Université de Lille

Faculté d'Ingénierie et de Management de la Santé (ILIS)

Master Ingénierie de la Santé

Camille GUIBIER

Année universitaire 2020-2021

La technologie 4.0 au service de la santé des opérateurs en France : Mythe ou réalité ?

Sous la direction du Dr. Florent Occelli

Mémoire de fin d'études de la 2ème année de master

Master Ingénierie de la Santé

Parcours Qualité Santé Environnement Toxicologie - Option Ingénieure QHSE

Président de jury : Dr. Franck-Olivier Denayer, Responsable du master de parcours QEST et Maître de conférences universitaire en écotoxiocologie et toxicologie

2ème jury : Dr. Florent Occelli, Maître de conférences universitaire en environnement santé

3ème jury : M. Christophe Géneau, Directeur général de l'Association Santé Travail Interentreprises Littoral 62 (ASTIL62)

Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé – ILIS

42 rue Ambroise Paré

59120 LOOS

Remerciements

Je tiens à adresser mes remerciements à :

- Monsieur Franck-Olivier DENAYER, responsable du parcours QEST de master, pour l'encadrement et les enseignements dispensés au cours de ces 2 années de master ainsi que sa participation à l'évaluation de mon travail.

- Monsieur Florent OCCELLI, maître de conférences universitaire en environnement et santé, de m'avoir accompagnée et conseillée dans la réalisation de ce travail en tant que directeur de mémoire.

- Monsieur Christophe GENEAU, directeur de l'Association Santé Travail Interentreprises Littoral 62 (ASTIL62), d'avoir accepté de tenir le rôle de membre du jury de ce travail et de se déplacer à la faculté d'ingénierie et management de la santé pour assister à une soutenance.

- Les professionnels ayant accepté de m'accorder de leur temps et ayant partagé leur expertise et avis avec moi.

- L'ensemble des personnes m'ayant aidée à trouver les documents et contacts adéquats afin de répondre au mieux aux enjeux de ce mémoire.

Sommaire

Introduction 6

I. Etat de l'art 9

A. Matériel et méthodes 9

B. Technologies de suivi de santé existantes 9

C. Faisabilité dans le secteur industriel français 17

II. Mise en place d'une enquête 26

A. Matériel et méthodes 26

B. Résultats 30

C. Détermination d'un score 36

III. Discussion 41

Conclusion 43

Table des figures

Figure 1 - Graphique de la part de chaque type de technologies digitales utilisées au sein des pays de l'UE-28 en 2019 [6] 7
Figure 2 - Graphique de répartition des répondants par genre 30
Figure 3 - Graphique de répartition des répondants par âge 30
Figure 4 - Schéma des liens entre les différents interlocuteurs impliqués légalement dans le traitement de données de santé en industrie 34
Figure 5 - Graphique de l'acceptation des technologies de santé connectée par les opérateurs pour le traitement des données de santé au travail 36
Figure 6 - Graphique du volontariat des opérateurs pour tester le traitement des données de santé au travail par le biais de technologies de santé connectée 36

Table des tableaux

Tableau 1 - Echelle de score selon la faisabilité 37
Tableau 2 - Echelle de signification des intervalles de score de faisabilité 37
Tableau 3 - Score de faisabilité globale moyenné 40

Table des annexes

Annexe 1 - Feuille d’entretiens à destination des professionnels de cabinets de conseil et d'accompagnement en santé et sécurité au travail 52
Annexe 2 - Feuille d'entretiens à destination des professionnels de services de santé au travail 53
Annexe 3 - Feuille d'entretiens à destination des Professionnels de la santé et sécurité au travail au sein de l’entreprise 54
Annexe 4 - Feuille d’entretiens semi-directifs à destination des experts du droit 55
Annexe 5 - Questionnaire à destination des opérateurs 56

Liste des abréviations

AIPD : Analyse d'Impact relative à la Protection des Données

ASFA : Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes et d'ouvrages à péage

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CSE : Comité Social et Economique

CSSCT : Commission Santé, Sécurité et Conditions de Travail

DPO : Data Protection Officer (ou délégué à la protection des données)

ESENER : Enquête européenne des entreprises sur les risques nouveaux et émergents

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

INSEP : Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance

IOT : Internet Of Things (ou internet des objets)

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

ONISR : Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière

PPG : PhotoPléthysmoGraphie

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

SSE : Santé, Sécurité, Environnement

Introduction

Le concept d'industrie 4.0 né en Allemagne en 2011, repose sur une interaction entre les aspects technologiques, sociaux et organisationnels dans l'industrie. Ses grands objectifs correspondent aux 3 piliers du développement durable, à savoir disposer d'un système de production équitable socialement, respectueux de l'environnement et rentable économiquement [1] dans lequel l'humain doit être pleinement intégré [2]. En effet, il convient que les utilisateurs ne soient pas simples observateurs de ce processus de digitalisation mais qu'ils en soient acteurs. Or, les travailleurs au cœur même de l'industrie correspondent aux opérateurs, c'est pourquoi, nous nous intéresserons à cette population uniquement dans ce mémoire. D'autant plus que dans le cadre de cette quatrième révolution industrielle, la notion d'opérateur a évolué pour donner place à un opérateur connecté aussi dit opérateur 4.0. Ce dernier désigne l'opérateur qui, grâce aux nouvelles technologies d'assistance et d'automatisation, peut : voir son bien-être physique et mental amélioré, utiliser et développer ses compétences et satisfaire les objectifs de production qui lui sont fixés [3]. Cette définition sous-entend l'existence de différentes typologies d'opérateur connecté selon l'apport de la technologie utilisée. Du point de vue de la santé et sécurité au travail, certains sont intéressants puisqu'ils vont permettre à l'employeur de répondre à une des obligations légales qui lui est imputable. Cette dernière correspond à la garantie de bonnes conditions de travail come cité à l'article L.4121-1 du code du travail. Ces types d'opérateur sont respectivement :

- L'opérateur super-puissant de par l'utilisation d'exosquelettes ;
- L'opérateur collaboratif avec l'usage de cobots (robots collaboratifs) ;
- L'opérateur sain par le biais d'appareils portables et de capteurs de suivi de la santé et du bien-être.

