



HAL
open science

Préconisations et limites de l'intégration des nouvelles technologies dans la maîtrise des risques Santé Sécurité au Travail

Yonnel Giovanelli, Pierre Navillon, Gouelle Arnaud, Puel Frédéric, William Bertucci

► To cite this version:

Yonnel Giovanelli, Pierre Navillon, Gouelle Arnaud, Puel Frédéric, William Bertucci. Préconisations et limites de l'intégration des nouvelles technologies dans la maîtrise des risques Santé Sécurité au Travail. Congrès Lambda Mu 23 " Innovations et maîtrise des risques pour un avenir durable " - 23e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2022, Paris Saclay, France. hal-03875716

HAL Id: hal-03875716

<https://hal.science/hal-03875716>

Submitted on 28 Nov 2022

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

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

Préconisations et limites de l'intégration des nouvelles technologies dans la maîtrise des risques

Santé Sécurité au Travail

GIOVANELLI Yonnel
DSV Voyageurs SNCF
1-7, Place aux étoiles
93212 Saint Denis cedex
Laboratoire PSMS, EA 7507
51100 reims
yonnel.giovanelli@sncf.fr

NAVILLON Pierre
TGV-INTERCITES SNCF, Direction
Sécurité
10 avenue Camille Moke
93200 La plaine Saint Denis
pierre.navillon@sncf.fr

GOUELLE Arnaud
Laboratoire PSMS, EA 7507
51100 Reims
arnaud.gouelle@gmail.com

PUEL Frédéric
Laboratoire PSMS, EA 7507
51100 Reims
frederic.puel@univ-reims.fr

BERTUCCI William
Laboratoire PSMS, EA 7507
51100 Reims
william.bertucci@univ-reims.fr

Résumé — Les innovations technologiques préfigurent l'entreprise du futur d'après l'INRS [1] avec des changements déjà présents dans les « dimensions productives, organisationnelles, managériales et relationnelles du travail ». Ces évolutions induites peuvent contribuer à améliorer la Santé Sécurité au Travail (SST) ou à générer des effets délétères. L'objectif de cet article est de présenter le retour d'expériences des actions menées par SNCF pour intégrer les nouvelles technologies dans le cadre de la maîtrise des risques SST à partir des démarches de recensement engagées, des projets de réalité virtuelle [2] et d'exosquelettes/cobots [3] en identifiant les étapes clés et les points de vigilance. Des innovations technologiques dédiées à l'amélioration de la maîtrise des risques professionnels voient le jour depuis quelques années. Comment mettre en œuvre ces innovations et quelles préconisations et limites prendre en compte pour qu'elles apportent une réponse efficace ?

Mots-clefs — *Nouvelles technologies, Serious game, Exosquelette, Acceptabilité, Acceptation*

Abstract — According to the INRS [1], technological innovations foreshadow the company of the future, with changes already taking place in the "productive, organizational, managerial and relational dimensions of work". These induced changes may contribute for improving occupational health and safety or generating deleterious effects. The aim of this article is to present feedback on the actions carried out by SNCF to integrate new technologies into the framework of OHS risk management, based on the inventory procedures undertaken, the virtual reality [2] and exoskeleton/cobot [3] projects, and to identify the key stages and points to watch out for. Technological innovations dedicated to improving the control of occupational risks have been appearing for several years. How can these innovations be implemented and what recommendations and limitations should be taken into account to ensure that they provide an effective response?

Keywords — *New technologies, Serious game, Exoskeleton, Acceptability, Acceptance*

I. INTRODUCTION

Depuis quelques années, les nouvelles technologies de type exosquelettes, Internet des Objets (IdO)... ouvrent de nouvelles possibilités sur de nombreux domaines. De ce fait, les entreprises se posent la question de savoir si leur intégration aux pratiques pourrait contribuer à améliorer la SST.

Les approches de la sécurité industrielle ont évolué avec le temps afin de franchir des paliers. Daniellou *et al.* [4] en proposent une synthèse basée successivement sur les approches techniques, sur le système de management de la sécurité et enfin sur l'intégration des facteurs humains et organisationnels (Figure 1).

