



Organisation
internationale
du Travail

Rapport

r é v o l u t i o n n e r *la santé et la sécurité*

le rôle de l'IA et de la
numérisation au travail



Rapport

révolutionner *la santé et la sécurité*

le rôle de l'**IA et de la**
numérisation au travail





Cet ouvrage est publié en libre accès sous la licence Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>). Les utilisateurs sont autorisés à réutiliser, partager ou adapter la publication originale, ou à s'en servir pour créer un nouveau produit, conformément aux termes de ladite licence. Il doit être clairement indiqué que l'OIT est propriétaire de l'ouvrage original. Les utilisateurs ne sont pas autorisés à reproduire le logo de l'OIT dans le cadre de leurs travaux.

Citations – Cet ouvrage doit être cité comme suit: *Révolutionner la santé et la sécurité: le rôle de l'IA et de la numérisation au travail*, Genève: Bureau international du Travail, 2025.

Traductions – Si cet ouvrage fait l'objet d'une traduction, il doit y figurer, outre la mention de la source de l'ouvrage original, la clause de non-responsabilité suivante: *Cette traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation internationale du Travail (OIT) et ne doit pas être considérée comme une traduction officielle de cette dernière. L'OIT décline toute responsabilité quant au contenu ou à l'exactitude de cette traduction.*

Adaptations – Si cet ouvrage fait l'objet d'une adaptation, il doit y figurer, outre la mention de la source de l'ouvrage original, la clause de non-responsabilité suivante: *Cet ouvrage est une adaptation d'une publication originale de l'Organisation internationale du Travail (OIT). Les idées et opinions exprimées dans cette adaptation n'engagent que son auteur ou ses auteurs et en aucun cas l'OIT.*

Cette licence CC ne s'applique pas aux œuvres ne relevant pas du droit d'auteur de l'OIT incluses dans cette publication. Lorsqu'une œuvre est attribuée à un tiers, l'utilisateur de l'œuvre est seul responsable d'obtenir les autorisations nécessaires du détenteur des droits.

Tout différend auquel la présente licence pourra donner lieu et qui ne pourra pas être résolu à l'amiable sera soumis à l'arbitrage conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI). Les parties sont liées par toute sentence arbitrale rendue en tant que règlement définitif du différend.

Toute question concernant les droits et licences doit être envoyée par courrier postal à l'unité des Publications de l'OIT (Droits et licences), CH-1211 Genève 22, Suisse, ou par courriel: rights@ilo.org.

ISBN 9789220417737 (pdf Web)
9789220417720 (imprimé)

DOI: <https://doi.org/10.54394/CXAZ6236>

Les désignations utilisées dans les publications de l'OIT, qui sont conformes à la pratique de l'Organisation des Nations Unies, et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'OIT aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays, zone ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

Les articles, études et autres textes signés n'engagent que leurs auteurs, et leur publication ne signifie pas que l'OIT souscrit aux opinions qui y sont exprimées.

La mention ou la non-mention de telle ou telle entreprise ou de tel ou tel produit ou procédé commercial n'implique de la part de l'OIT aucune appréciation favorable ou défavorable.

Pour toute information sur les publications et les produits numériques de l'OIT, consultez notre site Web www.ilo.org/publns.



Remerciements

Ce rapport a été préparé par Manal Azzi, cheffe d'équipe, et Dafne Papandrea, avec l'aide de Lacye Groening. Merci à Natasha Scott qui a mené les recherches initiales et proposé une version préliminaire du rapport. Merci aussi en particulier à Balint Nafradi, Wafaa Alzaanin, Nour Kabbara et Lucia Risueno Navarro pour leur soutien.

La présente recherche s'est appuyée sur les travaux menés par l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA). Le rapport a bénéficié également des contributions et avis d'experts de Vibe Westh, Maurizio Curtarelli et Emmanuelle Brun de l'EU-OSHA.

Nous exprimons notre reconnaissance à Ignacio Gonzalez Vazquez et Enrique Fernandez-Macias (Centre commun de recherche, Commission européenne), à Sarah Copsey et Cesira Urzi (expertes indépendantes), au docteur Alessio Bertolini (Université d'Oxford), à Kyrillos Spyridopoulos (ECORYS), à Aude Cefaliello (Institut syndical européen), à Sascha Wischniewski et Patricia Helen Rosen (Institut fédéral pour la sécurité et la santé au travail, BAuA, Allemagne), à Nadia Echchihab (SafetyTech Accelerator) et à Theo Bodin, Virginia Gunn et Ruben Lind (Karolinska Institutet) pour leurs précieuses contributions.

Nous sommes reconnaissants à nos collègues du Bureau des activités pour les travailleurs (ACTRAV), du Bureau des activités pour les employeurs (ACT/EMP), du Département de la recherche du BIT, du Service des marchés du travail inclusifs, des relations professionnelles et des conditions de travail (INWORK) et du Service du dialogue social, des relations de travail et de la gouvernance (LABGOV) pour leurs avis et contributions. Merci en particulier à Uma Rani, Janine Berg, Catherine Saget, Daniel Samaan, Tahmina Karimova et Sevane Ananian (Département de la recherche du BIT), à Anarosa Pesole et Nuno Meira Simoes Cunha (INWORK) et à Tvisha Shroff (LABGOV) pour leurs précieux apports et leur soutien.

Nous remercions nos collègues spécialistes de la sécurité et de la santé au travail au siège et sur le terrain, en particulier Claude Loiselle, Felix Martin Daza, Carmen Bueno, Tzvetomira Radoslavova, Yuka Ujita et Tsuyoshi Kawakami, pour leurs exemples de pratiques.

Enfin, merci à nos collègues du Fonds Vision Zéro (Ockert Dupper, Paul Wallot, Yessica Calvario et Schneider Guataqui Cervera) pour leurs contributions et leur soutien.



Table des matières

Remerciements	iii
Liste des abréviations	v
Résumé	1
► 1. Comment la numérisation transforme la sécurité et la santé au travail	5
1.1 Automatisation et robotique de pointe	6
1.2 Outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST	15
1.3 Réalité étendue et réalité virtuelle	22
1.4 Gestion algorithmique du travail	27
1.5 Évolution des modalités de travail liée à la numérisation	29
► 2. La sécurité et la santé au travail à l'ère numérique : politiques, lacunes et actions concertées	37
2.1 Initiatives mondiales pour assurer un travail sûr et sain pendant la transition numérique	37
2.2. Initiatives régionales pour renforcer la SST dans le cadre de la numérisation	41
2.3 Cadres nationaux régissant la SST et la numérisation	46
2.4 Gestion de la numérisation et de la SST au travail	60
Points importants à retenir	63
Références	66



Liste des abréviations

AR	Réalité augmentée
COBOT	Robot collaboratif
EPI	équipement de protection individuelle
IA	Intelligence artificielle
IoT	Internet des objets
NIOSH	Institut national de la santé et la sécurité au travail des états-Unis
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIE	Organisation internationale des employeurs
OIT	Organisation internationale du Travail
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PME	Petites et moyennes entreprises
SST	Sécurité et santé au travail
UAV	Véhicule aérien sans pilote
UE	Union européenne
VR	Réalité virtuelle
XR	Réalité étendue





Résumé



Comment la numérisation transforme-t-elle la sécurité et la santé au travail?

La numérisation et l'automatisation ont des effets sur des millions d'emplois dans le monde, en offrant des occasions sans précédent d'améliorer la sécurité et la santé au travail. L'automatisation et les systèmes de surveillance intelligents peuvent réduire l'exposition aux dangers, prévenir les accidents du travail et améliorer les conditions de travail en général. Néanmoins, des politiques proactives sont nécessaires pour gérer les risques potentiels.

- **L'automatisation et la robotique de pointe** rationalisent certaines tâches physiques et cognitives, en réduisant l'exposition aux environnements dangereux et les microtraumatismes répétés. Les risques ergonomiques, physiques (tel le bruit) et psychosociaux, mais aussi les défaillances mécaniques, font partie des problèmes potentiels à gérer.
- **Les outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST**, notamment les capteurs alimentés par l'IA et les dispositifs portables, favorisent la détection des dangers en temps réel, l'évaluation prédictive des risques et la gestion proactive de la SST. Il est capital de garantir qu'ils sont faciles à utiliser et bien adaptés à des travailleurs variés, mais aussi de protéger la vie privée et de prévenir le stress induit par une surveillance continue.
- **La réalité étendue et la réalité virtuelle** transforment la formation des travailleurs avec des simulations immersives pour la reconnaissance des dangers et les interventions d'urgence. Il convient toutefois de gérer les risques potentiels comme une visibilité bloquée, des problèmes d'équilibre, une fatigue visuelle et une surcharge cognitive.
- **La gestion algorithmique du travail** utilise des systèmes programmés ou reposant sur l'IA pour coordonner le travail dans une organisation, en optimisant l'affectation des tâches, en améliorant l'implication et l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée, et en comblant les déficits de compétences. Toutefois, il faut contrôler et gérer les risques potentiels comme une surveillance excessive et l'intensification du travail.
- **L'évolution des modalités de travail liée à la numérisation**, marquée notamment par le télétravail et les plateformes de travail numériques, donne de la souplesse mais pourrait entraîner des problèmes de SST d'ordre physique et psychosocial.

Afin d'exploiter pleinement les avantages de la numérisation pour la SST tout en atténuant les risques, il est essentiel d'adopter une approche participative, proactive et fondée sur des faits. Cela suppose une implication active des gouvernements, des employeurs et des travailleurs, mais aussi des professionnels de la SST et des autres parties prenantes, de façon à garantir que la transformation numérique ne compromet pas mais, au contraire, renforce la sécurité et la santé au travail.



Comment garantir la SST à l'ère numérique?

Les cadres existants en matière de SST, notamment les normes de l'OIT relatives à la SST, restent essentiels pour protéger le droit à un milieu de travail sûr et sain à l'ère numérique.

Reconnaissant la nature interdisciplinaire de la SST et de la numérisation, certains pays intègrent des considérations relatives à la SST dans des politiques plus larges sur la transition numérique. D'autre part, des pays incorporent la numérisation aux cadres d'action pour la SST afin de renforcer la prévention des risques, le suivi et la protection des travailleurs.

Des pays commencent aussi à revoir et à adapter leurs cadres juridiques. Ces initiatives sont centrées principalement sur la mise à jour des règlements de sécurité relative à la robotique et des protocoles régissant l'interaction homme-robot afin d'atténuer les risques dans les environnements de travail collaboratif. Elles impliquent également d'établir le droit à la déconnexion pour prévenir le burn-out et le surmenage numériques. De plus, les protections en matière de SST sont actuellement étendues pour couvrir le travail à distance et le travail via des plateformes, pour tenir compte de la nature évolutive du travail.

Des normes et des orientations volontaires, des campagnes de sensibilisation, des initiatives de formation et des programmes de recherche complètent ces mesures de politique et jouent un rôle crucial pour guider les entreprises et doter les travailleurs des compétences nécessaires pour utiliser les nouvelles technologies en toute sécurité. Toutefois, des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les effets à long terme des technologies numériques sur la SST et garantir une mise en œuvre éclairée.

Au niveau du lieu de travail, l'évaluation et la gestion régulières des risques restent essentielles pour faire face de manière proactive aux risques numériques émergents. Cela implique d'évaluer régulièrement les risques associés aux nouvelles technologies, de mettre en œuvre des mesures préventives conformément à la hiérarchie des mesures de contrôle pour la SST et d'adapter en permanence les politiques relatives à la SST pour qu'elles restent efficaces à mesure que les technologies évoluent, en tenant compte des retours des travailleurs et des avancées les plus récentes en matière de SST.

Des outils numériques comme l'analyse fondée sur l'IA, le suivi en temps réel et la modélisation prédictive peuvent améliorer les évaluations des risques et les stratégies de SST mais doivent être utilisés en complément, et non en remplacement, du jugement humain dans les pratiques de SST.

Les travailleurs et leurs représentants doivent être associés activement à chaque étape de la mise en œuvre des technologies numériques, notamment la conception, l'exploitation et le suivi, de sorte que ces technologies ne compromettent pas, mais au contraire renforcent la sécurité et la santé au travail.

En adoptant une approche collaborative, prospective et centrée sur les travailleurs, les parties prenantes peuvent garantir que les innovations numériques rendent les lieux de travail plus sûrs, plus sains et plus fiables, ce qui profitera à toutes les personnes impliquées.

À propos de ce rapport

Basé sur une étude documentaire approfondie, des entretiens avec des informateurs clés et un examen des politiques et des pratiques, ce rapport analyse les évolutions de la sécurité et de la santé au travail induites par les technologies numériques et la nécessité de s'assurer que ces changements ne se transforment pas en risque potentiel.

Ce rapport présente des éclairages stratégiques, des pratiques et des études de cas et constitue une ressource pour les gouvernements, les employeurs, les travailleurs et les spécialistes de la SST qui leur permettra de s'orienter dans le contexte en pleine évolution de la sécurité numérique au travail.

La première partie examine comment l'automatisation et la robotique de pointe, les outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST, la réalité étendue et la réalité virtuelle, la gestion algorithmique du travail et l'évolution des modalités de travail redéfinissent la sécurité et la santé au travail. Il détaille les possibilités qu'offrent ces technologies mais aussi leurs risques potentiels.

La seconde partie analyse les politiques mondiales, régionales et nationales qui régissent la SST sur les lieux de travail numériques, en mettant en évidence les lacunes réglementaires et les réponses politiques. Il se penche également sur l'évaluation des risques, la participation des travailleurs et les stratégies préventives pour intégrer les outils numériques de manière sûre et efficace sur le lieu de travail.

Enfin, les points essentiels à retenir résument les principales conclusions, en mettant l'accent sur les actions stratégiques requises pour garantir une transition numérique responsable, inclusive et centrée sur les travailleurs.





1

Comment la numérisation transforme la sécurité et la santé au travail

La numérisation¹ remodèle le monde du travail en introduisant des pratiques innovantes, en favorisant le développement de nouveaux secteurs d'activité et en remodelant l'environnement de travail physique et psychosocial.

L'intelligence artificielle (IA)² et les outils numériques offrent aux entreprises d'importantes possibilités d'amélioration de la sécurité et de la santé au travail (SST). Conçues et mises en œuvre efficacement, ces technologies contribuent à atténuer les risques professionnels, à réduire les accidents du travail et les maladies professionnelles et à améliorer l'efficacité, la productivité et la performance globale (Sun *et al.* 2022). La numérisation éloigne les travailleurs des expositions et des environnements dangereux, notamment des substances chimiques, des températures extrêmes, des rayonnements, des espaces confinés et des machines présentant un risque élevé, et c'est l'un de ses principaux avantages. De plus, elle optimise l'organisation du travail, en rationalisant les processus, en automatisant les tâches répétitives et physiquement pénibles et en améliorant la répartition de la charge de travail, ce qui réduit la fatigue physique et mentale (EU-OSHA 2019). Les systèmes et outils reposant sur l'IA renforcent la sécurité au travail en identifiant les dangers, en surveillant les conditions environnementales et en prédisant les défaillances d'équipements. De plus, la numérisation accompagne l'avancement professionnel en offrant des possibilités de perfectionnement et de reconversion individualisées, ce qui permet aux travailleurs de s'adapter à l'évolution des exigences professionnelles et d'être correctement préparés à faire face aux nouveaux risques en matière de sécurité et de santé au travail (EU-OSHA 2019). Toutefois, il est important de noter que les avantages de la numérisation ne sont pas universellement partagés³.

Si la numérisation offre de nombreux avantages pour la SST, elle peut impliquer des risques importants qu'il est possible de prévenir et qui doivent être gérés avec soin. Les échecs lors d'interactions homme-robot, les problèmes ergonomiques et les dangers de l'exposition au bruit et aux vibrations font partie des risques potentiels associés aux technologies numériques (EU-OSHA 2009). Les dispositifs portables et intelligents mal conçus peuvent entraîner une fatigue physique; les véhicules aériens sans pilote (UAV), tels les drones, et les visiocasques peuvent présenter des risques de blessure, de perte d'équilibre et de problèmes visuels. Les progrès technologiques peuvent aussi provoquer une intensification du travail, une insécurité au travail et un stress technologique⁴, les travailleurs étant soumis à une pression croissante pour s'adapter à des outils et à des processus en rapide évolution (OIT 2022). L'effacement progressif des frontières entre vie professionnelle et vie privée imputable au travail mobile et en ligne peut contribuer au burnout, tandis qu'une surveillance intrusive et un contrôle permanent peuvent empiéter sur la vie privée et réduire l'autonomie au travail (OIT 2018). Parce qu'ils consacrent plus de temps à l'utilisation d'outils numériques, les travailleurs risquent d'être de plus en plus exposés au cyberharcèlement. La prise de décision fondée sur l'IA risque de fragmenter les tâches, de

¹ Selon l'OIT, la numérisation s'entend, de façon générale, de l'utilisation des technologies numériques, et donc d'informations ou de données numérisées, dans l'économie et la société (GB.350: Groupe de travail sur la dimension sociale de la mondialisation. Défis et possibilités associés à la numérisation). Dans le monde du travail, la numérisation se traduit par la transformation des structures et des processus organisationnels dans le but d'accroître l'efficacité, les recettes et la résilience. L'utilisation de ces technologies redéfinit l'organisation du travail et a donc des conséquences sur la quantité et la nature des emplois proposés ainsi que sur les conditions de travail et la protection des travailleurs.

² L'IA est une composante centrale de la numérisation. Les systèmes dotés d'IA peuvent être purement logiciels ou être intégrés dans des dispositifs matériels (Groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle 2019). Ils peuvent compléter et faciliter des tâches accomplies par un humain, remplacer des rôles existants ou en créer de nouveaux (Selenko *et al.* 2022).

³ Des disparités apparaissent en raison des limitations des infrastructures, d'un accès inégal aux compétences numériques et d'une discrimination implicite ou explicite fondée sur des facteurs comme le lieu, l'appartenance ethnique, la religion et le genre (Graham *et al.* 2017). Les PME, en particulier dans les pays en développement, rencontrent des difficultés d'adoption des outils numériques, faute de ressources suffisantes (FMI 2024a). La technologie ne devrait donc pas être perçue comme une solution universelle. Son efficacité dépend du contexte de sa mise en œuvre et du degré d'investissement des travailleurs dans sa conception, son fonctionnement et son contrôle.

⁴ <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/intr-03-2022-0214/full/html>

miner la satisfaction au travail et d'introduire des biais, marginalisant potentiellement certains groupes et exacerbant les inégalités sur le lieu de travail.

S'attaquer à ces problèmes nécessite une approche proactive de la SST garantissant que la transformation numérique ne compromet pas mais, au contraire, renforce la sécurité et le bien-être des travailleurs (Gonzalez Vazquez *et al.* 2024).

Ce chapitre étudie l'impact de la numérisation sur la SST, en regroupant les technologies et les processus de travail dans cinq catégories: **automatisation et robotique de pointe; outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST; réalité étendue et réalité virtuelle; gestion algorithmique du travail et évolution des modalités de travail liée à la numérisation**. Des recherches montrent comment chacune de ces technologies et chacun de ces processus peuvent améliorer la sécurité et la santé au travail en atténuant les risques physiques, organisationnels et psychosociaux, et examinent les risques potentiels associés. Les conclusions insistent sur la nécessité d'une approche équilibrée et proactive afin de garantir des milieux de travail sûrs et sains pour toutes et tous.



1.1 Automatisation et robotique de pointe

L'automatisation et la robotique de pointe⁵ entraînent de profonds changements en termes de sécurité et de santé au travail, en instaurant des moyens innovants pour gagner en efficacité et réduire les risques dans tous les secteurs (EU-OSHA 2024a; Petersen *et al.* 2023). Ces technologies automatisent à la fois des tâches physiques comme l'assemblage, la manutention de matériaux et les opérations dangereuses, et des processus cognitifs comme la prise de décision et l'analyse des données, redéfinissant de ce fait la façon dont le travail est réalisé, suivi et géré (Wang 2019; Chen *et al.* 2023).

La robotique de pointe renvoie aux technologies conçues pour exécuter des tâches nécessitant beaucoup de précision, d'adaptabilité et d'autonomie, capables d'améliorer la productivité et la sécurité au travail en réduisant l'exposition des travailleurs aux activités pénibles ou dangereuses. Ces systèmes comprennent des robots industriels tels les bras robotisés utilisés pour des tâches répétitives et dangereuses, ainsi que des innovations modernes comme les robots mobiles autonomes, les drones, les exosquelettes et les robots collaboratifs (cobots) qui travaillent aux côtés des humains pour renforcer l'efficacité et la sécurité (EU-OSHA 2022b). Les robots sont utilisés dans des secteurs variés, par exemple pour effectuer des tâches dangereuses et répétitives dans l'industrie manufacturière, faciliter le diagnostic et les interventions chirurgicales dans le domaine de la santé, améliorer la précision dans l'agriculture, optimiser la logistique, faciliter la reprise après un sinistre et mener à bien des opérations militaires critiques comme la reconnaissance et le déminage (EU-OSHA 2022b).

L'IA joue un rôle central en automatisant des tâches cognitives et physiques, au service d'applications comme la veille sanitaire, les systèmes de conduite autonome, les chatbots et les robots industriels (EU-OSHA 2022f). Elle dynamise également des fonctions comme le service client, la traduction et les opérations de caisse, allégeant la charge de travail humaine et améliorant la productivité (Petersen *et al.* 2023; Babashahi *et al.* 2024). Ces progrès transforment presque tous les secteurs d'activité, même ceux généralement considérés comme étant de faible technicité (OIT 2023).

L'impact global de l'automatisation et de l'IA sur les emplois est considérable. L'OIT (2023) estime que l'automatisation pourrait au minimum remplacer partiellement près de 75 millions d'emplois dans le monde, et que l'IA pourrait «augmenter» 427 millions d'emplois, dans divers secteurs. Les effets varient selon les régions et la démographie: l'Europe et l'Amérique du Nord, du fait de leurs marchés du travail diversifiés, sont les plus exposées à l'automatisation (ONU/OIT 2024), alors que l'Asie, l'Afrique et l'Amérique latine le sont moins, compte tenu de l'importance dans ces régions de l'agriculture et des secteurs informels, moins touchés par l'IA générative (ONU/OIT 2024). En Chine, des technologies d'IA comme les grands modèles de langage pourraient supprimer des emplois mieux rémunérés nécessitant une solide expérience, et donc inverser les précédentes tendances de demande de main-d'œuvre (Chen *et al.* 2023).

Les femmes sont touchées de manière disproportionnée par l'IA générative, et plus de deux fois plus exposées à l'automatisation que les hommes dans la plupart des régions (ONU/OIT 2024). L'externalisation

⁵ Apparu dans les années 1980, le terme «robotique de pointe» renvoie aux robots équipés de logiciels et de matériels sophistiqués capables de prendre des décisions intelligentes, contrairement aux machines traditionnelles (Robotnik, 2022). L'intégration des technologies d'IA permet à ces robots d'interagir de manière indépendante avec leur environnement et d'effectuer des tâches complexes (Licardo *et al.* 2024).

des processus opérationnels, comme le travail en centre d'appels, qui est une source importante d'emploi formel des femmes relativement bien rémunéré dans plusieurs pays en développement, est particulièrement menacée (ONU/OIT 2024).

1.1.1 Comment l'automatisation et la robotique améliorent la sécurité et la santé au travail

► Éloignement des travailleurs des environnements et des expositions à haut risque

Les robots remplacent de plus en plus les travailleurs qui réalisent des tâches dangereuses dans des environnements à haut risque, souvent appelées «emplois 3D» (dégoûtants, dangereux et dégradants). Dans l'exploitation minière, la construction et l'industrie manufacturière, ils permettent aux travailleurs de superviser les opérations dangereuses à distance, ce qui réduit l'exposition aux risques comme les fumées de soudure cancérogènes, le déminage et les déversements chimiques (Robots. com 2017; CCHST 2022b). Lors des reprises après sinistre, les robots terrestres, aériens et sous-marins supportent des conditions extrêmes comme des températures, une humidité et des radiations élevées (Guizzo 2023; Soori *et al.* 2023). De même, dans le secteur de la santé, les robots réduisent l'exposition des travailleurs aux radiations lors des IRM et des radiographies, participent à la désinfection par ultraviolets et, durant la pandémie de COVID-19, ont réduit les risques en assurant le transport de patients et la désinfection (Deo et Anjankar 2023; Mehta *et al.* 2023; Su *et al.* 2021). Les robots peuvent aussi être utiles dans des environnements aux températures extrêmes comme les fours industriels ou les champs pétroliers gelés (A3 Marketing Team 2019).

► Cinq tâches dangereuses que les robots peuvent réaliser de façon sûre (Owen-Hill 2022)

- **Soulever des objets très lourds et moyennement lourds:** les robots peuvent soulever des objets très lourds que des humains n'arrivent pas à déplacer, mais aussi des objets plus légers dont la manutention répétée au quotidien pourrait, à terme, présenter un risque pour les travailleurs.
- **Remuer du métal en fusion à 2 000 degrés Celsius:** les robots peuvent être utilisés pour remuer le métal en fusion en vue d'en retirer un sous-produit, les scories. Le procédé oblige les travailleurs à agiter le métal avec une longue lance à oxygène et peut les exposer à une cascade d'étincelles. Les bras robotisés peuvent être pourvus d'une protection thermorésistante qui leur permet de supporter l'environnement à haute température.
- **Collecter et conditionner des déchets radioactifs:** la manipulation de matières radioactives présente des risques pour la santé humaine. Pour des tâches comme la manipulation des déchets radioactifs des centrales nucléaires, la robotique constitue la solution la plus sûre et la plus viable.
- **Travailler dans des environnements contaminés et poussiéreux:** les robots peuvent améliorer la sécurité des travailleurs dans des milieux de travail dangereux, tels ceux contaminés par des poussières ou des substances chimiques toxiques.
- **Effectuer des mouvements répétés:** les robots sont bien adaptés à l'exécution de tâches répétitives qui exposeraient les travailleurs à des risques importants de troubles musculosquelettiques graves.



Les véhicules aériens sans pilote (UAV), tels les drones autonomes, peuvent être utilisés pour réaliser des opérations de manière autonome là où une intervention humaine est dangereuse, difficile, onéreuse ou physiquement éprouvante (Kanellakis et Nikolakopoulos 2017). Ils peuvent fournir une assistance dans des situations d'urgence, recueillir des données et effectuer des tâches dangereuses pour les humains, comme travailler en hauteur ou dans des environnements extrêmes, notamment dangereux ou toxiques (HSE Network 2020). Dans l'agriculture, les drones sont de plus en plus utilisés pour appliquer des pesticides, réduisant ainsi l'exposition des opérateurs à des substances chimiques dangereuses associées à des cancers, des empoisonnements et des dommages neurologiques (OIT 2021b). En Chine par exemple, des drones sont déployés à grande échelle (plus de 200 000 en 2021) pour pulvériser des pesticides (Ozkan 2024). Toutefois, il est crucial de former efficacement les opérateurs pour éviter les effets nocifs sur les travailleurs et l'environnement (Amarasinghe *et al.* 2019; Yan *et al.* 2021; Kuster *et al.* 2023).

Pulvérisation de pesticides à l'aide de drones dans le cadre d'une agriculture de pointe

Les agriculteurs mettent leur santé en danger lorsqu'ils pulvérisent des pesticides manuellement sur leurs champs cultivés. L'utilisation de drones est une solution de remplacement prometteuse. Une étude de Borikar *et al.* (2022) a étudié les progrès technologiques les plus récents et leurs utilisations dans les matériels, les contrôleurs de vol et les régulateurs de vitesse électroniques, les capteurs agricoles et les systèmes de pulvérisation intelligents. Les avancées majeures caractérisant les systèmes de drones comprennent les caméras multispectrales pour le suivi des cultures, la pulvérisation assistée par GPS déclenchée par l'analyse d'images en temps réel, l'ajustement des buses contrôlé par smartphone et l'autocontrôle de la quantité de pesticide assisté par l'IA, basé sur la vitesse et la trajectoire du drone. Globalement, l'étude montre que les drones peuvent exécuter les tâches de pulvérisation de manière rapide et précise, sans danger pour la santé humaine.

► Réduction de la pénibilité au travail

Les systèmes robotiques sont de plus en plus utilisés pour réduire les tâches répétitives ou pénibles dans divers secteurs. Ces technologies contribuent à réduire l'exposition aux efforts intenses, aux mauvaises postures et aux mouvements répétitifs – des facteurs clés liés aux troubles musculosquelettiques (EU-OSHA 2021; 2022a). En assurant des tâches répétitives, manuelles et non stimulantes mentalement, les robots permettent aux travailleurs de concentrer leur énergie sur des aspects du travail plus stratégiques et créatifs (Timbó 2023).

Les exosquelettes sont des dispositifs portables qui peuvent améliorer, renforcer ou faciliter la posture, le mouvement ou l'activité physique de l'utilisateur, lors de tâches impliquant un travail manuel ou un effort physique (CCHST 2022a). Ils gagnent du terrain dans des secteurs comme la construction, l'industrie manufacturière, l'agriculture et les soins de santé (Flor-Unda *et al.* 2023; Ekso Bionics 2022). Des études montrent qu'ils réduisent notablement l'activité et la fatigue musculaires, en particulier dans le dos et les jambes, lors de la manutention de matériaux (Bär *et al.* 2021; Park *et al.* 2022). Par exemple, les exosquelettes intégraux peuvent réduire l'activité musculaire dorsale jusqu'à 53 pour cent et la fatigue des jambes de 63 pour cent, diminuant les risques de blessure et contribuant à des économies sur le long terme en termes de soins de santé et de productivité (Zelik *et al.* 2022; Kirpestein *et al.* sans date). En minimisant l'effort et la fatigue physiques, les exosquelettes peuvent aussi réduire le stress et améliorer le bien-être psychologique global (Vallée 2024).

Robotique dans le secteur des soins de santé – renforcer la sécurité et réduire les risques

Des diagnostics à la désinfection jusqu'à la chirurgie et l'aide aux patients, la robotique joue un rôle crucial pour protéger les professionnels de santé.

Les robots contribuent à protéger les travailleurs en réduisant l'exposition aux radiations lors des IRM et des radiographies, et en minimisant les risques d'infection en assurant le transport de patients, la désinfection et le dépistage autonome de maladies (Su *et al.* 2021; Deo et Anjankar 2023). Par exemple, pendant la crise du COVID-19, Haddadin *et al.* (2024) ont mis au point un robot d'écouvillonnage autonome qui réalisait des tests de dépistage en toute sécurité sans intervention humaine. Testé sur 52 patients en Allemagne, il a démontré sa grande précision, des taux d'acceptation élevés et sa capacité à réaliser jusqu'à 300 tests par jour. L'écouvillonnage automatisé ou assisté par robot pourrait améliorer considérablement la capacité de dépistage tout en protégeant le personnel (Yang *et al.* 2020).

Dans les rôles exigeants physiquement (soins infirmiers, soins aux personnes âgées et chirurgie notamment), les robots et les exosquelettes réduisent l'effort physique et les risques de blessure. En aidant les soignants à déplacer les patients, ils allègent leur charge de travail et réduisent le risque de troubles musculosquelettiques (Richarz *et al.* 2023; Persson *et al.* 2021). Cette technologie contribue également à prévenir le burnout et le stress, en particulier dans les contextes où la demande est forte (O'Connor 2021).

La chirurgie assistée par robot a révolutionné les procédures chirurgicales, en améliorant la précision, en réduisant la charge de travail et en améliorant l'ergonomie par rapport à la chirurgie laparoscopique et ouverte classique (Wee *et al.* 2020). Toutefois, l'inconfort au niveau du cou, des épaules et du dos reste un problème du fait de la conception des consoles, ce qui met en évidence le besoin de meilleures pratiques en matière d'ergonomie et d'une formation pour minimiser la fatigue (Patel *et al.* 2023).

Si les robots peuvent aider les professionnels de santé en réduisant les risques et en améliorant l'efficacité, ils ne peuvent se substituer aux rôles humains qui exigent empathie, jugement et prise de décision (Witkowski *et al.* 2024).

► Réduction des tâches répétitives et fastidieuses

L'automatisation et les systèmes d'IA peuvent éliminer des tâches de bureau ou administratives répétitives et routinières comme le remplissage de formulaires et le traitement de demandes ou de documents juridiques (EU-OSHA 2022e). En matière de service client par exemple, des chatbots et des assistants virtuels reposant sur l'IA peuvent gérer des demandes complexes, réduisant ainsi la charge de travail des agents humains (Babashahi *et al.* 2024). Une étude récente a montré que l'IA pouvait aider à automatiser environ 84 pour cent des transactions répétitives de 400 services gouvernementaux au Royaume-Uni (Institut Alan Turing 2024). Dans le secteur de la santé, les robots interactifs, peuvent alléger la charge de travail en prenant les constantes vitales et en recueillant des données sur les patients, permettant ainsi aux professionnels de se consacrer aux tâches complexes et à la prise en charge des patients (Ragno *et al.* 2023). Dans le secteur de l'éducation, des outils basés sur l'IA peuvent être utilisés pour noter des devoirs, contrôler l'assiduité et planifier des réunions, de sorte que les éducateurs puissent se concentrer davantage sur l'enseignement proprement dit et consacrer moins de temps aux tâches administratives (Jose 2023).

Les systèmes d'IA peuvent libérer les travailleurs de la planification et de l'exécution de certaines tâches, et parfois alléger l'anticipation des processus ou la charge mentale que la surveillance de leur sécurité pendant les procédures fait peser sur eux (EU-OSHA 2023a). Une étude menée dans 18 pays auprès de 34 000 travailleurs a montré que pour 64 pour cent d'entre eux, l'automatisation et l'IA contribuaient à réduire la charge de travail et le stress, tandis que pour 72 pour cent des personnes employées sur

des lieux de travail peu stressants, cet avantage s'expliquait en partie par l'accès à des outils et à des technologies leur permettant de travailler de manière productive (McKendrick 2019).

L'automatisation et les systèmes d'IA peuvent potentiellement donner plus de sens au travail de certains travailleurs, par exemple en renforçant l'apprentissage, les compétences et le développement humains et en donnant plus de contrôle et de pouvoir aux travailleurs grâce à un accès élargi à l'information (Bankins et Formosa 2023). Le contrôle du travail a tendance à augmenter quand des systèmes autonomes sont mis en place sur un lieu de travail, car ils améliorent la capacité des travailleurs à organiser leur temps (EU-OSHA 2022a). L'automatisation des tâches peut permettre à certains travailleurs d'accéder à des fonctions de supervision plus élevées associées à une prise de décision à plus fort impact (EU-OSHA 2023a). Une étude portant sur les travailleurs du savoir a montré que 92 pour cent d'entre eux⁶ reconnaissaient que l'automatisation améliorerait leur vie au travail (Zapier 2021).