La typologie de l'opérateur sain fait référence à la collecte et au suivi des données de santé dans le temps à l'aide de technologies. Son objectif est de constater, par le biais de mesures physiologiques et donc objectives, les impacts sanitaires induits par le poste et les conditions de travail afin de les améliorer. Elle va donc être bénéfique pour les opérateurs comme pour l'employeur. En effet, du point de vue des opérateurs, l'investissement dans ce type de collecte va prouver l'intérêt de l'entreprise à l'égard de leur santé et de leurs conditions de travail. Du point de vue de l'employeur, un suivi de ce type va dynamiser et moderniser l'image d'entreprise. Ainsi, le souci du bien-être des salariés sera un avantage à la fois pour le recrutement de nouveaux talents et pour

l'image de marque renvoyée aux clients. Ce concept d'opérateur sain bien que non nommé existe en réalité depuis des années. En effet, dès 1993, un arrêté de mise en application de l'article R.4541-11 du Code du Travail fait mention de mesures du rythme cardiaque. Ainsi, il était préconisé au médecin du travail pour évaluer l'effort des salariés de : « […] demander à procéder à un enregistrement de la fréquence cardiaque, […] » [4].

Aujourd'hui et ce, depuis quelques années, la technologie autour de l'opérateur sain se développe à l'international et en Europe. En effet, une étude de Malakoff Mederic avec le Boston Consulting Group réalisée en 2016 auprès de 3100 décideurs d'entreprises de 20 pays différents a démontré que plus de 57% des entreprises ont déjà adopté des solutions d'Internet des Objets (IoT). Parmi les décideurs du secteur industriel, 62% ont déclaré utiliser des objets connectés à des fins de santé et sécurité au travail dont des capteurs chimiques [5]. Aussi, pour la première fois en 2019, l'enquête européenne des entreprises sur les risques nouveaux et émergents (ESENER) a intégré le risque lié à la digitalisation. Comme il est possible de le constater sur la figure 1 ci-dessous, les capteurs, montres et autres accessoires connectés représentaient, en 2019, une part d'environ 5% des technologies digitales utilisées au sein de l'Union européenne des vingt-huit (UE-28). L'intégration de cette catégorie de technologies au sein de ce risque signifie bien les perspectives de développement attendues dans les années suivantes et à venir [6].

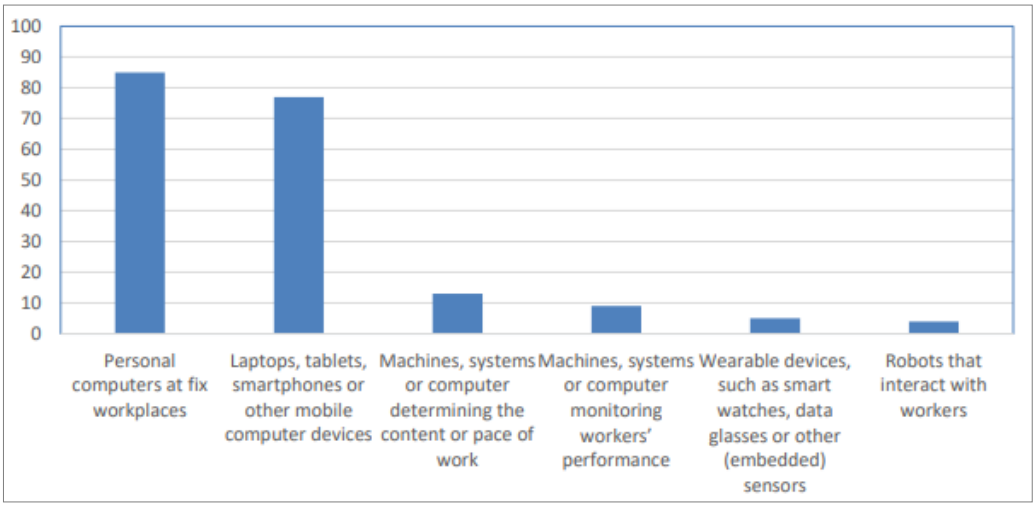

Figure 1 - Graphique de la part de chaque type de technologies digitales utilisées au sein des pays de l'UE-28 en 2019 [6]

L'implantation de ces systèmes en France pose aujourd'hui question du fait de la réglementation et des législations en vigueur en termes de santé au travail ainsi que de

protection des données à caractère personnel et médical. Ce mémoire portera donc sur la faisabilité technique, économique, légale, éthique et sociale de ce type de systèmes connectés avec pour problématique :

Dans les conditions actuelles, est-il envisageable de collecter et traiter les données de santé des salariés à des fins de santé et sécurité au sein d'une industrie française ?

Dans un premier temps, il vous sera présenté un état de l'art répertoriant les technologies de suivi de santé existantes ainsi que leurs utilisations les plus communes. Dans un second temps, la faisabilité de l'usage de telles technologies au sein des industries en France sur l'ensemble des plans à considérer.

I. Etat de l’art

A. Matériel et méthodes

Tout d’abord et dans le but de définir le sujet avec précision, le choix a été fait d’effectuer les recherches exploratoires sur des bases de données scientifiques reconnues telles que : Researchgate, ScienceDirect ou encore Scopus. En parallèle, des recherches ont été réalisées sur les sites internet des instances officielles comme par exemple celui de l’INRS.

Les termes utilisés en première intention correspondaient à "industry 4.0", "industrie connectée", "operator 4.0" ou encore à "opérateur connecté". S’agissant de termes génériques, ils m’ont permis d’explorer différents aspects de la thématique, de recentrer le sujet sur la notion d’opérateur sain et de déterminer le plan à suivre pour la suite de cet écrit. Afin d’optimiser les recherches d’articles scientifiques, des équations booléennes ont été réalisées. Celles-ci étaient soit relatives à la notion d’opérateur sain dans sa globalité soit spécifiques à un aspect traité dans le cadre de cet écrit. Ci-après sont présentés des exemples d’équations booléennes utilisées dans cet état de l’art :

- "operator 4.0" AND ("safety" OR "human safety");
- "operator 4.0" AND ("health" OR "human health");
- "healthy operator" AND "industry 4.0";
- "capteurs de santé" ET "sportifs professionnels";
- "détecteur de vigilance" ET "voiture".

