

³⁷ Hussin, M. F. B., Jusoh, M. H., Sulaiman, A. A., Abd Aziz, M. Z., Othman, F., & Ismail, M. H. B. (2014). Accident reporting system using an iOS application (Système de notification des accidents utilisant une application iOS). In *2014 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2014)* (pp. 13-18). IEEE.

³⁸ Black, K. J., Munc, A., Sinclair, R. R., & Cheung, J. H. (2019). Stigma at work: The psychological costs and benefits of the pressure to work safely (Stigmatisation au travail: coûts et les avantages psychologiques de l'injonction à travailler en toute sécurité). *Journal of Safety Research*, 70, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.07.007>

³⁹ INRS. (2020). *Using exoskeletons at work: The message of prevention* (Utilisation d'exosquelettes au travail: un message de prévention). <https://en.inrs.fr/news/exoskeletons-6-critical-points.html>

⁴⁰ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Le numérique et la sécurité et la santé au travail – Un programme de recherche de l'EU-OSHA*, 2019. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

désorientation, une cinétose (également appelée «cybercinétose») et des tensions oculaires, en grande partie en raison du matériel, du contenu et de facteurs humains⁴¹.

Défis liés à la manière dont les systèmes de surveillance en matière de SST fonctionnent dans des environnements réels

Même lorsque les technologies sont certifiées, leur précision **pour la collecte de données exactes est d'abord évaluée dans des environnements de type laboratoire** qui peuvent ne pas reproduire fidèlement des conditions de travail défavorables⁴². C'est notamment le cas dans les **environnements de travail qui peuvent limiter la précision des capteurs** ou dans des contextes où les technologies peuvent être confrontées à des difficultés imprévues: par exemple, les caméras thermiques embarquées dans les drones peuvent ne pas être en mesure de localiser un travailleur⁴³. Les interfaces personne-machine (visage, gestes, voix, mouvements oculaires, signaux cérébraux) pourraient mal interpréter des signaux corrompus ou de faible intensité, par exemple en raison de batteries faibles ou d'interférences⁴⁴.

Les nouvelles technologies numériques peuvent subir des dysfonctionnements. Les batteries peuvent non seulement être inefficaces ou cesser de fonctionner dans des situations environnementales difficiles, mais elles peuvent également surchauffer, s'enflammer ou exploser⁴⁵. Une **veste équipée d'un capteur** peut être vulnérable à l'infiltration d'eau dans ses zones électriques, ce qui peut provoquer des courts-circuits ou des chocs électriques. Les **drones** peuvent constituer un risque pour la sécurité des travailleurs à proximité en raison d'un dysfonctionnement du drone ou de cyberattaques. Cela est notamment le cas des drones semi-autonomes ou autonomes qui ne sont pas pilotés par des humains⁴⁶.

Les systèmes de surveillance en matière de SST peuvent également **intensifier le travail** et, de ce fait, porter atteinte à la santé aux travailleurs. Étant donné que les systèmes de surveillance en matière de SST ont des implications financières: certaines entreprises pourraient souhaiter combiner leurs fonctions en matière de SST avec certaines fonctions permettant d'accroître la productivité et de réduire les coûts (par exemple en licenciant ou en renonçant à recruter des travailleurs)⁴⁷. Dans de tels cas, un travailleur existant peut être amené à faire face à une charge de travail supplémentaire.

Défis liés à la collecte et à la protection des données

Les systèmes de surveillance numérique peuvent contribuer à l'amélioration de la SST grâce à la collecte de données précises et à l'analyse pertinente des tendances au niveau global, mais ils peuvent aussi être perçus comme une atteinte à la vie privée par les travailleurs, ce qui peut être stressant et conduire à une aliénation sur le lieu de travail⁴⁸.