1.1.2 Risques potentiels associés à l'automatisation et à la robotique de pointe

Lors de l'introduction de robots ou d'exosquelettes sur le lieu de travail, plusieurs risques doivent être pris en considération et gérés avec soin pour assurer la sécurité des travailleurs. Si les robots remplacent efficacement les humains pour effectuer des tâches dangereuses, les travailleurs chargés d'assurer leur entretien ou de les réparer peuvent être exposés à de nouveaux risques. De même, l'automatisation de tâches cognitives et physiques peut améliorer considérablement les conditions de SST mais, si elle n'est pas correctement évaluée et gérée, elle peut également induire de nouveaux dangers. Les risques possibles associés à l'automatisation et à la robotique de pointe mis en évidence par les travaux de recherche disponibles sont présentés ci-après.

Risques pour la sécurité. Parmi les risques courants pour la sécurité associés à la robotique sur le lieu de travail figurent les problèmes d'interaction homme-robot, les mesures de sécurité inadaptées, les défaillances mécaniques, les problèmes de programmation et les erreurs humaines, qui sont susceptibles de provoquer des accidents et d'accroître la pression sur les travailleurs (Ken Institute 2024). Le comportement imprévisible des robots peut entraîner des accidents du travail. Des problèmes logiciels, des défaillances de capteurs ou des interprétations erronées de l'IA peuvent déclencher des mouvements inattendus ou des pannes mécaniques causant des blessures par écrasement, des fractures ou des lacerations, en particulier en milieu industriel (EU-OSHA 2022a). Les UAV peuvent causer des traumatismes contondants ou des lacerations touchant en particulier les opérateurs ou le personnel de maintenance, dus à des pannes ou à des pertes de contrôle soudaines (Smith 2019; Arterburn *et al.* 2017; Campolettano *et al.* 2017).

Chez les travailleuses en particulier, des exosquelettes mal ajustés ou mal conçus peuvent provoquer des blessures, des restrictions de mobilité et des risques accrus de chute (CCHST 2022a; Flor 2023). Dans des situations d'urgence, ils peuvent empêcher une évacuation rapide ou entraîner des blessures liées à un mauvais fonctionnement (Akyildiz 2023; IOSH 2023). En outre, leur utilisation dans des environnements à haute température peut augmenter le risque de problèmes liés à la chaleur; en effet, les exosquelettes retiennent la chaleur corporelle et les robots dégagent une chaleur excessive pendant leur mise en charge (Mikołajczyk *et al.* 2023).

La dépendance excessive à l'égard de l'automatisation, notamment des systèmes robotiques et des exosquelettes, peut contribuer à une déqualification, en réduisant la capacité des travailleurs à réagir efficacement à des situations inattendues (Tegtmeier *et al.* 2022). De plus, les vulnérabilités de ces systèmes en matière de cybersécurité peuvent menacer la sécurité fonctionnelle, des cyberattaques étant susceptibles de contourner les mécanismes de protection, ce qui pourrait entraîner un fonctionnement des machines inattendu et dangereux (Korfmacher 2019).

⁶ Le terme «travailleurs du savoir» désigne par exemple des travailleurs de haut niveau qui appliquent des connaissances théoriques et analytiques acquises dans le cadre de formations formelles, pour mettre au point des produits et services d'assistance à l'usage du grand public.



Risques ergonomiques Une mauvaise posture durant une interaction homme-machine et l'utilisation d'un exosquelette peuvent provoquer des problèmes posturaux et des troubles musculosquelettiques (OIT 2019; Costantino *et al.* 2021). La collaboration avec des cobots peut engendrer des problèmes ergonomiques dus aux tâches répétitives, les travailleurs devant maintenir des postures spécifiques ou procéder à de petits ajustements en continu pour guider la machine ou interagir avec elle. À terme, ces mouvements répétitifs peuvent causer de la fatigue, des tensions musculaires et des douleurs chroniques (Tegtmeier *et al.* 2022). Si les exosquelettes sont conçus pour réduire l'effort physique, ils peuvent aussi exacerber les troubles musculosquelettiques s'ils sont trop lourds ou qu'ils obligent à effectuer des mouvements non naturels ou répétitifs. Ces risques sont accrus quand les dispositifs ne sont pas correctement conçus ou ajustés à la morphologie du travailleur, à sa taille et aux exigences propres aux tâches. En outre, les systèmes robotisés et les exosquelettes sont souvent conçus sans tenir compte du genre, ce qui les rend moins ergonomiques pour les femmes, qui risquent d'être plus fatiguées et de rencontrer des difficultés d'utilisation en raison d'exigences différentes quant à la taille, la portée et la force de la main (Hislop *et al.* 2024).

Risques liés au bruit et aux vibrations. Les robots et les exosquelettes peuvent induire des dangers liés au bruit et aux vibrations, contribuant ainsi potentiellement à des lésions auditives et à un inconfort musculosquelettique s'ils sont mal conçus (Costantino *et al.* 2021).

Risques chimiques. Les batteries de ces technologies peuvent surchauffer ou libérer des substances corrosives, exposant les travailleurs à des risques de brûlure et à des substances chimiques (Costantino *et al.* 2021). De plus, un contact prolongé avec des composants en plastique et en métal peut provoquer des irritations cutanées ou des réactions allergiques, en particulier chez les travailleurs équipés d'exosquelettes portables ou dans des environnements chauds ou humides. Dans certains secteurs d'activité, l'automatisation peut exacerber les dangers chimiques existants; par exemple, l'exploitation minière mécanisée peut accroître le risque de silicose dû à la production de poussières plus dangereuses (Hoy *et al.* 2022).

Risques organisationnels et psychosociaux. L'introduction de l'automatisation et de la robotique de pointe peut créer de nouveaux facteurs de risque psychosociaux, répertoriés ci-après, susceptibles d'altérer la santé mentale, la satisfaction au travail et le bien-être général des travailleurs.

- **Contrôle du travail.** L'utilisation de systèmes robotiques peut réduire significativement le contrôle du travail, et limiter la capacité des travailleurs à prendre des décisions ou à exercer leur créativité et leur jugement. Cela peut entraîner un épuisement émotionnel, une irritabilité et une perte de sens au travail, en particulier dans des secteurs comme l'industrie manufacturière et les services (EU-OSHA 2022a; Smids *et al.* 2020).
- **Cadence de travail et charge de travail.** L'automatisation intensifie souvent le travail en imposant des calendriers serrés et en accélérant la cadence des tâches, ce qui augmente le stress, les taux d'erreur et la fatigue. Les travailleurs assurant l'entretien des robots ou travaillant avec eux doivent s'adapter à leur rythme, ce qui souvent leur laisse peu de souplesse et un temps de récupération insuffisant, d'où un risque d'épuisement physique et mental (EU-OSHA 2022b). Cette nécessité de rivaliser avec l'efficacité des robots maintient les travailleurs sous pression, en particulier dans les environnements soumis à des cadences rapides comme l'industrie manufacturière et la logistique, où l'alignement continu sur les systèmes robotiques peut entraîner à terme de la fatigue, du stress et une moindre satisfaction au travail (Smids *et al.* 2020). La surcharge cognitive est une autre préoccupation majeure, les travailleurs devant superviser des systèmes robotiques complexes et interagir avec eux, tout en s'assurant que leurs tâches sont alignées sur les flux de travail automatisés, ce qui altère l'équilibre entre tâches de routine et tâches avancées et augmente la tension mentale (EU-OSHA 2024b).
- **Conception des tâches.** L'automatisation peut segmenter le travail en petites tâches répétitives, ce qui réduit le sentiment d'accomplissement et l'autonomie des travailleurs. Dans certains cas, la robotique de pointe et les systèmes d'IA créent des microtâches monotones qui altèrent la satisfaction et le moral au travail, limitent l'autonomie et réduisent l'intérêt du travail (Bérestégui 2021; Tegtmeier *et al.* 2022; Banks et Formosa 2023). De plus, la division du travail en petites tâches externalisées peut se traduire par des carrières fragmentées, des emplois vulnérables et une moindre satisfaction au travail (EU-OSHA 2023g).

- **Isolement social.** La montée en puissance de l'automatisation des lieux de travail va souvent de pair avec un recul des interactions humaines et du soutien des pairs ou de l'encadrement, laissant les travailleurs plus seuls face aux technologies et aux données. Cet isolement peut nuire au bien-être social et créer un milieu de travail moins attrayant (Marsh, E., Vallejos, E.P. et Spence, A. 2022).
- **Inégalités et discrimination.** La mise en œuvre de l'automatisation et de la robotique de pointe peut exacerber involontairement les inégalités sur le lieu de travail. Par exemple, la conception et l'application de technologies de robotique peuvent négliger les besoins de certains groupes, comme les femmes ou les travailleurs présentant des différences physiques, entraînant des problèmes d'ergonomie ou l'exclusion de certaines tâches (Flor 2023; CCHST 2022a). Les travailleurs âgés peuvent aussi avoir plus de difficultés à s'adapter aux nouvelles technologies, car l'acquisition des compétences requises pour les utiliser efficacement leur prend parfois plus de temps, ce qui peut les désavantager par rapport à leurs collègues plus jeunes (FMI 2024a). De plus, les travailleurs peu qualifiés ou employés dans des secteurs offrant un accès limité à la formation peuvent être davantage exposés aux suppressions d'emplois, ce qui creuse encore plus le fossé entre les professions hautement qualifiées et les professions peu qualifiées (Murray 2024).
- **Insécurité au travail et avancement professionnel.** L'impact de l'automatisation et des technologies numériques sur l'emploi et l'inégalité est une préoccupation majeure. Les travailleurs peu qualifiés ou connaissant mal les nouvelles technologies peuvent ressentir un stress et une anxiété accrus liés au risque de perdre leur emploi; 21 pour cent des travailleurs européens (EU-OSHA 2023b) et 22 pour cent des travailleurs des états-Unis se disent inquiets de perdre leur emploi, de subir des baisses de salaire et un stress psychologique (Saad 2023). L'incertitude entourant les changements provoqués par l'automatisation peut contribuer à une fatigue mentale à long terme, en particulier pour les travailleurs sans perspectives de reconversion ou d'évolution de carrière. Ces craintes s'apaisent généralement avec le temps, les pertes d'emplois n'étant pas systématiques et variant beaucoup selon les secteurs et les rôles (Tamers *et al.* 2020; Dekker *et al.* 2017). Toutefois, c'est souvent sur la qualité du travail que l'impact est le plus important (intensité du travail, autonomie et besoins de qualification), plutôt que sur les niveaux d'emploi globaux (OIT 2023).

► Stress technologique: un défi émergent

Le stress technologique est une conséquence des changements technologiques permanents et continuera vraisemblablement d'augmenter. Il s'agit d'une forme de stress causée par une difficulté à s'adapter aux nouvelles technologies informatiques, notamment à l'exigence technologique de travailler plus longtemps et plus vite, à la difficulté de comprendre certaines tâches ou à l'incertitude entourant des systèmes d'IA constamment mis à jour (Rohwer *et al.* 2022).



© iStock/gorodenkoff



1.2 Outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST

Les technologies de surveillance numérique permettent le suivi continu des dangers sur le lieu de travail, avec des alertes immédiates et la mise en œuvre en temps utile de mesures de prévention et de contrôle. Ces systèmes intègrent des technologies à base de capteurs, des dispositifs portables intelligents, des UAV, des analyses pilotées par l'IA et des technologies sans fil classiques⁷ pour évaluer les risques ergonomiques, les niveaux de bruit, la qualité de l'air, les températures extrêmes et les paramètres physiologiques des travailleurs (EU-OSHA 2022g; Sabino *et al.* 2024; Brous *et al.* 2020). En surveillant les mouvements, la posture, la fréquence cardiaque, la température corporelle et le niveau de fatigue des travailleurs, ces outils génèrent des données essentielles sur l'exposition et la santé, favorisant ainsi la prévention des blessures, la détection précoce des risques pour la santé et un milieu de travail plus sûr et plus sain (Aksüt *et al.* 2024; Costantino *et al.* 2021).

Les systèmes numériques intelligents sont de plus en plus utilisés dans des secteurs à haut risque comme l'exploitation minière, la construction, l'agriculture et les industries textile et chimique, où les emplois pénibles physiquement et les conditions de travail dangereuses augmentent les risques d'accidents. Ces technologies assurent une surveillance continue, ce qui améliore la protection des travailleurs et réduit les risques (Aksüt *et al.* 2024). En plus d'émettre des alertes immédiates signalant des risques potentiels, elles peuvent recueillir de précieuses données dans tous les secteurs d'activité, soutenant ainsi l'adoption de mesures préventives fondées sur des preuves (O'Brien 2023).

⁷ Les technologies sans fil classiques sur lesquelles s'appuient les systèmes de surveillance comprennent le Bluetooth, l'identification par radiofréquence, le wi-fi, les systèmes infrarouges et les systèmes de caméras.

Système intelligent de gestion de la sécurité à Séoul (Corée du Sud)

Le gouvernement métropolitain de Séoul a mis en place un système intelligent de gestion de la sécurité pour améliorer la SST sur les petits et moyens chantiers (gouvernement métropolitain de Séoul 2021). Cette initiative utilise l'IA, des capteurs IoT et la surveillance en temps réel pour détecter des dangers potentiels comme des risques structurels ou le non-respect des protocoles de sécurité par les travailleurs, et pour envoyer des alertes immédiates aux superviseurs. Le système permet l'identification précoce des facteurs de risque et facilite des interventions rapides pour prévenir les accidents, en particulier dans les environnements à haut risque. Il intègre aussi des données pour l'analyse des tendances, contribuant ainsi à améliorer la planification de la sécurité à long terme. En s'appuyant sur ces technologies, la ville entend également réduire les accidents et améliorer la supervision de la sécurité, en particulier sur les sites faisant généralement l'objet d'une moindre attention sur le plan réglementaire.

1.2.1 Comment la surveillance intelligente pour la SST améliore la sécurité et la santé au travail

► Capteurs environnementaux et systèmes reposant sur l'IA sur le lieu de travail

Les capteurs environnementaux contrôlent la qualité de l'air, les niveaux de bruit, la température et l'humidité, et contribuent à identifier les dangers sur le lieu de travail⁸. Ils sont capables de détecter des polluants atmosphériques, des gaz et des vapeurs dangereux, déclenchant des alertes pour avertir les travailleurs de situations dangereuses avant qu'elles ne deviennent critiques (Zamanian 2023). Les systèmes de régulation de climatisation intelligents ajustent les paramètres de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air pour maintenir des conditions de travail sûres, atténuant ainsi les risques d'une chaleur ou d'un froid excessifs (OIT 2024).

Les drones équipés de caméras, les capteurs de température et de gaz et les GPS sont particulièrement précieux dans des zones isolées ou dangereuses comme les lieux de catastrophes ou les espaces confinés, difficilement accessibles aux humains (Kanellakis et Nikolakopoulos 2017). La vidéosurveillance reposant sur l'IA améliore la sécurité en surveillant les mouvements et les comportements des travailleurs, en émettant des alertes en temps réel lors d'actions dangereuses comme un objet lourd soulevé d'une mauvaise façon, et en détectant des dangers comme des glissades, des trébuchements, des chutes et des EPI non conformes (Katwala 2017; O'Brien 2023). De plus, les systèmes de maintenance prédictive basés sur l'IA détectent les signes précoces de défaillance des machines, ce qui permet de prévenir les pannes de matériel et de réduire les risques d'accidents (O'Brien 2023).

Réduction du nombre d'accidents à l'aide d'analyses vidéo de la SST basées sur l'IA

En 2022, la Confédération turque des associations d'employeurs (TISK) a créé un partenariat avec une start-up technologique pour lancer le projet «Türkiye's Journey to Zero Accidents» qui utilise des analyses vidéo de la SST basées sur l'IA pour identifier les dangers précocement et prévenir les accidents (TISK 2022). Cette technologie vise à améliorer la sécurité, la productivité et la qualité du travail. Le projet soutient 200 entreprises de 21 organisations sectorielles. Le système d'IA a été intégré à leurs installations, et les entreprises font état d'une baisse des accidents au travail.

⁸ L'Internet des objets (IoT) améliore les capacités de surveillance en permettant de mesurer à distance des conditions environnementales comme la température, le bruit et l'humidité, en milieu industriel.

S'appuyant sur ces capacités, les outils reposant sur l'IA intègrent les données de multiples sources pour soutenir une gestion proactive de la SST, en identifiant et en atténuant les risques avant qu'ils provoquent des accidents. Au-delà des dangers physiques, la surveillance numérique peut détecter les durées de travail excessives, les pauses non respectées et les signes de stress émotionnel, ce qui permet d'intervenir en temps utile pour éviter le surmenage et le burnout (EU-OSHA 2023h). En analysant les modèles de fatigue et de stress, les systèmes basés sur l'IA formulent des recommandations personnalisées et offrent un soutien ciblé, ce qui améliore encore le bien-être et la sécurité globale des travailleurs (Vorecol 2024). Les chatbots dédiés à la santé mentale propulsés par l'IA, par exemple, peuvent analyser des modèles de communication pour identifier les risques psychosociaux et proposer un soutien (Cameron *et al.* 2017).

Un outil basé sur l'IA pour prévenir les accidents du travail chez les travailleurs temporaires⁹

En octobre 2024, une agence de recrutement de premier plan a mis en place un outil numérique de pointe basé sur l'IA pour prédire et atténuer les accidents au travail, centré sur les travailleurs temporaires. Ces derniers sont souvent exposés à des risques accrus pour leur sécurité car ils connaissent mal les rôles professionnels et interviennent dans des environnements de travail variés. Le nouvel outil utilise l'IA pour analyser un large éventail de données, notamment les profils des travailleurs, les exigences des tâches et les tendances des incidents passés. En examinant plus de 30 facteurs clés comme la charge de travail physique, le milieu de travail et les risques spécifiques à l'emploi, le système identifie les dangers susceptibles d'entraîner des accidents. Cette approche pilotée par les données permet aux employeurs de gérer les risques avant qu'ils ne s'aggravent. Par exemple, des initiatives de sécurité ciblées comme des séances de formation personnalisées, des inspections sur site ou des programmes d'intégration personnalisés peuvent être mises en place pour préparer les travailleurs à leurs missions.

Renforcement de la sécurité des chauffeurs avec une technologie propulsée par l'IA¹⁰

Les systèmes de caméras embarquées propulsés par l'IA transforment la sécurité des flottes en fournissant des données en temps réel sur des situations routières complexes et en renforçant les comportements de conduite sûrs. À l'aide d'une vision de pointe par ordinateur et du calcul en périphérie de réseau, plus rapide, le système capture et analyse des vidéos en temps réel, et envoie des alertes aux chauffeurs. Ces systèmes contribuent à atténuer des risques comme l'inattention au volant, la somnolence et des conditions de circulation dangereuses. Certains incluent aussi des outils d'accompagnement du conducteur, utilisant des analyses pour renforcer les pratiques sûres et gérer les comportements à risque. Ils sont largement utilisés dans des secteurs comme la construction, la livraison, le transport routier, la logistique et la restauration, où la sécurité des flottes est essentielle.

⁹ <https://www.groupe-adecco.fr/adecco/securite-au-travail-et-prevention-des-accidents-du-travail-adecco-developpe-le-premier-outil-predictif-base-sur-lintelligence-artificielle/>

¹⁰ <https://www.powerfleet.com/ai-video-telematics-for-safe-fleets/>

► Dispositifs portables intelligents

Portés sur le corps ou près du corps, les **dispositifs portables intelligents surveillent la santé et la sécurité des travailleurs**, assurant une **détection des risques en temps réel**. Ils mesurent des constantes physiologiques comme la fréquence cardiaque, la température corporelle et les niveaux de stress, ainsi que des facteurs environnementaux comme la qualité de l'air et les niveaux de bruit. Ils alertent immédiatement sur les risques potentiels, favorisant des réactions rapides (Tucker *et al.* 2024).

L'EPI intelligent est un exemple de technologie portable; il combine un EPI classique, comme des vêtements de protection, avec des capteurs, des batteries, des modules de transfert de données et d'autres technologies (EU-OSHA 2020).

La figure 1 présente divers types de technologies portables.

► Figure 1 – Exemples de technologies portables

 <p>Casques intelligents</p> <p>Surveillent activement la fréquence cardiaque, la température corporelle, la localisation et le milieu de travail des utilisateurs.</p>	 <p>Caméras portables</p> <p>Créent des photos et des vidéos subjectives en temps réel, utilisées pour la surveillance de la gestion de la chaîne d'approvisionnement et de la sécurité, la surveillance des poussières, le contrôle de procédé et les inspections sur le terrain.</p>	 <p>Informations médicales d'urgence</p> <p>Dispositifs vitaux intelligents qui peuvent être fixés sur un casque de protection ou sur une autre surface propre et plane. Contiennent des informations sur les employés à connaître en cas d'urgence (allergies, problèmes de santé, traitements médicamenteux et personne à contacter en cas d'urgence).</p>	 <p>Capteurs de charge physique de travail et ergonomiques</p> <p>Portés sur la hanche, le dos ou un bras, ils peuvent alerter un utilisateur qui effectue des mouvements ou des tâches potentiellement dangereux (levage d'objets lourds de manière inappropriée par exemple) et facilitent l'évaluation des milieux de travail inadaptés du point de vue ergonomique.</p>
 <p>Gants intelligents</p> <p>Gants contenant une substance chromogène qui changent de couleur lorsqu'ils entrent en contact avec des substances dangereuses.</p>	 <p>Sangle de sécurité</p> <p>Sangle souple portée seule ou placée dans le couvre-chef de l'utilisateur, qui le prévient en cas de fatigue apparente et de baisse de vigilance.</p>	 <p>Vêtements intelligents (vestes, par exemple)</p> <p>Pourvus de capteurs de détection des dangers environnementaux, des changements météorologiques et des dangers potentiels liés à une visibilité réduite, ils assurent le suivi en temps réel des constantes vitales, la prévention du stress thermique et offrent une meilleure visibilité.</p>	 <p>Lunettes intelligentes</p> <p>Fournissent des informations de sécurité en mode mains libres, la réalité augmentée pour certaines tâches et la téléassistance, en gérant les problèmes de fatigue oculaire et d'inattention.</p>

Les technologies portables contribuent à atténuer des dangers courants sur le lieu de travail, tels les glissades, les trébuchements, les chutes et l'exposition à des substances nocives. Des dispositifs pourvus d'accéléromètres détectent les postures et mouvements inappropriés, et alertent les travailleurs sur les techniques de levage dangereuses et les risques ergonomiques (Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H. et Dong, X. 2021). Des capteurs portables mesurant la qualité de l'air surveillent les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone et d'autres gaz toxiques, et émettent des alertes d'exposition en temps réel pour protéger les travailleurs des dangers respiratoires (EU-OSHA 2022g; DHS 2023). Dans les emplois à haut risque comme la lutte contre les incendies, des capteurs chimiques surveillent la qualité de l'air et détectent des situations dangereuses, réduisant ainsi les risques d'exposition (EU-OSHA 2022g).

Utilisation de capteurs portables pour la détection précoce et la gestion des chutes de hauteur au travail

Les chutes de hauteur sont l'une des principales causes de décès sur les chantiers. La littérature médicale souligne que le délai de prise en charge après un accident est un facteur critique de survie et d'évitement d'un handicap permanent. Une étude de Dogan et Akcamete (2019) a examiné l'utilisation de dispositifs portables pour détecter les accidents causés par des chutes de hauteur sur les chantiers et notifier l'équipe médicale d'urgence en temps réel. L'évaluation du système a établi que les chutes étaient détectées correctement, et qu'un message d'alerte était envoyé aux destinataires désignés avec une précision de 100 pour cent.

Un casque intelligent pour renforcer la sécurité dans l'industrie minière

Un casque intelligent a été mis au point pour l'industrie minière, doté de diverses fonctionnalités comme la communication bidirectionnelle, la détection des gaz dangereux, l'envoi d'une notification en cas de retrait du casque ou de collision, un interrupteur d'alarme pour les situations d'urgence et un GPS pour géolocaliser le mineur (Dhanalakshmi *et al.* 2017). Quand un gaz toxique est détecté, le casque se ferme et l'ouverture d'une valve sur la bouteille d'oxygène permet d'alimenter l'utilisateur en oxygène. De plus, des capteurs de température et de pression surveillent les conditions environnementales en continu. Les informations sont envoyées à la salle de contrôle via un réseau sans fil.

Un autre exemple, un capteur portable d'évaluation de la poussière, a été développé par l'Institut national américain pour la sécurité et la santé au travail (NIOSH), qui fournit des informations en temps réel sur le niveau d'exposition à la poussière de charbon respirable à proximité du mineur de charbon).¹¹ Le système Helmet-CAM associe une caméra corporelle légère à un moniteur de poussière pour évaluer quand, où et comment les mineurs sont exposés à des poussières dangereuses. Le logiciel qui l'accompagne, EVADE (Enhanced Video Analysis of Dust Exposure), synchronise les séquences vidéo avec les données enregistrées sur les poussières afin d'identifier les tâches et les environnements à haut risque. Cela permet d'obtenir des informations précieuses et d'intervenir pour réduire l'exposition et améliorer la sécurité sur le site.

¹¹ <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2024/11/04/monitoring-rs-mining/>

Système portable d'alerte en temps réel pour prévenir les troubles musculosquelettiques chez les travailleurs de la construction

Les troubles musculosquelettiques liés au travail, en particulier les lombalgies et les cervicalgies, sont fréquents chez les travailleurs, du fait d'une exposition prolongée à des postures dangereuses. Yan *et al.* (2017) ont mis au point un système d'alerte en temps réel qui utilise des mesureurs inertiels portables pour aider les travailleurs à contrôler et corriger les postures à risque. Le système envoie des alertes via une application sur smartphone quand des mouvements dangereux sont détectés, contribuant ainsi à prévenir les blessures sans déconcentrer les travailleurs. Testé en laboratoire et sur le terrain, sur un chantier de construction à Hong Kong (Chine), ce système non intrusif et efficace permet de réduire les risques de troubles musculosquelettiques sur les chantiers. Cependant, il convient de noter qu'une mauvaise posture peut être due à la fatigue, à la pression au travail et à des blessures provoquées par d'autres tâches, ce qui doit être pris en considération dans les évaluations des risques.

Dans les secteurs d'activité bruyants ou aux niveaux de vibration élevés, comme la construction et l'industrie manufacturière, des technologies portables évaluent les niveaux de bruit et de vibration, s'assurant qu'ils respectent les seuils de sécurité et émettant des alertes quand l'exposition dépasse les limites de sécurité. De même, des capteurs portables surveillent la fréquence cardiaque et la température corporelle, et contribuent ainsi à prévenir les maladies liées à la chaleur ou l'hypothermie en invitant à faire des pauses et à s'hydrater en temps utile (Evalan 2025).

Réduction de l'exposition au bruit au travail avec une protection auditive intelligente

Une technologie de protection auditive intelligente peut fournir aux travailleurs un retour d'information sur les niveaux de bruit dangereux et détecter des dangers sonores négligés par les évaluations des risques classiques. En 2021, un essai de 12 mois mené dans le cadre d'un projet de construction d'une ligne ferroviaire à grande vitesse au Royaume-Uni et en Irlande du Nord a montré comment les casques antibruit intelligents recueillent des données sur l'exposition au bruit au niveau de l'oreille, les niveaux de bruit ambiant et l'utilisation de dispositifs de protection personnelle contre le bruit, permettant de réaliser un suivi en temps réel et de cartographier le bruit sur le chantier (British Safety Council 2024). Ces systèmes protègent les travailleurs des bruits nocifs et contribuent aussi à adapter les méthodes de travail et à éliminer les dangers sonores à la source.

Les conclusions ont révélé des risques de bruit non reconnus jusqu'ici et des cas où une exposition prolongée, même avec une protection auditive, dépassait les seuils de sécurité. Les modifications apportées grâce aux données recueillies par cette technologie ont contribué à réduire de moitié l'exposition globale au bruit, ce qui met en évidence son efficacité pour améliorer la sécurité sur le lieu de travail et perfectionner les méthodes classiques d'évaluation du bruit dans des secteurs à haut risque comme la construction ferroviaire.

À la suite du succès de l'essai, un nouveau mandat de lutte contre le bruit a été mis en œuvre dans toute la partie sud du chantier de construction. Ce mandat exigeait que tous les entrepreneurs dont les travailleurs étaient exposés à des niveaux de bruit dangereux (80 dB et plus) achètent et mettent en place des protections auditives actives avec des capacités de surveillance intégrées.

Au-delà de la santé physique, les dispositifs portables peuvent favoriser le bien-être mental en surveillant le stress, la fatigue et l'état émotionnel, permettant des interventions précoces pour prévenir le burnout (Yorita *et al.* 2023).

De plus, les fonctions de géolocalisation améliorent l'intervention d'urgence et la sécurité des travailleurs, en permettant aux superviseurs de savoir où se trouvent les travailleurs lors d'évacuations ou d'incidents critiques, ce qui rend les interventions plus rapides (BIS 2024).

1.2.2 Risques potentiels associés aux systèmes de surveillance intelligents

Si les dispositifs portables et les systèmes de surveillance intelligents présentent des avantages considérables pour la sécurité des travailleurs, ils engendrent également des risques potentiels qu'il convient d'évaluer et de gérer avec soin. Surtout, la hiérarchie des mesures de contrôle¹² devrait guider l'utilisation des EPI intelligents, cette dernière devant être envisagée en dernier recours. Ces dispositifs ne remplacent pas l'élimination des dangers à la source et peuvent encourager involontairement une tolérance au risque, en particulier quand les mauvais résultats d'une surveillance biologique ne sont pas immédiatement apparents. En outre, mettre l'accent sur des risques aigus pourrait détourner l'attention de difficultés chroniques comme des problèmes de santé à long terme, ou des blessures répétées qui apparaissent au fil du temps. Si les technologies portables peuvent surveiller efficacement des troubles comme la fatigue ou le stress thermique, elles ne s'attaquent pas aux facteurs sous-jacents comme une durée du travail excessive et d'autres facteurs de risque psychosociaux.

Les principaux défis en matière de SST associés à ces technologies, tels que mis en évidence dans la littérature, sont décrits ci-dessous.

Risques pour la sécurité. Les infiltrations d'eau dans les dispositifs portables à capteurs peuvent provoquer des courts-circuits ou des électrocutions (EU-OSHA 2022g). Les défaillances d'un système ou des erreurs de transmission de données peuvent retarder les alertes et augmenter le risque d'accident si les travailleurs se reposent trop sur des avertissements automatisés au lieu de rester vigilants (EU-OSHA 2023f). Les champs électromagnétiques générés par ces dispositifs peuvent aussi interférer avec des implants médicaux comme les pacemakers (EU-OSHA 2020). De rares études suggèrent qu'une exposition prolongée aux rayonnements émis par les dispositifs portables pourrait présenter de faibles risques pour la santé (Costantino *et al.* 2021).

Confort et acceptation de l'utilisateur. L'efficacité des technologies portables dépend fortement du confort et de l'acceptation de l'utilisateur. Des dispositifs encombrants, mal conçus ou inconfortables risquent de ne pas être utilisés (GAO 2024). Des problèmes de dimensionnement, en particulier les différences liées au genre et aux morphologies, compliquent encore l'utilisabilité. L'utilisation prolongée de ces dispositifs peut entraîner un inconfort physique, de la fatigue ou un sentiment de détresse, en particulier lors d'une défaillance technologique ou d'une panne (Patel *et al.* 2022).

Risques organisationnels et psychosociaux. Les dispositifs portables, par exemple les montres intelligentes, peuvent distraire les travailleurs, ce qui nuit à leur concentration et à leurs performances globales. De plus, leurs fonctions de surveillance peuvent générer du stress en créant des milieux de travail sous pression (Star Knowledge 2022). Dans certains cas, en s'intéressant uniquement aux symptômes plutôt qu'aux causes initiales, les technologies de surveillance peuvent involontairement perpétuer un cycle de stress et d'efforts excessifs qui finit par nuire au bien-être général des travailleurs. La surveillance constante des données physiologiques et biométriques peut aussi provoquer de l'anxiété, les travailleurs se sentant poussés à se maintenir à un certain niveau de performance ou de santé. Ce stress peut être aggravé par des alertes de sécurité complexes nécessitant des interprétations fréquentes, ce qui ajoute une fatigue cognitive aux tâches quotidiennes (EU-OSHA 2022g).

Vie privée et problèmes éthiques. Les technologies de surveillance soulèvent des questions importantes relatives à la vie privée et à l'éthique, liées à leur utilisation pour le suivi des mouvements et des données physiologiques des travailleurs. S'ils sont conçus pour améliorer la sécurité, les systèmes peuvent parfois évoluer vers une surveillance constante; le comportement des travailleurs est alors signalé aux responsables, ce qui peut entraîner des blâmes ou des sanctions automatiques en cas de non-respect des cibles de performance. Ce glissement d'une sécurité renforcée vers la surveillance des travailleurs peut créer de la défiance et un environnement de travail sous forte pression générateur de stress (Internet Society 2015). Des problèmes éthiques se posent également concernant la façon dont les données collectées sont utilisées, stockées et partagées. Les travailleurs peuvent n'exercer qu'un contrôle limité sur leurs informations de santé, ce qui soulève des questions sur le consentement, la sécurité des données et une utilisation potentiellement inappropriée par les employeurs ou par des tiers (EU-OSHA 2024f).

¹² Voir l'encadré page 46.



© iStock/EvgeniyShkolenko



1.3 Réalité étendue et réalité virtuelle

La réalité étendue (XR)¹³, et en particulier la réalité virtuelle (VR), s'affirment comme des outils de formation à la SST efficaces dans tous les secteurs d'activité. Ces technologies permettent aux travailleurs de s'entraîner dans un environnement contrôlé, ce qui réduit les risques d'accident pendant la formation et améliore le maintien des compétences.

Au-delà de la formation, la VR et la XR peuvent aider à identifier les dangers et à planifier la sécurité au travail. Par exemple, dans l'industrie manufacturière et la construction, elles favorisent le prototypage virtuel, le test de projets et la visualisation de modèles tridimensionnels, contribuant à l'identification des dangers avant le lancement concret des travaux. Dans les secteurs de la logistique et de l'automobile, les instructions en temps réel et les superpositions de données contribuent à réduire les erreurs et les contraintes physiques (Williams 2019). Dans le secteur de la santé, des simulations immersives permettent aux professionnels de santé de répéter des procédures complexes en toute sécurité, ce qui améliore la prise de décision et la précision sans mettre les patients en danger.

¹³ La réalité étendue représente le spectre plus large de l'expérience immersive, englobant la réalité virtuelle, des environnements numériques totalement immersifs; la réalité augmentée, des superpositions numériques au monde réel (applications pour smartphone, par exemple); et la réalité mixte, mélange interactif d'éléments réels et numériques (applications HoloLens, par exemple).