Concernant les informations spécifiquement liées à un aspect de ce mémoire, certaines ont fait l’objet d’investigations sur des moteurs de recherche grand public car ne produisant pas de résultats intéressants sur les bases de données scientifiques. Une fois ces recherches effectuées, de nouveaux critères de tri ont été établis notamment au niveau des doublons, de la langue utilisée (français et anglais) et aussi du contenu retrouvé dans les résumés. En parallèle, afin d’être informée des parutions d’articles sur le sujet, des flux RSS sur les sites pertinents ont été créés à partir des mots clés déterminés et cités précédemment. De même, les articles lus ont fait l’objet d’un recensement ainsi que d’un court résumé dans le but de connaître leur contenu sans avoir à les consulter à nouveau dans leur intégralité.

B. Technologies de suivi de santé existantes

En France, ce type de technologies est, d'ores et déjà, très répandu et utilisé que ce soit dans la sphère personnelle ou dans la sphère professionnelle. Leur usage est même banalisé dans nos sociétés et elles sont bien souvent inclues dans d'autres systèmes ou appareils. Il convient donc, ici, de rappeler les systèmes les plus connus et répandus ainsi que les usages courants qui en sont faits.

1. Sphère personnelle

i. Détecteurs de vigilance / somnolence

Les accidents de la route sont responsables de nombreux décès et blessés corporels. En effet, en 2020, une baisse de la circulation automobile associée aux périodes de confinement imposées par la situation sanitaire a été constatée. Cependant, d'après l'observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR), ce sont 2782 personnes qui seraient décédées sur le territoire français [7]. Parmi les causes de ces accidents, la somnolence est la première source de mortalité sur l'autoroute [8]. Cette somnolence aussi appelée hypovigilance correspond à un état de veille altérée caractérisé par un assoupissement sans possibilité de se maintenir éveillé. Lorsqu'elle survient au volant, elle rend la conduite complexe voire impossible du fait d'une baisse de l'attention et une augmentation du temps d'intégration de l'information et, par conséquent, du temps de réaction [9]. Selon les données clés de 2020 de l'association des sociétés françaises d'autoroutes et d'ouvrages à péage (ASFA), l'hypovigilance a été la cause de 23% des accidents mortels sur la période de 2015 à 2019 [10][11][12]. Ceci explique le développement et la généralisation depuis plusieurs années de l'usage de détecteurs de vigilance au volant. Dans les véhicules récents, ils se trouvent directement intégrés, d'ailleurs, en 2022, tous les véhicules européens devront en être équipés.

Afin de prévenir les accidents liés à la somnolence des conducteurs, divers systèmes de détection des signaux avant-coureurs existent. Plusieurs données permettent d'estimer la somnolence au volant qu'il s'agisse d'évaluations subjectives par le conducteur ou une tierce personne, de mesures cognitives, de mesures physio-psychologiques, de mesures sensorimotrices ou encore de mesures portant sur le véhicule. Nous nous intéresserons, ici, uniquement aux données prédictives pouvant être obtenues par le biais de mesures objectives réalisées sur le conducteur. De fait, parmi les systèmes commercialisés, nous pourrons distinguer différents types de technologies pouvant être classées selon :

- l'intégration au véhicule (systématique ou ajout par le conducteur) ;

- le système de mesure utilisé (mesures cognitives, mesures sensorimotrices et mesures physio-psychologiques).

Tout d'abord, les mesures cognitives ne seront pas retenues car elles correspondent à des suivis de performance. Dans le cadre de la conduite, il s'agirait d'évaluer le temps de réaction ainsi que les erreurs commises. En effet, comme cela a pu être démontré par le biais d'études, il est possible de constater une augmentation des erreurs et du temps de réaction du conducteur en corrélation avec une baisse de vigilance [13]. Ce type de mesures n'est pas pertinent puisque ces signaux de somnolence interviennent aléatoirement et lorsque la vigilance est déjà altérée.

Concernant les mesures sensorimotrices, elles permettent, pour la plupart, la récolte d'images du visage du conducteur par le biais de capteurs optiques pour analyse de son état de fatigue à partir de divers signaux faciaux. D'après l'étude de Tina Sundelin et al. intitulée 'Cues of Fatigue: Effects of Sleep Deprivation on Facial Appearance', les principaux signaux faciaux de fatigue sont :

- l'état des yeux et des paupières ;
- l'état de la peau et sa pâleur [14].

D'autres études réalisées par Niels Galley et al. [15] ou encore Junpei Nishiyama [16] ont démontré l'intérêt de suivre d'autres paramètres tels que l'état des yeux, la dilatation des pupilles, la fermeture et le clignement des yeux, les mouvements de la tête et de l'ensemble du visage pour déterminer la somnolence au volant [17]. Les capteurs optiques peuvent également porter sur la position corporelle globale du conducteur bien que ce système soit moins répandu.

Ces dispositifs de mesures sensorimotrices peuvent être des technologies intégrées aux véhicules ou des systèmes embarqués. Dans le cadre de systèmes embarqués, il peut s'agir de caméras optiques ou infrarouges ainsi que de boîtiers tels que le dispositif TOUCANGOU [18] à positionner dans le véhicule mais également d'accessoires à porter, comme des lunettes connectées, des casques Bluetooth ou encore des casquettes connectées.

Les mesures physio-psychologiques vont, quant à elles, se baser sur les données physiologiques du conducteur. Il s'agira de mesurer l'activité du conducteur à différents niveaux. Certains systèmes sont inapplicables pour la conduite et donc non commercialisés. La référence est ici faite aux électroencéphalogrammes qui nécessitent le

port d'électrodes à des localisations précises sur la tête. Cependant des systèmes basés sur d'autres mesures sont commercialisés, c'est notamment le cas des systèmes de mesures de fréquence cardiaque. En effet, une augmentation de la somnolence au volant va diminuer la fréquence cardiaque et modifier le rapport basses fréquences / hautes fréquences du conducteur selon des études menées respectivement par Guosheng Yang et al. [19] et Appelhans et al. [20]. Les systèmes basés sur le rythme cardiaque commercialisés peuvent également être intégrés au véhicule ou portés par le conducteur. Par exemple, le système cardiowheel récolte l'électrocardiogramme du conducteur à partir de capteurs spécifiques intégrés au volant afin de détecter en permanence la somnolence mais également les problèmes de santé cardiaque. Un autre exemple est le tee-shirt connecté développé au Japon. Celui-ci est capable de capter et d'analyser les signaux électriques cardiaques [21].