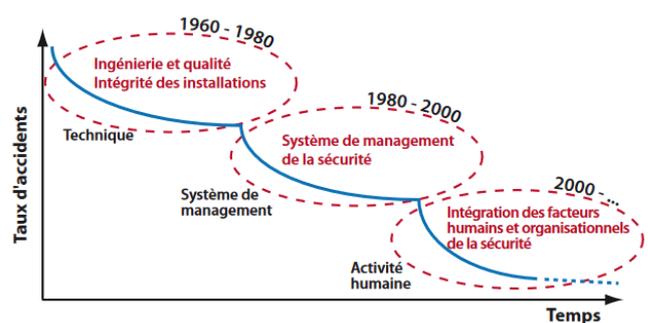


Fig. 1 : Approches successives de la sécurité industrielle [4].

C'est bien l'articulation et l'agrégation de ces 3 approches qui a permis de faire progresser globalement la sécurité industrielle.

Avec l'essor des nouvelles technologies, les perspectives, les potentialités, les enjeux, mais aussi les limites et risques sont des sujets à investiguer dans la maîtrise des risques industriels.

Une des questions majeures est de savoir comment mettre en œuvre le plus efficacement ces innovations, quelles sont les

préconisations et limites à prendre en compte pour qu'elles apportent une vraie réponse ?

De plus, comme le soulignent Brangier *et al.* [5], il est important de garder à l'esprit que « *l'utilisation de la technologie sécrète ses propres impacts, qui à leur tour modifient la relation à la technologie* ».

Après une définition des concepts nécessaires à la compréhension de l'importance des nouvelles technologies dans la sécurité industrielle et la Santé et Sécurité au Travail, nous présenterons un retour d'expérience, dans le cadre de deux sujets : le jeu sérieux (« *serious game* » [2]) et le projet de conception et d'intégration des exosquelettes [3] réalisés à la direction du matériel.

II. DEFINITION DES CONCEPTS

A. Les nouvelles technologies

Brangier *et al.* [5] définissent les nouvelles technologies comme, « *à la fois, des machines pour changer, tant elles imposent des modifications rapides de l'organisation du travail, et des moyens pour adapter l'organisation par des processus d'accompagnement qui soient ajustés aux nouvelles contraintes* ».

Liem *et al.* [6] proposent une matrice de positionnement des nouvelles technologies selon deux dimensions – Rationaliste-Historique et Empirique-Idealiste – influencée d'un côté par les utilisateurs et le marché et par les concepteurs et la technologie de l'autre (Figure 2).

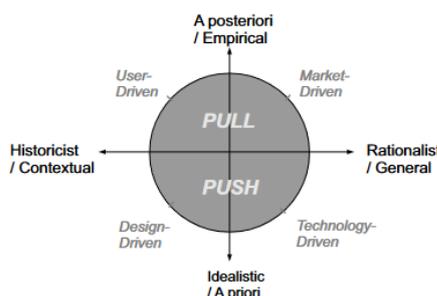


Fig. 2 : Classification des perspectives d'innovation selon les dimensions Rationaliste-Historique et Empirique-Idealiste [6].

Abt [7,8] définit les jeux sérieux comme des jeux qui ont « *un objectif éducatif explicite et soigneusement réfléchi et ne sont pas destinés à être joués principalement pour le plaisir* ».

Les exosquelettes peuvent être définis comme une « *structure revêtue entièrement ou partiellement par un individu aux fins d'assistance dans l'exécution de ses mouvements, la compensation de ses efforts et/ou l'augmentation de ses performances physiques dans la réalisation de sa tâche professionnelle dans l'objectif de productivité, de facilitation de l'usage, et de réduction des troubles musculo squelettiques* » [9].

B. La prévention et maîtrise des risques Santé et Sécurité au Travail

La prévention des risques professionnels repose sur 9 principes généraux inscrits dans le Code du travail (article L. 4121-2). Ces principes sont organisés selon 3 axes :

La suppression du risque reste le 1^{er} objectif incontournable dans une démarche de prévention. Le cas échéant, le risque doit être évalué afin de proposer des moyens

de préventions au regard de l'évaluation des risques. Les principes généraux sont ainsi classés dans un ordre qui va de la notion de combattre les risques à la source jusqu'à donner les informations appropriées aux travailleurs. Le principe même d'adapter le travail à l'homme permet une approche de la démarche de prévention organisée en tenant compte de l'état de l'art de la technique, mais aussi de ce qui n'est pas ou moins dangereux et de la priorité des mesures de préventions collectives.