1.3.1 Comment la réalité étendue et la réalité virtuelle améliorent la sécurité et la santé au travail

► Transformation de la formation à la SST

La réalité virtuelle transforme la formation en proposant des expériences immersives et interactives pour des environnements à haut risque difficiles à simuler de manière théorique, comme une intervention d'urgence, la formation des pompiers et le travail en hauteur (EU-OSHA 2024d). Cette technologie permet aux travailleurs d'expérimenter des situations réalistes et de s'entraîner en appliquant des procédures de sécurité et en effectuant des interventions d'urgence en milieu contrôlé. Elle améliore le développement de compétences et la prise de décision tout en réduisant les accidents, les blessures et l'exposition aux matières dangereuses dans la vie réelle (O'Brien 2023). Elle est largement utilisée dans des secteurs comme la construction, l'industrie minière et l'énergie, dans les laboratoires et les usines pour renforcer les compétences et améliorer les comportements de sécurité, notamment les procédures d'intervention d'urgence (Akyildiz 2023; Srinivasan *et al.* 2022).

Les environnements virtuels immersifs permettent aux travailleurs d'acquérir de nouvelles compétences rapidement et de conserver les connaissances plus efficacement, et produisent donc une main-d'œuvre mieux formée et plus compétente. La technologie offre une occasion précieuse d'améliorer l'efficacité de la sécurité et des formations pertinentes dans ce domaine, en permettant aux stagiaires d'échouer en toute sécurité et en présentant des scénarios difficiles à reproduire dans la réalité, que ce soit en raison de contraintes financières ou de questions de sécurité (Stefan *et al.* 2023). Des études ont montré que 40 pour cent des apprenants utilisant la réalité virtuelle avaient plus confiance en eux que les apprenants en salle, et faisait état d'une hausse de 35 pour cent de la capacité des apprenants en ligne à agir sur ce qu'ils avaient appris (PWC 2020). Une autre étude menée au Chili a montré que les travailleurs formés à la SST avec la réalité virtuelle déclaraient des niveaux de satisfaction supérieurs à ceux formés à l'aide de méthodes classiques. Les travailleurs appréciaient particulièrement le réalisme et l'interactivité, ainsi que les aspects attrayants, surprenants et novateurs des formations en réalité virtuelle.

Formation des pompiers en réalité virtuelle

En Australie, certaines casernes de pompiers se sont équipées de simulateurs de formation en réalité virtuelle pour préparer les pompiers à des scénarios à haut risque avec le soutien d'entreprises technologiques australiennes. Les simulations immersives permettent d'expérimenter des situations d'incendie réalistes trop dangereuses à reproduire dans la réalité.

La réalité virtuelle génère de façon très réaliste de la fumée, des flammes, de l'eau et de la mousse extinctrice, et simule diverses situations d'urgence comme des maisons et des avions en feu, et des incendies de forêt. Les stagiaires portent aussi des combinaisons ignifugées qui imitent des températures réelles, un logiciel ajustant l'intensité en fonction de la proximité et de l'orientation de l'incendie, ce qui renforce le réalisme et l'efficacité de l'expérience de formation (Hoey 2024).

La formation en réalité virtuelle est également adoptée pour former les inspecteurs du travail, leur permettant d'acquérir les compétences et les connaissances nécessaires pour évaluer efficacement les risques sur le lieu de travail. En immergeant les inspecteurs dans des simulations interactives réalistes, la VR améliore la reconnaissance des dangers, les contrôles de conformité et les stratégies d'application, tout en réduisant l'exposition aux risques réels sur le lieu de travail (Aati *et al.* 2020).

Formation des inspecteurs en réalité virtuelle

Formation en réalité virtuelle aux inspections des zones de travaux aux États-Unis d'Amérique

Aux États-Unis, dans le Missouri, une plateforme interactive de formation en réalité virtuelle a été mise au point pour former les inspecteurs du département des Transports chargés de contrôler les zones de travaux (Aati *et al.* 2020). L'équipe de recherche a conçu deux scénarios immersifs de zones de travaux sur autoroute, permettant aux inspecteurs de tester des conditions de chantier réalistes et de s'entraîner à faire des évaluations de conformité. Quatre-vingt-dix-sept pour cent des 34 inspecteurs ayant testé la plateforme ont indiqué que la réalité virtuelle était un outil de formation réaliste et efficace.

Programme de formation en réalité virtuelle des inspecteurs du travail du Qatar

Le ministère du Travail du Qatar, en coopération avec l'OIT, a lancé un programme de formation en réalité virtuelle des inspecteurs du travail, le premier de cette nature dans la région (État du Qatar 2022). Cette initiative améliore l'application de la SST en permettant aux inspecteurs d'explorer des chantiers virtuels, d'identifier les risques sur le lieu de travail et de remédier aux manquements à la sécurité sans se rendre dans des environnements dangereux. Le programme améliore également les orientations fournies aux employeurs et aux travailleurs, renforçant ainsi le respect des normes de SST.

Formation en réalité virtuelle à l'inspection sanitaire des navires

Face à la pénurie d'agents sanitaires portuaires qualifiés, aggravée par la pandémie de COVID-19, l'OMS a lancé un outil de formation en VR pour l'inspection sanitaire des navires. Cette plateforme interactive offre une formation pratique qui permet aux inspecteurs de mener des évaluations sanitaires complètes, d'évaluer les risques et d'interagir avec l'équipage des navires dans un environnement contrôlé. En simulant des conditions réelles, la VR renforce les connaissances en matière de SST et la préparation, de sorte que les inspecteurs puissent identifier et atténuer efficacement les risques sanitaires. Plus de 230 ports de la région européenne de l'OMS et 41 États parties au Règlement sanitaire international habilités à délivrer des certificats sanitaires bénéficient de cette initiative (OMS 2024).

► Meilleure identification des dangers

Au-delà de la formation, la réalité étendue est utilisée de manière croissante par les employeurs pour évaluer les risques et identifier les dangers au travail. En créant des modèles virtuels de milieux de travail, la réalité étendue permet aux professionnels de la sécurité d'identifier les risques potentiels avant le début des travaux physiques, en particulier dans les lieux difficiles d'accès ou dangereux comme les espaces confinés, et les sites industriels à haut risque (EU-OSHA 2024d). Cette technologie favorise une planification proactive de la sécurité, en réduisant la probabilité d'accidents et en améliorant la sécurité globale au travail.

La réalité virtuelle au service de la détection des dangers pour la SST en Australie

Melbourne Water, une régie des eaux publique australienne, a adopté une technologie de réalité virtuelle pour améliorer l'identification des dangers pour la SST dans ses installations (Australian Water Association 2017). Son système d'inspection en VR permet aux équipes de modéliser les projets futurs et de détecter les dangers pour la sécurité dans les avant-projets des installations de traitement des eaux usées, avant que la construction démarre.

En 2017, une expérimentation menée dans l'usine de traitement de l'eau de Cresswell a démontré l'efficacité de cette approche, en identifiant 20 dangers pour la sécurité à l'aide de la VR, au lieu de 6 seulement avec des méthodes classiques. Nombre de ces risques étaient d'ordre ergonomique et auraient pu être négligés par des évaluations conventionnelles. Depuis, le système a été mis en œuvre au stade de la conception pour plus de 10 sites, ce qui a beaucoup amélioré l'atténuation des risques en amont de la construction.

► Réalité étendue et réalité virtuelle pour des opérations à distance sûres

Les technologies de réalité étendue et de réalité virtuelle peuvent aider les travailleurs à effectuer des tâches à distance en toute sécurité, par exemple entretenir des machines et faire fonctionner des équipements dangereux en simulant des milieux de travail réels et en favorisant des interactions contrôlées avec des systèmes virtuels. Cela limite la nécessité d'une présence physique sur les sites dangereux, évitant ainsi aux travailleurs d'être exposés directement aux environnements à haut risque. La réalité étendue contribue donc à la prévention des accidents, rend les flux de travail plus sûrs et plus sains et permet d'intervenir plus vite en cas d'urgence, en particulier dans le secteur minier, la construction et l'industrie lourde (EU-OSHA 2024d).

1.3.2 Risques potentiels associés à la réalité étendue et à la réalité virtuelle

L'utilisation de technologies de réalité étendue peut engendrer divers risques pour la SST, qui doivent être gérés avec soin. D'après la littérature, ces risques sont les suivants:

- **Visibilité bloquée.** Les casques de réalité virtuelle peuvent bloquer la visibilité, ce qui accroît le risque de collisions ou de trébuchement sur des obstacles (Bérestégui 2024).
- **Désorientation, problèmes d'équilibre et de coordination.** L'utilisation de la VR peut affecter l'équilibre et la coordination, ce qui accroît le risque de glissade, de trébuchement et de chute (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord 2020).
- **Risques pour la santé oculaire.** L'utilisation d'écrans de visualisation de données en réalité augmentée peut, suivant la distance entre l'écran et les yeux et la durée d'exposition, entraîner un syndrome de vision informatique, caractérisé par une fatigue oculaire, une fatigue générale et un déficit de sommeil (Bérestégui 2024; Friemert *et al.* 2019; Stoltz *et al.* 2017; Marklin *et al.* 2022). En outre, la luminosité des écrans AR et VR peut endommager la rétine et provoquer une hétérophorie (Bérestégui 2024). Pour prévenir ces symptômes, il est recommandé que les sessions ne durent pas plus de 55 à 70 minutes (Kourtesis *et al.* 2019).
- **Surcharge cognitive.** Un volume important de données ou de contenus peut entraîner une surcharge cognitive et les dommages associés (Friemert *et al.* 2019).
- **Stress aigu.** Les technologies d'AR et de VR peuvent déclencher un stress aigu dû à la complexité technologique, aux déficits de compétences numériques et à une surcharge d'information (EU-OSHA 2024d).
- **Convulsions.** Les fréquences élevées de modulation de la lumière des casques de VR sont un facteur de risque de convulsions chez les personnes souffrant d'épilepsie photosensible (Anses 2021).

► Réalité étendue et cybermalaises

Un cybermalaise¹⁴ évoque le mal des transports mais survient dans la réalité étendue; il est causé par des facteurs comme le mouvement, la rotation, la vitesse et l'accélération de la caméra (Oh et Son 2022). Ses symptômes sont nombreux: fatigue générale et visuelle, céphalées, pâleur, transpiration, bouche sèche, vertiges, ataxie et nausées (Souchet *et al.* 2023).

Des études montrent que les cybermalaises touchent 20 à 80 pour cent des utilisateurs de la VR, ce chiffre variant en fonction de l'âge, du genre et de l'expérience de la VR (Brun 2020). Les plus de 50 ans et les femmes sont plus susceptibles d'être affectés (Easa 2021). L'incidence plus élevée des cybermalaises chez les femmes pourrait être liée à l'ergonomie des casques; le risque serait plus grand pour une femme que pour un homme de porter un casque mal ajusté (Stanney *et al.* 2020). Les travailleuses seraient donc plus exposées aux cybermalaises que les hommes lors de l'utilisation de la VR au travail.

¹⁴ <https://www.frontiersin.org/research-topics/12692/cybersickness-in-virtual-reality-versus-augmented-reality>





1.4 Gestion algorithmique du travail

La gestion algorithmique alloue, surveille et évalue les tâches et les performances des travailleurs au moyen de la collecte d'un gros volume de données, d'une surveillance, d'une prise de décision en temps réel et d'évaluations fondées sur des indicateurs (Mateescu et Nguyen 2019). Elle intègre des technologies numériques comme l'analyse des mégadonnées, l'apprentissage automatique, la géolocalisation et des dispositifs portables afin d'automatiser ou de soutenir des fonctions traditionnellement exécutées par des responsables humains (OIT 2022). Si son utilisation est particulièrement répandue sur les plateformes de travail numériques, la gestion algorithmique s'est développée dans des secteurs traditionnels comme les entrepôts, les usines, les centres d'appels, le transport, la santé et la construction (OIT/Commission européenne 2024). Aux États-Unis d'Amérique par exemple, 80 pour cent des plus grands employeurs privés suivent la productivité individuelle des travailleurs à l'aide de systèmes de gestion algorithmique (Kantor *et al.* 2022).

1.4.1 Comment la gestion algorithmique améliore la sécurité et la santé au travail

Les systèmes de gestion algorithmique sont susceptibles de promouvoir l'implication et la satisfaction des travailleurs en se concentrant plus sur le soutien que sur le contrôle. Par exemple, des approches comme la ludification peuvent renforcer la satisfaction au travail en créant un milieu de travail plus attrayant (Hughes *et al.* 2019). De plus, mettre les tâches en adéquation avec les préférences des employés et stimuler la collaboration entre collègues peut rendre le lieu de travail plus épanouissant. Des études montrent que la satisfaction et les performances des travailleurs augmentent lorsque ces derniers sont associés au processus d'affectation des tâches et que leurs préférences sont prises en compte (Feng & Farris 2020). Les systèmes de gestion algorithmique peuvent aussi aider les cadres en rationalisant la prise de décision, en améliorant l'accès à l'information et en réduisant les tâches répétitives et le stress (Milanez, Lemmen et Ruggiu 2025).

Les systèmes de gestion algorithmique peuvent améliorer l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée en optimisant les pratiques de planification. Des algorithmes peuvent s'assurer que les travailleurs ne sont pas surchargés, en prévoyant un temps libre adéquat tout en maintenant l'efficacité opérationnelle (OIT 2021e). Ces systèmes peuvent aussi contribuer à une répartition plus équitable des tâches entre les travailleurs sur la base des données recueillies, en atténuant les impressions de favoritisme ou de charges de travail inéquitables, qui sont des sources de stress courantes sur le lieu de travail (Mateescu et Nguyen 2019).

La gestion algorithmique peut promouvoir le développement des compétences. Les systèmes de gestion algorithmique peuvent identifier des déficits de compétences et recommander des plans de formation personnalisés, aidant ainsi les travailleurs à s'adapter aux évolutions technologiques. Cette approche proactive atténue l'anxiété liée à l'insécurité au travail et renforce la confiance, l'autonomisation et l'évolution de carrière à long terme (Murray 2024).

Les systèmes de gestion algorithmique sont susceptibles de combattre la violence et le harcèlement au travail, notamment le cyberharcèlement, en analysant les modèles de communication et en détectant les comportements inappropriés (EU-OSHA 2022d). Par exemple, Sánchez-Medina *et al.* (2020) ont décrit un outil reposant sur l'IA capable d'identifier des liens entre certains traits de personnalité (comme la psychopathie) et des comportements de cyberharcèlement. Toutefois, l'utilisation d'un tel logiciel d'analyse comportementale nécessite un contrôle éthique pour éviter une utilisation à mauvais escient ou des conséquences indésirables.

1.4.2 Risques potentiels associés à la gestion algorithmique du travail

La mise en œuvre de la gestion algorithmique peut engendrer des difficultés pour la SST, qu'il convient d'évaluer et d'atténuer de façon rigoureuse.

Risques pour la sécurité. Les menaces pour la cybersécurité peuvent engendrer des risques pour la sécurité fonctionnelle. Les atteintes aux données ou le piratage pourraient mettre en péril les contrôles de sécurité automatisés, entraînant des dysfonctionnements inattendus ou exposant les travailleurs à des environnements dangereux suite à une prise de décision basée sur l'IA erronée (EU-OSHA 2022h).

Risques ergonomiques. La nature sédentaire des tâches gérées par des algorithmes, en particulier les emplois de bureau, augmente le risque de troubles musculosquelettiques, notamment de douleurs dorsales et cervicales (EU-OSHA 2023d). La combinaison d'une position assise prolongée et d'horaires stricts pilotés par des algorithmes limite les mouvements et peut entraîner de mauvaises postures, des raideurs musculaires et des douleurs chroniques (EU-OSHA 2023d).

Risques organisationnels et psychosociaux. L'utilisation de systèmes de gestion algorithmique peut introduire de nouveaux facteurs de stress susceptibles d'affecter la santé mentale, la satisfaction au travail et le bien-être général. Plusieurs risques majeurs sont décrits ci-après.

- **Contrôle du travail et autonomie.** Souvent, les systèmes de gestion algorithmique supervisent, surveillent et contrôlent les processus de travail, réduisant de ce fait l'autonomie des travailleurs. Par exemple, le suivi constant des activités – frappes au clavier, durée des appels et des pauses, etc. – laisse parfois peu de pouvoir de décision aux travailleurs (Piasna 2024; CDT 2021). Ce niveau de surveillance, couplé à des évaluations des performances fondées sur des indicateurs, peut provoquer de l'épuisement, du stress et des problèmes de santé comme des lombalgies, des céphalées et des problèmes cardiovasculaires (Bérestégui 2021).
- **Cadence de travail et charge de travail.** Les systèmes de gestion algorithmique pilotés par des données peuvent accroître la charge de travail et la pression due aux délais en fixant des objectifs de productivité ou en formulant des recommandations en temps réel, ce qui incite souvent à travailler plus vite et plus longtemps sans pauses suffisantes (EU-OSHA 2023f, Moore 2018). Les sanctions fondées sur des algorithmes comme des retenues sur salaire automatiques en cas d'erreurs ou de retards mineurs augmentent l'anxiété et la pression, ce qui affecte la santé mentale des travailleurs (EU-OSHA 2023f). Pour accroître la productivité, certaines organisations mettent en œuvre des systèmes qui obligent à travailler sans mini-pauses ou très vite, ou minimisent la durée de certaines procédures (EU-OSHA 2022d). Les stratégies de ludification peuvent favoriser une intensité du travail excessive, et les algorithmes pénalisent parfois les travailleurs qui prennent des pauses prolongées (OIT 2021e). Cette pression constante peut créer du stress, une insatisfaction et des symptômes physiques.
- **Conception des tâches et avancement professionnel.** S'ils sont conçus sans souci d'équité, les systèmes de gestion algorithmique peuvent perpétuer des biais préjudiciables lors du recrutement, des promotions et de l'affectation des tâches, désavantagant certains groupes en fonction de leur race, de leur genre ou d'autres facteurs (Murray 2024; Jarrahi *et al.* 2023). Ce genre de pratiques peut nuire au moral des travailleurs et à la culture d'entreprise. De plus, les évaluations des performances fondées sur l'IA peuvent contribuer à l'insécurité au travail, les travailleurs redoutant que des évaluations automatisées remplacent le jugement humain, ce qui aurait des effets sur les promotions et la stabilité de l'emploi (EU-OSHA 2024b).
- **Isolement social.** Le recours soutenu à la gestion algorithmique risque de faire passer la productivité avant les interactions entre pairs, engendrant un sentiment de solitude et de déconnexion chez les travailleurs. Une communication et un soutien réduits des pairs et l'encadrement peuvent nourrir l'isolement social et l'insatisfaction (EU-OSHA 2022d; Bérestégui 2021).

Impact de la gestion algorithmique sur la qualité du travail et les conditions de travail dans divers pays

Un rapport de 2024 de l'OIT et de la Commission européenne a étudié l'impact des pratiques de gestion algorithmique sur l'organisation du travail, la qualité du travail et les relations professionnelles dans les secteurs de la logistique et des soins de santé en France, en Italie, en Inde et en Afrique. Il a constaté que les technologies de gestion algorithmique avaient un impact positif sur l'organisation du travail en France et en Italie, sans effets négatifs notables sur la qualité du travail et sans surveillance accrue des travailleurs. En Afrique du Sud et en Inde, en revanche, la gestion algorithmique avait entraîné une baisse de qualité du travail, et des faits attestaient clairement d'un suivi, d'une surveillance et d'une intensité du travail accrus. Ces différences mettent en évidence le rôle des cadres institutionnels et réglementaires sur l'impact de la gestion algorithmique, soulignant que ce n'est pas la technologie en elle-même mais sa mise en œuvre qui agit sur les résultats (OIT/Commission européenne 2024).

- **Vie privée et problèmes éthiques.** Les outils utilisés aux fins de surveillance dans les systèmes de gestion algorithmique sont particulièrement intrusifs et capables de collecter un flux constant de données et d'informations sur la localisation, les actes et le comportement d'un travailleur, même en dehors des heures de travail. Parmi les techniques de surveillance des cadences de travail et de l'assiduité au travail figurent par exemple la reconnaissance faciale automatique, le balayage et l'analyse des communications, la géolocalisation et l'enregistrement des frappes au clavier des télétravailleurs au moyen de webcams, de l'enregistrement de l'activité sur écran ou d'enregistrements vocaux (Ball 2021). Ces techniques de surveillance peuvent avoir un impact sur le bien-être, la culture du travail, la productivité, la créativité et la motivation des employés (Ball 2010). En plus d'être constamment surveillés, les travailleurs peuvent aussi être bombardés d'alertes, d'avertissements et de rappels d'autant plus stressants qu'ils donnent l'impression d'un contrôle permanent (EU-OSHA 2022g).



1.5 Évolution des modalités de travail liée à la numérisation

La numérisation des lieux de travail a transformé le travail de bureau classique, entraînant la mise en place de modalités de télétravail, de travail à distance et de travail hybride et le développement du travail en ligne et via des plateformes.

La pandémie de COVID-19 a accéléré cette transition, avec des mesures de santé publique incitant à l'adoption généralisée du télétravail dans de nombreux secteurs (OIT/OMS 2021). Les progrès des technologies de télétravail et de collaboration numérique ont favorisé cette évolution, en permettant aux travailleurs de communiquer, de gérer des tâches et d'exercer des fonctions à distance avec plus d'efficacité (Elsamani et Kajikawa 2024).

Si la prévalence du télétravail à temps plein a reculé après la pandémie, les routines de travail hybrides sont devenues la norme. Par exemple, une étude menée aux États-Unis a montré que 41 pour cent des travailleurs occupant des emplois qui peuvent être exercés à distance ont aujourd'hui des horaires de travail hybrides (Parker 2023). Cependant, tous les emplois ne se prêtent pas au télétravail. Dans l'UE, selon les estimations, 38,5 pour cent des emplois salariés seraient compatibles avec le télétravail, celui-ci concernant plus souvent des emplois hautement informatisés, mieux rémunérés et nécessitant un niveau d'instruction élevé (Eurofound 2022). C'est parmi les travailleurs hautement qualifiés, en particulier les femmes, la population urbaine et les travailleurs des secteurs des services comme la finance, les technologies de l'information et le journalisme, que le télétravail est le plus répandu (Eurofound 2022; WEF 2023). Les spécialistes des bases de données, les analystes financiers et les employés de bureau font partie des métiers particulièrement adaptés au télétravail (Eurofound 2022).

Au-delà du télétravail, la numérisation a facilité l'expansion des plateformes de travail numériques, et remodelé les structures d'emploi traditionnelles. Les plateformes de travail numériques jouent désormais un rôle d'organisation et d'intermédiation de premier plan dans un paysage du travail en évolution, en

gérant des services supposant l'exécution de tâches en ligne et basées sur la localisation. Les plateformes en ligne soutiennent des activités professionnelles variées comme la traduction, la conception, l'analyse des données, la modération de contenu, le développement de logiciels, la rédaction, l'assistance virtuelle et le support client. Les plateformes basées sur la localisation utilisent l'emplacement d'un dispositif pour gérer des services à la demande comme le transport de personnes, la livraison de repas, les soins à domicile, le nettoyage, la garde d'animaux, les réparations, la planification d'événements et les services d'achats personnels et de coursier. On estime qu'à l'échelle du globe, le travail via des plateformes en ligne concerne 154 à 435 millions¹⁵ de personnes, soit jusqu'à 12 pour cent de la main-d'œuvre mondiale (Datta *et al.* 2023). Le nombre de plateformes en ligne a considérablement augmenté et, selon les estimations, serait passé de 193 en 2010 à 1 070 en 2023, avec une hausse de la demande des pays en développement particulièrement rapide. Ces plateformes stimulent l'innovation et créent des possibilités pour les travailleurs, les entreprises et la société. Parmi elles, 357 se consacrent au travail en ligne, 334 aux services de livraison, 119 au transport de personnes, 121 au travail de soin, 117 au travail domestique et 22 sont des plateformes hybrides multiservices (OIT 2024c).

1.5.1. Comment les nouvelles modalités de travail améliorent la sécurité et la santé au travail

L'un des principaux avantages du télétravail est la souplesse qu'il peut procurer. Les modalités du travail en ligne permettent de mieux répondre aux besoins individuels des travailleurs en leur permettant de mieux adapter leur emploi du temps et leurs tâches. Les technologies numériques facilitent le travail en tout temps et en tout lieu, en éliminant la nécessité d'un lieu de travail fixe et en réduisant les temps de trajet; les travailleurs peuvent donc consacrer plus de temps à leur développement personnel et à leur vie de famille (OIT/Eurofound 2017; McAllister *et al.* 2022; EU-OSHA 2023d). Cette flexibilité réduit le stress, est bénéfique à la santé mentale et favorise le développement de compétences, la créativité et un meilleur équilibre entre responsabilités professionnelles, familiales et sociales (OIT 2021). En France par exemple, 85 pour cent des télétravailleurs étudiés indiquaient jouir d'une plus grande liberté pour gérer leur temps, et 88 pour cent faisaient le constat d'un meilleur équilibre entre vie professionnelle et vie privée les jours où ils télétravaillaient (Lasfargue et Fauconnier 2015). Cette autonomie engendre souvent une satisfaction au travail et un bien-être personnel accrus (Indradewa 2023).

Les plateformes numériques peuvent favoriser l'inclusion en créant des possibilités pour les travailleurs marginalisés, notamment les personnes handicapées, les personnes âgées et celles qui prennent soin d'autrui. En levant les obstacles géographiques et institutionnels, le travail via des plateformes fournit des emplois à des personnes qui, sinon, pourraient rencontrer des difficultés d'accès au marché du travail classique, comme les femmes assurant des soins à la personne ou les travailleurs de zones mal desservies (OIT 2021a; OIT/Eurofound 2017).

Pour les personnes âgées ou handicapées, le travail via des plateformes offre des options de travail à distance qui évitent des trajets ou des déplacements vers des lieux de travail inaccessibles (OIT 2021d). Par exemple, le travail à distance et le travail via des plateformes en ligne peuvent augmenter considérablement les possibilités d'emploi des personnes à mobilité réduite (EU-OSHA 2023e).

¹⁵ Estimation variable selon la méthode utilisée.

1.5.2. Risques potentiels associés au travail à distance et au travail en ligne

Le travail à distance présente des défis pour les employeurs qui doivent garantir un milieu de travail sûr et sain. Faute de supervision directe ou d'évaluations des risques régulières, des dangers comme une mauvaise ergonomie, des risques environnementaux et des mesures de sécurité inadaptées peuvent passer inaperçus, amplifiant les problèmes de SST (OIT/OMS 2021). Le travail via des plateformes présente des risques supplémentaires, de nombreux travailleurs opérant dans des environnements moins réglementés avec des protections limitées (OIT 2019; Eurofound 2022). Ce problème est encore aggravé par le nombre croissant de travailleurs indépendants, qui sortent souvent du cadre des réglementations existantes en matière de SST, ce qui pose problème concernant la responsabilité de la sécurité et de la santé au travail. L'évolution des modèles économiques et des structures d'emploi impulsée par le travail en ligne et flexible, parallèlement à la montée en puissance de la gestion algorithmique et de l'IA, transforment l'organisation du travail, et il devient de plus en plus difficile de respecter les normes de sécurité et de garantir des protections adéquates en matière de SST (EU-OSHA 2025).



Risques environnementaux et pour la sécurité. Faute d'évaluations régulières des risques, les espaces de travail distants peuvent présenter un éclairage inadapté, une mauvaise qualité de l'air, des dangers électriques et un inconfort thermique. De plus, les travailleurs à domicile peuvent être confrontés à des risques d'incendie et mal préparés aux situations d'urgence, les réglementations en matière de sécurité n'étant pas systématiquement respectées dans les habitations privées (EU-OSHA 2024c). Les travailleurs des plateformes, en particulier ceux des services de livraison et de transport de personnes, font face à des risques de sécurité accrus; de longues journées de travail, des délais serrés et des conditions de circulation dangereuses notamment les exposent davantage aux accidents de la route (EU-OSHA 2024e; OIT 2024c). Par ailleurs, les mesures de sécurité mises en place par un employeur s'appliquent rarement aux entrepreneurs indépendants, qui ne bénéficient donc pas de formations, d'équipement de protection ou d'accès à des services de santé au travail adéquats, ce qui accroît leur vulnérabilité aux accidents du travail (Eurofound 2022).

Risques ergonomiques. De nombreux travailleurs à distance ne disposent pas de postes de travail configurés de manière adaptée, ce qui augmente le risque de troubles musculosquelettiques comme les douleurs lombaires et cervicales (Fadel *et al.* 2023). Au Mexique et en Inde, seulement 27 pour cent et 16 pour cent des travailleurs à domicile disposent d'un espace de travail dédié (OIT 2021d). Au rang des risques ergonomiques courants figurent la position assise prolongée, les mouvements répétitifs de la main et du poignet et un mauvais positionnement de l'écran, qui peuvent contribuer à un inconfort physique et à une fatigue, notamment oculaire (EU-OSHA 2021a). La sédentarité du travail via des plateformes aggrave encore ces risques, contribuant à l'obésité, au diabète et aux maladies cardiovasculaires, les travailleurs travaillant de longues heures sans faire de pauses actives (EU-OSHA 2024b). En outre, travailler dans des environnements non optimisés comme des cafés ou des espaces partagés peut augmenter la fatigue physique due à une position assise inadéquate, une hauteur de bureau inappropriée et un bruit de fond excessif, ce qui nuit à la fois au confort et à la productivité.

Risques pour la santé oculaire. L'Association américaine d'optométrie¹⁶ avertit que les personnes qui passent deux heures consécutives ou plus devant un écran sont particulièrement exposées au risque de fatigue visuelle. En outre, l'exposition à la lumière bleue des écrans haute luminosité peut perturber le sommeil et potentiellement endommager les cellules rétinienne (Cougnard-Gregoire *et al.* 2023).

Risques organisationnels et psychosociaux. Le travail à distance prolongé est associé au burnout, à l'épuisement émotionnel, au stress psychologique, à une baisse de performance au travail, à une forte rotation du personnel et à de faibles niveaux d'accomplissement professionnel (Costin *et al.* 2023).

► **Cadence de travail et charge de travail accrues.** Les télétravailleurs peuvent être confrontés à des niveaux d'exigence et d'intensité du travail dus à une surveillance étroite, de longs horaires de travail et des attentes de disponibilité constante (OIT/Eurofound 2017). Des études constatent qu'ils travaillent généralement plus longtemps que leurs homologues basés dans les bureaux (Rebelo *et al.* 2024). Dans une enquête menée en France, 61 pour cent des 406 télétravailleurs interrogés indiquaient que leur temps de travail avait augmenté (Lasfargue et Fauconnier 2015). En outre, certains télétravailleurs continuent de travailler lorsqu'ils sont malades et évitent de se mettre en arrêt maladie (présentéisme), ce qui peut potentiellement déboucher sur un burnout à long terme (Steidelmüller *et al.* 2020; EU-OSHA 2024c). Pour les travailleurs des plateformes, l'intensification de la charge de travail est souvent un effet de la planification algorithmique, avec des cibles de performance définies par l'IA qui encouragent l'engagement continu et limitent les possibilités de repos (EU-OSHA 2023h).

► **Perte de contrôle du travail et d'autonomie.** L'utilisation intensifiée de pratiques de surveillance numérique pour contrôler les travailleurs à distance peut avoir des répercussions importantes sur la qualité du travail, conduisant à une intensification du travail, une moindre autonomie au travail et une défiance réciproque entre les travailleurs et les cadres (EU-OSHA 2023h). Samek Lodovici *et al.* (2021) ont étudié les implications du travail à distance sur la flexibilité, l'autonomie, l'intensité du travail, l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée et la santé et la sécurité; ils ont constaté qu'une surveillance constante et la prise de décision algorithmique pouvaient provoquer un stress d'anticipation, ce qui réduit le bien-être des travailleurs et augmente leur fatigue mentale.

¹⁶ https://www.aoa.org/aoa/documents/healthy%20eyes/digital_eyestrain.pdf

- **Isolement social et mauvais équilibre entre vie professionnelle et vie privée.** Les canaux de communication virtuelle entraînent souvent des interactions sociales réduites, conduisant à un sentiment d'isolement et de solitude et à un affaiblissement des relations avec les pairs, ce qui peut nuire à la productivité et à la créativité (Figueiredo *et al.* 2024; Shirmohammadi *et al.* 2022). Par exemple, 56,8 pour cent des télétravailleurs à domicile de l'UE faisaient état d'un isolement social (EU-OSHA 2023e). De même, 63 pour cent des télétravailleurs brésiliens citaient l'isolement vis-à-vis de leurs collègues comme un inconvénient majeur de leurs modalités de travail (OIT/Eurofound 2017). Le travail en ligne peut aussi impliquer de travailler en dehors des horaires habituels, ce qui limite la flexibilité des travailleurs pour gérer leur emploi du temps et affecte l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée, aggravant potentiellement l'isolement social (OIT 2021e). Il est fréquent que les travailleurs des plateformes, en particulier ceux qui fournissent des services à la demande comme le transport de personnes et la livraison de repas, n'appartiennent pas à une communauté de travail stable, ce qui contribue davantage à la déconnexion sociale (Eurofound 2023).
- **Violence et harcèlement.** Si les travailleurs à distance ou les télétravailleurs, du fait de leur isolement, sont généralement moins exposés à la violence physique ou au harcèlement direct de leurs pairs et de tiers, les milieux de travail distants et en ligne risquent aussi d'aggraver le harcèlement sur le lieu de travail, car des comportements préjudiciables comme des propos désobligeants, l'exclusion sociale et les menaces peuvent être plus persistants dans l'espace numérique (Javed *et al.* 2023). Le cyberharcèlement peut entraîner un stress grave, de l'anxiété et des effets à long terme sur la santé mentale (Farley *et al.* 2015). Les travailleurs des services client sont particulièrement vulnérables aux abus en ligne des clients, tandis que les journalistes et les professionnels au contact du public sont confrontés à un harcèlement numérique accru (PersVeilig 2021). Les travailleurs des plateformes, en particulier ceux qui fournissent des services de livraison et de transport de personnes, sont également exposés à des risques importants de violence en ligne et physique. Nombre d'entre eux rapportent des agressions verbales, des menaces et des attaques physiques de clients ou d'autres usagers de la route, certains incidents dégénérant en vols ou en agressions (EU-OSHA 2023h; OIT 2024c). L'absence de mesures de sécurité mises en place par l'employeur, comme des systèmes d'aide d'urgence ou des politiques claires de prévention de la violence, aggrave encore ces risques. Une étude impliquant 165 organisations de partenaires sociaux a établi que 80 pour cent des répondants considéraient la violence et le harcèlement commis par des tiers comme un problème grave, le harcèlement verbal et le harcèlement psychologique étant les formes les plus signalées (Pillenger 2023). Pour les travailleurs des plateformes, l'absence d'espaces de travail désignés comme sûrs et la nature imprévisible de leurs interactions augmentent leur vulnérabilité au harcèlement et à la violence physique (Eurofound 2023).