Des systèmes basés sur l'activité respiratoire seraient également de bons indicateurs d'après l'étude réalisée par Boon-Gin Lee et al. en 2014. Cependant, l'étude du rythme respiratoire seule ne serait pas assez significative de la somnolence puisque la respiration est également modifiée par d'autres facteurs comme le stress [22]. C'est pourquoi certains pays européens se sont réunis autour du projet commun HARKEN. Celui-ci consistait à développer un système de mesure cardiaque et respiratoire intégré au siège et à la ceinture de sécurité des véhicules. Bien que ce projet ait aboutit en 2014, cette solution est restée au stade de prototype [23].

Il est également possible de détecter la somnolence grâce à l'activité électrodermale d'une personne. En effet, cette activité correspond au courant électrique de la surface de la peau et reflète l'activité du système nerveux d'où son utilisation en tant que marqueur de la somnolence au volant au cours d'études [24]. Des systèmes pour la conduite ont ainsi été mis au point dont la double bague StopSleep. Cette dernière permet d'alerter, par le biais de vibrations, le conducteur dès les premiers signes de somnolence. Elle les détecte en mesurant l'activité électrodermale du conducteur à travers 8 capteurs en contact direct avec la peau. Ce dispositif est commercialisé, pour autant, il est à noter que l'activité électrodermale est, tout comme l'activité respiratoire, variable selon d'autres paramètres tel que le stress [25].

ii. Montres connectées

D'autres systèmes connectés très répandus de nos jours sont les montres connectées. En 2020, 500 millions d'appareils de ce type étaient actifs sur le marché mondial. Les montres connectées ont divers objectifs dont certains sanitaires. En effet, elles sont adaptées à la

récolte de données de santé puisque le poignet est une zone à forte alimentation sanguine. Parmi les montres connectées commercialisées, beaucoup permettent de suivre le rythme cardiaque. La plupart intègrent des capteurs photopléthysmographiques constitués d'une diode électroluminescente. Ceci leur permet de mesurer le pouls périphérique au niveau du poignet et ainsi de générer une courbe de suivi de la fréquence et la régularité du flux sanguin cardiaque [26][27]. D'autres se basent sur l'enregistrement d'un électrocardiogramme à une dérivation. Cela est possible par le biais d'un circuit reliant le détecteur présent sur le dos de la montre et la couronne numérique. Un enregistrement de 30 secondes permet au dispositif d'analyser le rythme cardiaque et donc d'indiquer des irrégularités. Toutefois, celui-ci doit être activé par le porteur, il ne s'agit pas d'une mesure continue et automatique [26].

À l'aide de la photopléthysmographie (PPG), certaines montres connectées peuvent également mesurer la respiration en plus du rythme cardiaque. Le dispositif repose donc sur une diode photoélectrique mais également de filtres passe-bandes réglés respectivement pour le rythme cardiaque et la respiration. Ainsi, une analyse des fréquences contenues dans le signal PPG permet de suivre ces deux paramètres physiologiques. L'analyse de la respiration apporte une réelle valeur ajoutée au suivi de l'état de santé. En effet, elle renseigne sur des problématiques de santé spécifiques telles que l'hyperventilation ou encore les phénomènes de panique là où le rythme cardiaque, seul, informe sur le niveau d'effort et l'état de santé général [28].

D'autres montres ont été développées pour suivre les paramètres de fréquence respiratoire et position corporelle, signes de l'état de santé, durant le sommeil. Parmi celles-ci, SleepMonitor utilise un accéléromètre intégré pour la récolte des données, un filtre pour leur extraction, une analyse de fréquence pour prédire le rythme respiratoire et une technique d'apprentissage automatique pour connaître la position corporelle [29].

Aussi, afin de suivre la santé cardiovasculaire, électrophysiologique et dermatologique, l'utilisation de capteurs épidermiques est possible puisque les principaux paramètres cutanés tels que la température, l'hydratation ou encore la pression en sont de bons indicateurs cliniques. De fait, certaines technologies intégrant ces capteurs permettent de suivre en continu ces paramètres. Par exemple, une montre connectée cartographiant la température épidermique sera constituée d'un réseau de capteurs de température pour la récolte et de modules électroniques pour le traitement des données connectés entre eux par un film conducteur et une puce sans fil [30].

Enfin, les montres connectées offrent également la possibilité de détecter la charge mentale et le stress engendrés par les activités de la vie quotidienne. Pour ce faire, les montres mesurent plusieurs variables, à savoir, la conductance cutanée, la fréquence cardiaque mais également la température corporelle qui sont autant de signaux de stress. Les biosignaux ainsi collectés sont corrélés entre eux et avec les caractéristiques physiologiques avant d'être traités. Cette approche communément utilisée en neuropsychologie permet de détecter l'effort mental en lien avec une tâche cognitive. En comparaison à un questionnaire d'autodéclaration du stress, cette technologie s'est révélée précise et adaptée d'après l'étude de Lucio Ciabattoni et al. [31].