⁴¹ Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual reality sickness: A review of causes and measurements (Cybercinétose: examen des causes et des mesures). *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(17), 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>

⁴² Khakurel, J., Melkas, H., & Porras, J. (2018). Tapping into the wearable device revolution in the work environment: A systematic review (Tirer parti de la révolution des dispositifs portables dans l'environnement de travail: étude systématique). *Information Technology & People*, 31(3), 791-818. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>

⁴³ Burke, C., McWhirter, P. R., Veitch-Michaelis, J., McAree, O., Pounton, H. A., Wich, S., & Longmore, S. (2019). Requirements and limitations of thermal drones for effective search and rescue in marine and coastal areas (Exigences et limitations des drones thermiques pour une recherche et un sauvetage efficaces dans les zones marines et côtières). *Drones*, 3(4), Article 78. <https://doi.org/10.3390/drones3040078>

⁴⁴ EU-OSHA (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail): «Prospective sur les risques nouveaux et émergents en matière de sécurité et de santé au travail liés à la numérisation d'ici à 2025», 2018. Disponible à l'adresse: <https://data.europa.eu/doi/10.2802/515834>

⁴⁵ EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Équipements de protection individuelle intelligents: une protection intelligente pour l'avenir*, 2020. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-personal-protective-equipment-intelligent-protection-future/view>

⁴⁶ EU-OSHA (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail), *Prospective sur les risques nouveaux et émergents en matière de sécurité et de santé au travail liés à la numérisation d'ici à 2025*, 2018. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks-associated-1>
EU-OSHA - Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Cobots, robots et drones: l'impact de la technologie numérique sur la SST dans l'agriculture et la sylviculture*, 2021. Disponible à l'adresse: <https://osha.europa.eu/en/publications/cobots-robots-and-drones-impact-digital-technology-osh-agriculture-and-forestry>

Howard, J., Murashov, V., & Branche, C.M. (2017). Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety (Utilisation de drones dans le secteur de la construction et sécurité des travailleurs). *American Journal of Industrial Medicine*, 61(1), 3-10. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajim.22782>

⁴⁷ Entretiens Ecorys réalisés dans le cadre de cette étude, de novembre 2021 à février 2022.

⁴⁸ Carpenter, D., McLeod, A., Hicks, C., & Maasberg, M. (2018). Privacy and biometrics: An empirical examination of employee concerns (Vie privée et biométrie: un examen empirique des préoccupations des employés). *Information Systems Frontiers*, 20, 91-110. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9667-5>

Il existe un certain nombre de questions importantes en ce qui concerne **la confidentialité, la propriété et la sécurité des données**, liées à la conception et à l'utilisation des systèmes de surveillance en matière de SST, étant donné que les appareils numériques collectent de grandes quantités de données, qui peuvent être des données à caractère personnel sensibles (par exemple, liées à l'origine ethnique, à la santé, aux données génétiques et biométriques). Par conséquent, pour les travailleurs et les représentants des travailleurs, il est important de comprendre qui a le droit de voir et d'utiliser les données, quel type de données sont collectées, comment elles sont conservées et transférées à des tiers, tels que des prestataires de services externes, et comment ou quand les données seront effacées. En outre, il existe également un risque de violation des données et de vol. Il est important que les travailleurs comprennent quels types de mesures de sécurité sont en place pour les protéger contre l'accès non autorisé aux données et qu'ils soient inclus dans les processus visant à décider de l'utilisation de systèmes numériques de surveillance en matière de SST sur le lieu de travail ou dans des lieux de travail à distance.

Un autre aspect à prendre en considération est la finalité pour laquelle les données sont utilisées. Par exemple, il existe des cas de surveillance numérique liée à **l'intensification du travail**⁴⁹. Les travailleurs et leurs représentants perçoivent parfois que la direction utilise des systèmes de surveillance en matière de SST pour renforcer le contrôle des performances des travailleurs dans le contexte d'objectifs de plus en plus ambitieux⁵⁰. Les systèmes de contrôle de la sécurité et de la santé au travail pour les télétravailleurs peuvent également comporter des risques et des défis liés au contrôle des performances. Sur la base des données collectées, les employeurs peuvent être en mesure de savoir où se trouvent les travailleurs, ce qu'ils font, leur état (de fatigue) ou s'ils dorment. Ils peuvent également être en mesure de savoir combien de temps une personne passe à aller aux toilettes⁵¹. Cela peut générer de l'anxiété et du stress en raison d'une **culture de la «connection permanente»**⁵² et d'une **anxiété anticipée en raison de la surveillance**,⁵³ par exemple, dans les cas où la technologie numérique envoie fréquemment des alertes, des avertissements et des rappels, ce qui peut être stressant car cela donne l'impression d'une surveillance constante.