► Orientations pour un télétravail sûr et sain

L'OIT et l'OMS ont préparé la note technique *Healthy and Safe Telework* (OIT/OMS 2021). Celle-ci vise à fournir aux employeurs, aux télétravailleurs et aux représentants des travailleurs des informations techniques sur l'impact du télétravail sur la santé, la sécurité et le bien-être. Elle propose des conseils pratiques pour organiser et effectuer le télétravail de façon à protéger et promouvoir la santé physique et mentale et le bien-être social.



Chaîne d'approvisionnement de la numérisation: *considérations relatives à la SST*

Des millions de travailleurs sont et resteront affectés par les technologies numériques, mais il convient de s'intéresser tout spécialement à ceux qui y contribuent directement, en particulier dans les secteurs de la production, de la gestion des déchets et de l'application de ces technologies. Cette question est étudiée dans le document *Feeding the Machine. The Hidden Human Labour Powering AI* (Muldoon *et al.* 2024), qui s'intéresse à la main-d'œuvre invisible qui nourrit la croissance de l'IA. Quel que soit le secteur ou le rôle professionnel considéré, des technologies numériques comme l'IA sont souvent alimentées par des millions de travailleurs mal payés, qui exécutent des tâches répétitives dans des conditions difficiles (Rani et Dhir 2024; Williams 2022). Certains de ces emplois existent depuis des années mais l'expansion rapide de secteurs spécifiques a accru la pression sur des travailleurs souvent dépourvus de protections adéquates en matière de SST. De plus, nombre de ces travailleurs relèvent de l'économie informelle et ne sont donc pas couverts par les lois ou réglementations relatives à la SST.

Travailleurs alimentant les technologies numériques

Annotateurs de données

L'annotation des données – le processus de préparation des données pour les modèles d'apprentissage informatiques – engendre des défis importants en matière de SST. Elle peut prendre plusieurs formes, notamment l'étiquetage, le balisage, la transcription et le traitement. Ces tâches sont perçues comme non qualifiées; cependant, une annotation de haute qualité et précise est onéreuse et prend beaucoup de temps (Smart *et al.* 2024). Les travailleurs effectuent souvent des tâches hautement répétitives sous une surveillance stricte, et sont soumis à des pratiques de travail qui les exploitent et qui ne sont pas réglementées (Williams 2022). Beaucoup doivent classer des contenus toxiques sans transparence, rémunération équitable ou ressources adéquates pour gérer l'impact psychologique d'une exposition à des contenus choquants (Jensen 2024).

Modérateurs de contenu

Les modérateurs de contenu jouent un rôle essentiel pour garantir que les espaces en ligne restent sûrs, en analysant et en supprimant les contenus offensants ou préjudiciables générés par des utilisateurs. Ils doivent traiter 500 à 1 000 tickets par jour, ce qui les expose à des contenus graphiques (Muldoon *et al.* 2024) et explicites sans soutien psychologique adéquat ou sans leur laisser le temps de se remettre de ce qu'ils voient. Cette exposition constante à des contenus violents et dérangeants présente des risques graves pour la santé mentale (stress post-traumatique, stress traumatique secondaire, fatigue compassionnelle et burnout notamment) (Rani *et al.*, à venir). Malgré ces risques, certains modérateurs doivent signer des clauses de non-responsabilité, et donc admettre que leur travail risque de nuire à leur santé mentale et d'engendrer un syndrome de stress post-traumatique (BBC News 2021).

Ingénieurs en apprentissage automatique

Un ingénieur en apprentissage automatique est un programmeur doté de solides compétences techniques qui crée des systèmes d'IA utilisant d'énormes jeux de données pour générer et développer des algorithmes capables d'apprendre et de faire des prédictions (BrainStation 2024). Ce travail varié et très recherché est associé à des salaires attractifs et à des technologies de pointe (run:ai sans date). Il peut toutefois être exigeant et stressant en raison de la complexité et des volumes impressionnants des données concernées (teal sans date).

Analystes de mégadonnées

Le terme «mégadonnées» désigne de gros volumes de données complexes produites à partir de sources comme des personnes, des machines ou des capteurs, dont la taille augmente rapidement (Commission européenne 2016) et qui sont trop vastes pour être gérés par des systèmes de gestion des données traditionnels (Google Cloud sans date). L'analyse des mégadonnées implique d'examiner ces volumes de données à l'aide d'outils comme l'IA, l'apprentissage automatique et l'analyse statistique pour en extraire des informations pertinentes (Ishwarappa et Anuradha 2015). Toutefois, des problèmes liés à la confidentialité, à la sécurité et à la gouvernance des données persistent, en particulier lorsque les informations concernées sont sensibles (Rawat et Yadav 2021). De plus, une pénurie de professionnels qualifiés en science et en analyse des données limite le potentiel des environnements de mégadonnées (Google Cloud sans date).

Travailleurs des secteurs de la production des technologies et de la gestion des déchets

Mineurs extrayant des minerais stratégiques

Les minerais stratégiques comme le cobalt, le lithium et le cuivre sont des composantes essentielles des technologies numériques mais leur extraction, souvent dans des mines informelles, place les travailleurs dans des conditions dangereuses (Wilson Center 2021). La croissance rapide de la demande de ces minerais due aux progrès technologiques exerce une pression supplémentaire sur le secteur minier, et les travailleurs, en particulier dans les pays en développement, prennent des risques importants et bénéficient de protections limitées en matière de SST (Landrigan *et al.* 2022). Par exemple, plus de la moitié de l'offre mondiale de cobalt, une ressource utilisée dans les dispositifs électroniques portables et les batteries rechargeables, provient de la République démocratique du Congo, où l'extraction de ce minéral est liée à des activités informelles impliquant le recours au travail des enfants, des risques pour la sécurité, des atteintes à l'environnement et de la corruption (Wilson Center 2021).

Ouvriers des chaînes de montage de produits technologiques

Les ouvriers affectés aux chaînes de montage de produits technologiques travaillent de longues heures dans des conditions dangereuses et reçoivent une rémunération minimale (Judge 2023). Toutefois, l'intégration de l'IA et de l'automatisation pourrait améliorer les processus de production et les normes de sécurité en réduisant les erreurs humaines et la charge de travail dans des environnements dangereux.

Déchets électroniques

Parallèlement au développement rapide de la production et de l'utilisation des technologies, le volume des déchets électroniques devrait augmenter pour atteindre 75 millions de tonnes d'ici 2030 et 111 millions de tonnes d'ici 2050 (Parajuly *et al.* 2019). Ces déchets deviennent une ressource de plus en plus importante pour les travailleurs informels de la chaîne de valeur des déchets électroniques qui récupèrent, réparent, remettent en état, réutilisent, transforment et recyclent les équipements électriques et électroniques. Toutefois, ces personnes travaillent souvent dans des conditions dangereuses (OIT 2021c). La présence de substances chimiques et leur élimination inadéquate entraînent des risques graves pour la santé (cancers, maladies pulmonaires et cardiovasculaires) (OIT 2021c).

Cependant, l'IA et les systèmes automatisés pourraient améliorer le recyclage, en réduisant l'exposition aux substances nocives et en rendant la récupération de ressources plus efficace.

Considérations relatives à l'environnement et à la santé au travail

La numérisation est amenée à jouer un rôle clé pour réduire la pollution et favoriser l'évolution vers une économie à faible émission de carbone (Huang *et al.* 2024). Des systèmes alimentés par l'IA comme les compteurs intelligents, les réseaux électriques actifs et les capteurs peuvent améliorer l'efficacité et la fiabilité énergétiques, contribuant à des milieux de travail plus sûrs et plus durables, tout en contribuant à réduire les impacts du changement climatique (OCDE sans date). Comme le démontrent plusieurs publications récentes de l'OIT^{17, 18}, le changement climatique engendre divers risques en matière de SST, en particulier en raison de l'exposition à des chaleurs excessives, aux rayonnements solaires ultraviolets, à la pollution de l'air, à des phénomènes météorologiques extrêmes, à des maladies à transmission vectorielle et à des substances chimiques.

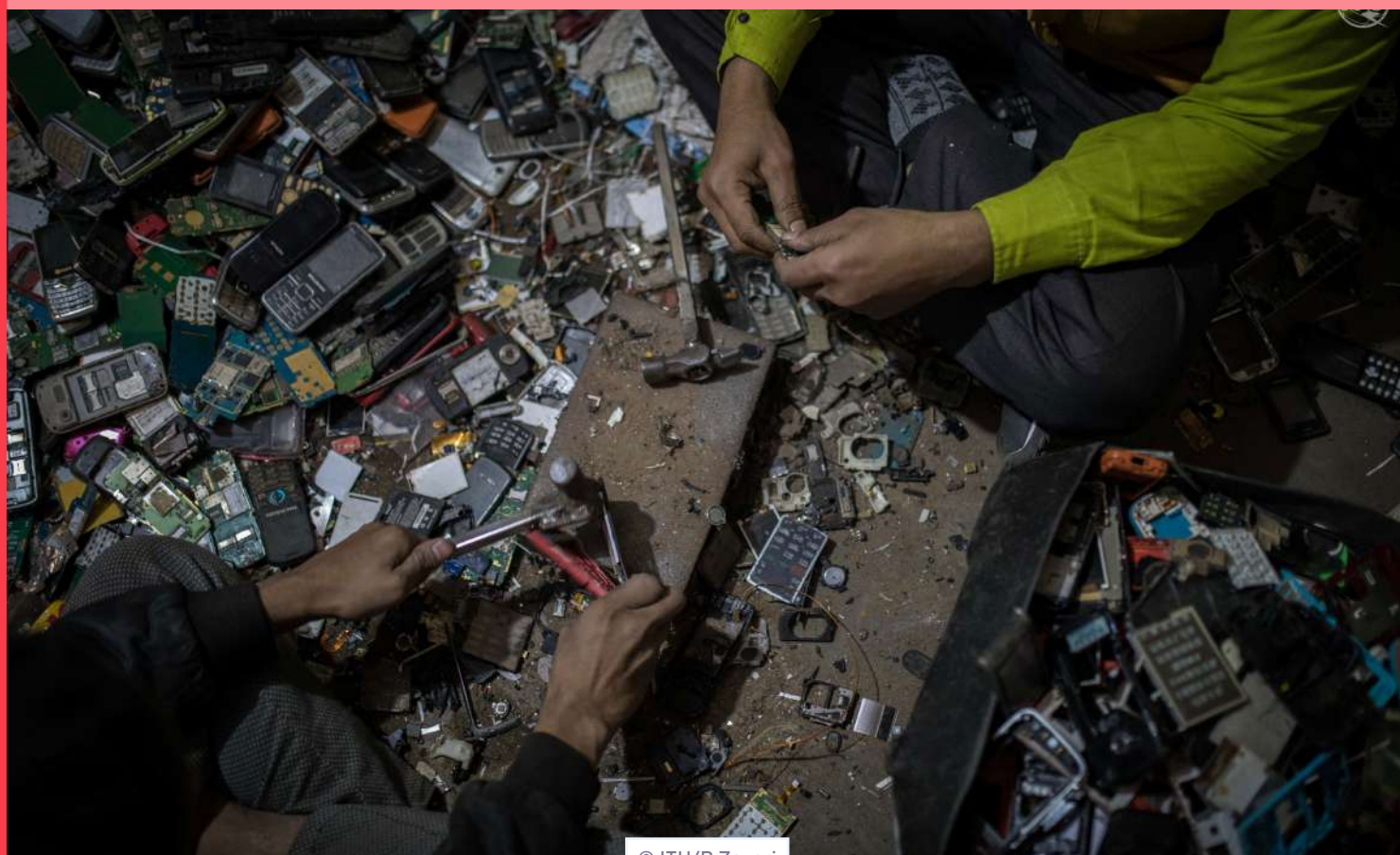
Dans le cadre des technologies en milieu de travail, l'IA combinée à la réalité virtuelle et à la réalité augmentée **facilite le travail à distance et la collaboration virtuelle**, réduisant les déplacements et diminuant l'empreinte carbone des lieux de travail. Par exemple, remplacer les réunions en présentiel par des réunions virtuelles peut réduire les émissions de carbone de 94 pour cent et la consommation d'énergie de 90 pour cent (Tao *et al.* 2021). Ces progrès améliorent la durabilité mais aussi la sécurité des travailleurs en minimisant l'exposition aux environnements dangereux.

Toutefois, les besoins en énergie et les coûts environnementaux croissants de l'IA doivent être pris en considération. Les centres de données basés sur l'IA, nettement plus énergivores que les applications cloud types, devraient faire augmenter les émissions de carbone et la consommation d'eau mondiales, ce qui souligne la nécessité de pratiques durables pour leur fonctionnement (Goldman Sachs 2024).

Se concentrer sur l'intégration de l'IA à la SST de façon responsable peut maximiser ses avantages tout en minimisant son impact environnemental, pour rendre les lieux de travail plus sûrs, plus sains et plus durables.

¹⁷ Voir [Assurer la sécurité et la santé au travail à l'heure du changement climatique](#) (OIT, 2024)

¹⁸ Voir [Heat at Work: Implications for safety and health](#) (OIT, 2024)





2

La sécurité et la santé au travail à l'ère numérique : politiques, lacunes et actions concertées

Parallèlement à l'adoption rapide des nouvelles technologies sur les lieux de travail, une attention croissante est accordée à l'exploitation des avantages potentiels de ces technologies et à l'atténuation des risques importants qu'elles présentent pour la sécurité et la santé des travailleurs.

De nouvelles initiatives aux niveaux international, régional et national s'intéressent de plus en plus aux liens entre SST et numérisation. Elles visent notamment à intégrer des dispositions sur les nouvelles technologies dans les politiques et pratiques de SST, tout en incorporant des considérations relatives à la SST dans les stratégies de numérisation de portée plus large.

Si les réglementations existantes en matière de SST protègent généralement les travailleurs en abordant tous les types de risques, y compris ceux découlant des technologies numériques, les lois ciblées pour atténuer les impacts propres à la numérisation sont assez rares. Parallèlement aux mises à jour législatives visant à combler ces lacunes, les normes volontaires, les programmes de formation et les campagnes de sensibilisation sont vitaux pour promouvoir des milieux de travail plus sûrs. Les recherches et la collecte de données sur les effets positifs et négatifs de la numérisation sur la sécurité et la santé des travailleurs sont essentielles pour une prise de décision éclairée. Les partenaires sociaux jouent un rôle crucial en définissant ces réponses à l'intégration des technologies numériques dans le lieu de travail. Leur implication est capitale pour veiller à ce que ces technologies soient conçues et mises en œuvre de façon sûre, saine et équitable (Berg *et al.* 2023).

Cette section se penche sur les initiatives mondiales, régionales et nationales pour protéger la SST pendant la transition numérique, et sur les mesures prises au niveau du lieu de travail pour tirer parti de la numérisation tout en prévenant et en gérant les risques émergents.



2.1 Initiatives mondiales pour assurer un travail sûr et sain pendant la transition numérique

2.1.1 Le rôle de l'OIT

Faire respecter le principe et droit fondamental à un milieu de travail sûr et sain suppose de relever les défis propres à des lieux de travail qui évoluent, où les dangers nouveaux et émergents, y compris ceux créés par la numérisation, sont gérés parallèlement aux risques persistants. Cela implique d'exploiter les avantages de la numérisation tout en comprenant et en atténuant ses risques potentiels.

Les conventions fondamentales en matière de SST (la convention (n° 155) sur la sécurité et la santé des travailleurs, 1981, et la convention (n° 187) sur le cadre promotionnel pour la sécurité et la santé au travail, 2006)¹⁹ fournissent un cadre complet pour une approche systémique de la SST, adaptable aux risques au travail qui évoluent.

¹⁹ Les États Membres ont l'obligation de respecter, promouvoir et réaliser les dispositions énoncées dans les conventions en matière de SST, qu'ils les aient ratifiées ou non.

► La pertinence des conventions fondamentales en matière de SST pour relever les nouveaux défis associés à la numérisation

La convention n° 155 énonce les objectifs fondamentaux et définit les principes de base d'une politique nationale cohérente en matière de SST. Elle s'applique aux travailleurs de toutes les branches d'activité, et c'est la plus exhaustive de toutes les normes en vigueur. La convention n° 187 plaide pour l'amélioration continue des cadres nationaux de SST, en veillant à ce que les politiques puissent être adaptées aux mutations du monde du travail, y compris à celles engendrées par la transformation numérique.

- D'après l'article 4 de la convention n° 155, les États Membres ont l'obligation, en consultation avec les organisations d'employeurs et de travailleurs les plus représentatives, de **définir, mettre en application et réexaminer périodiquement une politique nationale cohérente en matière de sécurité et de santé des travailleurs et de milieu de travail**, en vue de la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, en éliminant ou en réduisant à un minimum les sources de dangers. Dans le contexte de la numérisation et d'un monde du travail en constante évolution, les politiques de SST peuvent intégrer les défis et les possibilités associés aux technologies émergentes, en décrivant des mesures pour évaluer et atténuer leurs risques.
- L'article 4 (3) de la convention n° 187 souligne le **rôle de promotion d'une culture de prévention en matière de sécurité et de santé endossé par les organes tripartites**, qui s'assurent que toutes les parties prenantes concernées – gouvernements, employeurs et travailleurs – s'impliquent activement. Les organes tripartites peuvent jouer un rôle important lorsque de nouvelles technologies sont déployées rapidement sur les lieux de travail, en veillant à ce que des mesures de prévention adaptées soient mises en place.
- Les travailleurs ont le **droit de se retirer d'une situation de travail dont ils ont un motif raisonnable de penser qu'elle présente un péril imminent et grave** pour leur vie ou leur santé (article 13, convention n° 155). Ce droit s'étend aux situations créées par les nouvelles technologies, par exemple des robots de pointe défaillants.
- Les employeurs, dans la mesure où cela est raisonnable et pratiquement réalisable, **doivent faire en sorte que les machines, les matériels et les procédés de travail placés sous leur contrôle ne présentent pas de risque pour la sécurité et la santé des travailleurs** (article 16, convention n° 155). Cette obligation s'étend aux outils numériques et aux systèmes automatisés, pour lesquels les employeurs devraient gérer les risques potentiels associés aux nouvelles technologies, tels ceux découlant des interactions homme-machine, des défaillances des systèmes et des préoccupations en matière d'ergonomie ou de santé mentale liées à la numérisation.
- La convention n° 155 souligne l'importance de **fournir une formation et une information adéquates aux travailleurs** – un principe encore plus essentiel alors que de nouvelles technologies numériques comme l'IA et la réalité étendue sont mises en œuvre (article 19).
- Les articles 19 et 20 de la convention n° 155 soulignent l'importance de la **coopération entre les employeurs et les travailleurs pour mettre en œuvre des mesures de SST sur le lieu de travail**.

Les conventions n°s 155 et 187 soulignent le rôle primordial des organisations d'employeurs et de travailleurs dans la gestion de la SST, au niveau national et au niveau du lieu de travail. Cette collaboration garantit que les politiques de SST sont inclusives et qu'elles relèvent les défis posés par la numérisation, en conciliant progrès technologiques et protection de la sécurité et de la santé des travailleurs.

En plus des conventions fondamentales, les instruments de SST suivants fournissent de précieuses dispositions et informations pertinentes pour améliorer les aspects de la numérisation relatifs à la SST.

- La **convention (n° 161) sur les services de santé au travail, 1965**, met en évidence le rôle des services de santé au travail pour identifier et évaluer les risques sur le lieu de travail et donner des orientations en vue d'organiser le travail, notamment sur la conception du lieu de travail et l'utilisation de machines, d'outils et d'équipements.
- La **recommandation (n° 194) sur la liste des maladies professionnelles, 2002**, comprend les maladies causées par des agents physiques, chimiques et biologiques, les troubles musculosquelettiques et les troubles mentaux et du comportement, qui peuvent être pertinentes compte tenu de l'essor de la numérisation.
- La **convention (n° 190) sur la violence et le harcèlement, 2019**, fixe un cadre pour prévenir et atténuer la violence et le harcèlement dans le monde du travail, y compris dans le contexte des technologies numériques, qui peut être pertinent pour prévenir le cyberharcèlement et d'autres risques associés au développement de la numérisation.

En plus des conventions et des recommandations existantes, une question normative sur le travail décent dans l'économie des plateformes sera débattue durant les 113e (2025) et 114e (2026) sessions de la Conférence internationale du Travail, qui comprendra des considérations relatives à la SST²⁰. Une action normative est également prévue pour l'ergonomie et la sécurité des machines²¹.

Parmi les divers recueils de directives pratiques et directives techniques du BIT, le **recueil de directives pratiques sur la protection des données personnelles des travailleurs**²² donne des orientations particulièrement pertinentes dans un monde du travail de plus en plus caractérisé par le traitement de gros volumes de données sur les travailleurs.

L'OIT aborde activement les défis et les opportunités de la numérisation au travail au moyen d'une gamme d'initiatives visant à aider les gouvernements, les travailleurs et les employeurs à faire face à cette transformation. Par exemple, la stratégie globale de l'OIT en matière de sécurité et de santé au travail 2024-2030²³ souligne que des travaux de recherche et des outils sont nécessaires pour exploiter les possibilités et relever les défis des nouvelles technologies. L'OIT a également lancé l'Observatoire sur l'intelligence artificielle et le travail dans l'économie numérique²⁴, une plateforme de connaissances qui entend aider les gouvernements et les partenaires sociaux à comprendre et gérer la transformation numérique du travail²⁵.

De plus, la récente publication de l'OIT *Rapport sur le dialogue social 2024: Le dialogue social au plus haut niveau pour le développement économique et le progrès social* souligne le rôle essentiel du dialogue social dans la gestion des transformations sur le lieu de travail qu'entraîne la numérisation, en mettant l'accent sur la collaboration entre les gouvernements, les employeurs et les travailleurs pour garantir des résultats équitables et le travail décent à l'ère numérique.

²⁰ Voir GB.347/INS/2/1/Décision

²¹ Voir GB.331/LILS/2

²² <https://www.ilo.org/fr/resource/autre/protection-des-donnees-personnelles-des-travailleurs>

²³ https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_norm/%40relconf/documents/meetingdocument/wcms_899174.pdf

²⁴ <https://www.ilo.org/fr/artificial-intelligence-and-work-digital-economy>

²⁵ Elle couvre actuellement quatre domaines thématiques: intelligence artificielle, gestion algorithmique, plateformes de travail numériques et données personnelles des travailleurs. Il est prévu de l'étendre à d'autres questions.

Plusieurs initiatives de recherche au niveau sous-régional étudient activement les liens entre la SST et la numérisation au travail, notamment:

- des travaux de recherche sur les plateformes de travail numériques en Ouganda, au Nigéria, en Inde et au Kenya;
- des études de cas sur les pratiques de gestion algorithmique dans des secteurs comme le commerce de détail et la banque au Chili, la construction automobile en Argentine et en Malaisie, l'électronique en Malaisie, la logistique et les soins de santé en Italie, en France, en Inde et en Afrique du Sud (OIT/Commission européenne 2024);
- des enquêtes sur les chaînes d'approvisionnement de l'IA actuellement menées dans des sociétés d'externalisation de processus opérationnels en Inde et au Kenya, et prochainement aux Philippines.

2.1.2 Initiatives internationales

Des groupes internationaux ont créé des initiatives d'ampleur pour relever les défis qui accompagnent les technologies numériques.

- Le **Plan d'action du G7 pour l'adoption d'une intelligence artificielle sûre et fiable dans le monde du travail** met l'accent sur l'application de la législation du travail et des normes de SST, tout en surveillant l'impact de l'IA sur la SST, notamment avec des évaluations des risques et des audits.

Des institutions internationales spécialistes de la SST conçoivent également des activités et des initiatives axées sur des aspects précis de la numérisation et de son impact sur la sécurité et la santé au travail.

- L'**International Ergonomics & Human Factors Association**²⁶ a organisé plusieurs webinaires liés à l'IA et à l'interaction homme-robot. Des experts internationaux de la recherche en robotique y ont présenté des points de vue sur les facteurs humains et l'ergonomie dans le secteur de la robotique.
- L'**Institution de la sécurité et de la santé au travail**²⁷ a participé activement à des initiatives traitant de la numérisation dans la SST. Elle a notamment organisé une série de webinaires sur la démystification de l'IA pour la santé et la sécurité, qui a réuni des experts en vue d'analyser comment l'IA peut être utilisée pour améliorer les protocoles de sécurité, améliorer la gestion des risques et rationaliser les activités sur le lieu de travail.
- L'**Organisation internationale de normalisation** a publié plusieurs normes liées aux technologies de l'information et à l'intelligence artificielle, notamment sur la gestion des risques²⁸. Des normes de sécurité ont été élaborées pour les secteurs de la robotique industrielle²⁹ et non industrielle (services)³⁰. Les autres thèmes associés aux activités de normalisation relatives aux robots comprennent les critères de performance, la modularité et le vocabulaire (IFR sans date). Actuellement, il n'existe pas de normes techniques ou de sécurité axées exclusivement sur les exosquelettes. Toutefois, la norme internationale «Robots et composantes robotiques – Exigences de sécurité pour les robots de soins personnels»³¹ traite des exigences de sécurité pour les robots de soins personnels, dont certains peuvent être considérés comme des exosquelettes.

²⁶ [International Ergonomics & Human Factors Association](#)

²⁷ [AI and tech in safety and health](#)

²⁸ Notamment ISO/IEC 42001:2023 et ISO/IEC 23894:2023

²⁹ Notamment ISO 10218-1, ISO 10218-2, ISO/TS 15066

³⁰ ISO 13482

³¹ ISO 13482:2014

Les organisations internationales d'employeurs et de travailleurs lancent un nombre croissant d'initiatives pour saisir les opportunités et relever les défis de la numérisation sur le lieu de travail.

- **L'Organisation internationale des employeurs (OIE)** plaide pour le développement des compétences et la formation afin d'assurer que la main-d'œuvre soit bien équipée pour gérer les transformations numériques, et reconnaît qu'il est important d'intégrer des considérations relatives à la SST dans la mise en œuvre des nouvelles technologies. Dans ce cadre, l'OIE a publié plusieurs rapports, notamment *Santé mentale et bien-être au travail*, qui s'intéresse à la santé mentale dans le contexte plus large de la numérisation et de l'intégration des nouvelles technologies sur le lieu de travail (OIE 2023). De plus, un examen des politiques mené par l'OIE se penche sur l'impact de l'IA sur le travail et l'emploi, en insistant sur son potentiel de transformation pour l'entreprise et en donnant des orientations stratégiques sur l'adoption effective et la gestion des technologies d'IA par les employeurs (OIE 2024). Enfin, l'OIE et Deloitte ont publié un rapport important sur l'état de préparation du G20 à l'IA³², qui souligne que si l'IA peut potentiellement améliorer beaucoup la productivité et l'efficacité, elle pose aussi des problèmes qu'il faut gérer de manière proactive, comme les suppressions d'emplois et le risque d'exacerbation des inégalités sociales.
- Les **organisations syndicales internationales** abordent également de manière volontariste les conséquences de la numérisation pour les travailleurs. La Confédération syndicale internationale plaide pour une réglementation plus stricte de l'IA et de la surveillance numérique afin de protéger les travailleurs de la discrimination et de l'intensification du travail³³. Elle milite également en faveur de protections en matière de SST et de droits de négociation collective pour les travailleurs des plateformes touchés par la numérisation. Le **rapport d'UNI Global Union** *La gestion algorithmique – Guide pour les syndicats*³⁴ examine l'utilisation croissante d'outils de gestion algorithmique sur les lieux de travail du monde entier, et donne des orientations aux syndicats pour aborder les négociations sur leur développement et leur application. En outre, le premier **forum syndical international sur l'impact de la numérisation sur le système financier**³⁵, qui s'est tenu à Fortaleza au Brésil en juin 2022, a rassemblé plus de 600 dirigeants syndicaux de 24 pays venus discuter de solutions pour atténuer les effets de la numérisation et de l'automatisation dans le secteur financier. **IndustriALL Global Union** a également créé un groupe d'experts sur l'industrie 4.0³⁶ afin de préparer un document d'orientation sur la numérisation, l'IA et l'industrie 4.0³⁷, centré sur la participation des travailleurs, la protection des droits et la garantie d'une transition équitable vers la numérisation pour les travailleurs. **L'Internationale des travailleurs du bâtiment et du bois** a mené une étude sur les effets nationaux et internationaux de la numérisation sur les travailleurs de la construction, mettant en lumière les défis propres à ce secteur³⁸.



2.2. Initiatives régionales pour renforcer la SST dans le cadre de la numérisation

Diverses initiatives régionales ont été lancées dans le monde, englobant des actions liées à la numérisation en général, ainsi que des programmes ciblés relatifs à des technologies particulières. Toutefois, en dehors de l'Europe, ces initiatives portent souvent davantage sur des questions plus larges, comme l'utilisation éthique de l'IA, plutôt que sur la SST.

Dans l'**UE**, plusieurs cadres réglementaires régissent la SST dans le contexte de la numérisation, de l'IA et de la robotique de pointe:

³² G20 2024 Readiness Report: AI Powered Transformation

³³ LES TRAVERS DE L'IA | Les syndicats doivent agir face à l'intelligence artificielle (IA) au travail

³⁴ La gestion algorithmique - Guide pour les syndicats

³⁵ International Trade Union Forum seeks solutions to the impacts of digitalization on the financial system

³⁶ On parle aussi de quatrième révolution industrielle.

³⁷ Protecting workers' rights in Southeast Asia amid transformation

³⁸ https://www.bwint.org/web/content/cms.media/1837/datas/EN_FoW_Study_Oct2019.pdf

- Directive-cadre sur la SST 89/391/EEC³⁹ – Elle reste fondamentale car elle fixe des principes généraux pour la sécurité et la santé des travailleurs, notamment la prévention des risques, la consultation des travailleurs et leur formation. Elle n'est pas spécifiquement conçue pour les systèmes basés sur l'IA et la robotique, mais son large champ d'application lui permet de gérer les risques associés à ces technologies.
- Règlement sur les machines (UE) 2023/1230⁴⁰ – Remplaçant la directive sur les machines 2006/42/EC, ce nouveau règlement (qui prend effet en 2027) renforce les exigences de santé et de sécurité contraignantes, pour les machines de pointe, la robotique et les systèmes reposant sur l'IA. Elle répond directement aux préoccupations sur la capacité de la directive de 2006 à gérer les risques liés à l'IA.
- Règlement concernant l'intelligence artificielle (UE) 2024/1689⁴¹ – Cette nouvelle législation fixe des règles harmonisées pour les systèmes d'IA, en particulier ceux classés à haut risque, afin de garantir la transparence, un contrôle humain et des protections adaptées en vue de minimiser les risques pour la santé, la sécurité et les droits fondamentaux.
- Directive sur les personnes travaillant sur une plateforme numérique (UE) 2024/2831⁴² – Vise à améliorer les conditions de travail des travailleurs des plateformes et à réglementer l'utilisation des algorithmes sur le lieu de travail. Elle impose un contrôle humain des décisions clés, notamment des licenciements.

Au-delà de la législation, es initiatives au sein de l'UE abordent de manière proactive les effets de la numérisation sur la SST.

³⁹ Directive 89/391/CEE du Conseil, du 12 juin 1989, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail

⁴⁰ Règlement (UE) 2023/1230 du Parlement européen et du Conseil du 14 juin 2023 sur les machines, abrogeant la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil et la directive 73/361/CEE du Conseil (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

⁴¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689>

⁴² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32024L2831>



► Campagne La sécurité et la santé au travail à l'ère numérique de l'EU-OSHA (2023-25)

La campagne Lieux de travail sûrs⁴³ sensibilise à l'incidence des nouvelles technologies numériques sur le travail et les lieux de travail, ainsi qu'aux défis et possibilités qui en découlent en matière de SST. Cette initiative propose également une plateforme d'échange de solutions fondées sur les bonnes pratiques.

La campagne vise à stimuler la collaboration pour une transformation numérique du travail sûre et productive, par exemple au moyen de la planification stratégique basée sur les cinq objectifs principaux suivants:

1. Sensibiliser à l'importance, à la pertinence et aux conséquences pour la SST de la transformation numérique du travail, en communiquant des faits et des chiffres.
2. Renforcer la sensibilisation et les connaissances pratiques de chacun dans tous les secteurs, sur tous les types de lieux de travail et auprès de groupes de travailleurs spécifiques (par exemple les femmes et les migrants) concernant l'utilisation sûre et productive des technologies numériques au travail.
3. Améliorer la connaissance des risques et des possibilités, tant nouveaux qu'émergents, liés à la transformation numérique du travail.
4. Promouvoir l'évaluation des risques et la gestion sûre et saine de la transformation numérique du travail en donnant accès à des ressources pertinentes (listes de contrôle des bonnes pratiques, outils et orientations par exemple).
5. Rassembler les parties prenantes pour faciliter l'échange d'informations, de connaissances et de bonnes pratiques et stimuler la collaboration en faveur d'une transformation numérique du travail sûre et productive.

La campagne s'articule autour de cinq domaines prioritaires:

- le travail sur plateformes numériques,
- la robotique de pointe et l'IA,
- le travail à distance et hybride,
- les systèmes numériques intelligents,
- la gestion des travailleurs par l'IA.

⁴³ Les campagnes s'appuient essentiellement sur les conclusions et les ressources de la [vue d'ensemble de la SST \(2020-2023\)](#), un programme de recherche de quatre ans sur la numérisation du lieu de travail et ses conséquences pour la SST. Le site Web de ces campagnes (www.healthy-workplaces.eu) propose un large éventail de ressources (disponibles pour la plupart dans 25 langues) pour aider à promouvoir et soutenir les campagnes.

D'autres initiatives régionales ne sont pas centrées exclusivement sur la SST mais se révèlent très pertinentes car elles traitent des conditions de travail, de la sécurité du travail et des droits des travailleurs à l'ère numérique.

- **L'Union africaine** promeut le développement numérique et reposant sur l'IA au moyen de la Stratégie de transformation numérique pour l'Afrique 2020-2030⁴⁴, qui s'inscrit dans le cadre plus large de l'Agenda 2063 et met l'accent sur la protection des données, la cybersécurité et les compétences numériques des travailleurs, et de la Stratégie continentale sur l'intelligence artificielle⁴⁵, qui plaide pour une utilisation de l'IA éthique et axée sur le développement.
- Dans le cadre du **Marché commun du Sud (Mercosur)**, la Déclaration présidentielle sur l'intégration numérique (*Declaração presidencial sobre a integração digital*)⁴⁶ des gouvernements argentin, brésilien, paraguayen et uruguayen souligne l'importance d'une stratégie de transformation numérique régionale cohérente, axée sur la recherche, le développement et l'innovation éthique.
- **L'Organisation arabe du travail** a débattu de l'avenir du travail dans le contexte de l'IA⁴⁷, en particulier de l'autonomisation des jeunes et de l'innovation sur le lieu de travail. Elle n'a pas évoqué spécifiquement la SST mais a mentionné le soutien des capacités humaines avec l'IA.
- La stratégie économique régionale de **l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN)** est de plus en plus axée sur la quatrième révolution industrielle, qui comprend l'adoption de technologies numériques et d'automatisation de pointe⁴⁸. Dans ce cadre, l'ASEAN a lancé son Plan d'action pour le cadre d'intégration numérique afin d'aider les États membres à adopter des technologies numériques dans tous les secteurs.