2. Sphère professionnelle

i. Sportifs

Il s'agit du secteur professionnel dans lequel ces technologies sont le plus couramment utilisées dans un objectif de suivi de performance mais également, par extension et en complément, de suivi de santé. D'après une interview du directeur du laboratoire sport, expertise et performance de l'institut national du sport français (Insep) réalisée en novembre 2020, les technologies de suivi de la physiologie des athlètes sont au summum de leur utilisation [32]. Quelle que soit la discipline sportive, qu'elle soit collective ou individuelle, les données indicatrices de performance et de santé sont, depuis de nombreuses années utilisées. Elles sont collectées par le biais de capteurs intégrés aux vêtements, aux accessoires ou encore aux équipements sportifs. Dans le cyclisme par exemple, les capteurs de performance sont intégrés dans le pédalier du vélo et envoient les données récoltées à un équipement spécifique situé sur le guidon par un système similaire au Bluetooth. Ainsi, les sportifs disposent d'un accès direct et continu à leurs performances. En parallèle, ils sont équipés de bien d'autres capteurs de type biomécaniques ou encore physiologiques. Parmi ceux-ci, de nombreux systèmes se basent sur la variation de la fréquence cardiaque [33]. En effet, l'ensemble des sportifs présents aux jeux olympiques de Rio en 2016 avaient reçu un téléphone ainsi que des écouteurs permettant la mesure du rythme cardiaque. Bon nombre d'entre eux, qu'il s'agisse de basketteurs, de nageurs ou encore de lutteurs, étaient déjà équipés et utilisaient déjà, au quotidien, des technologies suivant non seulement leur fréquence cardiaque mais également leurs mouvements, leur qualité de sommeil, leur alimentation ou leur taux d'hydratation. Les objets connectés alors utilisés constituaient en des bracelets, casques, lunettes ou encore boîtiers selon les sports. Ces systèmes de récolte

de données sont capables d'envoyer les données collectées par le biais du Bluetooth à une application mobile [34]. Cela permet d'analyser la performance et l'état physique du sportif pour prévenir les blessures mais également son niveau de stress. Ning Jin et al. ont réalisé une étude portant sur les outils de santé connectée dans le domaine des sports professionnels. Au cours de celle-ci, ils ont développé une méthode d'évaluation du stress par le biais de la récolte de la fréquence cardiaque ainsi que de la tension électrique dermale grâce à l'internet des objets (IoT). Les capteurs utilisés sur les sportifs collectent les données de fréquence cardiaque et d'activité électrodermale toutes les 5 minutes au cours du jeu et celles-ci sont ensuite combinées et traitées dans leur globalité pour évaluer à la fois le stress physique et psychologique du joueur. Avant cela, les données sont transmises à un serveur virtuel dit « Cloud » ou « en nuage ». Ce serveur contribue également à leur traitement avant consultation par des professionnels de santé. Le modèle est donc capable avant consultation par le médecin de prédire le niveau de stress de chaque joueur et communiquer un compte-rendu au médecin. Ainsi ce dernier pourra procéder à une vérification du stress de l'ensemble des sportifs. Cette méthode est déjà utilisée dans divers pays pour de multiples sports. Dans le cadre de sports collectifs, elle permet de sélectionner les joueurs et athlètes en meilleur santé et de veiller à leur bien-être en leur accordant des périodes de repos [35]. Les grands enjeux identifiés liés à ces données résident dans leur transformation en information utile, d'un point de vue technique mais également dans l'adhésion du sportif de haut niveau d'un point de vue social. En effet, il est nécessaire d'expliquer et de démontrer à l'utilisateur que cela lui sera bénéfique. Concernant les sportifs, les bénéfices seront surtout concentrés sur les performances individuelles [36].

ii. Expérimentation industrielle

Dans le secteur industriel, l'utilisation de systèmes de récolte et de traitement des données de santé personnelles des collaborateurs a débuté depuis quelques années et se développe de plus en plus. En effet, si l'on se réfère aux études réalisées par plusieurs scientifiques, il est possible de constater que les recherches et initiatives pour l'usage de tels dispositifs en industrie croissent. Parmi les expérimentations réalisées, nous pouvons faire référence à l'étude de cas sur les soins de santé cognitifs portée par le laboratoire de l'Industrie 4.0 de la faculté de génie électrique et d'informatique de l'Université technique de Košice en Slovaquie. Bien que portant sur des soignants et patients, il est possible d'assimiler les soignants à des opérateurs puisqu'ils vont exercer leur profession au cours de l'étude et donc être soumis à des facteurs de stress et autres. Ceux-ci ont été équipés d'un appareil portable mesurant la fréquence cardiaque ainsi que d'un brassard constitué

de capteurs électromyographiques combinés à un gyroscope, un accéléromètre et un magnétomètre. Ce dernier permet de récolter l'activité musculaire des soignants ainsi que ses variations. Ces données sont directement transférées sur une plateforme d'internet des objets en open source capable de détecter une variation d'activité et d'en informer la personne souhaitée. Les données de santé ne seront conservées que quelques jours. La récolte de ces données permet d'améliorer la sécurité des soignants et donc, par conséquent, de réduire les risques sanitaires liés à leur profession. En cela, cet essai se rapproche d'une expérimentation industrielle et pourrait d'après les auteurs de cet article être facilement transformé en applications industrielles [37].

En 2020, Shengjing Sun et al. ont, à travers leur étude, souhaité développer un cadre d'application technique pour intégrer les données de santé de l'opérateur et proposer un prototype en conséquence. Le cadre technique proposé sera évoqué ultérieurement. Ici, nous allons en effet nous intéresser à l'expérience de mise en œuvre du prototype. Celle-ci a été réalisée au sein d'un site logistique. En guise d'opérateurs, ce sont les grutiers réalisant le chargement des camions en barres d'acier qui ont été sélectionnés. Ce choix de sujets se justifie de par la charge physique et mentale que représente cette tâche. En effet, le processus chargement nécessite une planification précise et une réalisation rapide dans des conditions environnementales (bruit notamment) complexes d'où la pertinence de ces sujets pour valider le prototype et l'architecture de « Healthy Operator ». La décision a été prise d'utiliser les technologies de recueil de données de santé suivantes :

- un bracelet connecté pour suivre la fréquence cardiaque, la pression artérielle et les pas du grutier ;
- un capteur de détection pour suivre l'angle du bras et son accélération.

Ce choix pourrait être différent et adapté selon le cas d'application avec l'usage d'électromyographes ou encore de capteurs de conductance cutanée. Les flux de données ainsi collectés l'étaient uniquement par Bluetooth. Ceci a impliqué la mise au point d'une application et a permis de l'adapter et d'informer l'opérateur en temps réel des valeurs pour chaque paramètre. Les données ont ensuite été fusionnées et modélisées sous forme de jumeau numérique. Elles ont ainsi pu être observées et interprétées comme expliqué pour la pression artérielle, signal de stress pouvant augmenter le risque de certaines maladies [38].