L'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique, l'apprentissage profond et les algorithmes peuvent également avoir **des effets néfastes** sur les travailleurs. Par exemple, lorsqu'un accident est sur le point de se produire, l'IA peut être chargée de faire des choix susceptibles de sauver des vies; il est donc important que ces systèmes disposent de données fiables, précises et impartiales, qu'ils disposent d'une «intelligence» adéquate pour atteindre des objectifs complexes et qu'ils soient en mesure de réduire les risques sans causer plus de dommages⁵⁴.

EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Les technologies de surveillance: la recherche du bien-être du XXI^e siècle?*, 2017. Disponible à l'adresse:

https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/369002/VandenBroek17_Workers_monitoring_and_well_being.pdf?sequence=1&isAllo wed=y

Commission européenne, Centre européen de stratégie politique, & Servoz, M. (2019). *IA, l'avenir du travail? : un travail d'avenir! : Comment l'intelligence artificielle, la robotique et l'automatisation transforment les emplois et l'économie en Europe*. Office des publications de l'Union européenne. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/096526d7-17d8-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>

⁴⁹ Commission européenne, Centre commun de recherche, & Ball, K. (2021). *Electronic monitoring and surveillance in the workplace: Literature review and policy recommendations*. (Contrôle et surveillance électroniques sur le lieu de travail: analyse bibliographique et recommandations politiques). Office des publications de l'Union européenne. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1cbf6cdf-1c19-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF>

⁵⁰ Confédération européenne des syndicats. (2018). *Digitalisation and workers participation: what trade unions, company level workers and online platform workers in Europe think* (Numérisation et bien-être des travailleurs: ce que pensent les syndicats, les travailleurs au niveau de l'entreprise et les travailleurs des plateformes en ligne en Europe). https://www.etuc.org/sites/default/files/publication/file/2018-09/Voss_Report_EN2.pdf

⁵¹ Bender, G., & Söderqvist, F. *How to negotiate an algorithm: A case study on voice and automation in Swedish mining (Comment négocier un algorithme: étude de cas sur la voix et l'automatisation dans l'industrie minière suédoise)*. Institut de technologie de Blekinge (à paraître).

⁵² Entretiens Ecorys réalisés dans le cadre de cette étude, de novembre 2021 à février 2022.

⁵³ Samek Lodovici, M. et al. (2021). *The impact of teleworking and digital work on workers and society (L'incidence du télétravail et du travail numérique sur les travailleurs et la société)*. Département thématique des politiques économiques, scientifiques et de la qualité de la vie, Parlement européen.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/662904/IPOL_STU\(2021\)662904_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/662904/IPOL_STU(2021)662904_EN.pdf)

⁵⁴ Eliot, L. (27 juillet 2020). AI ethicists clash over real-world aptness of the controversial trolley problem, but for self-driving cars it is the real deal (Les éthiciens en IA s'écharpent sur l'adéquation du dilemme du tramway avec le monde réel, mais pour les voitures autonomes, il s'agit d'une affaire de vie ou de mort). *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2020/07/27/ai-ethicists-clash-over-real-world-aptness-of-the-controversial-trolley-problem-but-for-self-driving-cars-it-is-the-real-deal/?sh=18f7754a5095> Eliot, L. (7 mars 2020). If AI has human rights, some are worried that self-driving cars might turn on us (Si l'IA jouit de droits humains, certains craignent que les voitures autonomes ne se retournent contre nous). *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2020/03/07/if-ai-has-human-rights-some-are-worried-that-self-driving-cars-might-turn-on-us/?sh=e6c3b344548e> Voir: <https://www.aitrends.com/ai-insider/self-driving-car-mother-ai-projects-moonshot/> Castelvechhi, D. (2020). Is facial recognition too biased to be let loose? (La reconnaissance faciale est-elle trop biaisée pour être utilisée librement?) *Nature*. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03186-4>

En ce qui concerne la gestion de l'entreprise, la grande quantité de données collectées et nécessitant une interprétation peut entraîner une **surcharge cognitive**, à moins que le processus ne soit automatisé⁵⁵. Cela s'applique également aux travailleurs qui peuvent recevoir un volume élevé de données/contenus, lors de l'utilisation de la réalité virtuelle/réalité augmentée⁵⁶.