Les mesures de prévention sont classées en 3 catégories :

- La prévention technique ;
- La prévention organisationnelle ;
- La prévention humaine ou personnelle.

La prévention technique est basée sur le constat que l'atteinte à l'intégrité, à la santé de l'homme, est liée à sa rencontre avec le danger (zone dangereuse, phénomène dangereux ou substance dangereuse). Pour prévenir les atteintes dommageables, on va agir sur les locaux de travail, sur les équipements de travail et sur les produits chimiques (aération, aspiration, ...). Pour prévenir ces atteintes, plusieurs démarches sont possibles :

- Supprimer le risque (Prévention primaire) ;
- Eviter la rencontre entre l'homme et le danger, réduire la probabilité de cette rencontre (Prévention secondaire) ;
- Réduire les conséquences de cette rencontre au cas où, malgré tout, elle se produirait (Prévention tertiaire).

En complément des mesures techniques, l'employeur est tenu d'intégrer la prévention dans l'organisation même du travail :

- Diminuer le nombre de personnes exposées ;
- Diminuer la durée d'exposition (toutes les nuisances ont un effet cumulatif : gêne, inconfort, danger...) par l'organisation du travail.

La prévention humaine ou personnelle prend en compte l'information, la formation et la surveillance, ce qui correspond aux actions directement liées aux salariés.

Les enjeux SST doivent être pris en compte dans le cadre de l'industrie 4.0 dès la conception.

C. Acceptabilité / Acceptation

L'intégration de nouvelles technologies nécessite une démarche appropriée, comme c'est le cas pour les dispositifs ou robots d'assistance physique de type exosquelette [10].

Cependant cette démarche d'intégration doit être repositionnée dans un contexte beaucoup plus large en prenant en compte l'acceptabilité et l'acceptation de ces nouvelles technologies.

Pour Wioland *et al.* [11], « *le concept d'acceptabilité se distingue de celui d'acceptation par le fait qu'il concerne les intentions des opérateurs à utiliser ou non la nouvelle technologie, alors que l'acceptation désigne son usage effectif* ». Wioland *et al.* [11] distinguent une acceptabilité « *pratique ou opératoire* », notamment lors de la phase de conception ou de choix, puis sociale par « *anticipation de l'acceptation de la technologie* » jusqu'à son usage effectif.

Brangier [12] précise que plus que l'acceptation d'une nouvelle technologie, la notion de symbiose Homme-Technologies apparaît comme une évolution du processus complexe d'acceptabilité et d'acceptation. En effet, « *l'important n'est pas seulement de faire des technologies utiles et utilisables, mais plutôt de considérer que les technologies doivent augmenter les capacités humaines* » [12].

L'assistance technologique à l'humain doit s'appréhender sous plusieurs aspects, *i.e* (i) « *par le développement de systèmes plus simples et agréables* », mais aussi (ii) par des systèmes plus évolués qui permettraient une capacité d'adaptation des systèmes à l'humain en prenant en compte « *l'évolutivité et l'agilité* » [12].

Cette vision de la relation Homme-Technologie montre un axe de recherche de développement de solutions technologiques centrées sur l'utilisateur, mais encore plus précisément centrées sur l'Humain, l'utilisateur étant par définition un humain dans un usage.

D. Centré utilisateur versus centré sur l'humain

Boy [13] explique que la conception centrée sur l'humain est apparue en réaction aux modèles de conception rigides où l'ingénierie gère la conception et le développement, en intégrant la partie Humaine dans « *les interfaces utilisateurs et la documentation opérationnelle* ».

Les approches de type Design Thinking permettent de prendre en compte le contexte (*i.e.*, besoins utilisateurs, état de l'art technologique et viabilité économique).

La prise en compte de l'humain dans les démarches de conception trouve son origine dans « *l'interaction homme-machine (IHM) qui prend en compte les facteurs humains dans les systèmes informatiques* » [13], en devenant une véritable démarche de conception.

Cependant, dans cette approche, l'humain englobe la notion d'utilisateur. Néanmoins, il ne faut pas occulter le fait que l'utilisateur final comprend l'ensemble des personnes qui seront en interaction avec le système (formateur, mainteneur...) et pas simplement l'utilisateur final. En effet, « *les personnes qui traitent avec un système ont d'autres caractéristiques que d'être des utilisateurs ; ce sont des personnes !* » [13].