Enfin, une étude de cas a également été mise au point au sein des unités de travail d'assemblage de CNH Industrial, un fabricant mondial d'engins agricoles et industriels.

Dans l'article de Margherita Peruzzini et al., l'exemple explicité est celui de la tâche d'assemblage des filtres à air de la cabine car longue et complexe. Afin de suivre la santé des collaborateurs, un jumeau numérique a été créé, les tâches ont été analysées et virtualisées. Ensuite, les paramètres vitaux des salariés, à savoir, la fréquence cardiaque et sa variabilité, l'angle d'inclinaison du corps, la fréquence respiratoire et le niveau d'activité ont pu être suivis par le biais de capteurs. En parallèle, ont été effectuées des mesures ergonomiques posturales et des mesures de mouvements oculaires. Les données ainsi recueillies représentent des indicateurs objectifs de la posture, de la visibilité mais également de la charge de travail mentale. Pour autant, le niveau de confort perçu par les salariés a également été évalué par le biais d'un questionnaire subjectif. Toutes ces données ont permis d'évaluer les conditions de travail des salariés et les impacts sanitaires induits par leurs tâches [39].

L'ensemble de ces études de cas laissent à penser que, sur le plan global, l'usage de tels dispositifs au sein des industries s'avère possible et pourrait constituer l'avenir. Cependant, dans la pratique réelle, divers aspects sont susceptibles d'influer la faisabilité de ce concept de surveillance sanitaire de l'opérateur. Ainsi, nous allons à présent nous intéresser aux critères de faisabilité du concept de « Healthy Operator » dans les industries françaises d'après la littérature.

C. Faisabilité dans le secteur industriel français

1. Faisabilité technique

Techniquement, les technologies de santé connectée présentent, en elles-mêmes, des questionnements, notamment en ce qui concerne la gestion des données. En effet, le système utilisé doit permettre la récolte et le traitement des données tout en garantissant la sécurité de ces dernières classées sensibles. Ainsi, la véritable problématique technique de ces technologies réside dans la récupération des informations utilement de façon sécurisée et proportionnée. Les différentes étapes du processus de traitement des données sont les suivantes : Collecte, stockage, traitement et partage.

La collecte peut se faire par différents biais plus ou moins objectifs. Dans le cadre de la récolte de données personnelles de santé, plusieurs solutions sont possibles allant de simples déclarations ou questionnaires administrés aux personnes elles-mêmes à l'usage

d'objets connectés et autres appareils IoT. L'objectif de la collecte de ces données en santé et sécurité au travail étant la prévention, l'idée est de recueillir des informations mesurées, factuelles et objectives. Ainsi, la solution faisant appel à des objets connectés et autres appareils IoT classiques est celle qui est, dans la littérature, la plus décrite et semble la plus adaptée. En effet, l'IoT ou internet des objets fait référence au réseau connectant un ensemble d'appareils physiques qu'il s'agisse de capteurs ou de logiciels à d'autres terminaux afin d'échanger des données. Ainsi, l'usage d'appareils IoT tels que des capteurs va permettre le partage de données sur un Cloud où elles seront directement traitées et analysées. La solution Cloud aussi appelée informatique en nuage se base sur internet et permet de stocker et traiter des données partagées [40][41].

Plusieurs études le décrivent. Dans l'article **'**Smart and cognitive solutions for Operator 4.0: Laboratory H-CPPS case studies**'**, un ensemble de capteurs et appareils connectés ont été développés sur la base d'une plateforme IoT et connectés à un Cloud. Dans le cadre des systèmes de santé, l'objectif de la passerelle IoT est d'effectuer les opérations de transition nécessaires au traitement des données. La passerelle développée dans cette étude contient un jumeau numérique de l'usine réelle, ce qui permet de trier les données et de n'envoyer dans le Cloud que celles considérées importantes. La plateforme Cloud permet d'explorer et de traiter ces dernières en temps réel grâce à une technologie d'intelligence artificielle. Ces données sont stockées pendant quelques jours avant suppression [37]. L'article 'Exploring the potential of Operator 4.0 interface and monitoring' décrit une structure assez semblable avec l'usage d'objets connectés pour la collecte de données et leur envoi. Celui-ci est effectué par le biais d'un réseau IoT sur un logiciel de modélisation humaine numérique pour créer un jumeau numérique et sur une boîte à outils logicielle pour analyse par modélisation ou autres méthodes in silico (simulation sur DHM, analyse vidéo, évaluation heuristique, …) [39].

Liée à cette exploitation de données se pose la problématique de confidentialité. En effet, les solutions d'opérateur sain touchent à des informations personnelles d'où la nécessité d'un moyen d'assurer leur confidentialité. Pour cela, deux types de solutions sont envisageables. La première évite tout problème de confidentialité puisqu'elle correspond à un traitement en temps réel des données avec envoi de notifications sans stockage de ces dernières. La deuxième est un stockage de celles-ci pour traitement et/ou analyse ultérieure. Cette option peut engendrer des problèmes de confidentialité, c'est pourquoi, une solution d'anonymisation est requise. Deux solutions différentes existent. La première correspond aux données de synthèse. Celles-ci seront, dans notre cas, partiellement

synthétiques puisque générées à partir des données collectées réellement. En effet, elles permettent de reproduire la structure et le schéma formel d'une base de données. Ainsi, par le biais d'algorithmes, les données existantes pourront être reproduites en termes de distribution et de propriétés statistiques pour donner un modèle de données synthétiques. Ceci peut notamment se faire par les méthodes de deep learning. Aussi, afin de renforcer la confidentialité de ces données, du « bruit » va être ajouté, à savoir des informations dites « parasites » habituellement non souhaitées lors des mesures. L'objectif étant de pouvoir extraire l'information statistique représentative de la base de données initiale sans permettre la reconnaissance des individus réels. Cela permet d'exploiter et traiter les informations récoltées là où l'utilisation des données brutes aurait été complexe voire impossible légalement [42][43]. La seconde solution correspond à l'avatarisation des données. Il s'agit d'une approche centrée sur les individus dont le fonctionnement repose sur la reproduction proportionnelle de la base de données réelle par le biais d'avatars. La transformation réalisée permet de calculer une distance entre les individus et donc d'identifier les individus aux caractéristiques les plus proches pour créer les avatars. Une modélisation locale stochastique va permettre de générer de l'aléa, c'est-à-dire des informations parasites comme dans la méthode des données synthétiques afin de garantir une certaine confidentialité. Ainsi, la répartition de l'ensemble des données pour chaque variable suivie sera linéarisée. Ceci va permettre de synthétiser un modèle représentatif unique des données réelles recueillies. Cette technique d'anonymisation a un double avantage puisqu'elle été approuvée par la CNIL et permet de conserver la précision des données recueillies [44].