Les partenaires sociaux ont également mis en œuvre une gamme d'initiatives liées- à la numérisation et à la SST.

L'accord-cadre des partenaires sociaux européens sur la numérisation (2020) est un exemple remarquable de dialogue social, adopté par des partenaires sociaux européens intersectoriels (BusinessEurope, SMEUnited – les artisans et PME en Europe, les centres européens d'employeurs et d'entreprises assurant des services publics et la Confédération européenne des syndicats). Il vise à garantir une approche de la transformation numérique centrée sur l'humain, en prenant en considération son impact sur l'organisation du travail, le développement des compétences et la SST. Il contient des engagements à anticiper et gérer les changements sur le lieu de travail, à promouvoir les droits des travailleurs à la formation et à la consultation et à s'assurer que les technologies numériques n'affaiblissent pas les protections en matière de SST mais, au contraire, les renforcent.

Les organisations d'employeurs régionales ont produit des rapports et tenu des discussions pour promouvoir l'utilisation responsable des technologies sur les lieux de travail.

- **La Confédération des employeurs de l'ASEAN** participe activement à la promotion d'une IA responsable sur le lieu de travail. Elle a mis en évidence la nécessité d'une gouvernance et de principes directeurs éthiques pour le développement et l'utilisation des technologies d'IA. Au moyen de discussions et de la sensibilisation, elle vise à s'assurer que les entreprises intègrent l'IA selon des modalités qui protègent les droits et la sécurité des travailleurs. Cela inclut de fournir des ressources et des informations pour gérer les risques associés à la mise en œuvre de l'IA, comme les suppressions d'emplois, les biais des données et les problèmes de protection de la vie privée.
- **BusinessEurope** a souligné l'importance du développement des compétences et de la formation en réponse à l'influence croissante de l'automatisation et de l'IA. Elle a plaidé en faveur de cadres qui aident les entreprises à s'adapter à la numérisation, notamment en gérant les risques pour la santé mentale liés au travail à distance et à l'automatisation. Son rapport *Algorithmic Management at Work: Improving Transparency to Achieve More Trust in AI*⁴⁹ est une publication importante qui étudie comment nourrir

⁴⁴ Stratégie de transformation numérique pour l'Afrique 2020-2030

⁴⁵ Stratégie continentale sur l'intelligence artificielle

⁴⁶ Declaração presidencial sobre a integração digital no MERCOSUL

⁴⁷ The Future of Work in Light of Artificial Intelligence

⁴⁸ Consolidated Strategy on the Fourth Industrial Revolution for ASEAN

⁴⁹ Algorithmic management at work: Improving transparency to achieve more trust in AI

la confiance à l'égard des systèmes reposant sur l'IA. Au niveau sectoriel, le **Conseil des employeurs européens de la métallurgie, de l'ingénierie et des technologies (CEEMET)** a publié en 2021 le rapport *Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health*⁵⁰, dont certaines sections sont consacrées aux cobots, au travail flexible, aux capteurs et aux EPI intelligents, ainsi qu'à l'ergonomie et aux exosquelettes

Les syndicats ont également lancé des initiatives au niveau régional, notamment des rapports, des outils d'orientation stratégique, des campagnes de sensibilisation et des initiatives de formation.

- La **Confédération syndicale des Amériques** a produit le rapport *Del Taller al Cronómetro. Del Cronómetro al Algoritmo*, qui suggère que des réglementations intelligentes, des mesures actives des syndicats, le dialogue social et l'implication gouvernementale sont des composantes essentielles pour créer un système de gestion algorithmique qui promeut un contrôle accru des travailleurs sur leurs horaires de travail, de meilleurs droits et de meilleures conditions de travail⁵¹.
- Le **Congrès du travail des Caraïbes** a participé à des discussions sur les effets de la numérisation dans la région⁵². Il s'attache surtout à éviter que les travailleurs caribéens soient exposés aux suppressions d'emplois causées par les nouvelles technologies. Il promeut des initiatives éducatives pour améliorer la culture numérique des travailleurs.
- L'**Internationale des services publics** a lancé le projet Notre avenir numérique⁵³ pour former les représentants syndicaux de la région **Afrique/Moyen-Orient et Afrique du Nord** aux droits numériques, à l'IA et à la SST dans les espaces de travail numériques. L'initiative dote les dirigeants syndicaux de connaissances sur les technologies numériques et les droits liés aux données, pour leur permettre de promouvoir dans leurs syndicats des pratiques de travail sûres intégrant des compétences technologiques. Des ateliers et des ressources sont disponibles en arabe, en français et en anglais pour garantir l'accessibilité.
- La **Confédération européenne des syndicats** a publié la *Résolution sur les stratégies européennes en matière d'intelligence artificielle et de données* (CES 2020), qui plaide pour un renforcement de la participation des travailleurs à la gouvernance de l'IA et à la prise de décision. La résolution insiste sur la protection des travailleurs⁵⁴, appelant à classer les applications d'IA affectant les travailleurs comme étant à haut risque et soumises à une réglementation appropriée, conformément au principe de précaution.
- L'**Institut syndical européen** a publié le rapport *Regulating Algorithmic Management*⁵⁵, qui évalue la proposition de directive de la Commission européenne sur l'amélioration des conditions de travail sur les plateformes de travail. Ce rapport affirme qu'une gestion algorithmique équitable et transparente devrait être garantie en renforçant la capacité des travailleurs à exercer pleinement leurs droits d'accès à leurs données, de rectification, d'effacement, de restriction de traitement et de portabilité des données. Le département Éducation et l'unité Prospective de l'ETUI ont développé une série de formations et d'outils pédagogiques pour présenter l'IA aux représentants des travailleurs⁵⁶.
- Le rapport *The Future of Work – Technology for People*⁵⁷ du **Conseil des syndicats nordiques** souligne que les nouvelles technologies doivent garantir un contrôle individuel sur les données personnelles, en donnant la priorité aux principes éthiques, à la sécurité des données et au respect de la vie privée dès la conception.

⁵⁰ Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health

⁵¹ Del taller al cronómetro. Del cronómetro al algoritmo

⁵² The future of digital transformation and workforce development in Latin America and the Caribbean

⁵³ Formation à la numérisation - Afrique/MENA

⁵⁴ Dans ce contexte, la résolution est axée sur la prévention d'une surveillance disproportionnée et injustifiée au travail, l'interdiction des traitements discriminatoires sur la base d'algorithmes biaisés et la prévention des abus en matière de protection des données et de la vie privée.

⁵⁵ Regulating algorithmic management

⁵⁶ Les outils de formation de l'ETUI sur l'impact de l'IA sur le lieu de travail

⁵⁷ The future of work – Technology for people



2.3 Cadres nationaux régissant la SST et la numérisation

2.3.1 Politiques et stratégies nationales

Certains pays intègrent dans leurs politiques et stratégies nationales de SST des dispositions relatives aux risques des technologies numériques, qui reconnaissent la nécessité de protéger les travailleurs et les entreprises de ces défis évolutifs et définissent des actions à mettre en œuvre dans les années à venir.

- En Argentine, la Superintendance des risques professionnels a adopté la stratégie de prévention 4.0⁵⁸, qui utilise des enregistrements numériques pour les inspections sur les lieux de travail, les formations à la sécurité et la fourniture d'équipements. Cette initiative entend améliorer la protection des travailleurs au moyen de solutions numériques et renforcer la gestion des risques dans des milieux de travail en constante évolution technologique.
- La politique de la Finlande sur le milieu de travail et le bien-être au travail jusqu'en 2030⁵⁹ mentionne explicitement l'accélération des progrès technologiques, notamment la robotique, les technologies de l'information et de la communication, la numérisation, l'IA et l'automatisation. Elle souligne la nécessité d'identifier, de prévenir et de minimiser les risques engendrés par ces technologies, en évaluant leur impact potentiel sur la santé des travailleurs dans le cadre de la transformation du travail actuelle.
- La politique nationale du Guyana sur la sécurité et la santé au travail⁶⁰ (2018) plaide pour l'utilisation de technologies appropriées, d'équipements modernes, de technologies actuelles et de systèmes modernisés tout en tenant compte des divers impacts qu'ils peuvent avoir sur l'environnement.
- La politique nationale de l'Inde sur la sécurité, la santé et l'environnement sur le lieu de travail⁶¹ reconnaît les nouveaux dangers pour la sécurité et les nouveaux risques pour la santé associés à l'adoption des technologies modernes. Elle préconise l'utilisation de technologies sûres et propres, ainsi que la mise en œuvre d'outils d'évaluation des risques assistée par ordinateur pour mieux gérer les risques.
- La politique nationale de l'Uruguay sur la sécurité et la santé au travail se concentre sur la mise à jour du cadre réglementaire en matière de SST pour qu'il tienne compte des progrès des connaissances, des nouvelles technologies et des évolutions dans le monde du travail⁶².

De nombreux pays adoptent des stratégies nationales sur la numérisation et l'IA. Si ces stratégies abordent rarement directement les questions de SST, elles promeuvent de plus en plus une approche de la transition numérique centrée sur les travailleurs. Les programmes de perfectionnement, de reconversion et de formation sont un axe essentiel, garantissant que les travailleurs acquièrent des compétences numériques pour s'adapter à la transformation des emplois impulsée par l'IA (par exemple en Allemagne⁶³, Égypte⁶⁴, au Mexique⁶⁵, en Arabie saoudite⁶⁶, en Tunisie⁶⁷ et en Uruguay⁶⁸). Plusieurs politiques mettent l'accent sur les principes éthiques en matière d'IA, donnant la priorité au bien-être humain, à l'équité, à l'absence de discrimination et à la confidentialité des données sur le lieu de travail (Irlande⁶⁹, Mexique⁷⁰ et Uruguay⁷¹). D'autres traitent de l'égalité de genre, de l'inclusion et des protections juridiques pour

⁵⁸ Nouvelles règles de prévention 4.0, Superintendance des risques professionnels (SRT)

⁵⁹ Safe and healthy working conditions and Work Ability for everyone: Policy for the Work Environment and Wellbeing at Work until 2030

⁶⁰ Politique nationale du Guyana sur la sécurité et la santé au travail

⁶¹ Politique nationale de l'Inde sur la sécurité, la santé et l'environnement sur le lieu de travail

⁶² Politique nationale de l'Uruguay sur la sécurité et la santé au travail

⁶³ Stratégie d'intelligence artificielle du gouvernement fédéral allemand

⁶⁴ Stratégie nationale d'intelligence artificielle de l'Égypte

⁶⁵ Stratégie nationale d'intelligence artificielle du Mexique

⁶⁶ Stratégie nationale de l'Arabie saoudite pour les données et l'intelligence artificielle

⁶⁷ Feuille de route de la Tunisie pour l'intelligence artificielle

⁶⁸ Stratégie nationale d'intelligence artificielle 2024-2030 de l'Uruguay

⁶⁹ Feuille de route de l'Irlande pour l'intelligence artificielle

⁷⁰ Stratégie nationale d'intelligence artificielle du Mexique

⁷¹ Stratégie nationale d'intelligence artificielle 2024-2030 de l'Uruguay

les travailleurs, avec des engagements à revoir la législation du travail pour protéger les droits (Chili⁷²). En donnant la priorité à ces questions, les stratégies nationales d'IA reflètent un engagement mondial croissant pour l'adoption d'une IA responsable, qui contribuera aussi à des milieux de travail plus sûrs et plus sains.

2.3.2 Cadre réglementaire traitant des risques potentiels découlant des nouvelles technologies

La législation existante en matière de SST assure généralement une protection étendue aux travailleurs contre tous les risques professionnels, y compris ceux découlant des nouvelles technologies et processus décrits dans le présent rapport. Les dispositions communes de la législation insistent sur le devoir de protection de l'employeur et sur la nécessité d'évaluations approfondies des risques sur le lieu de travail, qui englobent généralement les préoccupations liées à la numérisation. Souvent toutefois, la législation en matière de SST traite en priorité des dangers physiques – tels ceux que présentent les robots et les processus automatisés – et risque d'être moins pertinente pour combattre les risques psychosociaux engendrés par la numérisation et les systèmes reposant sur l'IA.

Pour combler cette lacune, de nouvelles réglementations portant sur la conception, la mise en œuvre et l'utilisation des nouvelles technologies numériques voient le jour, afin de renforcer la sécurité et la santé au travail tout en minimisant les risques associés.

- En Argentine, la résolution 69/2024⁷³ publiée par la Superintendance des risques professionnels vise à moderniser la prévention des risques sur le lieu de travail au moyen des technologies numériques. Elle habilite la Direction de la prévention à établir des lignes directrices pour mettre en œuvre des mesures de sécurité s'appuyant sur les technologies et encourage les organisations à adopter des outils numériques pour renforcer la SST.

Dans de nombreux pays, les réglementations contraignantes sur la robotique de pointe et son impact sur la sécurité et la santé des travailleurs se sont encore que des ébauches ou n'existent pas.

- La France s'attache activement à créer une réglementation pour concilier innovation et protection des travailleurs. Le Code du travail numérique⁷⁴ comporte des règles spécifiques aux environnements où le travail est robotisé, axées sur la sécurité, la santé et les préoccupations d'ordre éthique. Ces règles traitent des interactions sûres entre humains et robots, en garantissant que la collaboration homme-robot est gérée de façon à minimiser les risques pour les travailleurs.
- En Allemagne, les normes d'assurance sociale contre les accidents (DGUV), comme le règlement 100-500⁷⁵, couvrent les machines et les robots et fixent des obligations aux employeurs pour garantir la sécurité de leurs employés. Ces règlements couvrent tout, de l'évaluation des risques jusqu'à la garantie que le fonctionnement des robots fait l'objet de mesures de sécurité adaptées, en particulier dans les environnements où les travailleurs côtoient des systèmes automatisés.

Certains pays adoptent des lois pour établir le droit à la déconnexion, et donc libérer les travailleurs des communications liées au travail en dehors des heures de travail. Ces mesures visent à prévenir le burnout, promouvoir l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée et réduire la surveillance numérique excessive. En réglementant l'utilisation d'outils comme la messagerie électronique et les applications de messagerie, elles contribuent à protéger le temps libre et la santé mentale des travailleurs dans un monde toujours plus connecté.

- Le Luxembourg a adopté en 2023 une loi instaurant le droit à la déconnexion⁷⁶, qui stipule que les entreprises dont les employés utilisent des outils numériques à des fins professionnelles doivent

⁷² Politique nationale d'intelligence artificielle du Chili et Plan d'action du Chili sur l'intelligence artificielle

⁷³ Résolution 69/2024

⁷⁴ <https://code.travail.gouv.fr/>

⁷⁵ <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/997>

⁷⁶ <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/luxembourg>

définir un système garantissant que le droit à la déconnexion est respecté en dehors des heures de travail.

- D'autres pays, notamment l'Argentine⁷⁷, l'Australie⁷⁸, l'Autriche⁷⁹, la Belgique⁸⁰, le Brésil⁸¹, le Chili⁸², le Danemark⁸³, l'Allemagne⁸⁴, la Grèce⁸⁵, l'Irlande⁸⁶, l'Italie⁸⁷, le Luxembourg, le Mexique⁸⁸, le Royaume des Pays-Bas⁸⁹, le Portugal⁹⁰, l'Espagne⁹¹, la Suède⁹², la Turquie⁹³ et l'Ukraine⁹⁴ ont adopté une législation similaire. Dans certains cas, ces lois ne s'appliquent qu'aux entreprises qui emploient un certain nombre de personnes, comme en France⁹⁵ (à partir de 50 employés) ou au Québec⁹⁶, Canada (à partir de 25 employés).

Concernant le respect de la vie privée, les législations nationales en matière de SST n'abordent généralement pas les sérieux problèmes de sécurité des données posés par les technologies numériques et l'IA sur les lieux de travail. Si la confidentialité des données des travailleurs est habituellement régie par des lois générales de protection des données plutôt que par des réglementations spécifiques aux travailleurs, **certains pays prévoient des dispositions particulières pour protéger la vie privée et la sécurité des données des travailleurs dans un milieu de travail toujours plus automatisé et basé sur les données.** C'est le cas de la France, dont le Code du travail⁹⁷ fixe des règles relatives à la surveillance sur le lieu de travail, par exemple à l'aide de caméras de surveillance et du suivi de l'activité en ligne, et de l'Allemagne, dont la loi fédérale sur la protection des données⁹⁸ impose des règles strictes concernant le recueil, le traitement et le stockage des données sur les employés. L'Australie a également proposé de nouvelles réglementations pour la protection des données dans le cadre de sa Stratégie sur l'économie numérique⁹⁹, qui couvrent la surveillance du travail à distance, les données biométriques et la prise de décision algorithmique.

Les pays commencent à réglementer la gestion algorithmique sur les lieux de travail pour combattre des risques comme des sanctions injustes, une surveillance excessive et la discrimination – qui ne sont pas nécessairement couverts par les lois générales en matière de SST.

- La Chine¹⁰⁰ et le Royaume des Pays-Bas¹⁰¹ ont adopté des réglementations mettant l'accent sur l'équité et la transparence dans les algorithmes sur le lieu de travail.
- En Espagne, la loi 12/2021¹⁰² modifie la loi sur le statut des travailleurs, en imposant aux employeurs de communiquer les paramètres relatifs aux algorithmes qui affectent les conditions de travail. Pour faciliter le respect de cette exigence, le ministère du Travail et de l'Économie sociale a publié un guide promouvant la transparence et la prise de décision algorithmique juste dans les environnements de travail numériques.

⁷⁷ <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁷⁸ <https://www.fairwork.gov.au/employment-conditions/hours-of-work-breaks-and-rosters/right-to-disconnect#:~:text=An%20employee%20has%20a%20right,the%20Right%20to%20disconnect%20section.>

⁷⁹ <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁸⁰ Ibid

⁸¹ <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/brazil>

⁸² Ibid

⁸³ Ibid

⁸⁴ Ibid

⁸⁵ Ibid

⁸⁶ Ibid

⁸⁷ Ibid

⁸⁸ Ibid

⁸⁹ Ibid

⁹⁰ Ibid

⁹¹ <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/media-centre/news/spains-latest-initiative-puts-spotlight-right-disconnect-and-associated-preventive-measures>

⁹² <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁹³ Ibid

⁹⁴ Ibid

⁹⁵ <https://www.klgates.com/What-is-new-in-France-right-for-the-employees-to-disconnect-02-22-2017>

⁹⁶ <https://www.assnat.qc.ca/Media/Process.aspx?MediaId=ANQ.Vigie.BI.>

⁹⁷ DocumentGenerique_136423fr&process=Default&token=ZyMoxNwUn8ikQ+TRKYwPCjWrKwg+vIv9rjj7p3xLGTZDmLVSmJLoqe/vG7/YWzz

⁹⁸ Légifrance – Code du travail

⁹⁹ Federal Data Protection Act

¹⁰⁰ Digital Economy Strategy

¹⁰¹ Regulation on Administration of Internet Information Service Recommendation Algorithms (2022)

¹⁰² AI & Algorithmic risks report Netherlands

¹⁰² BOE-A-2021-15767 Ley 12/2021, de 28 de septiembre, por la que se modifica el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, para garantizar los derechos laborales de las personas dedicadas al reparto en el ámbito de plataformas digitales.

- Aux États-Unis d'Amérique, l'Algorithmic Accountability Act de 2019¹⁰³ impose des évaluations des systèmes d'apprentissage automatique et des systèmes d'IA à haut risque qui gèrent des données personnelles ou prennent des décisions automatisées.

Bac à sable réglementaire Safetytech pour l'industrie

L'évolution rapide des technologies présente à la fois des chances à saisir et des difficultés pour la sécurité industrielle. Si des technologies comme l'IA, l'Internet des objets et la robotique peuvent renforcer considérablement la sécurité sur le lieu de travail, leur adoption est freinée par des incertitudes réglementaires, des argumentaires parfois défaillants et le besoin d'environnements de développement sûrs. C'est pour relever ces défis que Safetytech Accelerator (STA), un accélérateur technologique basé à Londres centré sur l'innovation pour les industries où la sécurité est capitale, a lancé le premier bac à sable réglementaire Safetytech pour l'industrie en 2023, en partenariat avec le programme Discovering Safety de la Direction de la santé et de la sécurité (HSE) du Royaume-Uni.

Le projet avait pour objectif d'étudier les activités d'évaluation et de surveillance du respect de la législation, d'accélérer l'adoption de technologies de sécurité éprouvées et de comprendre et réduire les obstacles au développement de nouvelles technologies vitales. L'approche innovante du bac à sable a combiné les compétences en réglementation de la HSE et la connaissance des programmes d'innovation de STA. Dans un premier temps, les défis prioritaires ont été identifiés lors de consultations: chutes de hauteur, collisions de véhicules, utilisation de grues et manutention manuelle. Six entreprises technologiques innovantes ont ensuite été sélectionnées pour conduire des études exploratoires. Elles ont bénéficié du soutien de la HSE et de mentors de l'industrie pour relever les défis de manière collaborative, en évitant que les solutions soient développées de façon cloisonnée. Le bac à sable a fonctionné pendant trois mois au terme desquels un ensemble de recommandations a été formulé pour améliorer l'adoption des technologies dans la construction. Le projet a démontré avec succès le potentiel des bacs à sable réglementaires collaboratifs pour accélérer l'adoption de technologies de sécurité innovantes dans la construction, et contribuer à terme à des lieux de travail plus sûrs et plus sains.

Source: Safetytech Accelerator

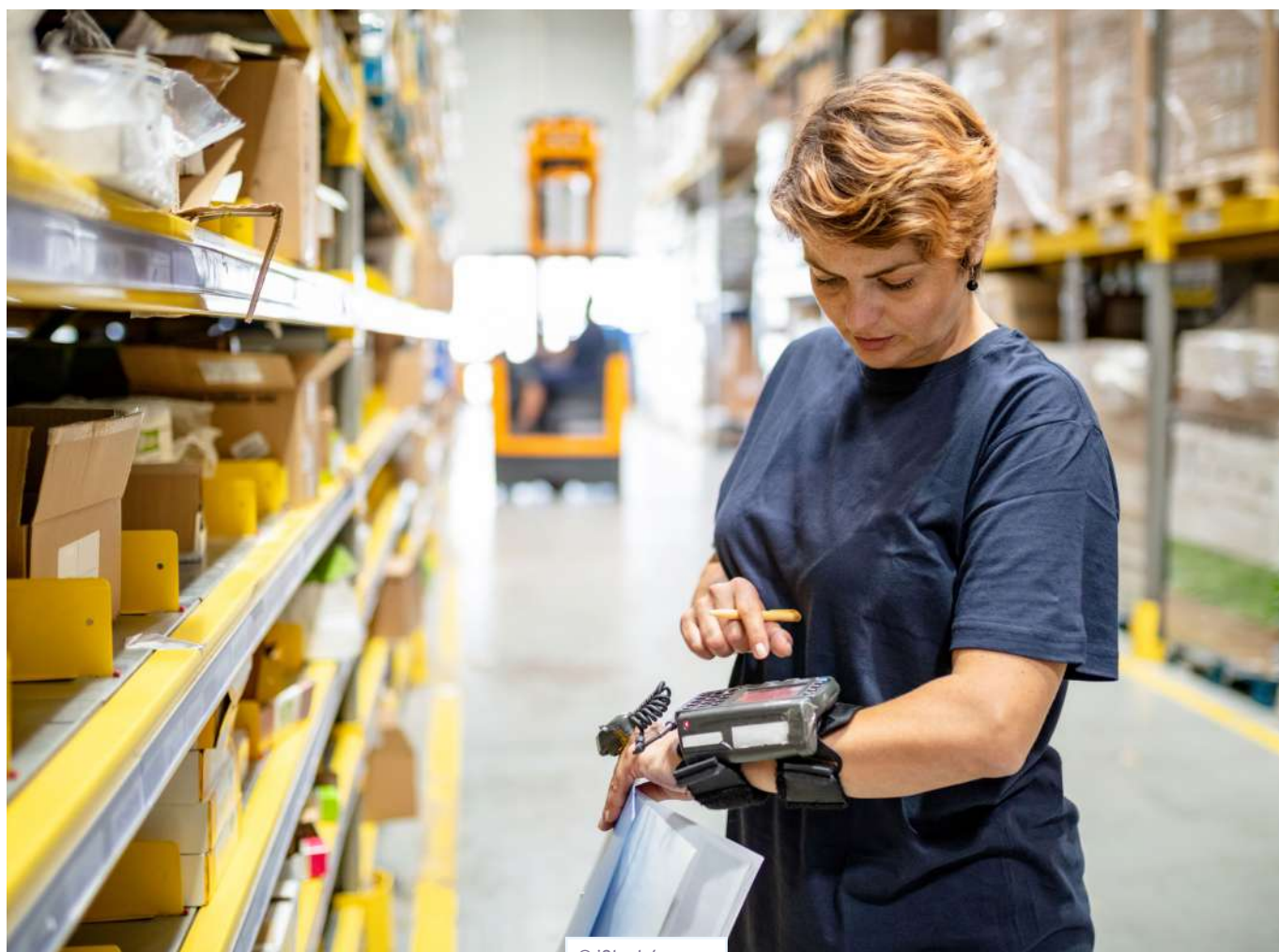
La prévalence accrue du télétravail et du travail via des plateformes numériques a amené de nombreux pays à adopter une législation spécifique pour relever les défis propres à ces modalités de travail en évolution¹⁰⁴. Par exemple, depuis le début de la pandémie de COVID-19, des mesures législatives sur le télétravail ont été prises dans de nombreux pays comme l'Autriche, la Grèce, la Lettonie, le Portugal, la Roumanie, la Slovaquie et l'Espagne (Eurofound 2022). De plus en plus, les pays adoptent des lois pour réglementer le travail via des plateformes numériques, avec des approches très variables. Certaines législations se concentrent sur la catégorisation des travailleurs, élargissant ainsi les protections existantes aux travailleurs des plateformes. D'autres visent à fournir des protections spécifiques, notamment des mesures de SST, à tous les travailleurs des plateformes indépendamment de la catégorie à laquelle ils appartiennent, tout en attribuant des degrés de responsabilité variables aux plateformes. Dans certains cas, la responsabilité incombe explicitement aux plateformes; dans d'autres, elle est transférée aux travailleurs.

¹⁰³ The Algorithmic Accountability Act of 2019 (H.R.2231)

¹⁰⁴ De nombreuses plateformes se définissent comme des intermédiaires technologiques et considèrent les personnes qu'elles emploient comme des travailleurs indépendants. Cela crée une ambiguïté concernant la responsabilité de mise en œuvre de mesures de prévention des risques essentielles comme les évaluations des risques, la formation à la SST et la fourniture d'équipements de protection. Souvent, ces obligations sont soit peu claires dans les lois existantes, soit transférées aux travailleurs, qui généralement ne disposent pas des ressources nécessaires pour s'y conformer (OIT 2024c).

Les conventions collectives complètent la législation nationale et fournissent des protections supplémentaires au niveau sectoriel ou de l'entreprise. Certaines se concentrent sur des technologies précises comme les exosquelettes, l'IA ou la gestion algorithmique, et d'autres ont une portée plus générale.

- En Norvège, une convention collective entre la Confédération des entreprises norvégiennes et la Confédération norvégienne des syndicats traite de l'utilisation de l'IA sur le lieu de travail. Elle affirme que les entreprises doivent tenir les employés informés, par l'intermédiaire des délégués du personnel, des projets et décisions relatifs aux mesures de contrôle, qui peuvent être fondées sur des considérations technologiques, financières, sécuritaires et sanitaires. Les mesures de contrôle adoptées ne doivent pas dépasser le cadre nécessaire et doivent être justifiées par les activités et besoins de l'entreprise concernée. La vie privée et la dignité des employés sont primordiales, ce qui impose des méthodes d'IA fiables, l'implication des représentants des employés et la prévention des biais (Brunnerová *et al.* 2024).
- En Espagne, la convention collective 2023-2024 de Tekniker garantit aux employés le droit à la déconnexion, gage de repos et de respect de la vie privée, et interdit les communications liées au travail en dehors des horaires de travail, sauf circonstances exceptionnelles (Brunnerová *et al.* 2024).
- En Suède, un nouveau système de surveillance reposant sur l'IA a été mis en œuvre dans la mine de Kiruna; il utilise une application sur smartphone pour donner aux travailleurs une aide à la localisation, une assistance à la navigation et la possibilité de recevoir des alertes et des informations d'urgence avec confirmation de réception (IKAB 2022). Toutefois, il a été négocié que ce système ne serait pas utilisé pour suivre ou mesurer la productivité, mais seulement pour assurer la sécurité.



D'autres accords se concentrent sur des questions spécifiques à un secteur.

- En Italie, des syndicats représentant des travailleurs des secteurs du commerce, du tourisme et des services¹⁰⁵ ont conclu un accord avec Partesa, une filiale de la brasserie multinationale Groupe Heineken, pour réglementer l'utilisation d'une application télématique de suivi des chauffeurs-livreurs. L'accord limite le suivi aux fins de sécurité et de productivité, et la mise en œuvre de l'application est soumise à l'approbation préalable des syndicats ou du comité d'entreprise (Brunnerová *et al.* 2024).
- Au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, le syndicat GMB a conclu un accord avec Hermes portant sur certains processus algorithmiques utilisés par l'entreprise pour gérer sa flotte de chauffeurs-livreurs. L'accord habilite les syndicats à mener des évaluations de la santé et de la sécurité suite à des incidents, ce qui leur permet d'identifier les cas dans lesquels la gestion algorithmique pose des problèmes de sécurité (Collins and Atkinson 2023).
- C'est en Allemagne qu'a été conclu le premier accord sur la numérisation dans le secteur du commerce de détail, négocié par [ver.di](#) (filiale allemande de UNI Global Union) et H&M. Cet accord historique donne davantage voix au chapitre aux travailleurs concernant la façon dont les nouvelles technologies sont déployées chez le géant de la mode, et garantit aussi la sécurité de l'emploi et des primes (UNI Global Union 2022).

Les inspections du travail jouent un rôle clé pour assurer l'application des réglementations en matière de SST, notamment dans le contexte de la numérisation. En plus de faire appliquer les lois, les inspecteurs donnent des orientations et fournissent un soutien essentiels aux employeurs et aux travailleurs, en les aidant à se repérer et à mettre en œuvre les mesures de sécurité nécessaires sur des lieux de travail où la numérisation gagne sans cesse du terrain. Grâce aux inspections, à la formation et au dialogue, ils œuvrent à garantir que les progrès technologiques ne portent pas atteinte à la sécurité et à la santé des travailleurs.

En outre, les inspections du travail recourent de plus en plus aux technologies et à l'IA pour affiner leurs priorités et la définition de cibles, au moyen d'algorithmes qui facilitent l'identification d'indices de fraude ou d'infraction.

- Le Secrétariat d'État au Travail et à la Prévoyance sociale du Mexique déploie un système innovant qui utilise des modèles de projection des dangers pour optimiser les inspections des lieux de travail (STPS 2024). Le nouvel outil analysera 1,5 million d'inspections passées pour identifier les domaines présentant une plus forte probabilité d'infractions, ce qui améliorera la précision des inspections à venir. Les inspections assistées par l'IA affichent un taux d'efficacité de 94 pour cent (Moncada 2024). De plus, l'outil peut détecter des tendances relatives aux maladies et aux risques professionnels, fournissant ainsi de précieuses données pour les mesures préventives (STPS 2024). Ces informations seront communiquées à l'Institut mexicain de sécurité sociale pour faciliter l'identification des entreprises et des lieux de travail où les accidents du travail, les incapacités de travail récurrentes ou les plaintes sont les plus nombreux (Gascón 2025).
- L'Autorité norvégienne d'inspection du travail a mis au point un outil d'analyse prédictive qui utilise des mégadonnées pour identifier les entreprises à haut risque qui feront l'objet d'inspections de la sécurité et de la santé au travail¹⁰⁶. L'outil analyse diverses sources de données pour cibler les inspections plus efficacement, ce qui améliore la précision des interventions.

2.3.3 Normes et directives techniques volontaires

En vue de compléter les cadres réglementaires, de nombreux pays ont instauré des normes, des directives techniques et des bonnes pratiques volontaires pour garantir la sécurité et la santé au travail dans le cadre de la transformation numérique. Si ces initiatives ne sont pas juridiquement contraignantes, elles fournissent de précieuses recommandations à l'appui d'une adoption sûre, saine et responsable des nouvelles technologies sur le lieu de travail.

Certaines directives sont axées sur la promotion de l'utilisation des technologies numériques pour améliorer la SST, en renforçant la gestion des risques.

¹⁰⁵ À savoir Filcams CGIL (Federazione Italiana Lavoratori Commercio Albergo Mensa e Servizi) et Fisascat CISL (Federazione Italiana Sindacati Addetti Servizi Commerciali Affini e Turismo).

¹⁰⁶ <https://osha.europa.eu/en/publications/future-role-big-data-and-machine-learning-health-and-safety-inspection-efficiency>

- En Argentine, le livre blanc sur la numérisation au service de la prévention des risques au travail¹⁰⁷ publié par le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Sécurité sociale décrit des stratégies d'utilisation des technologies numériques pour améliorer la prévention des risques sur le lieu de travail. Il étudie la numérisation, l'IA et l'analyse des données en tant qu'outils pour moderniser les pratiques de SST et améliorer la protection des travailleurs. Il met l'accent sur les approches collaboratives et formule des recommandations pour intégrer les outils numériques aux systèmes d'évaluation et de gestion des risques.
- Au Canada (Colombie britannique), WorkSafeBC promeut l'utilisation d'outils numériques pour gérer la sécurité et la santé au travail. Ainsi, la trousse à outils de planification de la sécurité et de la santé destinée aux employeurs¹⁰⁸ permet aux employeurs de suivre les données sur les accidents et les demandes d'indemnisation, d'analyser les performances de sécurité et d'identifier des tendances pour étayer la planification future en termes de sécurité et de santé. Elle permet aux employeurs de comparer leurs résultats en matière de sécurité aux normes du secteur, de prévoir les risques potentiels et d'intégrer les données sur la santé et la sécurité à la planification financière.
- En France, la publication *Intelligence artificielle au service de la santé et sécurité au travail: Enjeux et perspectives à l'horizon 2035*¹⁰⁹ de l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles étudie comment l'IA pourrait transformer la prévention des risques sur le lieu de travail et améliorer les conditions de travail à l'horizon 2035. Elle se concentre notamment sur les applications d'IA pour l'analyse des accidents, l'épidémiologie et la robotique de pointe.