Défis liés aux relations de travail

Le passage à la **gestion algorithmique peut avoir** une incidence sur les relations de travail, la communication et la confiance. La gestion par l'IA peut réduire les contacts entre la direction et les travailleurs, ainsi qu'entre les collègues. Elle peut donc nuire aux liens et à la motivation sur le lieu de travail. La réduction des possibilités de rotation et de diversité des tâches peut également entraîner une augmentation de l'insatisfaction professionnelle, par exemple dans le cas des travailleurs affectés à un travail solitaire, monotone et répétitif. En outre, une prise de décision algorithmique qui n'est ni transparente ni ouverte peut conduire à la perception d'injustice et d'aliénation et peut, de ce fait, freiner la créativité et l'autonomie⁵⁷. L'utilisation de systèmes numériques de surveillance en matière de SST peut créer **de la frustration et une crainte de dysfonctionnement technologique** ou de ne pas être facilement utilisable ou personnalisable⁵⁸.

Des responsabilités et des limites floues en matière de SST

Dans la pratique, les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent brouiller les responsabilités en matière de SST, ainsi que la frontière entre vie privée et vie professionnelle, de plusieurs manières.

- Les employeurs peuvent devenir **de plus en plus dépendants** de ces mesures au détriment **d'autres mesures de SST**.
- Les employeurs peuvent ne pas effectuer **d'évaluations adéquates des risques ou ne pas adopter de mesures correctives** sur la base des données recueillies grâce à la technologie numérique, ce qui pourrait créer un faux sentiment de sécurité sur le lieu de travail.
- **L'accent peut être mis davantage sur les mesures individuelles de surveillance en matière de SST que sur les mesures collectives**: les mesures de protection collective protègent tous les travailleurs plutôt qu'un seul à un moment donné, mais ces deux niveaux de mesures de protection sont complémentaires plutôt que mutuellement exclusifs, les mesures individuelles ajoutant une couche supplémentaire de protection pour *les risques résiduels*⁵⁹.
- **Frontières floues entre vie privée et vie professionnelle**: l'utilisation de dispositifs portables peut estomper la distinction entre vie privée et vie professionnelle si des données sont enregistrées 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Les dispositifs portables peuvent avertir les travailleurs qu'ils manquent de sommeil et les programmes de bien-être connexes peuvent suggérer des mesures individuelles qui peuvent être prises (par exemple, une meilleure alimentation, se coucher plus tôt, consommer moins de café, avoir une activité physique, etc.), alors que des mesures de santé professionnelles (voire de santé publique) seraient davantage nécessaires.
- **L'absence de formation adéquate**⁶⁰ des travailleurs et de la direction pour permettre une utilisation efficace des systèmes de surveillance en matière de SST sur le lieu de travail peut limiter les avantages potentiels et même accroître le risque de blessure.

⁵⁵Hosman, A. (17 juillet 2017). *How wearables could disrupt workplace safety. (Comment les dispositifs portables pourraient-ils perturber la sécurité sur le lieu de travail?)* EHS Today. <https://www.ehstoday.com/ppe/article/21919117/how-wearables-could-disrupt-workplace-safety>

⁵⁶EU-OSHA – Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, *Le numérique et la sécurité et la santé au travail – Un programme de recherche de l'EU-OSHA*, 2019.: <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme>

⁵⁷Confédération européenne des syndicats. (13 juillet 2020). *Résolution de la CES sur les stratégies européennes en matière d'intelligence artificielle et de données*. <https://www.etuc.org/en/document/resolution-european-strategies-artificial-intelligence-and-data>
Zednik, C. (2021). Solving the black box problem: A normative framework for explainable artificial intelligence (Résolution du problème de la boîte noire: un cadre normatif pour une intelligence artificielle explicable). *Philosophy & Technology*, 34, 265-288. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00382-7>

⁵⁸Entretiens Ecorys réalisés dans le cadre de cette étude, de novembre 2021 à février 2022.

⁵⁹HASpod. (2019). Residual risk: How to manage the risks you can't stop (Risque résiduel: comment gérer les risques inévitables?) Disponible à l'adresse: <https://www.haspod.com/blog/management/residual-risk>.