Au vu de l'ensemble de ces informations, il semble possible de mettre au point et d'utiliser des solutions d'opérateur sain en industrie par le biais de diverses techniques. Toutefois, il convient de choisir une solution adaptée aux besoins identifiés au sein de chaque entreprise.

2. Faisabilité financière

En termes financiers, compte-tenu de la faisabilité technique, qui nécessite un ensemble de technologies d'internet des objets et d'anonymisation, il est possible de s'interroger sur le coût total de mise en place de ces solutions d'opérateur sain. Ajoutons à cela, la possibilité de mesurer un certain nombre de paramètres physiologiques variés par le biais

de divers appareils et capteurs. Cela impactera également le coût de réalisation du diagnostic. En effet, actuellement, la surveillance cardiaque est très couramment pratiquée car les capteurs sont simples d'utilisation et bons marchés. Au fur et à mesure, les autres types de capteurs sont également améliorés, miniaturisés et commercialisés à des prix abordables [39]. De plus, les plateformes IoT, du fait de leurs performances actuelles, permettent d'obtenir et trier les données et donc ainsi de réduire le trafic sur le réseau et les coûts des services Cloud comme expliqué par Iveta Zolotová et al. [37]. Aussi, afin de diminuer les coûts, une solution mise en place au sein de l'étude précédemment citée est de limiter la conservation des données à quelques jours. Cela permet de minimiser la somme dédiée aux services de Cloud. Le coût imputable au traitement des données sera, quant à lui, variable selon les données recueillies, la méthode de traitement utilisée mais également la quantité de données à traiter. Le paramètre de quantité de données sera d'ailleurs déduit des principaux paramètres responsables de la variation financière de mise en place de ces solutions. En effet, il dépend du nombre de travailleurs suivi mais également pour chaque travailleur :

- du nombre de variables de santé suivies ;
- du nombre de capteurs individuels et de leur complexité.

Par ailleurs, la technique d'anonymisation va grandement impacter le prix puisque la granularité sera conservée par le processus d'avatarisation alors qu'elle ne le sera pas par la technique de données de synthèse comme évoqué précédemment. De fait, financièrement, la faisabilité des solutions d'opérateur sain est dépendante des industries et surtout de leurs besoins.

3. Faisabilité légale

La confidentialité des données est une problématique très importante avec les solutions d'opérateur sain puisqu'elles portent sur des données personnelles de santé et ceci dans le cadre professionnel. La problématique réglementaire est donc double, ce qui rend l'encadrement de la notion d'opérateur sain d'autant plus complexe. Ainsi, il convient de

s’intéresser aux aspects juridiques du traitement de données personnelles de santé et aux aspects en termes de droit du travail.

Légalement, le traitement de données personnelles est encadré en France. En effet, la réglementation concernant les données à caractère personnel et plus précisément les données de santé est très stricte. Elle s’articule autour de deux textes fondamentaux applicables à différentes échelles, à savoir :

- au niveau européen, le règlement général de la protection des données, plus communément nommé RGPD ;
- au niveau national, la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés aussi dite loi « Informatique et Libertés ».

Les données à caractère personnel correspondent à l’ensemble des données faisant référence à une personne physique identifiée ou identifiable (article 4 du RGPD). Il est à noter que l’identification d’une personne peut être directe par le biais d’informations telles que le nom, le prénom ou encore le numéro de sécurité sociale mais pas seulement. En effet, certaines données vont également le permettre indirectement (article 4 du RGPD). Or, c’est le cas des données concernant la santé et données physiologiques dont il est question dans ce mémoire. Elles peuvent seules ou par combinaison permettre l’identification de la personne d’où leur statut particulier de données à caractère personnel [45].

Ces données peuvent, dans un certain nombre de cas, faire l’objet d’un traitement, c’est-à-dire d’une quelconque opération quelle qu’elle soit (collecte, extraction, communication, …). Pour cela, le traitement doit répondre à un objectif défini, légal et légitime [45].

Le RGPD a pour objet la protection des libertés et droits fondamentaux des personnes physiques, et en particulier leur droit à la protection des données à caractère personnel mais également le cadre de la libre circulation des données à caractère personnel au sein de l'Union européenne d’après son article premier [45]. De fait, celui-ci va imposer un traitement licite, loyal et transparent des données aux utilisateurs vis-à-vis des personnes concernées mais également une limitation des données en corrélation avec l’objectif pour lequel elles sont recueillies. En théorie, le traitement des données à caractère personnel concernant la santé est interdit comme mentionné à l’article 9.1 du RGPD relatif au traitement portant sur des catégories particulières de données à caractère personnel. Cependant, il y est également fait mention que sous réserve du respect d’une condition parmi une liste définie un traitement licite de ces données est possible. La condition de consentement mentionnée en 2.a ne peut s’appliquer dans le cas présent qu’en cas