E. Courbe des technologies émergentes – Hype cirle

La courbe Hype Cycle de Gartner (ou courbe des technologies émergentes) évalue l'état de maturité des différentes innovations technologiques et l'évolution de l'intérêt (médiatisation).

Pour Gartner, toute technologie connaît 5 phases : **le déclenchement** (percée technologique), **un pic d'engouement** (« hype », où le potentiel technologique est surgonflé notamment par les médias), **une phase de désillusion** (suite aux premiers échecs d'implémentation et à un certain désintéressement de l'opinion), **un développement éclairé** (avec les premiers succès liés à une meilleure compréhension du potentiel réel et l'engagement de primo-adoptants (« *early adopters* ») et enfin **l'ère de la maturité** (avec une adoption généralisée) [14,15] (Figure 3).

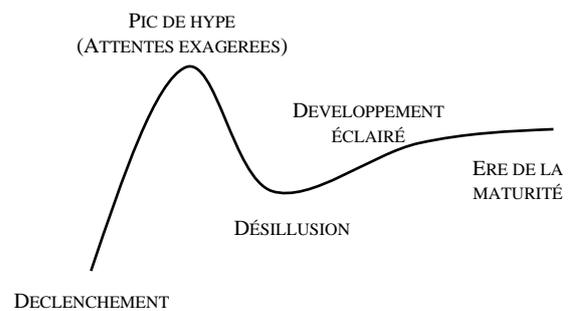


Fig. 3 : Courbe des technologies émergentes [14]

Toutes les technologies ne parcourent pas la courbe à la même vitesse et un jeu d'icônes permet à Gartner d'indiquer si la technologie s'imposera sous 2 ans, 5 ans, 10 ans ou plus.

III. LA MISSION SPOT

A. Le concept de la mission SPOT

En 2019, à la demande du Directeur Sécurité de la SA Voyageurs SNCF, un éclairage d'experts scientifiques et techniques SNCF sur les technologies émergentes en matière de prévention des risques professionnels dans le groupe public ferroviaire SNCF a été réalisé.

Un état des lieux des nouvelles technologies a eu lieu et des préconisations de mise en œuvre ont été proposées.

L'approche repose sur le choix de technologies susceptibles d'être les plus performantes au vu des problématiques choisies issues de notre accidentologie (plain-pied / dénivellement, heurt, risque électrique, manipulation d'objets / manutention manuelle) en phase avec les évolutions sociales, technologiques et réglementaires.

Le sourçage (« *sourcing* ») dérogea quelque peu aux règles d'usage de prospect car, au-delà d'approcher les fabricants/fournisseurs/startuppers, nous avons souhaité nous enrichir d'initiatives internes au groupe SNCF et nous ouvrir vers d'autres industriels par le biais d'une première dans le cadre d'une mission Spot SNCF, à une journée d'innovation entre les Groupe Bouygues, Alstom et SNCF.

B. Les résultats de la mission SPOT

Après 9 mois d'investigation, un recueil de 32 fiches de bonnes pratiques a été présenté au commanditaire de cette mission SPOT, accompagné d'une matrice de synthèse des fiches décomposée en 4 thèmes (Risque ferroviaire et plain-pied, pédagogie participative, EPI/Vêtement connectés, Nouvelles Technologies d'Assistances Physiques) prenant en compte l'impact potentiel sur l'accidentologie, les ressources nécessaires, la facilité de mise en œuvre et l'acceptabilité (Figure 4).