D'autres directives se concentrent sur les risques et les défis de SST associés à la numérisation, en particulier à l'automatisation et à la robotique. Elles concernent parfois un secteur ou un risque précis.

- En Australie, la publication *Guidelines for Safe Collaborative Robot Design and Implementation*¹¹⁰ du Centre pour la sécurité et la santé au travail du gouvernement de Nouvelle-Galles du Sud recense des points essentiels à prendre en considération concernant l'utilisation des cobots, notamment les interactions sûres, la conception, les listes de contrôle pour les lieux de travail et les évaluations des risques.
- Aux États-Unis, l'Institut américain de normalisation et l'Association des industries robotiques ont créé la première norme de sécurité pour les robots industriels en 1986 (*American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety requirements*), mise à jour en permanence pour gérer de nouveaux risques, notamment la robotique collaborative. Par ailleurs, l'Administration de la sécurité et de la santé au travail et le NIOSH, en collaboration avec l'Association pour la promotion de l'automatisation, ont révisé certaines parties du document *Occupational Safety and Health Administration Technical Manual*¹¹¹ afin d'y inclure des mesures de sécurité pour les systèmes de robotique mobile et collaborative.
- En France, le document *Prévention dans le domaine de la robotique collaborative*¹¹² donne des informations sur la mise en œuvre sûre des cobots, notamment sur la prévention des risques.
- L'Institut de santé publique du Chili a publié des orientations sur la numérisation et l'automatisation au travail¹¹³ qui examinent les répercussions des nouvelles technologies sur la SST et la productivité, et donnent des informations sur la gestion des risques associés à une intégration numérique accrue dans divers secteurs d'activité. Le guide souligne l'importance d'une mise en œuvre responsable au profit du bien-être et du rendement des travailleurs, en traitant de thèmes comme les risques ergonomiques, la manipulation des données et la sécurité des tâches automatisées.

¹⁰⁷ Libro Blanco: Digitalización para la Prevención de Riesgos en el Trabajo

¹⁰⁸ Employer Health & Safety Planning Tool Kit

¹⁰⁹ Intelligence artificielle au service de la santé et sécurité au travail

¹¹⁰ Guidelines for Safe Collaborative Robot Design and Implementation

¹¹¹ Industrial Robot Systems and Industrial Robot System Safety

¹¹² Prévention dans le domaine de la robotique collaborative

¹¹³ Digitalización y Automatización en el Trabajo



© iStock/AndreyPopov

- En Nouvelle-Zélande, WorkSafe a publié le document *Guidelines on Automation and Robotics*¹¹⁴ pour aider les entreprises à gérer les risques associés au recours à l'automatisation, y compris à la robotique, encourageant l'adoption de mesures proactives comme les audits de la sécurité, la formation et la participation des travailleurs au processus de mise en œuvre. Des directives par secteur d'activité ont également été publiées en Nouvelle-Zélande. Par exemple, le document *Construction Health and Safety Guidelines*¹¹⁵ contient des recommandations pour la gestion des machines automatisées et la publication *Telecommunications Information Privacy Code*¹¹⁶ traite de l'automatisation et des technologies numériques dans le secteur des télécommunications.
- En Irlande, le document *Psychosocial Risk Assessment: Guidance for Exposure to Sensitive Content*¹¹⁷ a été préparé par l'Autorité de santé et de sécurité et l'organisme recevant les plaintes (State Claims agency) pour aider les organisations employant des personnes que leurs tâches exposent à des contenus sensibles, par exemple les modérateurs de contenu, ou d'autres personnes pouvant être exposées inopinément dans le cadre de leurs fonctions. Il fournit des informations détaillées sur l'évaluation des risques, et sur l'utilisation de la hiérarchie des mesures de contrôle.

Certaines directives se concentrent sur les implications de l'éthique de l'IA sur la sécurité au travail, en particulier dans le cadre de la gestion algorithmique et d'un déploiement responsable.

¹¹⁴ [Guidelines on Automation and Robotics](#)

¹¹⁵ [Safe use of machinery](#)

¹¹⁶ [Telecommunication Information Privacy Code 2020](#)

¹¹⁷ [The Psychosocial Risk Assessment: Guidance for Exposure to Sensitive Content](#)

- Les publications sur les principes éthiques de l'IA de l'Australie¹¹⁸ et de la Nouvelle-Zélande¹¹⁹ promeuvent une utilisation sûre et responsable de l'IA, en encourageant les entreprises à tenir compte des risques pour la SST, la sécurité des travailleurs et le respect de la vie privée.
- Le document *AI Ethics Principles and Guidelines*¹²⁰ des Émirats arabes unis et la publication *Model AI Governance Framework*¹²¹ de Singapour mettent l'accent sur la transparence, la responsabilité et l'équité dans les applications d'IA.

Les organisations d'employeurs encouragent activement une intégration responsable des technologies numériques, et donnent des orientations à leurs membres.

- Aux États-Unis d'Amérique, l'Association des industries robotiques¹²² a publié des prescriptions de sécurité¹²³ pour les robots industriels mobiles, qui décrivent les principaux dangers associés à ces robots en milieu industriel et expliquent comment éliminer ou réduire de manière satisfaisante les risques associés.
- Au Japon, le Programme de sécurité robotique et de formation des travailleurs de la Fédération japonaise du fer et de l'acier a publié des prescriptions destinées aux exploitants ou aux fournisseurs de robots de service¹²⁴. Il s'agit de règles pour l'évaluation des risques, la gestion de la sécurité, l'éducation, les systèmes d'exploitation, les systèmes de gestion et d'autres mesures que les fournisseurs de robots de service devraient appliquer afin d'assurer la sécurité de ces robots présents dans les espaces publics.

2.3.4 Initiatives de sensibilisation

Les initiatives de sensibilisation jouent un rôle essentiel pour diffuser l'information et encourager des pratiques sûres et saines en vue de garantir que les nouvelles technologies contribuent à des lieux de travail plus sûrs et plus sains. Elles peuvent être organisées par les pouvoirs publics, les organismes de SST ou les organisations d'employeurs et de travailleurs, sous forme de campagnes, d'ateliers, de conférences, de webinaires, de podcasts et de réseaux, ou encore de matériels promotionnels comme des rapports et des fiches d'information.

Partout dans le monde, les pouvoirs publics et les organismes de SST ont conçu des initiatives de sensibilisation axées sur les effets des technologies numériques sur la SST.

- Divers États membres de l'UE mènent des campagnes de sensibilisation dans le cadre des campagnes Lieux de travail sains de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail 2023-2025, consacrées au travail sûr et sain à l'ère numérique (voir page 43).
- Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail publie des fiches d'information comme *Intégration de nouvelles technologies en milieu de travail*¹²⁵, décrivant les dangers potentiels des technologies numériques et les mesures de gestion des risques associées. D'autres fiches d'information sont consacrées à des technologies spécifiques comme les robots et les cobots¹²⁶ et les exosquelettes¹²⁷, et fournissent des orientations détaillées pour la gestion des risques.
- En Finlande, les entreprises sont invitées à participer au défi «AI Ethics Challenge»¹²⁸ et peuvent, dans ce cadre, discuter de règles éthiques pour l'utilisation de l'IA.

¹¹⁸ [AI Ethics Principles \(Australie\)](#)

¹¹⁹ [Artificial Intelligence Ethics Framework \(Nouvelle-Zélande\)](#)

¹²⁰ [Ethical AI Toolkit \(Dubai\)](#)

¹²¹ [Singapore's Model AI Governance Framework](#)

¹²² Groupe professionnel au service de l'industrie robotique en Amérique du Nord, fondé en 1974

¹²³ [Industrial Mobile Robots - Safety Requirements](#)

¹²⁴ [New JIS as Safety Standards for Robot Services Established](#)

¹²⁵ [Intégration de nouvelles technologies en milieu de travail](#)

¹²⁶ [Robots et robots collaboratifs](#)

¹²⁷ [Exosquelettes](#)

¹²⁸ [Ministère des Affaires économiques et de l'Emploi, Finlande](#)

- En Inde, le ministère du Travail et de l'Emploi, en collaboration avec des organismes sectoriels, sensibilise aux risques de l'IA et de l'automatisation, en particulier dans les secteurs d'activité où la transformation numérique est en cours¹²⁹.
- Au Mexique, le Secrétariat du Travail et de la Prévoyance sociale anime des ateliers pour aider les entreprises de secteurs comme l'industrie manufacturière, l'automobile et la logistique à intégrer l'IA et la robotique en toute sécurité, en se concentrant sur la prévention des accidents et sur les risques mentaux dans les environnements de travail numériques¹³⁰.
- En Arabie saoudite, la sixième Conférence mondiale saoudienne sur la sécurité et la santé au travail (mai 2024)¹³¹, parrainée par le ministère des Ressources humaines et du Développement social, s'est concentrée sur les répercussions de la transformation technologique sur la SST.
- En Afrique du Sud, l'initiative The Future of Work Safety¹³² promeut l'adoption sûre de l'IA et de l'automatisation dans des secteurs comme l'exploitation minière et l'industrie manufacturière.
- Aux États-Unis d'Amérique, le NIOSH a publié plusieurs rapports sur le rôle de l'IA et de l'automatisation dans la SST, abordant les risques liés à la robotique et aux systèmes reposant sur l'IA au travail¹³³. Il a également produit un webinaire sur le rôle de l'intelligence artificielle dans l'avenir du travail¹³⁴. Le Conseil national de sécurité des États-Unis et Safetytech Accelerator ont corédigé un rapport sur les solutions propulsées par l'IA pour la prévention des troubles musculosquelettiques¹³⁵.

Les organisations d'employeurs promeuvent aussi activement l'intégration de technologies numériques responsables, en organisant des événements de sensibilisation et en produisant des rapports et des guides.

- L'Union industrielle d'Argentine promeut le programme «Ruta X»¹³⁶, qui soutient la transformation numérique, en particulier dans les PME. Le Centro de Industria X¹³⁷ fait partie de ce programme; il héberge des ateliers sur la transformation et l'accélération numérique, en mettant en avant des solutions de SST innovantes comme la détection des risques basée sur l'IA.
- Au Brésil, la Confédération nationale de l'industrie promeut la transformation numérique et aide les entreprises à faire face aux risques qu'elle comporte¹³⁸.
- Au Chili, suite à une table ronde sur la transformation numérique et l'intelligence artificielle, la Confédération de la production et du commerce a préparé des propositions pour relever les défis dans ce domaine, centrées sur la formation, la productivité et la collaboration¹³⁹.
- La Confédération hongroise des employeurs et des industriels a mené une enquête sur l'offre de main-d'œuvre et de qualifications, soulignant la nécessité de doter les travailleurs de compétences numériques pour se préparer à la transition numérique¹⁴⁰.
- La Confédération des employeurs de la République mexicaine promeut une adoption responsable de l'IA et des technologies numériques, en se concentrant sur l'éducation et la formation aux compétences numériques¹⁴¹.
- En Irlande, la Confédération irlandaise des entreprises et des employeurs a hébergé un séminaire sur l'adoption des technologies pour gérer la SST¹⁴², axé sur les solutions numériques, le respect des

¹²⁹ Ministère du Travail et de l'Emploi – Sécurité sur le lieu de travail

¹³⁰ Mexico revises regulations to improve machinery safety

¹³¹ The Minister of Human Resources and Social Development Inaugurates the Global Conference for Occupational Safety and Health Under the Theme Scanning the Horizon

¹³² Département de l'Emploi et du Travail, République sud-africaine

¹³³ Occupational Safety and Health Equity Impacts of Artificial Intelligence: A Scoping Review

¹³⁴ The Role of Artificial Intelligence in the Future of Work

¹³⁵ <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-emerging-technologies-for-the-prevention-of-msd/>

¹³⁶ <https://www.uia.org.ar/ciencia-tecnologia-e-innovacion/3880/agenda-40-la-uia-lanzo-ruta-x-x/>

¹³⁷ <https://rutax.uia.org.ar/centroX>

¹³⁸ Especialista orienta sindicatos sobre comunicação digital

¹³⁹ <https://www.cpc.cl/desafio-transformacion-digital/?lang=es>

¹⁴⁰ Labour and skills supply in different regions of Hungary - trends and challenges

¹⁴¹ COPARMEX's "Connecting Mexico" Project

¹⁴² Embracing technology for managing occupational safety and health

obligations et les politiques, et a partagé des études de cas et des bonnes pratiques. L'Association des minéraux industriels a également organisé un séminaire en 2024 sur le suivi de l'exposition à la poussière et la santé et la sécurité au travail à l'ère numérique¹⁴³.

- En Italie, Confindustria Brescia a organisé une réunion sur l'intelligence artificielle et les PME¹⁴⁴, dans le cadre de présentations itinérantes sur la numérisation auxquelles participent 700 entreprises.

Les syndicats, très actifs, mènent des campagnes de sensibilisation et conçoivent des ressources pour que la sécurité et la santé des travailleurs reste une priorité dans l'adoption des nouvelles technologies. Ils concentrent leurs efforts sur la promotion d'une transition numérique respectueuse des droits des travailleurs, en créant des lieux de travail plus sûrs, plus sains et plus inclusifs dans un paysage technologique qui évolue.

- En Argentine, le projet «SinDigital» a fourni de précieuses informations en publiant le rapport *Technology and Digital Transformation: A Challenge for Trade Unions*¹⁴⁵. Une enquête sur 27 organisations représentant 1,3 million de travailleurs a étudié l'impact de la numérisation sur les conditions de travail et les activités syndicales, notamment la manière dont les outils numériques affectent la gestion des données dans les syndicats.
- En Colombie, l'Association nationale des professionnels de la santé, de la sécurité et de l'environnement a lancé une série de podcasts sur le rôle de l'IA dans la transformation de la SST, sur des thèmes comme la numérisation de la SST avec l'IA, la création d'une culture de sécurité et la gestion des risques technologiques sur le lieu de travail¹⁴⁶.
- En Allemagne, IG Metall promeut une utilisation éthique de l'IA dans l'industrie manufacturière, en insistant sur la participation des travailleurs au déploiement des technologies et à la sensibilisation aux risques algorithmiques¹⁴⁷. Par ailleurs, UNI Global Union a publié *Algorithmic Management – Awareness, Risks and Response of the Social Partners*¹⁴⁸, exhortant les syndicats à renforcer les capacités et la collaboration pour que la gestion algorithmique et ses risques soient mieux couverts par les conventions collectives.
- Le Congrès philippin des syndicats a lancé des campagnes sur l'impact de la numérisation sur la sécurité de l'emploi et la SST, plaidant en faveur de réglementations nationales sur l'IA qui protègent les droits des travailleurs¹⁴⁹. Ses programmes de formation promeuvent des pratiques sûres avec l'IA, et aident les travailleurs à s'adapter à l'automatisation et aux environnements numériques.
- En Espagne, les commissions ouvrières et l'Union générale des travailleurs ont produit des rapports pour soutenir la négociation collective et former les comités d'entreprise aux questions liées aux algorithmes et à la protection des données. L'Union générale des travailleurs a également publié le rapport *Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector*¹⁵⁰, axé sur la formation aux compétences numériques des travailleurs et des syndicats.
- Au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, le Congrès des syndicats a publié le rapport *Shaping Our Digital Future*¹⁵¹ qui étudie la négociation collective portant sur les technologies et souligne la nécessité de protéger les travailleurs des pressions excessives liées à la performance et d'une surveillance constante souvent associées au milieu de travail reposant sur l'IA. Ce rapport s'inscrit dans le cadre plus large du manifeste *Dignity at Work and the AI Revolution*¹⁵², qui promeut une utilisation de l'IA équitable et transparente, en mettant en évidence les préoccupations relatives à la sécurité de l'emploi, aux conditions de travail et à la santé mentale.

¹⁴³ IMA-Europe 2024 OSH Seminar: Dust Exposure Monitoring and Health and Safety in the Digital Age

¹⁴⁴ Artificial intelligence and SMEs: experiences from a present future

¹⁴⁵ Technology and digital transformation: A challenge for trade unions

¹⁴⁶ Digitalizando la SST con IA; Transformación IA buscando una cultura de Seguridad; Inteligencia Artificial en el mundo de la SST

¹⁴⁷ Promoting human-centred AI in the workplace. Trade unions and their strategies for regulating the use of AI in Germany

¹⁴⁸ Algorithmic Management - Awareness, Risks and Response of the Social Partners

¹⁴⁹ Towards building worker and trade union in the Philippines

¹⁵⁰ Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector

¹⁵¹ Shaping our digital Future

¹⁵² Dignity at Work and the AI Revolution - A TUC manifesto



© iStock/RealPeopleGroup

2.3.5. Programmes de formation

Dans de nombreux pays, les pouvoirs publics et d'autres organismes ont conçu des programmes de formation pour aider les employeurs et les travailleurs à gérer les risques associés aux technologies numériques sur le lieu de travail. Certaines initiatives portent sur les technologies numériques en général, et d'autres se concentrent sur l'IA, souvent en combinaison avec la robotique ou l'automatisation, dans des secteurs précis comme l'industrie manufacturière, l'extraction minière et l'énergie.

- Au Brésil, le Service social pour l'industrie ¹⁵³ propose des formations dans des secteurs touchés par la transformation numérique, axées sur des interactions sûres avec les robots, l'IA et d'autres outils numériques. Ses programmes mettent l'accent sur les risques ergonomiques de l'automatisation et de l'IA, et sur les effets sur la santé mentale d'une numérisation accrue.

¹⁵³ Service social pour l'industrie (SESI)

- Au Canada, Workplace Safety and Prevention Services¹⁵⁴ propose des formations à la sécurité numérique, en particulier dans des secteurs comme l'industrie manufacturière, la construction et l'agriculture, qui mettent l'accent sur les risques associés à l'IA et à la robotique, notamment sur les problèmes ergonomiques et l'impact psychologique des technologies numériques.
- Safe Work Australia¹⁵⁵ assure également des formations des travailleurs et des employeurs de secteurs comme la construction, la logistique et l'industrie manufacturière. Les programmes portent sur des interactions sûres avec les outils reposant sur l'IA et les systèmes robotiques, et sur le développement continu des compétences en réponse à la transformation numérique.
- Au Chili, la Commission nationale de certification des compétences professionnelles (ChileValora)¹⁵⁶ propose des formations aux travailleurs des secteurs à haut risque comme l'extraction minière, l'industrie manufacturière et l'énergie, qui portent sur les protocoles de sécurité pour l'IA et la robotique, et sur les effets psychologiques de la transformation numérique.
- Le programme national pour l'intelligence artificielle¹⁵⁷ des Émirats arabes unis propose des formations pour renforcer les compétences en IA des employés du secteur public, l'objectif étant de les outiller pour gérer l'intégration de l'IA dans leurs secteurs respectifs.
- En Pologne, l'Institut central pour la protection du travail¹⁵⁸ assure des formations pour l'intégration sûre de l'IA et de la robotique dans des secteurs comme l'industrie manufacturière, la logistique et les soins de santé. Ces formations portent sur la sécurité robotique, l'intégration de l'IA aux évaluations des risques et l'importance de l'ergonomie, et sur les mesures d'atténuation des risques psychosociaux et de promotion de la santé mentale sur le lieu de travail numérique.
- À Singapour, le Conseil pour la sécurité et la santé au travail¹⁵⁹ propose des programmes de certification pour informer les entreprises sur les effets de la transformation numérique sur la sécurité, en particulier dans des secteurs à haut risque comme la construction et la logistique. La formation est axée sur le déploiement sûr des systèmes d'IA, de la robotique et des dispositifs portables de contrôle de la sécurité, et traite des conséquences psychologiques de l'automatisation.

2.3.6. Recherches sur les effets de la numérisation sur la SST

Il est crucial de mener des recherches pour comprendre et gérer les défis évolutifs de la numérisation sur la sécurité et la santé au travail. Les recherches jouent un rôle clé en fournissant aux gouvernements, aux employeurs et aux travailleurs des informations fiables sur l'impact des technologies numériques, qui leur permettent d'identifier les priorités et de prendre des mesures éclairées pour promouvoir et protéger la sécurité et la santé des travailleurs. Les initiatives axées sur les différents aspects de la numérisation au travail prennent diverses formes (subventions, programmes de doctorat et conférences universitaires) qui stimulent la collaboration et élargissent les connaissances dans ce domaine.

- En Autriche, l'initiative Work NEW 4.0¹⁶⁰ menée par le ministère fédéral du Travail et de l'Économie se concentre sur l'impact de la numérisation, de l'automatisation et de l'IA sur la SST. Elle étudie à la fois les avantages, comme le contrôle de la sécurité reposant sur l'IA, et les défis, tels les problèmes de santé mentale et les suppressions d'emplois. Elle encourage la collaboration entre les universitaires, les entreprises et les organismes gouvernementaux pour veiller à une intégration sûre de ces technologies.
- Au Canada, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail a lancé la publication régulière *Bulletin de veille scientifique sur l'intelligence artificielle et la SST*¹⁶¹. Cette initiative vise à éclairer les parties prenantes sur les recherches consacrées aux technologies émergentes, leurs répercussions sur la sécurité au travail et des stratégies potentielles pour intégrer l'IA en vue d'améliorer les pratiques de SST.

¹⁵⁴ Workplace Safety and Prevention Services (WSPS)

¹⁵⁵ Safe Work Australia

¹⁵⁶ ChileValora

¹⁵⁷ <https://u.ae/en/information-and-services/jobs/training-and-development/online-training/national-program-for-artificial-intelligence>

¹⁵⁸ Central Institute for Labour Protection

¹⁵⁹ Workplace Safety and Health (WSH) Council

¹⁶⁰ https://lab.neos.eu/_Resources/Persistent/a7b52188459eaf6028338e8958683de074b3324f/ELF%20-%20Work%204.0.pdf

¹⁶¹ Nouvelle veille dédiée à l'intelligence artificielle en SST > IRSST: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

- Au Chili, la Direction de la sécurité sociale finance divers rapports et recherches: utilisation de l'IA et des dispositifs portables pour le contrôle de la sécurité en temps réel, en se concentrant sur des secteurs comme l'extraction minière, la sylviculture et l'agriculture¹⁶², recours à l'IA pour l'évaluation biomécanique de la démarche à l'aide de caméras conventionnelles¹⁶³, conseils numériques pour la gestion des risques¹⁶⁴ et efficacité des programmes de réalité virtuelle pour promouvoir la prévention des risques¹⁶⁵.
- Le réseau néo-zélandais Robotics, Automation, and Sensing¹⁶⁶ rassemble des experts pour discuter des conséquences de la robotique et de l'automatisation sur la sécurité, et organise des conférences qui explorent l'avenir du travail et de la sécurité des travailleurs dans un monde numérisé.
- En Suède, le groupe de recherche New World of Work¹⁶⁷ de l'Institut Karolinska étudie comment les systèmes algorithmiques affectent la santé, la sécurité et le bien-être des travailleurs, et s'intéresse aux négociations entre les travailleurs et les employeurs durant la mise en œuvre de ces technologies.
- Aux États-Unis d'Amérique, le NIOSH soutient des recherches sur l'IA et la robotique pour améliorer la sécurité au travail. Il octroie des subventions à des projets utilisant l'IA pour prédire les accidents, automatiser les protocoles de sécurité et procéder à des ajustements ergonomiques. Il finance également des recherches sur les systèmes reposant sur l'IA, comme les exosquelettes, pour réduire les risques de blessures, et sur les applications d'apprentissage automatique pour analyser les données sur la sécurité¹⁶⁸.

¹⁶² SUSESO: Prensa - PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES PROFESIONALES AÑO 2023: RESULTADOS PROCESO DE ADJUDICACIÓN

¹⁶³ <https://www.suseso.cl/619/w3-article-732234.html>

¹⁶⁴ <https://www.suseso.cl/619/w3-article-732253.html>

¹⁶⁵ https://www.suseso.cl/619/articles-672238_archivo_01.pdf

¹⁶⁶ <https://www.nzras.org.nz/>

¹⁶⁷ <https://ki.se/en/research/research-areas-centres-and-networks/research-groups/the-new-world-of-work-theo-bodins-research-group>

¹⁶⁸ Research Grant Funding | Extramural Research | CDC





2.4 Gestion de la numérisation et de la SST au travail

Des actions sur le lieu de travail efficaces, auxquelles les travailleurs participent activement, sont essentielles pour garantir que la conception et la mise en œuvre de nouvelles technologies sur les lieux de travail renforcent la SST. À l'heure où les nouvelles technologies transforment la nature du travail, les lieux de travail doivent mettre en œuvre des mesures ciblées pour gérer les risques émergents. Ces mesures doivent être soigneusement adaptées aux besoins spécifiques des travailleurs et aux défis posés par les progrès technologiques. En adoptant des stratégies proactives, les entreprises peuvent s'assurer que les technologies ne compromettent pas, mais au contraire améliorent la sécurité et le bien-être des travailleurs.

Au niveau du lieu de travail, la numérisation peut s'accompagner de défis importants, tels ceux liés à l'automatisation ou à la surveillance numérique. Optimiser les possibilités et relever les défis implique une démarche collaborative amenant les travailleurs et leurs représentants à participer activement à l'élaboration des mesures et des solutions. Les travailleurs devraient être associés à chaque étape de la mise en œuvre d'une nouvelle technologie, notamment son choix, la définition de son rôle et de sa finalité, sa mise en place et son examen en continu. Grâce au dialogue et à la collaboration, les travailleurs et les employeurs peuvent développer ensemble des stratégies pour l'utilisation sûre des technologies numériques, contribuant ainsi à s'assurer que ces progrès favorisent la santé et la sécurité des travailleurs.

Dans cette optique, il est essentiel d'établir de solides systèmes de gestion de la SST afin de gérer de manière proactive les risques engendrés par la numérisation et par l'IA.

2.4.1 Mise en œuvre d'un système complet de gestion de la SST

Alors que les organisations intègrent des outils numériques, l'IA et l'automatisation à leurs activités, un solide système de gestion de la SST garantit que la priorité est donnée à la sécurité et à la santé, ainsi qu'à l'adaptation aux progrès technologiques. Un tel système devrait être mis en œuvre en consultation avec les travailleurs et leurs représentants à tous les niveaux. Selon les Principes directeurs concernant les systèmes de gestion de la sécurité et de la santé au travail ILO-OSH 2001, ce système se compose des éléments principaux suivants:

- **Politique:** Formulation d'une politique de SST claire qui reflète l'engagement de l'organisation en faveur de la sécurité et de la santé, y compris dans le contexte de l'intégration de nouvelles technologies et de l'introduction de nouveaux processus. Cette politique doit être approuvée dans le cadre d'un processus tripartite et respecter les dispositions de la convention n° 155.
- **Organisation:** Définition des rôles et des responsabilités de la SST, en veillant à ce que la direction s'investisse et en promouvant la participation active et la consultation des travailleurs, en particulier pour l'intégration de nouvelles technologies et des mesures de SST associées.
- **Planification et mise en œuvre:** Identification systématique des dangers et évaluation de tous les risques, y compris ceux associés aux nouvelles technologies, notamment l'IA et les outils numériques, et mise en œuvre de mesures de prévention et de protection adaptées à ces innovations.
- **Évaluation:** Surveillance et mesure de la performance de la SST, notamment de l'efficacité des contrôles liés aux nouvelles technologies, et audits réguliers pour vérifier le respect des normes de SST.
- **Action en vue de l'amélioration:** Mise en œuvre d'actions correctives basées sur des évaluations et efforts en vue d'une amélioration continue. Cela implique de réviser les politiques et les procédures de SST pour gérer les risques évolutifs posés par les changements impulsés par les technologies sur le lieu de travail.

2.4.2 Conseil, information et formation des travailleurs

Faire en sorte que les travailleurs soient bien informés sur les nouvelles technologies et leurs risques potentiels, et qu'ils participent activement à la mise en œuvre des mesures de prévention, est crucial pour un milieu de travail sûr et sain.

Comme le précise la convention n° 155, les travailleurs et leurs représentants doivent être utilement consultés avant l'introduction de nouvelles technologies ayant des répercussions sur la SST, pour s'assurer qu'ils ont leur mot à dire dans les décisions qui affectent directement leur travail. Cette consultation doit être proactive, et donner aux travailleurs des occasions d'exprimer des préoccupations, de formuler des observations et de peser sur les décisions relatives aux modalités de mise en œuvre et à la gestion des nouvelles technologies sur le lieu de travail. Les recherches montrent qu'une participation active des travailleurs aux processus décisionnels peut améliorer la sécurité et l'acceptation des nouvelles technologies (EU-OSHA 2024b).

Être consultés et participer aide aussi les travailleurs à se sentir plus sûrs d'eux et soutenus pour s'adapter à de nouveaux systèmes. Le savoir-faire et les connaissances des travailleurs et de leurs syndicats sont également cruciaux pour créer les meilleures solutions. Leur implication peut faciliter l'identification de risques qui n'apparaissent pas toujours clairement pendant les phases de planification ou de conception, et garantit que les solutions sont adaptées aux besoins réels des travailleurs. Cette approche promeut une culture positive de la SST, où les travailleurs sont non seulement formés mais aussi impliqués et façonnent leur milieu de travail de manière responsable. De plus, les employeurs doivent veiller à ce que les processus de consultation soient inclusifs, en tenant compte des différents besoins des travailleurs. Une culture de consultation et de participation des travailleurs encourage également le signalement des risques potentiels sans crainte de représailles, ce qui facilite l'identification et la résolution rapides et efficaces des problèmes. En associant les travailleurs au processus, les employeurs promeuvent un environnement où la sécurité et le bien-être sont des priorités partagées.

Assurer la participation réelle des travailleurs et une mise en œuvre sûre des technologies numériques impose aux employeurs de proposer une formation continue complète qui dote les travailleurs des connaissances et des compétences adéquates, notamment pour comprendre les procédures opérationnelles, reconnaître les dangers potentiels, appliquer des mesures de prévention et savoir comment réagir en cas de panne ou de situation d'urgence. La formation doit être un processus continu, adapté pour intégrer les avancées technologiques et les évolutions des pratiques de travail. Les employeurs doivent veiller à ce que tous les travailleurs puissent accéder à leurs supports de formation et les comprendre, en tenant compte de facteurs comme la diversité linguistique et le niveau de maîtrise de la lecture et de l'écriture.

2.4.3 Gestion des risques nouveaux et émergents au moyen d'une solide évaluation des risques

L'intégration de nouvelles technologies sur le lieu de travail nécessite une évaluation approfondie des risques pour la SST, avec la pleine participation des travailleurs. En plus d'évaluer le lieu de travail physique et des équipements comme les dispositifs portables, les robots et les machines, il convient aussi gérer les risques associés aux processus numérisés, notamment la gestion algorithmique, les systèmes de surveillance intelligents et l'automatisation.

Gérer les risques implique d'identifier les dangers potentiels, d'évaluer la probabilité et la gravité des risques associés et de déterminer des mesures de contrôle appropriées pour atténuer ces risques, selon la hiérarchie des mesures de contrôle. Cette évaluation doit tenir compte des complexités des technologies émergentes; en effet, les systèmes algorithmiques et l'automatisation, du fait de leur nature évolutive, posent des problèmes importants. Les évaluations des risques doivent se concentrer non seulement sur les technologies directement liées aux processus de travail ou de production, mais aussi sur celles conçues pour améliorer la SST, ces dernières étant susceptibles d'entraîner fortuitement de nouveaux risques, en particulier des risques psychosociaux.

Les risques au travail évoluent en même temps que les technologies. De nouvelles mises à jour logicielles, des mises à niveau des systèmes ou des modifications des processus de travail peuvent générer des risques imprévus, nécessitant un examen et une adaptation continus des mesures de prévention en matière de SST. Pour gérer ces risques de manière proactive, les employeurs doivent les évaluer régulièrement et chaque fois que la mise en place d'une nouvelle technologie est prévue. Cette approche permet aux entreprises d'identifier et de mettre en œuvre rapidement des mesures de prévention adaptées, pour assurer une transition plus sûre vers des environnements de travail numérisés. Se tenir informé des progrès technologiques et des changements réglementaires, mais aussi recueillir les observations des travailleurs, renforce la capacité à détecter et gérer efficacement les risques émergents.

Les technologies numériques peuvent renforcer le processus d'évaluation des risques en fournissant des données en temps réel, des simulations et des analyses prédictives. Les outils numériques d'évaluation des risques, tels les systèmes de détection des dangers reposant sur l'IA, les capteurs portables et les plateformes d'analyse de données évoluées peuvent faciliter l'anticipation de risques potentiels. Cependant, si ces outils fournissent de précieuses informations, ils ne doivent pas remplacer une supervision humaine. Pour que les évaluations technologiques soient complètes et précises, il est essentiel de les combiner avec le jugement d'experts, la consultation des travailleurs et la connaissance du contexte. Se reposer uniquement sur des évaluations numériques peut créer des angles morts, en particulier concernant les risques psychosociaux et l'impact plus large des changements technologiques sur l'organisation du travail. En combinant savoir-faire humain et outils numériques dans les évaluations des risques pour la SST, les lieux de travail peuvent adopter une approche proactive équilibrée pour gérer les risques associés aux technologies émergentes.



Surtout, l'employeur doit associer activement les travailleurs et leurs représentants au processus d'évaluation des risques. Leurs éclairages et leurs expériences sont inestimables pour identifier des risques qui ne sont pas forcément immédiatement apparents, en particulier ceux liés à des facteurs psychosociaux et à l'organisation du travail. Les observations des travailleurs assurent que l'évaluation des risques est complète et pertinente pour les personnes directement touchées par les changements technologiques. Cette approche participative nourrit également un sentiment d'appropriation et de coopération conduisant à une mise en œuvre plus efficace des mesures d'atténuation.



Intégrer les nouvelles technologies à la gestion des risques pour améliorer la SST

Les systèmes reposant sur l'IA transforment l'approche traditionnelle d'évaluation des risques sur le lieu de travail car ils sont capables de détecter les menaces, de les analyser et d'y réagir rapidement. En examinant de vastes volumes de données provenant de sources variées, notamment des réseaux de capteurs, des dispositifs portables et des registres des incidents, les algorithmes d'IA peuvent identifier les dangers potentiels et prédire les risques en temps réel (O'Brien 2023). Cette évaluation proactive des risques permet d'intervenir et de prendre des mesures préventives en temps utile pour limiter les accidents et les blessures (Safetytech Accelerator 2024).

Les technologies innovantes jouent un rôle clé dans la prévention et le contrôle des risques. Comme toutes les mesures de prévention sur le lieu de travail, elles doivent être mises en œuvre selon la hiérarchie des mesures de contrôle. L'exemple ci-dessous montre comment mettre en place des technologies innovantes en fonction de cette hiérarchie.