⁶⁰Commission européenne, Centre européen de stratégie politique, & Servoz, M. (2019). *IA, l'avenir du travail? : un travail d'avenir! : Comment l'intelligence artificielle, la robotique et l'automatisation transforment les emplois et l'économie en Europe*. Office des publications de l'Union européenne. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/096526d7-17d8-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>

Renforcer les avantages des systèmes numériques de surveillance de la SST: principaux enseignements pour les responsables politiques et les décideurs

Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST peuvent largement contribuer à l'identification et à l'évaluation des risques en matière de SST, à la prévention et/ou à la réduction des blessures, et à la promotion de la sécurité et de la santé au travail. Ils peuvent donc constituer un outil essentiel pour aider les organisations à améliorer la SST des travailleurs, la sécurité des équipements et des processus, ainsi que les systèmes de gestion de la santé. D'autres données probantes sur leur utilisation pratique et leur adaptation dans différents contextes organisationnels, sectoriels et juridiques permettront de mieux comprendre leur incidence sur la SST, y compris les avantages concrets et les défis qui subsistent.

Dans ce contexte, les principales conclusions suivantes sont proposées en vue de renforcer les avantages des systèmes numériques de surveillance de la SST et de réduire les inconvénients potentiels liés à leur utilisation.

Premier enseignement: Élaborer des normes fondées sur des données probantes dans le cadre du marché unique numérique de l'UE afin d'encourager l'adoption de ces normes.

L'utilisation de systèmes numériques de surveillance de la SST est souvent motivée par le respect des normes juridiques existantes. Cependant, les évolutions législatives ont souvent un train de retard sur les développements technologiques. La normalisation des systèmes numériques de surveillance de la SST présente une série de défis qui constituent un obstacle potentiel à leur adoption au niveau organisationnel. Dans le cadre du marché unique numérique de l'UE, l'établissement de normes qui fixent un cadre et des limites adéquats sans être à la traîne des évolutions technologiques reste un défi, mais les efforts doivent être poursuivis. Ces normes offriront un environnement juridique approprié permettant aux concepteurs de continuer à innover et aux employeurs d'utiliser les systèmes numériques de surveillance de la SST pour favoriser les améliorations en matière de SST.

Deuxième enseignement: Adapter les systèmes numériques de surveillance de la SST aux besoins des entreprises et des travailleurs

La décision d'utiliser des systèmes de surveillance de la SST devrait également être motivée par les besoins existants et le désir d'améliorer la sécurité, la santé et le bien-être des travailleurs au travail, et pas seulement par les exigences légales. Si les systèmes génériques de surveillance de la SST peuvent s'avérer adéquats pour être utilisés dans certains secteurs ou certains types d'emplois, l'adaptation des solutions au lieu de travail et aux besoins des travailleurs peut accroître leur efficacité et maximiser les effets positifs. L'un des moyens d'accroître l'efficacité de ces systèmes consiste à prendre en compte les besoins spécifiques au stade de la conception, ainsi que les effets positifs et négatifs potentiels liés à l'adoption de systèmes numériques de surveillance de la SST.

Troisième enseignement: Garantir un soutien adéquat aux organisations, en particulier aux PME

Des exemples concrets de l'efficacité de ces systèmes et de la manière dont des adaptations peuvent être apportées pour accroître encore leurs avantages fourniraient les preuves nécessaires pour permettre aux décideurs d'adopter de tels systèmes. Ces éléments de preuve reposent sur la collecte, l'examen et le partage public, par les concepteurs et les utilisateurs actuels, d'informations sur l'incidence des systèmes de surveillance de la SST et sur les adaptations qui permettent une plus grande efficacité. Un large partage des bonnes pratiques et des pratiques prometteuses pourrait favoriser l'adoption de ces systèmes. Ces efforts peuvent toutefois s'avérer coûteux, parallèlement à la conception et à l'adaptation des systèmes de surveillance, qui posent des défis importants aux employeurs, et en particulier aux PME.

Les mesures de politique publique visant à soutenir la conception, l'acquisition et l'évaluation de l'utilisation des systèmes numériques de surveillance de la SST (appuyés par des instruments de soutien financier) peuvent améliorer l'utilisation de ces systèmes et renforcer la base de données factuelles en ce qui concerne leur incidence sur la prévention ou la réduction des risques en matière de SST ainsi que les ajustements nécessaires.