NOM	DESCRIPTEUR	THEME	RISQUE	IMPACT ACCIDENTOLOGIQUE	RESSOURCES	MISE EN ŒUVRE	ACCEPTABILITE
Ceinture GEOSECURE	Dispositif d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI) sous la forme d'une ceinture connectée	+ Prévention technique	+ Travail isolé	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★★	Située
Chaussure PARADE	Dispositif d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI) sous la forme de chaussures connectées	+ Prévention technique	+ Travail isolé	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★★	Sociale
Solution connectée ELEK SEN	Gilet/parka connectées avec éclairage intégré qui permet la détection engins/piétons et fait office de Dispositif d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI)	+ Prévention technique	+ Plain-pied + Désivellation + Travail isolé + Co-activité	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★	Sociale
Checkglove BY NEORATECH	Gants isolants qui intègrent un vérificateur d'absence de tension (VAT)	+ Prévention technique	+ Risque électrique	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★	Pratique
Semelles Feetme	Dispositif de semelles qui permet d'évaluer le niveau d'équilibre + application qui propose des exercices de « rééducation »	+ Prévention humaine + Pédagogie active	+ Chute de plain-pied	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★	Sociale
Siège ACTIVEBASE	Siège permettant de redévelopper la proprioception.	+ Prévention technique	+ Poste de travail + Chute de plain-pied	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G Environ 220 €	★★	Sociale
Siège COGITOBIO	Siège permettant de redévelopper la proprioception	+ Prévention technique	+ Poste de travail + Chute de plain-pied	G ●●●● E ●●●● P ●●●●	G	★★	Pratique

Fig.4 : Extrait de la matrice de synthèse

En complément, une liste de recommandations pour réussir l'intégration des nouvelles technologies au service de la santé sécurité au travail a été élaborée (Figure 5).

Analyse du Besoin	<i>Réaliser une analyse du besoin opérationnelle partagée par tous les acteurs. « Ce n'est pas la technologie qui crée le besoin. »</i>
Maturité de la technologie (Hype Circle)	<i>Mettre en place une veille en lien avec la maturité de la technologie (Hype cycle). Identifier le niveau de maturité de la technologie lors du lancement du projet.</i>
Acceptabilité et d'acceptation	<i>Mettre en place un processus d'acceptabilité et d'acceptation qui intègre un passage d'une acceptabilité « pratique ou opératoire », puis d'évaluation par « anticipation de la technologie » jusqu'à l'usage effectif de la nouvelle technologie.</i>
Gestion de données	<i>Etablir en amont une stratégie de gestion de la donnée (Gestion RGPD, propriété et partage de la donnée, ...).</i>
Accompagnement	<i>Accompagner les acteurs lors du déploiement</i>

Fig.5 : Les 5 recommandations de la mission SPOT

La partie économique est intégrée dès le départ de la démarche afin d'en connaître les investissements nécessaires à la mise en œuvre des nouvelles technologies avec cependant des difficultés pour calculer le Retour sur Investissement.

IV. RETOUR D'EXPERIENCE DE 2 PROJETS

Concernant les nouvelles technologies, au sein du métier de la maintenance du matériel roulant ferroviaire, nous avons travaillé, avant cette mission SPOT, sur 2 projets innovants : un jeu sérieux (« Serious game ») pour la formation SST des nouveaux arrivants [2] et un projet de conception et d'intégration d'exosquelettes [3].

Pour ce retour d'expérience, nous vous proposons de le réaliser à partir des 5 recommandation de la mission SPOT.

A. Jeu sérieux pour la formation SST des nouveaux arrivants

Le projet a débuté en avril 2012 et la première version du jeu sérieux a été déployée à partir de janvier 2014.

Il a été piloté par le département sécurité de la Direction du Matériel SNCF pour le compte des 38 technicentres de maintenance.

Analyse du besoin :

Concernant ce projet le besoin était le suivant :

- Réduire les accidents des nouveaux arrivants (moins de 2 ans d'ancienneté) : taux de fréquence 1.4 fois plus élevé que les autres populations.
- Mettre en place un standard d'accueil des nouveaux arrivants dans l'ensemble des technicentres de maintenance du matériel roulant.
- Rendre actifs les agents dans leur cursus de formation pour leur inculquer le plus tôt possible une véritable culture sécurité.
- Afficher une politique Santé, Sécurité au Travail ambitieuse en mettant la sécurité du personnel au centre des préoccupations en libérant un budget conséquent afin de développer un outil moderne de formation.

Cependant, dans la démarche d'analyse du besoin, les opérationnels qui dispensent les formations n'ont pas été sollicités.

A posteriori, nous pouvons considérer que le jeu sérieux a été estampillé « Technology driven » [6] et donc que la technologie a créé le besoin.

Maturité de la technologie (Hype Circle) :

Au lancement du projet, la réalité virtuelle pour la formation professionnelle était dans le début de la phase de déclenchement de la courbe de Hype [13].