		Espaces confinés	Troubles musculosquelettiques	Chantiers
Le plus efficace  Le moins efficace 	Élimination Supprimer physiquement le danger	Remplacer l'entrée physique par des drones ou des chenilles robotisées	Automatisation robotisée des processus pour les tâches répétitives	Robots pour éviter aux travailleurs les tâches et environnements dangereux
	Substitution Remplacer le danger	Simulations immersives en réalité virtuelle pour le développement de compétences	Exosquelettes pour faciliter la manutention manuelle de charges lourdes Cobots pour partager la charge de travail	Matériaux nano-architecturés pour remplacer des substances dangereuses par d'autres plus sûres
	Mesures d'ingénierie Isoler les personnes du danger	Systèmes de surveillance en temps réel pour le suivi continu des conditions environnementales dans les espaces confinés	Vision par ordinateur pour identifier les risques ergonomiques	Capteurs et dispositifs portables pour surveiller en temps réel l'exposition des travailleurs aux dangers
	Mesures administratives Changer la façon de travailler	Systèmes de permis de travail numériques pour évaluation et autorisation avant l'entrée	Ludification et simulation des formations à l'ergonomie pour éduquer et associer les travailleurs aux bonnes pratiques	Formations en VR et en AR à la reconnaissance des dangers et aux interventions d'urgence
	EPI Protéger le travailleur avec un EPI	Détecteurs de gaz portables pour une surveillance continue et des alertes immédiates	EPI intelligent avec capteurs intégrés pour détecter et signaler les postures incorrectes ou les efforts excessifs	EPI intelligent avec capteurs intégrés pour surveiller les constantes vitales des travailleurs

Source: Safetytech Accelerator



Points importants à retenir

La numérisation remodèle le monde du travail, en offrant de nouvelles possibilités pour la SST.

- La numérisation peut renforcer la SST, notamment en réduisant l'exposition aux dangers, en améliorant la détection et la prévention des risques, en rationalisant les processus et en optimisant l'organisation du travail pour minimiser la charge de travail physique et mentale.

L'intégration des technologies numériques peut aussi entraîner de nouveaux risques physiques, organisationnels et psychosociaux qu'il convient d'évaluer et de gérer avec soin.

L'automatisation peut améliorer considérablement la sécurité et la santé au travail, en réduisant l'exposition aux dangers.

- La robotique de pointe peut éloigner les travailleurs des tâches et des environnements dangereux, par exemple des zones d'opérations ou des situations à haut risque qui exposent à des températures extrêmes ou à des substances toxiques.
- Les robots et les exosquelettes peuvent aider les travailleurs effectuant des travaux pénibles physiquement, en minimisant les troubles musculosquelettiques et en renforçant la sécurité globale.
- L'automatisation peut éviter aux travailleurs des tâches répétitives et monotones, par exemple sur les chaînes de production industrielle ou dans le cadre d'emplois administratifs (remplissage de formulaires et traitement de demandes, par exemple) au profit de responsabilités plus complexes et plus motivantes.

L'automatisation est bénéfique mais peut aussi engendrer des risques, notamment des défaillances mécaniques, des problèmes ergonomiques, l'exposition à des substances chimiques, des dangers sonores et des risques psychosociaux comme l'intensification du travail, la surcharge cognitive, l'isolement social et l'insécurité au travail.

Les outils et systèmes de surveillance intelligents pour la SST améliorent la détection et la gestion des risques, au moyen de données en temps réel et d'analyses prédictives.

- En détectant des dangers comme une mauvaise qualité de l'air, une exposition excessive au bruit et des risques ergonomiques, les dispositifs portables, les capteurs et les systèmes reposant sur l'IA préviennent les accidents et améliorent la santé des travailleurs.
- L'analyse prédictive améliore la sécurité et la santé au travail en identifiant les dangers précocement, ce qui favorise les interventions proactives et réduit le nombre d'accidents du travail.

Les dispositifs portables intelligents, notamment les EPI intelligents, améliorent la sécurité, la santé et le bien-être des travailleurs. Toutefois, pour garantir leur efficacité, il faut régler les problèmes nuisant au confort, à la facilité d'utilisation et au bon ajustement qu'ils peuvent poser à des populations de travailleurs variées.

Les problèmes de respect de la vie privée, de surveillance sur le lieu de travail et de stress découlant d'un contrôle permanent doivent être pris en considération lors de l'adoption de ces systèmes.

Les technologies de réalité étendue révolutionnent la formation à la SST et la sensibilisation aux dangers.

- La réalité virtuelle et la réalité augmentée permettent d'organiser des formations immersives et sans risques dans des environnements à haut risque; elles améliorent le maintien des compétences et la préparation aux situations d'urgence.

- Les simulations virtuelles peuvent faciliter les inspections des lieux de travail, l'identification des dangers et les évaluations ergonomiques, et réduisent les risques sur le terrain.

Pour garantir une utilisation sûre de ces technologies, il faut évaluer et gérer avec soin les risques potentiels, par exemple une visibilité bloquée, des problèmes d'équilibre, une fatigue visuelle ou une surcharge cognitive.

L'utilisation croissante de la gestion algorithmique transforme la dynamique du lieu de travail, en influant sur la manière dont les tâches sont exécutées, suivies et évaluées.

- Les systèmes de gestion algorithmique optimisent la planification, la répartition de la charge de travail et l'affectation des tâches, améliorant ainsi l'efficacité et l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée.

Une surveillance excessive, la pression pour accroître la productivité et la prise de décision automatisée peuvent limiter l'autonomie des travailleurs et augmenter le stress. Les autres risques psychosociaux potentiellement associés à la gestion algorithmique sont l'isolement social, les biais affectant le recrutement et les promotions et une collecte de données intrusive.

L'évolution vers le travail en ligne, le travail à distance et les plateformes de travail numériques redéfinissent la façon de travailler et les lieux d'exercice du travail.

- Le travail à distance et hybride (télétravail) et le travail via des plateformes renforcent la flexibilité, l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée et l'inclusion, au profit des travailleurs du soin et des travailleurs handicapés ou à mobilité réduite.

Le télétravail et le travail via des plateformes peuvent entraîner une charge de travail accrue, une surveillance numérique, un isolement social et des risques ergonomiques. Souvent, les travailleurs des plateformes sont également confrontés à l'insécurité au travail, à l'absence de protections sociales et en matière de SST et à des horaires de travail irréguliers, ce qui nuit à leur santé et à leur bien-être.

La création des technologies numériques, leur utilisation et leur élimination dépendent d'une main-d'œuvre nombreuse, et soulèvent des problèmes cruciaux en matière de SST et d'environnement.

- Les annotateurs de données, les modérateurs de contenu et les développeurs IA font face à de lourdes charges de travail, à une fatigue psychologique et à une surveillance, souvent sans protections adéquates.
- Les travailleurs des secteurs de la production des technologies et de la gestion des déchets sont souvent exposés à des risques graves pour la SST, notamment les mineurs qui extraient des minerais stratégiques comme le cobalt et le lithium dans des environnements dangereux, les ouvriers qui travaillent de longues heures dans des conditions peu sûres et les travailleurs chargés du traitement des déchets électroniques du secteur informel exposés à des substances chimiques toxiques.
- Si l'IA et l'automatisation peuvent améliorer la sécurité de la production et du recyclage, il faut gérer leurs besoins croissants en énergie et leur empreinte environnementale toujours plus forte pour garantir la protection des travailleurs ainsi que des pratiques durables.

Une approche équilibrée et interdisciplinaire est essentielle pour garantir la sécurité et la santé au travail à l'ère numérique.

- Les cadres de SST existants restent essentiels pour gérer les risques émergents de la numérisation. Par exemple, les instruments de l'OIT relatifs à la SST sont cruciaux pour garantir le droit fondamental à un milieu de travail sûr et sain, y compris à l'ère numérique.

- Les politiques et les stratégies nationales s'intéressent de plus en plus aux incidences de la numérisation sur la SST, en veillant à ce que les travailleurs soient protégés dans des milieux de travail en évolution et en promouvant une transition numérique responsable pour concilier innovation et protection des travailleurs.
- Les réglementations sur les risques des technologies numériques pour la SST évoluent, avec de nouvelles mesures couvrant la sécurité de la robotique et l'interaction homme-robot, le droit à la déconnexion, la gestion algorithmique, le télétravail et le travail via des plateformes, tandis que les conventions collectives contribuent à garantir la protection des travailleurs dans les environnements de travail numériques.
- Les normes et les directives volontaires, mais aussi les campagnes de sensibilisation et les initiatives de formation, jouent un rôle crucial pour garantir l'utilisation sûre et saine des technologies en promouvant le respect des obligations, en guidant les entreprises et en dotant les travailleurs des compétences numériques nécessaires face aux évolutions technologiques.
- Les partenaires sociaux jouent un rôle essentiel dans la définition des politiques de numérisation en participant à la prise de décision, en négociant des accords collectifs et en menant des initiatives de sensibilisation pour promouvoir une adoption des technologies sûre et juste.

L'évaluation et la gestion des risques sont essentielles pour prévenir les nouveaux risques éventuels de manière volontariste.

- Les risques doivent être évalués régulièrement afin d'identifier les dangers associés aux technologies numériques, en prenant en considération les risques physiques, organisationnels et psychosociaux.
- Les mesures de prévention doivent s'appuyer sur la hiérarchie des mesures de contrôle. L'élimination des dangers et les solutions d'ingénierie seront envisagées avant les mesures administratives et les EPI; en effet, les technologies doivent être utilisées pour le renforcement de la sécurité et la santé des travailleurs plutôt qu'en remplacement de solides protections en matière de SST.
- Des outils numériques comme les analyses reposant sur l'IA, les systèmes de surveillance en temps réel et la modélisation prédictive peuvent améliorer les évaluations des risques et les stratégies de sécurité sur le lieu de travail, mais doivent compléter et non pas remplacer le jugement humain dans les pratiques de SST.
- Les mesures de prévention et de contrôle doivent être adaptées aux besoins de populations de travailleurs spécifiques, de sorte que les technologies numériques offrent des opportunités à toutes et à tous tout en atténuant les risques pour les personnes les plus exposées aux problèmes de SST.
- Les travailleurs doivent participer activement à toutes les étapes de la mise en œuvre des technologies numériques (conception, fonctionnement et contrôle); il faut veiller à ce que leurs points de vue soient pris en compte et que la numérisation ne compromette pas, mais au contraire, soutienne la SST.
- Les travailleurs devraient bénéficier de programmes de formation complets les dotant des compétences nécessaires pour utiliser les nouvelles technologies en toute sécurité, reconnaître les risques éventuels et réagir efficacement aux dangers émergents. Les personnes exerçant des fonctions à haut risque ou à forte intensité numérique devraient bénéficier de formations sur mesure.
- L'évaluation et l'adaptation continues des politiques de SST sur le lieu de travail devraient garantir que ces dernières restent pertinentes à mesure que les technologies évoluent, et incorporer les observations des travailleurs et les dernières avancées en matière de sécurité.

Des recherches plus approfondies sont nécessaires pour comprendre les effets à long terme des technologies numériques sur la SST et garantir une mise en œuvre éclairée.

- Davantage de données sont nécessaires sur les avantages potentiels et les effets négatifs sur la SST dans tous les secteurs, comment la hausse ou la baisse des accidents du travail et des maladies professionnelles.
- Une collaboration renforcée entre les gouvernements, le milieu universitaire et les partenaires sociaux est nécessaire afin de combler les lacunes en matière de recherche et soutenir des stratégies étayées par des faits pour rendre les environnements de travail numériques plus sûrs et plus sains.





Références

- Aati, Khaled, Daeyeol Chang, Praveen Edara et Carlos Sun. 2020. «Immersive Work Zone Inspection Training Using Virtual Reality». *Transportation Research Record* 2674 (12): 224–32. <https://doi.org/10.1177/0361198120953146>.
- Aksüt, Güler, Tamer Eren et Hacı Mehmet Alakaş. 2024. «Using Wearable Technological Devices to Improve Workplace Health and Safety: An Assessment on a Sector Base with Multi-Criteria Decision-Making Methods». *Ain Shams Engineering Journal* 15 (2): 102423. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102423>.
- Akyıldız, Cengiz. 2023. «Integration of Digitalization into Occupational Health and Safety and Its Applicability: A Literature Review». *The European Research Journal* 9 (6): 1509–1519. <https://doi.org/10.18621/eurj.1352743>.
- Amarasinghe, Akarshani, Viraj B. Wijesuriya, Dilshan Ganepola et Lakshman Jayaratne. 2019. «A Swarm of Crop Spraying Drones Solution for Optimising Safe Pesticide Usage in Arable Lands: Poster Abstract». *SenSys: Proceedings of the 17th Conference on Embedded Networked Sensor Systems* 410–11. <https://doi.org/10.1145/3356250.3361948>.
- Anses. 2021. «Expositions aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective». <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0076Ra.pdf> (Anses, 2021).
- ANSI. 1986. «American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements». https://webstore.ansi.org/standards/ria/ansiriar15062012?srsltid=AfmBOoqOfn56xO5q2ulEexlHCcAwc3vC_gvB-Oi-yrIojAoKo9xBy6xF (ANSI, 1986).
- Arterburn, David R., Christopher T. Duling et Nishanth R. Goli. 2017. «Ground Collision Severity Standards for UAS Operating in the National Airspace System (NAS)». In 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3778>.
- Australian Water Association. 2023. «Melbourne Water Grabs Gong for VR Tech Use in Hazard Identification». Australian Water Association, 9 novembre 2023. <https://www.awa.asn.au/resources/latest-news/technology/innovation/melbourne-water-grabs-gong-for-vr-tech-use-in-hazard-identification>.
- A3 Marketing Team. (14 mars 2019). 4 Extreme Application Environments Today's Industrial Robots are Automating. Disponible sur le site de l'Association for Advancing Automation à l'adresse: <https://www.automate.org/robotics/blogs/4-extreme-application-environments-today-s-industrial-robots-are-automating#:~:text=Not%20only%20are%20the%20temperatures,a%20thaxis%20positioner>.
- Babashahi, Leili, Carlos Eduardo Barbosa, Yuri Lima, Alan Lyra, Herbert Salazar, Matheus Argôlo, Marcos Antonio de Almeida et Jano Moreira de Souza. 2024. «AI in the Workplace: A Systematic Review of Skill Transformation in the Industry». *Administrative Sciences* 14 (6): 127. <https://doi.org/10.3390/admsci14060127>.
- Baiocco, Sara, Enrique Fernández-Macías, Uma Rani et Annarosa Pesole. 2022. «The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts». *JRC Working Papers on Labour, Education and Technology*. <https://ideas.repec.org/p/ipt/laedte/202202.html>.
- Ball, K. 2021. Electronic Monitoring and Surveillance in the Workplace. Literature Review and Policy Recommendations. Office des publications de la Commission européenne. <https://dx.doi.org/10.2760/5137>.
- Ball, Kirstie. 2010. «Workplace Surveillance: An Overview». *Labor History* 51 (1): 87–106. <https://doi.org/10.1080/00236561003654776>.
- Bankins, Sarah et Paul Formosa. 2023. «The Ethical Implications of Artificial Intelligence (AI) For Meaningful Work». *Journal of Business Ethics* 185: 725–40. <https://doi.org/10.1007/s10551-023-05339-7>.
- Bär, Mona, Benjamin Steinhilber, Monika A. Rieger et Tessa Luger. 2021. «The Influence of Using Exoskeletons during Occupational Tasks on Acute Physical Stress and Strain Compared to No Exoskeleton – A Systematic Review and Meta-Analysis». *Applied Ergonomics* 94 (July): 103385. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103385>.
- BBC News. 2021. «Facebook Moderator: 'Every Day Was a Nightmare'». <https://www.bbc.com/news/technology-57088382> (BBC News, 12 mai 2021, sec. Technology).
- Bérastégui, Pierre. 2021. «Exposure to Psychosocial Risk Factors in the Gig Economy: A Systematic Review». *ETUI Research Paper* (20 janvier 2021). Disponible sur le réseau SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3770016> ou à l'adresse <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3770016>.
- ———. 2024. «Working in the Metaverse: What Are the Risks?». <https://www.etui.org/publications/working-metaverse-what-are-risks> (ETUI, 2024).
- Berg, Janine, Francis Green, Laura Nurski et David A Spencer. 2023. «Risks to Job Quality from Digital Technologies: Are Industrial Relations in Europe Ready for the Challenge?». *European Journal of Industrial Relations* 29 (4): 347–65. <https://doi.org/10.1177/09596801231178904>.
- Berg-Beckhoff, Gabriele, Grace Nielsen et Eva Ladekjær Larsen. 2017. «Use of Information Communication Technology and Stress, Burnout, and Mental Health in Older, Middle-Aged, and Younger Workers – Results from a Systematic Review». *International Journal of Occupational and Environmental Health* 23 (2): 160–71. <https://doi.org/10.1080/10773525.2018.1436015>.
- BIS. 2024. «Shocking Ways Smart Wearables Are Saving Lives at Work». <https://www.trainanddevelop.ca/blog/shocking-ways-smart-wearables-are-saving-lives-at-work/> (BIS, 6 mars 2024).
- Borikar, Ganesh P., Chaitanya Gharat et Sachin R. Deshmukh. 2022. «Application of Drone Systems for Spraying Pesticides in Advanced Agriculture: A Review». *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1259 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1259/1/012015>.
- BrainStation. 2024. «What Is a Machine Learning Engineer? (2024 Guide)». <https://brainstation.io/career-guides/what-is-a-machine-learning-engineer> (BrainStation®, 2024).
- British Safety Council. 2024. «How Smart Hearing Protection Is Driving Reductions in Noise Exposure at Work». <https://www.britsafe.org/safety-management/2024/how-smart-hearing-protection-is-driving-reductions-in-noise-exposure-at-work> (British Safety Council, 2024).

- Brous, Paul, Marijn Janssen et Paulien Herder. 2020. «The Dual Effects of the Internet of Things (IoT): A Systematic Review of the Benefits and Risks of IoT Adoption by Organizations». *International Journal of Information Management* 51 (April): 101952. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008>.
- Brun, L. 2020. «Cybercinétose en milieu professionnel». *Références en santé au travail*. <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TP%2040>.
- Brunnerová, Simona, Daniela Ceccon, Barbora Holubová, Marta Kahancová, Katarína Lukáčová et Gabriele Medas. 2024. «Collective Bargaining Practices on AI in the European Services Sectors». Bruxelles: FES Competence Centre on the Future of Work. <https://wageindicator.org/about/projects/identifying-collective-bargaining-practices-on-ai-in-the-european-services-sectors>.
- Cameron, Gillian, David Cameron, Gavin Megaw, Raymond Bond, Maurice Mulvenna, Siobhan O'Neill, Cherie Armour et Michael McTear. 2017. «Towards a Chatbot for Digital Counselling». *Proceedings of the 31st International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2017)*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2017.24>.
- Campolettano, Eamon T., Megan L. Bland, Ryan A. Gellner, David W. Sproule, Bethany Rowson, Abigail M. Tyson, Stefan M. Duma et Steven Rowson. 2017. «Ranges of Injury Risk Associated with Impact from Unmanned Aircraft Systems». *Annals of Biomedical Engineering* 45: 2733–41. <https://doi.org/10.1007/s10439-017-1921-6>.
- CCHST. 2022a. «CCHST: Exosquelettes». 2022. https://www.cchst.ca/oshanswers/safety_haz/exoskeletons.html (CCHST, 2022).
- ———. 2022b. «CCHST: Robots et robots collaboratifs». 2022. https://www.cchst.ca/oshanswers/safety_haz/robots_cobots.html (CCHST, 2022).
- CDT. 2021. Warning. Bossware May Be Hazardous to Your Health. <https://cdt.org/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-29-Warning-Bossware-May-Be-Hazardous-To-Your-Health-Final.pdf> (Center for Democracy & Technology, 2021).
- CES. 2020. Résolution sur les stratégies européennes en matière d'intelligence artificielle et de données. <https://www.etuc.org/fr/document/resolution-de-la-ces-sur-les-strategies-europeennes-en-matiere-dintelligence-artificielle> (CES, 2 juillet 2020).
- Chen, Qin, Jinfeng Ge, Huaqing Xie, Xingcheng Xu et Yanqing Yang. 2023. «Large Language Models at Work in China's Labor Market». *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.08776>.
- Collins, Philippa et Joe Atkinson. 2023. «Worker Voice and Algorithmic Management in Post-Brexit Britain». *Transfer: European Review of Labour and Research* 29 (1): 37–52. <https://doi.org/10.1177/10242589221143068>.
- Commission européenne. 2016. La réforme de la protection des données dans l'UE et les mégadonnées. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/51fc3ba6-e601-11e7-9749-01aa75ed71a1> (Commission européenne: Direction générale de la Justice et des consommateurs, Office des publications, 2016).
- Costantino, Francesco, Andrea Falegnami, Lorenzo Fedele, Margherita Bernabei, Sara Stabile et Rosina Bentivenga. 2021. «New and Emerging Hazards for Health and Safety within Digitalized Manufacturing Systems». *Sustainability* 13 (19): 10948. <https://doi.org/10.3390/su131910948>.
- Costin, Alina, Alina Felicia Roman et Raluca-Stefania Balica. 2023. «Remote Work Burnout, Professional Job Stress, and Employee Emotional Exhaustion during the COVID-19 Pandemic». *Frontiers in Psychology* 14 (June):1193854. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1193854>.
- Cougnard-Gregoire, Audrey, Bénédicte M.J. Merle, Tariq Aslam, Johanna M. Seddon, Isabelle Aknin, Caroline C.W. Klaver, Gerhard Garhöfer, Alfredo Garcia Layana, Angelo Maria Minnella, Rufino Silva et Cécile Delcourt. 2023. «Blue Light Exposure: Ocular Hazards and Prevention—A Narrative Review». *Ophthalmology and Therapy* 12 (2): 755–788. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9938358/>.
- Datta, Namita, Chen Rong, Sunamika Singh, Clara Stinshoff, Nadina Jacob, Natnael Simachew Nigatu, Mpumelelo Nxumalo et Luka Kimaviciute. 2023. Working Without Borders: The Promise and Peril of Online Gig Work. Washington, DC: Banque mondiale. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/ebc4a7e2-85c6-467b-8713-e2d77e954c6c>.
- Deo Niyati, Anjankar Ashish. 2023. «Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India». https://www.researchgate.net/publication/370986866_Artificial_Intelligence_With_Robotics_in_Healthcare_A_Narrative_Review_of_Its_Viability_in_India
- Dekker, Fabian, Anna Salomons et Jeroen van der Waal. 2017. «Fear of Robots at Work: The Role of Economic Self-Interest». *Socio-Economic Review* 15 (3): 539–62. <https://doi.org/10.1093/ser/mwx005>.
- Dhanalakshmi, A., P. Lathapriya et K. Divya. 2017. «A Smart Helmet for Improving Safety in Mining Industry». *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 2 (3): 58–64. <https://ijisrt.com/wp-content/uploads/2017/04/A-SMART-HELMET-FOR-IMPROVING-SAFETY-IN-MINING-INDUSTRY.pdf>
- DHS. 2023. «Feature Article: Wearable Tech Mitigates First Responder Exposure to Chemical Threats». <https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2023/12/07/feature-article-wearable-tech-mitigates-first-responder-exposure-chemical-threats> (département de la Sécurité intérieure des États-Unis d'Amérique, 2023).
- Dogan, Onur et Asli Akcamete. 2019. «Detecting Falls-from-Height with Wearable Sensors and Reducing Consequences of Occupational Fall Accidents Leveraging IoT». Dans *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*, directeurs de publication: Ivan Mutis et Timo Hartmann, 207–14. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_25.
- Easa, Said. 2021. «Human Factor Considerations in Virtual Reality: Adequate or Inadequate?» *Ergonomics International Journal* 5(2): 000267. <https://doi.org/10.23880/eoj-16000267>.
- Ekso Bionics. 2022. «9 Must-Know Facts About Exoskeleton Suits». <https://eksobionics.com/9-must-know-facts-about-exoskeleton-suits/> (Ekso Bionics, 2022).
- Elsamani, Yousif et Yuya Kajikawa. 2024. «How Teleworking Adoption Is Changing the Labor Market and Workforce Dynamics?» *PLOS ONE* 19 (3): e0299051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299051>.
- État du Qatar, ministère du Travail. 2022. «Ministry of Labour Launches Training Program for Inspectors Using VR Technology». 2022. <https://www.mol.gov.qa/En/mediacenter/Pages/NewsDetails.aspx?itemid=65>.
- EU-OSHA. 2009. The human machine interface. https://osha.europa.eu/sites/default/files/en_TE8010196EN-N.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2009).
- ———. 2019. Numérisation et sécurité et santé au travail (SST). Un programme de recherche de l'EU-OSHA. <https://osha.europa.eu/fr/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2019).

- ——. 2020. Équipements de protection individuelle: une protection intelligente pour l'avenir. https://osha.europa.eu/sites/default/files/2022-02/Smart_personal_protective_equipment_FR.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2020).
- ——. 2021. Nouvelles formes de travail à l'ère numérique: implications en matière de risques psychosociaux et de troubles musculosquelettiques. <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-work-psychosocial-risk-factors-and-work-related-musculoskeletal> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2021).
- ——. 2022a. Advanced Robotics and Automation/ Implications for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Summary-Advanced%20robotics%20automation_implications_OSH_web.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022b. La robotique et l'automatisation de pointe: quels risques et possibilités pour la sécurité et la santé au travail? https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/PolicyBrief-Advanced-Robotics-risks_fr.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022c. Advanced Robotics, Artificial Intelligence and the Automation of Tasks: Definitions, Uses, Policies and Strategies and Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/2022-04/Advanced%20robotics_AI_based%20systems.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022d. Intelligence artificielle pour la gestion des travailleurs: risques et possibilités. <https://osha.europa.eu/fr/publications/artificial-intelligence-worker-management-risks-and-opportunities> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022e. Automatisation cognitive: incidences sur la santé et la sécurité au travail. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/summary_cognitive_automation_osh_implications_fr.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022f. Cognitive Automation: Impact, Risks and Opportunities for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/cognitive-automation-impact-risks-and-opportunities-occupational-safety-and-health> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022g. Smart Digital Monitoring Systems for Occupational Safety and Health: Opportunities and Challenges. <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2022h. Incorporating Occupational Safety and Health in the Assessment of Cybersecurity Risks. <https://osha.europa.eu/en/publications/incorporating-occupational-safety-and-health-assessment-cybersecurity-risks> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2022).
- ——. 2023a. Advanced Robotic Automation – Comparative Case Study Report. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-advanced-robotic-automation-comparative-case-study-report> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023b. La robotique de pointe et les systèmes d'IA sur le lieu de travail: problématiques et opportunités en matière de SST découlant de leur mise en œuvre effective. <https://osha.europa.eu/fr/publications/advanced-robotics-and-ai-based-systems-workplace-osh-challenges-and-opportunities-originating-actual-implementations> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023c. Campagne «Lieux de travail sains» 2023-2025. Guide de la campagne. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/campaign-guide-safe-and-healthy-work-digital-age-0> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023d. Hybrid Work: New Opportunities and Challenges for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Hybrid_work_OSH_en_0.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023e. Point de presse. La sécurité et la santé au travail à l'ère numérique. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/press-briefing-safe-and-healthy-work-digital-age> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023f. Surveillance and Monitoring of Remote Workers: Implications for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Remote_workers_monitoring.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023g. Contributing to Occupational Risk Prevention through Initial and Continuing Training. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/contributing-occupational-risk-prevention-through-initial-and-continuing-training>. (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2023h. Managing Occupational Safety and Health Risks in Digital Platform Work. Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Managing-OSH-risks-digital-platform-work_en.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2023).
- ——. 2024a. Automation of Cognitive and Physical Tasks in the Health and Social Care Sector: Implications for Safety and Health. Literature Review. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/automation-cognitive-and-physical-tasks-health-and-social-care-sector-implications-safety-and-health> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2024b. Digital Technologies at Work and Psychosocial Risks: Evidence and Implications for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-digital-technologies-work-and-psychosocial-risks-evidence-and-implications-occupational-safety-and-health> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2024c. Travail à distance et hybride: gestion de la sécurité et de la santé en tous lieux. <https://osha.europa.eu/fr/publications/remote-and-hybrid-work-managing-safety-and-health-anywhere> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2024d. Worker Exposure to Virtual and Augmented Reality and Metaverse Technologies: How Much Do We Know? <https://osha.europa.eu/en/publications/worker-exposure-virtual-and-augmented-reality-and-metaverse-technologies-how-much-do-we-know> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2024e. Platform Work: Recent Policy Developments and OSH Implications. OSHwiki. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/platform-work-recent-policy-developments-osh-implications> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2024f. Smart Digital Systems to Improve OSH: A Comparative Report – Summary. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Smart-digital-systems-improve-OSH-comparative-report_summary_EN.pdf (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2024).
- ——. 2025. Gestion des travailleurs par l'IA: quelles conséquences pour la sécurité et la santé au travail? Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail. <https://osha.europa.eu/fr/publications/worker-management-through-ai-implications-occupational-safety-and-health> (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2025).
- Eurofound. 2022. «Working Conditions. The Rise in Telework: Impact on Working Conditions and Regulations». <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2022/rise-telework-impact-working-conditions-and-regulations> (Eurofound, 2022).

- Eurofound. 2023. «Platform Work: Social Environment». <https://www.eurofound.europa.eu/en/platform-work-social-environment> (Eurofound, 2023).
- Evalan. 2025. «ARMOR Heat Monitor». Consulté le 27 février 2025. <https://evalan.com/products/armor/#:-:text=ARMOR%20is%20the%20real%20time,to%20avoid%20heat%20related%20injuries>.
- Fadel, Marc, Julie Bodin, Florence Cros, Alexis Descatha et Yves Roquelaure. 2023. «Teleworking and Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20 (6): 4973. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064973>.
- Farley, Samuel, Iain Coyne, Christine Sprigg, Carolyn Axtell et Ganesh Subramanian. 2015. «Exploring the Impact of Workplace Cyberbullying on Trainee Doctors». *Medical Education* 49 (4): 436–43. <https://doi.org/10.1111/medu.12666>.
- Feng, Y., & Farris, J. A. (2020). The impact of electronic performance monitoring on job stress and the role of fairness perceptions. *Cognition, Technology & Work* 22(4), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00656-7>
- Figueiredo, Elisabeth, Clara Margaca, Brizeida Hernández-Sánchez et José Carlos Sánchez-García. 2024. «Teleworking Effects on Mental Health – A Systematic Review and a Research Agenda». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 21 (3): 243. <https://doi.org/10.3390/ijerph21030243>.
- Flor, Omar. 2023. «ExoskeletonsH&SV2». Mendeley Data VI. <https://doi.org/10.17632/bktzm7k664.1>.
- Flor-Unda, Omar, Bregith Casa, Mauricio Fuentes, Santiago Solorzano, Fabián Narvaez-Espinoza et Patricia Acosta-Vargas. 2023. «Exoskeletons: Contribution to Occupational Health and Safety». *Bioengineering* 10 (9): 1039. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039>.
- Forbes. 2023. «Applications of Artificial Intelligence Across Various Industries». <https://www.forbes.com/sites/qai/2023/01/06/applications-of-artificial-intelligence/> (Forbes, 2023).
- Friemert, Daniel, Mirko Kaufmann, Ulrich Hartmann et Rolf Ellegast. 2019. «First Impressions and Acceptance of Order Pickers Towards Using Data Glasses at a Simulated Workstation». Dans *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Body and Motion*, directeur de publication: Vincent G. Duffy, 251–65. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22216-1_19.
- GAO. 2024. «Science & Tech Spotlight: Wearable Technologies in the Workplace». <https://www.gao.gov/products/gao-24-107303> (GAO, 2024).
- Gascón, V. (16 janvier 2025). *Utilizan IA para la inspección en el trabajo. Agencia Reforma / El Diario de Chihuahua*.
- Goldman Sachs. 2024. «AI Is Poised to Drive 160% Increase in Data Center Power Demand». <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand> (Goldman Sachs, 2024).
- Gonzalez Vazquez, Ignacio, Maurizio Curtarelli, Ioannis Anyfantis, Emmanuelle Brun et Annick Starren. 2024. «Digitalisation and Workers Wellbeing: The Impact of Digital Technologies on Work-Related Psychosocial Risks». Commission européenne. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC138992>.
- Google Cloud. Sans date. «Qu'est-ce que le big data? Exemples et avantages». <https://cloud.google.com/learn/what-is-big-data>. Google Cloud. Consulté le 21 février 2025.
- Gouvernement métropolitain de Séoul. 2021. «Seoul Adopts AI & IoT Safety Management to Prevent Construction and Building Accidents». 24 septembre 2021. <https://english.seoul.go.kr/seoul-adopts-ai-iot-safety-management-to-prevent-construction-and-building-accidents/>.
- GPAI. 2024. Fairwork Amazon Report 2024. Transformation of the Warehouse Sector through AI. <https://fair.work/en/fw/blog/new-report-reveals-how-ai-and-robotics-are-changing-the-experiences-and-conditions-of-amazon-warehouse-workers/> (GPAI, 2024).
- Graham, Mark, Isis Hjorth et Vili Lehdonvirta. 2017. «Digital Labour and Development: Impacts of Global Digital Labour Platforms and the Gig Economy on Worker Livelihoods». *Transfer: European Review of Labour and Research* 23 (2): 135–62. <https://doi.org/10.1177/1024258916687250>.
- Groupe d'experts de haut niveau sur l'intelligence artificielle. 2019. A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines. European Commission. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341.
- Guizzo, Eric. 2023. «Types of Robots». ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. <https://robotsguide.com/learn/types-of-robots>. Mis à jour le 23 mai 2023.
- Haddadin, Simon, Dirk Wilhelm, Daniel Wahrmann, Fabio Tenebruso, Hamid Sadeghian, Abdeldjalil Naceri et Sami Haddadin. 2024. «Autonomous Swab Robot for Naso- and Oropharyngeal COVID-19 Screening». *Scientific Reports* 14 (January):142. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50291-1>.
- Hislop, Jaime, Oren Tirosh, Mats Isaksson, John McCormick et Chrys Hensman. 2024. «Perceived Comfort and Tool Usability during Robot-Assisted and Traditional Laparoscopic Surgery: A Survey Study». *Journal of Robotic Surgery* 18: 15. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01785-7>.
- Hoey, Iain. 2024. «FLAIM Systems highlights immersive learning technology to boost recruitment in fire departments». *International Fire & Safety Journal* <https://internationalfireandsafetyjournal.com/australian-fire-departments-adopt-immersive-learning-to-address-recruitment-challenges/>.
- Howard, John, Vladimir V. Murashov, Brian D. Lowe et Ming-Lun Lu. 2020. «Industrial Exoskeletons: Need for Intervention Effectiveness Research». *American Journal of Industrial Medicine* 63 (3): 201–8. <https://doi.org/10.1002/ajim.23080>.
- Hoy, Ryan F., Mohamed F. Jeebhay, Catherine Cavalin, Weihong Chen, Robert A. Cohen, Elizabeth Fireman, Leonard H. T. Go, Antonio León-Jiménez, Alfredo Menéndez-Navarro, Marcos Ribeiro et Paul-André Rosental. 2022. «Current Global Perspectives on Silicosis -Convergence of Old and Newly Emergent Hazards». *Respirology* (Carlton, Vic.) 27 (6): 387. <https://doi.org/10.1111/resp.14242>.
- HSE Network. 2020. «The Potential Applications and Benefits of Drones in Health and Safety». <https://www.hse-network.com/the-potential-applications-and-benefits-of-drones-in-health-and-safety/> (HSE Network, 2020).
- Huang, Chao, Chunlei Wang, Tayyaba Rani et Syed Aziz Ur Rehman. 2024. «Digitalization's Role in Shaping Climate Change, Renewable Energy, and Technological Innovation for Achieving Sustainable Development in Top Asian Countries». *Energy & Environment* (June) 0958305X241258799. <https://doi.org/10.1177/0958305X241258799>.
- Hughes, Claretha, Lionel + «Jr» Robert, Kristin Frady et Adam Arroyos. 2019. «Artificial Intelligence, Employee Engagement, Fairness, and Job Outcomes». Dans *Managing Technology and Middle- and Low-skilled Employees (The Changing Context of Managing People)*. Emerald Publishing Limited, pp. 61–68. <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/150204>.
- IFR. Sans date. «Standardization». Fédération internationale de la robotique (IFR). <https://ifr.org/standardisation>. Consulté le 14 février 2025.