Quatrième enseignement: Consulter les parties concernées et convenir de la manière dont les systèmes numériques de surveillance de la SST doivent être utilisés (employeurs, représentants des travailleurs, professionnels de la SST)

Avant la mise en place de systèmes de surveillance en matière de SST, les employeurs, les représentants des travailleurs et les professionnels de la SST devraient discuter et trouver un accord sur la manière dont les systèmes doivent être utilisés, et les employés doivent être dûment consultés et informés. Il s'agit d'une étape essentielle pour sensibiliser, garantir l'adhésion et permettre une utilisation productive, efficace et efficiente de ces systèmes, axée sur les besoins spécifiques en matière de SST au niveau organisationnel.

Cinquième enseignement: Informer et former correctement la direction de l'entreprise et les travailleurs à l'utilisation des systèmes numériques de surveillance de la SST

Le manque de données concernant l'incidence concrète sur la SST des travailleurs et les processus de sécurité au niveau de l'organisation dans différents secteurs, types d'emplois et dans des pays ayant des cultures différentes en matière de SST peuvent limiter la propension des employeurs à concevoir et/ou à recourir aux systèmes de surveillance de la SST. Cette situation est amplifiée par l'insuffisance des informations sur les coûts à court et à long terme nécessaires à la conception, à la mise en œuvre et à l'ajustement de ces systèmes. Des preuves limitées de l'incidence sur la SST peuvent également réduire les niveaux de confiance des travailleurs dans ces outils.

Des campagnes d'information et de sensibilisation adéquates peuvent contribuer à une compréhension plus large et plus approfondie de ces outils. Des ressources sur le lieu de travail (par exemple, des guides de formation, des politiques d'entreprise) et une communication régulière sur les enseignements tirés de l'utilisation de ces systèmes peuvent contribuer à une meilleure compréhension des avantages et des limites de ces systèmes. Ils peuvent également garantir leur adéquation avec les processus préexistants de surveillance des risques et d'autres processus d'évaluation des risques, tels que le dépistage de la santé au travail.

Sixième enseignement: Les systèmes numériques de surveillance en matière de SST présentent des limites, qui devraient être clairement déterminées et communiquées.

Les systèmes intelligents ou numériques de surveillance en matière de SST sont des outils permettant d'améliorer et de promouvoir la SST au moyen d'adaptations du lieu de travail, d'ajustements, de mesures correctives, de la formation des travailleurs et d'une culture renforcée de confiance et de participation. Les technologies de surveillance peuvent être optimisées et adaptées à leur utilisation prévue au sein de différentes organisations, mais elles présentent des limites intrinsèques liées à la technologie utilisée, à la mesure dans laquelle les risques peuvent être évités ou limités, à la manière dont les données sont collectées et interprétées, ainsi qu'aux erreurs potentielles découlant du processus.

Les systèmes de contrôle de la sécurité et de la santé au travail fournissent des informations sur des paramètres prédéterminés et visent principalement à *soutenir* les systèmes décisionnels en matière de SST au niveau de l'organisation. Ils n'agissent pas de manière autonome et ne remplacent pas les décideurs, étant donné que la technologie de surveillance ne peut pas tenir compte des facteurs externes ou contextuels qui influencent l'interprétation des données collectées et les décisions concernant les mesures correctives.

Septième enseignement: Tenir compte des conséquences en matière de collecte et de protection des données et informer les travailleurs de manière adéquate.

La gestion et l'analyse des données apportent des avantages significatifs aux processus de prise de décision au niveau organisationnel, y compris ceux visant à améliorer la SST, et peuvent conduire à une réduction plus efficace des risques sur le lieu de travail. Il est nécessaire de disposer de clarté, de transparence et de protocoles de protection des données en ce qui concerne la manière dont les données collectées par ces systèmes sont utilisées, le type de données utilisées, les personnes qui peuvent y accéder, à quelles fins et la manière dont la sécurité des données est assurée.

Auteurs: Dareen Toro, Monica Andriescu, Mario Battaglini, Kyrillos Spyridopoulos (Ecorys)

Direction de projet: Annick Starren, Ioannis Anyfantis (EU-OSHA)

La présente note d'orientation a été commandée par l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA). Son contenu, y compris tout avis et/ou conclusion exprimé, n'engage que ses auteurs et ne reflète pas nécessairement l'avis de l'EU-OSHA.

© Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023