Pour exemple, en 2014, la communication « La réalité virtuelle au service de la prévention des risques professionnels » [2], avait obtenu le lambdamu d'or de la meilleure communication interactive au congrès lambdamu 19 « Décider dans un monde incertain : enjeu majeur de la maîtrise des risques ».

10 ans plus tard, cette technologie se situe au début de la phase de développement éclairé.

Acceptabilité et acceptation :

Aucun processus d'acceptabilité et d'acceptation n'a été réalisé.

Le standard d'accueil des nouveaux arrivants induit par l'utilisation du jeu sérieux a entraîné une augmentation significative de la durée de la formation passant de 2 heures en moyenne à 6 heures avec un mode d'apprentissage différent et le besoin d'une salle dédiée avec des postes informatiques.

Le choix de mettre à disposition un jeu sérieux avec des vues 3D de qualité a généré un frein lors de la 1^{ère} année de déploiement, le temps de remplacer le matériel informatique.

Gestion de données :

Le développement de ce type de produit était nouveau pour l'entreprise. Nous avons souhaité un développement spécifique avec la modélisation 3D des environnements SNCF. Lors de l'élaboration du contrat, nous n'avons pas spécifié que SNCF était propriétaire des 3D.

Accompagnement :

Des sessions de formation pour animer des formations avec l'outil ont été dispensées aux formateurs par le chef de projet pendant 2 ans.

L'accompagnement a cessé après le changement de poste du chef de projet.

Conclusion :

Globalement, le jeu sérieux a été peu utilisé et est devenu obsolète en 2020 suite à des évolutions de logiciel informatique.

Nous avons beaucoup communiqué sur ce projet en mettant en avant que les actions pour la maîtrise des risques Santé, Sécurité au Travail pouvaient être innovantes.

Au regard de la courbe des technologies émergentes, en 2012, il était trop tôt pour développer ce produit. Aujourd'hui, SNCF s'est dotée de structures spécifiques pour accompagner les commanditaires dans ce type de produit.

La non prise en compte du besoin opérationnel, une technologie qui crée le besoin et la non mise en place d'un processus d'acceptation et d'acceptabilité sont en partie responsables de l'échec de ce projet.

A noter que l'accompagnement sur le long terme est également indispensable.

Le coût d'investissement a été estimé à 250 000 € soit 12 € par agent du Matériel.

B. Projet de conception et d'intégration d'exosquelettes

Analyse du besoin :

Lors d'un lab sur la maintenance haute performance [3] réalisé en 2014, la question des nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) a été abordée.

Fort de nombreuses interventions ergonomiques et FOH réalisées par le pôle Ergonomie et FOH, il est apparu que certaines situations de travail complexes ne permettaient pas la mise en place de solutions plus conventionnelles. En quoi les NTAP pouvaient offrir des alternatives potentielles ? Lors d'un minilab réalisé au début du projet, la présence d'agents, mais aussi des représentants des organisations syndicales, médecins, préventeurs, ingénieurs méthodes, etc., ont permis, non pas d'analyser les besoins de chaque situation de travail, mais de cerner l'ampleur du travail d'intégration des NTAP.

Lors de la conception du SHIVA Exo, une synthèse des besoins a été formalisée dans un cahier des charges fonctionnel à partir de la connaissance de multiples analyses des contraintes. Dans le cadre de l'expérimentation et de l'intégration des NTAP au niveau établissement, une analyse des besoins doit être réalisée en amont du choix des solutions à tester.

Maturité de la technologie (Hype Circle) :

Les exosquelettes ne sont apparus dans la 1^{ère} phase de la courbe de Gartner qu'en 2018. Les prémices de cette technologie dans le monde industriel dataient de 2012.

En 2018, compte tenu du travail réalisé au sein de la direction du matériel, il nous semble raisonnable de penser que notre projet était en avance par rapport au secteur, notamment grâce à l'intégration des Facteurs Organisationnels et Humains (FOH) afin d'investiguer cette nouvelle technologie.

Actuellement, le projet sort progressivement de la phase de désillusion en raison de la professionnalisation des établissements quant à l'approche des exosquelettes.