- IKAB. 2022. «New Technology Makes LKAB's Mines in Sweden Even Safer». <https://lkab.com/en/press/new-technology-makes-lkabs-mines-safer/> (LKAB, 2022).
- Institut Alan Turing. 2024. «AI for Bureaucratic Productivity: Measuring the Potential of AI to Help Automate 143 Million UK Government Transactions». <https://www.turing.ac.uk/news/publications/ai-bureaucratic-productivity-measuring-potential-ai-help-automate-143-million-uk> (Institut Alan Turing, 2024).
- FMI. 2024a. «L'IA transformera l'économie mondiale. Faisons en sorte que l'humanité y soit gagnante». <https://www.imf.org/fr/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity> (FMI, 2024).
- Indradewa, Rhian et Agustinus Ayung Prasetyo. 2023. «The Influence of Flexible Working Arrangements and Work-Life Balance on Job Satisfaction: A Double-Layered Moderated Mediation Model». *Jurnal Ekonomi dan Bisnis* 26 (2): 449–476. <https://doi.org/10.24914/jeb.v26i2.9551>.
- Internet Society. 2015. The Internet of Things: An Overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf> (Internet Society, 2015).
- IOSH. 2023. «Everyone's Talking about Exoskeletons – but Do They Live up to Their Hype?». <https://iosh.com/news-and-opinion/exoskeletons-in-the-workplace> (IOSH, 2023).
- Ishwarappa et J. Anuradha. 2015. «A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology». *Procedia Computer Science* 48: 319–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.188>.
- Jarrahi, Mohammad Hossein, Mareike Möhlmann et Min Kyung Lee. 2023. «Algorithmic Management: The Role of AI in Managing Workforces». *MIT Sloan Management Review*, April. <https://sloanreview.mit.edu/article/algorithmic-management-the-role-of-ai-in-managing-workforces/>.
- Javed, Nashra, Tasneem Ahmed, Mohammad Faisal et Halima Sadia. 2023. Workplace Cyberbullying in the Remote-Work Era: A New Dimension of Cyberology. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/371927675_Workplace_Cyberbullying_in_the_Remote-Work_Era_A_New_Dimension_of_Cyberology.
- Jensen, Beth. 2024. «Exploring the Complex Ethical Challenges of Data Annotation». <https://hai.stanford.edu/news/exploring-complex-ethical-challenges-data-annotation>. 10 juillet 2024.
- Jose, Carla. 2023. «How Could AI Robots Free Up Teachers' Time in Education? 6 Possibilities». Robotlab Blog. (blog) 30 juin 2023. <https://www.robotlab.com/blog/how-could-ai-robots-free-up-teachers-time-in-education-6-possibilities>.
- Judge, Ladan. 2023. «What Is Forced Labor in the Technology Industry Supply Chain?». <https://www.z2data.com/insights/what-is-forced-labor-in-the-technology-industry-supply-chain> (Z2Data, 2023).
- Kanellakis, Christoforos et George Nikolakopoulos. 2017. «Survey on Computer Vision for UAVs: Current Developments and Trends». *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 87: 141–68. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0483-z>.
- Kantor J., Sundaram A., Aufrichtig A., Taylor R. 2022. «Workplace Productivity: Are You Being Tracked». *The New York Times*.
- Katwala, Amit. 2017. «Making Factories Safer with VR, Smart Clothes and Robots». 2017. <https://www.imeche.org/news/news-article/making-factories-safer-with-vr-smart-clothes-and-robots>.
- Kelan, Elisabeth K. 2024. «Algorithmic Inclusion: Shaping the Predictive Algorithms of Artificial Intelligence in Hiring». *Human Resource Management Journal* 34 (3): 694–707. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12511>.
- Ken Institute. 2024. «Safety Risks and Accident Causes with Workplace Robots». Health and Safety. <https://keninstitute.com/safety-risks-and-accident-causes-with-workplace-robots/>
- Kirpestein, Frans, Laszlo Bax, David Chadima, Noa van Breevoort et Harry Dobbs. Sans date. EXOSKELETONS. Future Exoskeleton Technology Application by 2030. https://northsearegion.eu/media/24407/exskallerate_foresight-1.pdf (Interreg North Sea Region Exskallerate European Union Development Fund).
- Korfmaier, S. (2019). The relevance of cybersecurity for functional safety and HCI. In V. Duffy (Ed.), Digital human modeling and applications in health, safety, ergonomics and risk management human body and motion HCII 2019 lecture notes in computer science. 11581. Springer.
- Kourtis, P., S. Collina, L. A. A. Doumas et S. E. MacPherson. 2019. «Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology». *Frontiers in Human Neuroscience* 13: 417. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>. Kronos. 2018. «Employee Scheduling».
- Kuster, Christian J., Maxie Kohler, Sarah Hovinga, Christian Timmermann, Georg Hamacher, Kathrin Buerling, Lirong Chen, Nicola J. Hewitt et Thomas Anft. 2023. «Pesticide Exposure of Operators from Drone Application: A Field Study with Comparative Analysis to Handheld Data from Exposure Models». *ACS Agricultural Science & Technology* 3 (12): 1125–30. <https://doi.org/10.1021/acscagritech.3c00253>.
- Landrigan, Philip, Stephan Bose-O'Reilly, Johanna Elbel, Gunnar Nordberg, Roberto Lucchini, Casey Bartrem, Philippe Grandjean, Donna Mergler, Dingani Moyo, Benoit Nemery, Margrit von Braun et Dennis Nowak pour le Collegium Ramazzini. 2022. «Reducing Disease and Death from Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) – the Urgent Need for Responsible Mining in the Context of Growing Global Demand for Minerals and Metals for Climate Change Mitigation». *Environmental Health* 21 (1): 78. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00877-5>.
- Lasfargue, Y. et S. Fauconnier. 2015. «Enquête 2015 sur les impacts du télétravail». https://data.over-blog-kiwi.com/1/91/16/72/20160203/ob_b739ff_2015-05-25-synthese-enquete-tltravel-ob.pdf. Obergo. Consulté le 13 février 2025.
- Le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Department for Business, Energy & Industry Strategy. 2020. The Safety of Domestic Virtual Reality Systems. A Literature Review. BEIS Research Paper Number 2020/038. RPN 4527. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f763502d3bf7f7c2bcf9eb9/safety-domestic-vr-systems.pdf>.
- Li, Lan, Tina Lassiter, Joohee Oh et Min Kyung Lee. 2021. «Algorithmic Hiring in Practice: Recruiter and HR Professional's Perspectives on AI Use in Hiring». Dans AIES '21 Proceedings. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462531>.
- Licardo, Josip Tomo, Mihael Domjan et Tihomir Orehovački. 2024. «Intelligent Robotics – A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends». *Electronics* 13 (3): 542. <https://doi.org/10.3390/electronics13030542>.
- Marklin, Richard W. Jr., Ashley M. Toll, Eric H. Bauman, John J. Simmins, John F. LaDisa Jr et Robert Cooper. 2022. «Do Head-Mounted Augmented Reality Devices Affect Muscle Activity and Eye Strain of Utility Workers Who Do Procedural Work? Studies of Operators and Manhole Workers». *Human Factors* 64 (2): 305–23. <https://doi.org/10.1177/0018720820943710>.
- Mateescu, Alexandra et Aihua Nguyen. 2019. «Algorithmic Management in the Workplace». Data & Society. https://datasociety.net/wp-content/uploads/2019/02/DS_Algorithmic_Management_Explainer.pdf.

- McAllister, Megan J., Patrick A. Costigan, Joshua P. Davies et Tara L. Diesbourg. 2022. «The Effect of Training and Workstation Adjustability on Teleworker Discomfort during the COVID-19 Pandemic». *Applied Ergonomics* 102 (July):103749. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103749>.
- McKendrick, Joe. 2019. «Automation And AI Actually Relieve Workplace Stress, And Customers Will Notice». <https://www.forbes.com/sites/joemckendrick/2019/07/29/automation-and-ai-actually-relieve-workplace-stress-and-customers-will-notice/> (Forbes, 2019).
- Mehta I, Hsueh HY, Taghipour S, Li W, Saeedi S. UV Disinfection Robots: A Review. *Rob Auton Syst*. 2023 Mar;161:104332. doi: 10.1016/j.robot.2022.104332.
- Mikołajczyk, Tadeusz, Dariusz Mikołajewski, Adam Kłodowski, Andrzej Łukaszewicz, Emilia Mikołajewska, Tomasz Paczkowski, Marek Macko et Marika Skornia. 2023. «Energy Sources of Mobile Robot Power Systems: A Systematic Review and Comparison of Efficiency». *Applied Sciences* 13 (13): 7547. <https://doi.org/10.3390/app13137547>.
- Milanez, A., A. Lemmens et C. Ruggiu. 2025. Algorithmic Management in the Workplace: New Evidence from an OECD Employer Survey. *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 31. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/287c13c4-en>.
- Moncada, N. (4 décembre 2024). *La STPS implementa Inteligencia Artificial para inspecciones laborales más eficientes*. *Metro Noticias*.
- Moore, Phoebe V. 2018. *The Quantified Self in Precarity: Work, Technology and What Counts*. Routledge & CRC Press. 2018. <https://www.routledge.com/The-Quantified-Self-in-Precarity-Work-Technology-and-What-Counts/Moore/p/book/9780367872908>.
- Muldoon, James, Mark Graham et Callum Cant. 2024. *Feeding the Machine. The Hidden Human Labour Powering AI*. Bloomsbury Publishing.
- Murray, Rachel. 2024. «Potential Benefits and Barriers of AI in the Workforce». *She+ Geeks Out* (blog). 7 mai 2024. <https://www.shegeeksout.com/articles/potential-benefits-and-barriers-of-ai-in-the-workforce/>.
- O'Brien, Stuart. 2023. «The Potential Impacts of AI on Workplace Health and Safety». *Occupational Safety and Health Forum* (blog). 20 juin 2023. <https://oshforum.co.uk/briefing/the-potential-impacts-of-ai-on-workplace-health-and-safety/>.
- O'Connor, Siobhan. 2021. «Exoskeletons in Nursing and Healthcare: A Bionic Future». *Clinical Nursing Research* 30 (8): 1123–26. <https://doi.org/10.1177/10547738211038365>.
- OCDE. Sans date. Numérisation et environnement. OCDE. Consulté le 21 février 2025. <https://www.oecd.org/fr/themes/numerisation-et-environnement.html>.
- Oh, Heeseok et Wookho Son. 2022. «Cybersickness and Its Severity Arising from Virtual Reality Content: A Comprehensive Study». *Sensors* 22 (4): 1314. <https://doi.org/10.3390/s22041314>.
- OIE. 2023. *Mental Health and Wellbeing at Work*. <https://www.ioe-emp.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=159737&token=34fcaeda5444b552b88158aba47b798b511dcd8d> (OIE, 2023).
- ———. 2024. *The Impact of AI on Work and Employment (an IOE Policy Review)*. <https://industrialrelationsnews.ioe-emp.org/industrial-relations-and-labour-law-august-2024/news/article/the-impact-of-ai-on-work-and-employment-an-ioe-policy-review> (OIE, 2024).
- OIT. 2018. *Working Time and the Future of Work*. ILO Future of Work Research Paper Series. Genève: Organisation internationale du Travail. (Organisation internationale du Travail, 2018).
- ———. 2019. *La sécurité et la santé au cœur de l'avenir du travail. Mettre à profit 100 ans d'expérience*. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40dgreports/%40dcomm/documents/publication/wcms_686763.pdf (Organisation internationale du Travail, 2019).
- ———. 2021a. *Digital Platforms and the World of Work in G20 Countries: Status and Policy Action*. Document préparé à l'intention du groupe de travail du G20 sur l'emploi sous la présidence de l'Italie (2021). <https://www.ilo.org/publications/digital-platforms-and-world-work-g20-countries-status-and-policy-action> (Organisation internationale du Travail, 2021).
- ———. 2021b. *Exposure to Hazardous Chemicals at Work and Resulting Health Impacts: A Global Review*. <https://www.ilo.org/publications/exposure-hazardous-chemicals-work-and-resulting-health-impacts-global> (Organisation internationale du Travail, 2021).
- ———. 2021c. *Teleworking Arrangements during the COVID-19 Crisis and Beyond*. <https://www.ilo.org/publications/teleworking-arrangements-during-covid-19-crisis-and-beyond> (Organisation internationale du Travail, 2021).
- ———. 2021d. *Le travail à domicile: de l'invisibilité au travail décent*. <https://www.ilo.org/fr/publications/major-publications/le-travail-a-domicile-de-l-invisibilite-au-travail-decent> (Organisation internationale du Travail, 2021).
- ———. 2021e. *Emploi et questions sociales dans le monde. Le rôle des plateformes numériques dans la transformation du monde du travail*. <https://www.ilo.org/fr/publications/flagship-reports/le-rôle-des-plateformes-numériques-dans-la-transformation-du-monde-du> (Organisation internationale du Travail, 2021).
- ———. 2022. *The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts*. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-work-and-its-implications-different-contexts> (Organisation internationale du Travail, 2022).
- ———. 2023. *Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality*. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and> (Organisation internationale du Travail, 2023).
- ———. 2024a. *Rapport sur le dialogue social 2024: Le dialogue social au plus haut niveau pour le développement économique et le progrès social*. <https://www.ilo.org/fr/publications/flagship-reports/rapport-sur-le-dialogue-social-2024-le-dialogue-social-au-plus-haut-niveau> (Organisation internationale du Travail, 2024).
- ———. 2024b. *Heat at Work: Implications for Safety and Health*. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_OSH_Heatstress-R16.pdf (Organisation internationale du Travail, 2024).
- ———. 2024c. *Réaliser le travail décent dans l'économie des plateformes*. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_norm/%40relconf/documents/meetingdocument/wcms_910136.pdf (Organisation internationale du Travail, 2024).
- OIT/Commission européenne. 2024. *Algorithmic Management Practices in Regular Workplaces: Case Studies in Logistics and Healthcare*. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-practices-regular-workplaces-case-studies-logistics> (Organisation internationale du Travail et Commission européenne, 2024).
- OIT/Eurofound. 2017. *Working Anytime, Anywhere: The Effects on the World of Work*. <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2017/working-anytime-anywhere-effects-world-work> (Organisation internationale du Travail et Eurofound, 2017).
- OIT/OMS. 2021. *Healthy and Safe Telework. Technical Brief*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040977> (Organisation internationale du Travail et Organisation mondiale de la Santé, 2021).

- OMS. 2024. «L'OMS lance un outil de formation innovant basé sur la réalité virtuelle pour l'inspection sanitaire des navires». <https://www.who.int/europe/fr/news-room/03-01-2024-who-launches-an-innovative-virtual-reality-training-tool-on-ship-sanitation-inspection> (Organisation mondiale de la Santé, 2024).
- ONU/OIT. 2024. Mind the AI Divide. Shaping a Global Perspective on the Future of Work. <https://www.ilo.org/publications/major-publications/mind-ai-divide-shaping-global-perspective-future-work> (Nations Unies et Organisation internationale du Travail, 2024).
- Owen-Hill, Alex. 2022. «Five Highly Dangerous Jobs That Robots Can Do Safely». Dans Smart Manufacturing, 415–18. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119846642.other8>.
- Ozkan, Erdal. 2024. «Drones for Spraying Pesticides—Opportunities and Challenges». <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-540>.
- Parajuly, Keshav, Ruediger Kuehr, Abhishek Kumar Awasthi, Colin Fitzpatrick, Josh Lepawsky, Elisabeth Smith, Rolf Widmer et Xianlai Zeng. 2019. Future E-Waste Scenarios. StEP (Bonn), UNU ViE-SCYCLE (Bonn) & UNEP IETC (Osaka). https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7440/FUTURE_E-WASTE_SCENARIOS_UNU_190829_low_screen.pdf.
- Park, Hanjun, Sunwook Kim, Maury A. Nussbaum et Divya Srinivasan. 2022. «Effects of Using a Whole-Body Powered Exoskeleton during Simulated Occupational Load-Handling Tasks: A Pilot Study». *Applied Ergonomics* 98 (January):103589. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103589>.
- Parker, Kim. 2023. «About a Third of U.S. Workers Who Can Work from Home Now Do so All the Time». Pew Research Center (blog). 30 mars 2023. <https://www.pewresearch.org/short-reads/2023/03/30/about-a-third-of-us-workers-who-can-work-from-home-do-so-all-the-time/>.
- Patel, Ela, Shady Saikali, Anya Mascarenhas, Marcio Covas Moschovas et Vipul Patel. 2023. «Muscle Fatigue and Physical Discomfort Reported by Surgeons Performing Robotic-Assisted Surgery: A Multinational Survey». *Journal of Robotic Surgery* 17: 2009–18. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01608-9>.
- Persson, Marcus, David Redmalm et Clara Iversen. 2021. «Caregivers' Use of Robots and Their Effect on Work Environment – a Scoping Review». *Journal of Technology in Human Services* 40 (3): 251–77. <https://doi.org/10.1080/15228835.2021.2000554>.
- Petersen, Búi K, James Chowhan, Gordon B Cooke, Ray Gosine et Peter J Warrian. 2023. «Automation and the Future of Work: An Intersectional Study of the Role of Human Capital, Income, Gender and Visible Minority Status». *Economic and Industrial Democracy* 44 (3): 703–27. <https://doi.org/10.1177/0143831X221088301>.
- Piasna, Agnieszka. 2024. «Digitalisation and Job Quality—the Evidence». <https://www.socialeurope.eu/digitalisation-and-job-quality-the-evidence> (Social Europe, 28 février 2024).
- Pillenger, Jane. 2023. «It's Not Part of the Job. The Role of Social Partners in Preventing Third-Party Violence and Harassment at Work». <https://www.epsu.org/article/its-not-part-job> (EPSU, 15 septembre 2023).
- PWC. 2020. «PwC's Study into the Effectiveness of VR for Soft Skills Training». <https://www.pwc.co.uk/issues/technology/immersive-technologies/study-into-vr-training-effectiveness.html> (PwC, 2020).
- Rafique, Sajid, Shaikh Masud Rana, Niclas Bjorsell et Magnus Isaksson. 2024. «Evaluating the Advantages of Passive Exoskeletons and Recommendations for Design Improvements». *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering* 11 (March). <https://doi.org/10.1177/20556683241239875>.
- Ragno, Luca, Alberto Borboni, Federica Vannetti, Cinzia Amici et Nicoletta Cusano. 2023. «Application of Social Robots in Healthcare: Review on Characteristics, Requirements, Technical Solutions». *Sensors* 23 (15): 6820. <https://doi.org/10.3390/s23156820>.
- Rani, Uma, Morgan, Williams et Nora Gobel. À venir. The Human Cogs in the AI Machine: Experiences of Data Annotation and Content Moderation Workers in the BPO Sector in India and Kenya. ILO Working Paper.
- Rani, Uma et Rishabh Kumar Dhir. 2024. «AI-Enabled Business Model and Human-in-the-Loop (Deceptive AI): Implications for Labor». Dans Handbook of Artificial Intelligence at Work, directeurs de publication: Martha Garcia-Murillo, Ian MacInnes et Andrea Renda, 47–75. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800889972.00011>.
- Rawat, R. et R. Yadav. 2021. «Big Data: Big Data Analysis, Issues and Challenges and Technologies». IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1022: 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012014>.
- Rebelo, Glória, Antonio Almeida et Joao Pedra. 2024. «Telework and Work Intensity: Insights from an Exploratory Study in Portugal during the COVID-19 Pandemic». *Administrative Sciences* 14 (1): 14. <https://doi.org/10.3390/admsci14010014>.
- Richarz, Hans-Udo, Arturo Tamayo, Jan Rahmig, Timo Siepmann et Jessica Barlinn. 2023. «The Impact of Mechanical Devices for Lifting and Transferring of Patients on Low Back Pain and Musculoskeletal Injuries in Health Care Personnel – A Systematic Review and Meta-analysis». *Journal of Occupational Health* 65 (1): e12423. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12423>.
- Robotnik. 2022. «What is advanced robotics?», disponible sur Robotnik: <https://robotnik.eu/what-is-advanced-robotics-advanced-industrial-robotics/>
- Robots.com. 2017. «Industrial Robots Can Prevent Exposure to Chemicals And...». <https://www.robots.com/articles/industrial-robots-can-prevent-exposure-to-chemicals-and-health-problems-of-workers> (Robots.com, 2017).
- Rohwer, Elisabeth, Joelle-Cathrin Flöther, Volker Harth et Stefanie Mache. 2022. «Overcoming the 'Dark Side' of Technology – A Scoping Review on Preventing and Coping with Work-Related Technostress». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (6): 3625. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063625>.
- run:ai. Sans date. «What Is a Machine Learning Engineer? The Ultimate Guide». <https://www.run.ai/guides/machine-learning-engineering>. Consulté le 21 février 2025.
- Saad, Lydia. 2023. «More U.S. Workers Fear Technology Making Their Jobs Obsolete». <https://news.gallup.com/poll/510551/workers-fear-technology-making-jobs-obsolete.aspx> (Gallup.Com, 11 septembre 2023).
- Sabino, Inês, Maria do Carmo Fernandes, Cátia Cepeda, Cláudia Quaresma, Hugo Gamboa, Isabel L. Nunes et Ana Teresa Gabriel. 2024. «Application of Wearable Technology for the Ergonomic Risk Assessment of Healthcare Professionals: A Systematic Literature Review». *International Journal of Industrial Ergonomics* 100 (March):103570. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103570>.
- Safetytech Accelerator. 2024. Delivering Safety Innovation. Advancing Occupational Safety and Health through Emerging Technologies. <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-delivering-safety-innovation/> (Safetytech Accelerator, 2024).
- Samek Lodovici, Manuela, Elena Ferrari, Emma Paladino, Flavia Pesce, Pietro Frecasetti, Eliat Aram et Kari Hadjivassiliou. 2021. The Impact of Teleworking and Digital Work on Workers and Society. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU\(2021\)662904](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2021)662904) (Parlement européen, 2021).
- Sánchez-Medina, Agustín J., Inmaculada Galván-Sánchez et Margarita Fernández-Monroy. 2020. «Applying Artificial Intelligence to Explore Sexual Cyberbullying Behaviour». *Heliyon* 6 (1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03218>.

- Secrétariat du Travail et de la Prévoyance sociale (STPS). (2024). *Programa de Inspección 2024*. Secrétariat du Travail, gouvernement mexicain.
- Selenko, Eva, Sarah Bankins, Mindy Shoss, Joel Warburton et Simon Lloyd D. Restubog. 2022. «Artificial Intelligence and the Future of Work: A Functional-Identity Perspective». *Current Directions in Psychological Science* 31 (3): p. 272–79. <https://doi.org/10.1177/09637214221091823>.
- Shirmohammadi, Melika, Wee Chan Au et Mina Beigi. 2022. «Remote Work and Work-Life Balance: Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic and Suggestions for HRD Practitioners». *Human Resource Development International* 25 (2): 163–81. <https://doi.org/10.1080/13678868.2022.2047380>.
- Smart, Andrew, Sonja Schmer-Galunder, Mark Diaz, Ding Wang, Erin van Liermt, Atoosa Kasirzadeh et Ellis Monk. 2024. «Discipline and Label: A WEIRD Genealogy and Social Theory of Data Annotation». 16 juillet 2024. <https://arxiv.org/pdf/2402.06811>.
- Smids, Jilles, Sven Nyholm et Hannah Berkers. 2020. «Robots in the Workplace: A Threat to – or Opportunity for – Meaningful Work?» *Philosophy & Technology* 33: 503–22. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00377-4>.
- Smith, Alex Nelson. 2019. «Finite Element Analysis of Traumatic Brain Injury Due to Small Unmanned Aircraft System Impacts on the Human Head». Theses and Dissertations, 2286. <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/2286>.
- Soori, Mohsen, Behrooz Arezoo et Roza Dastres. 2023. «Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning in Advanced Robotics, a Review». *Cognitive Robotics* 3: 54–70. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.001>.
- Souchet, Alexis D., Domitile Lourdeaux, Alain Pagani et Lisa Rebenitsch. 2023. «A Narrative Review of Immersive Virtual Reality's Ergonomics and Risks at the Workplace: Cybersickness, Visual Fatigue, Muscular Fatigue, Acute Stress, and Mental Overload». *Virtual Reality* 27: 19–50. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00672-0>.
- Srinivasan, Babji, Mohd Umair Iqbal, Mohammed Aatif Shahab et Rajagopalan Srinivasan. 2022. «Review of Virtual Reality (VR) Applications To Enhance Chemical Safety: From Students to Plant Operators». *ACS Chemical Health & Safety* 29 (3): 246–62. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.2c00006>.
- Stanney, Kay, Ben D. Lawson, Bas Rokers, Mark Dennison, Cali Fidopiastis, Thomas Stoffregen, Séamas Weech et Jacqueline M. Fulvio. 2020. «Identifying Causes of and Solutions for Cybersickness in Immersive Technology: Reformulation of a Research and Development Agenda». *International Journal of Human-Computer Interaction* 36 (19): 1783–1803. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1828535>.
- Star Knowledge. 2022. «Advantages and Disadvantages of Wearable Technology». (blog) 12 juillet 2022. <https://star-knowledge.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-wearable-technology-in-the-workplace/>.
- Stefan, Hans, Michael Mortimer et Ben Horan. 2023. «Evaluating the Effectiveness of Virtual Reality for Safety-Relevant Training: A Systematic Review». *Virtual Reality* 27 (4): 2839–69. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00843-7>.
- Steidelmüller, Corinna, Sophie-Charlotte Meyer et Grit Müller. 2020. «Home-Based Telework and Presenteeism Across Europe». *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 62 (12): 998–1005. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001992>.
- Stoltz, Marie-Hélène, Vaggelis Giannikas, Duncan McFarlane, James Strachan, Jumyung Um et Rengarajan Srinivasan. 2017. «Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers». *IFAC-PapersOnLine* 50 (1): 12979–84. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>.
- Su, Hao, Antonio Di Lallo, Robin R. Murphy, Russell H. Taylor, Brian T. Garibaldi et Axel Krieger. 2021. «Physical Human-Robot Interaction for Clinical Care in Infectious Environments». *Nature Machine Intelligence* (3): 184–86. <https://doi.org/10.1038/s42256-021-00324-z>.
- Sun, Jianmin, Hongzhou Shen, Syed Ibn-ul-Hassan, Amir Riaz et Aura Emanuela Domil. 2022. «The Association between Digitalization and Mental Health: The Mediating Role of Wellbeing at Work». *Frontiers in Psychiatry* 13 (August): 934357. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.934357>.
- Tamers, Sara L., Jessica Streit, Rene Pana-Cryan, Tapas Ray, Laura Syron, Michael A. Flynn, Dawn Castillo, Gary Roth, Charles Geraci, Rebecca Guerin, Paul Schulte, Scott Henn, Chia-Chia Chang, Sarah Felknor et John Howard. 2020. «Envisioning the Future of Work to Safeguard the Safety, Health, and Well-Being of the Workforce: A Perspective from the CDC's National Institute for Occupational Safety and Health». *American Journal of Industrial Medicine* 63 (12): 1065–84. <https://doi.org/10.1002/ajim.23183>.
- Tao, Yanqiu, Debbie Steckel, Jiří Jaromír Klemeš et Fengqi You. 2021. «Trend towards Virtual and Hybrid Conferences May Be an Effective Climate Change Mitigation Strategy». *Nature Communications* 12 (1): 7324. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27251-2>.
- teal. Sans date. «Do Machine Learning Engineers Have a Good Work-Life Balance?» Consulté le 14 février 2025. <https://www.tealhq.com/work-life-balance/machine-learning-engineer>.
- Tegtmeier, Patricia, Corinna Weber, Sabine Sommer, Anita Tisch et Sascha Wischniewski. 2022. «Criteria and Guidelines for Human-Centered Work Design in a Digitally Transformed World of Work: Findings from a Formal Consensus Process». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (23): 15506. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315506>.
- Timbó, Rafael. 2023. «Pros and Cons of Artificial Intelligence». <https://www.revelo.com/blog/pros-and-cons-of-ai> (Revelo, 2023).
- TISK. 2022. «Türkiye's Journey To Zero Accidents». <https://www.tisk.org.tr/project/745/turkiyes-journey-to-zero-incident.html> (TISK, 2022).
- Tucker, Sarah, Soundarya Jonnalagadda, Cheryl Beseler, Aaron Yoder et Ann Fruhling. 2024. «Exploring Wearable Technology Use and Importance of Health Monitoring in the Hazardous Occupations of First Responders and Professional Drivers». *Journal of Occupational Health* 66 (1): uiad002. <https://doi.org/10.1093/joccu/uiad002>.
- UNI Global Union. 2022. «H&M Workers Protected under First Digitalization Agreement with Ver.Di». UNI Global Union (blog). 2022. <https://uniglobalunion.org/news/hm-workers-protected-under-first-digitalization-agreement-with-ver-di/>.
- Vallée, Alexandre. 2024. «Exoskeleton Technology in Nursing Practice: Assessing Effectiveness, Usability, and Impact on Nurses' Quality of Work Life, a Narrative Review». *BMC Nursing* 23 (1): 156. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01821-3>.
- Vorecol. 2024. «The Role of AI in Enhancing Fatigue and Stress Management Software Solutions». Consulté le 12 février 2025. <https://vorecol.com/blogs/blog-the-role-of-ai-in-enhancing-fatigue-and-stress-management-software-solutions-168445>.
- Wang, Pei. 2019. «On Defining Artificial Intelligence». *Journal of Artificial General Intelligence* 10 (2): 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>.
- Wee, Ian Jun Yan, Li-Jen Kuo et James Chi-Yong Ngu. 2020. «A Systematic Review of the True Benefit of Robotic Surgery: Ergonomics». *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 16 (4): e2113. <https://doi.org/10.1002/rcs.2113>.
- Williams, Abigail. 2019. «Reality Check: How AR Can Improve Efficiency in Logistics». *Automotive Logistics*, 15 avril 2019. <https://www.automotivelogistics.media/materials-handling/reality-check-how-ar-can-improve-efficiency-in-logistics/37943.article>.

- Williams, Adrienne. 2022. «The Exploited Labor Behind Artificial Intelligence». <https://www.noemamag.com/the-exploited-labor-behind-artificial-intelligence> (Noema, 2022).
- Wilson Center. 2021. «The DRC Mining Industry: Child Labor and Formalization of Small-Scale Mining». <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/drc-mining-industry-child-labor-and-formalization-small-scale-mining> (Wilson Center, 2021).
- Witkowski *et al.* 2024. «Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: ethical concerns and opportunities for patient-centered care». BMC Medical Ethics. <https://bmcmmedethics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12910-024-01066-4>
- Yan, Xiaojing, Yangyang Zhou, Xiaohui Liu, Daibin Yang et Huizhu Yuan. 2021. «Minimizing Occupational Exposure to Pesticide and Increasing Control Efficacy of Pests by Unmanned Aerial Vehicle Application on Cowpea». *Applied Sciences* 11 (20): 9579. <https://doi.org/10.3390/app11209579>.
- Yan, Xuzhong, Heng Li, Angus R. Li et Hong Zhang. 2017. «Wearable IMU-Based Real-Time Motion Warning System for Construction Workers' Musculoskeletal Disorders Prevention». *Automation in Construction* 74: 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.11.007>
- Yang, Guang-Zhong, Bradley J. Nelson, Robin R. Murphy, Howie Choset, Henrik Christensen, Steven H. Collins, Paolo Dario, Ken Goldberg, Koji Ikuta, Neil Jacobstein, Danica Kragic, Russell H. Taylor et Marcia McNutt. 2020. «Combating COVID-19—The Role of Robotics in Managing Public Health and Infectious Diseases». *Science Robotics* 5 (40): eabb5589. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abb5589>.
- Yorita, Akihiro, Simon Egerton, Carina Chan et Naoyuki Kubota. 2023. «Chatbots and Robots: A Framework for the Self-Management of Occupational Stress». *ROBOMECH Journal* 10: 24. <https://doi.org/10.1186/s40648-023-00261-z>.
- Zamanian, Ehsan. 2023. Environmental Sensors; Comprehensive Guide 2024. Neuroject. 8 novembre 2023. <https://neuroject.com/environmental-sensors/>.
- Zapier. 2021. «Zapier Report: The 2021 State of Business Automation». https://zapier.com/blog/state-of-business-automation-2021/?src_trk=em6693d85424df84.518838661470729023 (Zapier, 2021).
- Zelik, Karl E., Cameron A. Nurse, Mark C. Schall Jr, Richard F. Sesek, Matthew C. Marino et Sean Gallagher. 2022. «An Ergonomic Assessment Tool for Evaluating the Effect of Back Exoskeletons on Injury Risk». *Applied Ergonomics* 99 (February):103619. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103619>.
- Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H. et Dong, X. 2021. «Automated Workers' Ergonomic Risk Assessment in Manual Material Handling Using sEMG Wearable Sensors and Machine Learning». ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/355449113>.





**Occupational Safety and Health and
Working Environment Branch (OSHE)
Governance and Tripartism
Department (GOVERNANCE)**

International Labour Office
Route des Morillons 4
1211 Geneva 22
Switzerland

T: +41 (0) 22 799 61 11
E: oshe@ilo.org