Acceptabilité et d'acceptation :

Les travaux de l'Institut National de Recherche et de Sécurité ont été publiés en 2019 [11], mais lors des travaux d'échanges au sein de la plateforme française de l'Agence Française de Normalisation (AFNOR) sur les exosquelettes, nous avons déjà pu échanger sur cet aspect.

Le fait d'avoir à la fois intégré un regard FOH, mais aussi les éclairages et échanges abordés avec les participants du minilab, avaient permis d'anticiper ces concepts sans toutefois les nommer de cette manière.

Actuellement, le processus d'acceptabilité et d'acceptation représente un guide dans lequel s'intègre notre démarche d'intégration des NTAP en conservant le regard FOH et sécurité.

Gestion de données :

L'expérimentation des prototypes créés ou des solutions testées l'a été dans une logique non systématisée pour une capitalisation et une mutualisation des résultats. De plus, la complémentarité des méthodes d'évaluation objectives et subjectives, ainsi que les moyens mis en œuvre, ne facilitent pas des comparaisons des résultats entre des situations similaires. Actuellement nous privilégions plus les méthodes subjectives, tout en mettant en place des études scientifiques en laboratoire permettant de corréliser les résultats des méthodes objectives et subjectives.

Accompagnement :

Compte tenu d'une maturité technologique en plein devenir, ainsi qu'un retour d'expérience à venir, l'accompagnement reste un point fort de la démarche d'intégration des NTAP.

La durée d'accompagnement n'est pas déterminée et dépend notamment de l'expérience des établissements ainsi que des évolutions organisationnelles.

La partie formation reste un point important de la démarche. En effet, il faut former (i) le groupe projet à la compréhension et la mise en œuvre de la démarche d'intégration à travers une analyse initiale des besoins, (ii) un référent exosquelette au plus proche du terrain qui permet d'être un relai local auprès des agents et enfin (iii) les agents.

L'accompagnement réalisé consiste organiser et mettre en œuvre au niveau local la démarche préconisée avec quelques adaptations locales si nécessaire.

Conclusion :

Le cadrage de la démarche d'intégration des NTAP reste nécessaire afin de ne pas considérer les exosquelettes comme des EPI (rien ne prouve qu'un exosquelette protège d'un risque) ou comme des outils. En effet, les exosquelettes sont des Dispositifs ou Robot d'Assistance Physique à contention

[9] et il faudra attendre d'être pleinement rentré dans l'ère de la maturité pour vérifier l'impact réel des NTAP.

Actuellement nous avons plus de 5000 NTAP implantées. La question du retour sur investissement se pose afin de poursuivre leur déploiement. En effet, certains établissements ont acquis des NTAP sans analyse au préalable et ont ensuite réalisé les expérimentations, sans analyse a priori des besoins. Le respect des recommandations nationales est gage d'une approche cadrée, mais n'est pas suffisant pour valider l'intégration effective des NTAP. En effet, malgré une validation nationale de la NTAP et une validation locale avec expérimentation locale, l'agent ne l'utilisera que si les bénéfices apportés sont supérieurs aux contraintes que la NTAP lui occasionne. Cette décision reste un compromis opératoire individuel.

De ce fait, nous poursuivons l'évolution de l'état de l'art de ces technologies et des méthodes d'intégration au niveau français (Commission AFNOR), mais aussi européen (CEN Workshop) et international (ASTM international).

Cela permet de faire évoluer notre propre démarche interne. Mais si notre approche était précurseur avec des résultats mitigés, nous travaillons sur la capitalisation et le REX afin de rechercher des bras de levier pour pérenniser la démarche : (i) volonté de l'établissement de se lancer dans la démarche indépendamment de la hype, (ii) relais locaux au plus proche du terrain, (iii) respect de la démarche d'intégration préconisée par le national avec la possibilité de l'adapter au niveau local...

Le coût d'investissement varie en fonction des exosquelettes d'une centaine d'euros à 8000 € environ.

V. CONCLUSIONS

A travers ces deux exemples, et notamment une analyse synthétique a posteriori, il apparait que la volonté d'intégrer de nouvelles technologies nécessite une démarche complexe qui dépend de plusieurs paramètres. La technologie répond-elle à un besoin ou crée-t-elle un besoin ?

Plusieurs questions se posent dans le sens où la médiatisation des nouvelles technologies est importante et souvent les solutions présentées ne sont que des versions prototypes, voire des concepts.

Comment mieux analyser le marché et les besoins pour investiguer les technologies en réponse à nos problématiques. Comment faire la part des technologies émergentes influencées par le marché, les utilisateurs, les concepteurs ou la technologie [6] ?

L'articulation, ou la complémentarité des besoins exprimés par le terrain, les besoins analysés, et les technologies proposées doivent faire l'objet d'une analyse de faisabilité et d'une décision managériale.

Dans un monde concurrentiel, avec de nombreuses entreprises de type Startup qui proposent des solutions toutes plus innovantes les unes que les autres, quelle(s) méthode(s) pouvons-nous mettre en œuvre pour les intégrer ?

Les solutions innovantes ne doivent rester que des outils, des moyens que chaque entité doit intégrer dans une démarche de prévention en Santé Sécurité au Travail.

Fort des expériences avec le jeu sérieux, la démarche des NTAP et la mission SPOT, plusieurs axes sont envisageables :

- Comment exprimer notre maturité interne concernant les nouvelles technologies sur un système s'approchant du Hype cycle ?
- Comment organiser une veille technologique plus efficiente ?
- Comment grâce à un minilab, serait-il possible de réfléchir à une approche FOH et une démarche SST différentes en intégrant les nouvelles technologies ?
- Comment faire évoluer l'outil interne Grille d'Evaluation et d'Evolution des systèmes Socio Techniques (GEESSTe) [16] en intégrant des champs liés aux nouvelles technologies, à la Sécurité (SST, Environnementale, d'exploitation ferroviaire), à l'acceptabilité et l'acceptation, à la valorisation financière, pour devenir GEESSTe +

REMERCIEMENTS / ACKNOWLEDGMENT

Les auteurs remercient les membres du groupe de travail SST du cluster Sécurité Système pour leur aide et leurs avis sur l'intégration des nouvelles technologies.

REFERENCES

- [1] A. Aubet-Cuvelier, L. Claudon, B. Delecroix, S. Guyot, A. Savescu, C. Trontin, « Innovations technologique, changements organisationnels : quels enjeux pour la prévention ». Conférence scientifique INRS, 2017.
- [2] F. Ardeois, P. Navillon, « La réalité virtuelle au service de la prévention des risques professionnels ». IMDR, 2014.
- [3] Y. Giovanelli, V. Touchard, « Prise en compte du management des risques dans la conception et l'intégration de nouvelles technologies d'assistance physique ». IMDR, 2018.
- [4] F. Daniellou, Y. Boissières, M. Simard, « Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : un état de l'art », 2010
- [5] E. Brangier, S. Hammes-Adelé, J.-M.C. Bastien, « Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies : de l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation », Revue européenne de psychologie appliquée 60, 2010 pp 129-146.
- [6] A. Liem, E. Brangier, « Innovation and design approaches within prospective ergonomics », IOS Press, 2012
- [7] C.C. Abd, "Serious Games Serious Games", Penguin Publishing Group, 1970
- [8] M. Denoual, « Conception d'un outil d'introduction à la prospective », 2022
- [9] AFNOR, « Dispositifs d'assistance physique à contention de type exosquelettes robotisés ou non. Outils et repères méthodologiques pour l'évaluation de l'interaction humain-dispositif », 2017
- [10] JJ Atain Kouadio, L. Keranguéven, E. Turpin-Legendre, « Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise », 2018
- [11] L. Wioland, JJ. Atain-Kouadio, L. Debay, « Processus d'acceptabilité et d'acceptation des exosquelettes : évaluation par questionnaire », INRS, 2019
- [12] E. Brangier, A. Dufresne, S. Hammes-Adelé, « Approche symbiotique de la relation humain-technologie : perspectives pour l'ergonomie informatique », 2009
- [13] G. Boy, "Human-centered design of complex systems: An experience-based approach", Design Science, 2017
- [14] Hype cycle. Available at: <https://gartner.com/en/informationtechnology/glossary/hype-cycle>. Accessed, 5 January 2021
- [15] G. Strawn, "Open Science and the Hype Cycle", Data intelligence, 2021
- [16] C. Blatter, F. Ardeois, S. Duvenci-Langa, « GEESSTe, un outil pour évaluer et pallier les risques dans la conception des systèmes sociotechniques », Congrès Lambda Mu de l'IMDR, 2018