d’anonymisation des données transmises à l’employeur puisqu’un lien de subordination entre l’employeur et le salarié existe et sans anonymisation des données, ceci invalide le consentement selon la commission nationale de l’informatique et des libertés. Réglementairement, une seconde base légale peut s’appliquer dans le cadre du traitement des données de santé à des fins de santé et sécurité au travail. Elle correspond au point 2.h de l’article 9 du RGPD. Le traitement est alors considéré nécessaire aux fins de médecine préventive et est conditionné par le point suivant de l’article 9. Ce dernier valide la possibilité de traiter les données de santé si elles sont « traitées par un professionnel de la santé soumis à une obligation de secret professionnel conformément au droit de l'Union, au droit d'un État membre ou aux règles arrêtées par les organismes nationaux compétents, ou sous sa responsabilité, ou par une autre personne également soumise à une obligation de secret conformément au droit de l'Union ou au droit d'un État membre ou aux règles arrêtées par les organismes nationaux compétents ». De plus, l’usage des données de santé décrit dans ce mémoire se réfère à un environnement professionnel or, le traitement de telles données est régi par l’article 88 du RGPD relatif aux relations de travail. Ce dernier donne la possibilité aux divers Etats membres de l’Union Européenne d’encadrer plus spécifiquement le traitement des données à caractère personnel des employés dans le cadre des relations de travail. Ceci par le biais de lois ou conventions collectives afin d’assurer la protection des droits et libertés des salariés y compris dans l’exercice des exigences de santé et sécurité au travail. Les règles édictées par les Etats membres incluent des « mesures appropriées et spécifiques pour protéger la dignité humaine, les intérêts légitimes et les droits fondamentaux des personnes concernées » (article 88). Une attention particulière y est portée concernant la transparence du traitement, le transfert des données à caractère personnel et les systèmes de contrôle sur le lieu de travail [45].

En France, le texte référençant les règles spécifiques complémentaires du RGPD est la loi « Informatique et Libertés ». Celle-ci vient transposer en droit français et renforcer les textes officiels européens en matière de protection des données à caractère personnel, à savoir le règlement n°2016/679 ou RGPD et la directive n° 2016/680 dite « Police-Justice » [46]. Cette loi impose, tout comme le RGPD, au responsable des données de mettre au point une description détaillée du cadre développé pour le traitement de ces données. Ce cadre doit comprendre l’ensemble des informations relatives notamment aux dispositions de protection des données, à leur transfert et aux modalités de rétractation et de suppression des données par demande de la personne concernée. Aussi, d’après l’article 68 de cette loi, les données de santé permettant d’identifier une personne peuvent être

transmises à condition d'une garantie de leur confidentialité [47]. Selon ce même article, toute personne prenant part au traitement ou ayant accès à ces données est soumise au secret professionnel sous peine de sanctions pénales décrites à l'article 226-13 du code pénal. Cependant, du fait de l'objectif de prévention dans lequel elles seraient collectées en entreprise et de la mention à l'article L1121-1 du code du travail de l'interdiction de restrictions des droits et libertés individuelles et collectives des personnes injustifiée par nature de la tâche et disproportionnée par rapport au but recherché, les informations transmises à l'employeur devront, comme mentionné plus haut, être anonymisées, c'est-à-dire ne pas permettre une ré-identification directe ou indirecte des salariés [48].

Aussi, à propos de la récolte des données de santé, le code du travail précise que le salarié doit être informé de la collecte d'informations personnelles le concernant par le biais d'un dispositif [49].
L'article 69 de la loi « Informatique et Libertés » mentionne également l'obligation d'information de la personne auprès de laquelle la donnée est recueillie. En effet, comme indiqué précédemment, cette dernière doit connaître l'ensemble des modalités de traitement de ses données et voies de recours conformément aux dispositions du RGPD [47].

Ainsi, en se référant aux textes officiels, nous pouvons dire que le développement et l'utilisation des solutions d'opérateur sain semble, en France, possible bien que complexe car extrêmement conditionnée. En effet, s'agissant de données de santé exploitées dans un cadre professionnel, elles doivent être traitées par des personnes tenues au secret professionnel et anonymisées avant communication. De plus, les salariés doivent être informés de l'exploitation de ces données et de sa finalité.

4. Faisabilité sociale

Il est primordial de considérer cet aspect en France, du fait du principe de Liberté qui constitue l'une des grandes valeurs nationales. Ceci est d'autant plus vrai dans la sphère professionnelle puisque l'employeur se doit d'une part de prendre des mesures pour protéger et assurer la santé physique et mentale de ses travailleurs (article L4121-1), mais il se doit également de communiquer à l'ensemble de ses collaborateurs ce qu'il souhaite mettre en place les concernant et de respecter leur droits et libertés aux échelles individuelle et collective d'autant plus lorsque cela touche à leurs données personnelles

[50]. De ce fait, il est aisément envisageable de s'attendre à des réticences face à la mise en place de campagnes de traitement de données de santé et à des exigences légitimes pour une telle mise en place. Ceci a donc déjà fait l'objet d'une étude. En effet, dans leur étude Eija Kaasinen et al. se sont intéressés aux attentes et préoccupations des travailleurs industriels de 4 entreprises distinctes vis-à-vis des solutions d'opérateur connecté. Concernant le suivi de la santé des opérateurs par le biais de mesures de données physiologiques, seuls les salariés de trois entreprises ont été interrogés [3].

Sur le premier site industriel pilote, l'opinion de huit opérateurs a été recueillie ainsi que celle de plusieurs managers. Parmi ces derniers, des divergences ont déjà été constatées puisque certains se sont voulu prudents par appréhension de réticences de la part des opérateurs tandis que d'autres ont trouvé cette solution intéressante et utile du fait notamment d'un usage dans leur vie personnelle. Du point de vue des opérateurs, les avis divergeaient également. En effet, deux d'entre eux ont trouvé cela intéressant et deux autres ne souhaitaient pas l'utiliser tout du moins dans le cadre professionnel. Par croisement, il a pu être démontré que les opérateurs les plus performants sont favorables à cette mise en application car sûrs que cela ne leur portera pas préjudice. Ainsi, la conclusion globale qui a pu être mise en exergue dans ce site industriel est la nécessité de communiquer aux dirigeants les résultats anonymisés et d'expliquer clairement et de façon transparente l'usage qui en sera fait. Sans cela, les opérateurs seront plus susceptibles de refuser ce suivi [3].

Dans la seconde entreprise, ce sont quatre groupes de discussion semi-structurés représentant au total vingt-et-un salariés et une entrevue avec deux membres du comité d'entreprise qui ont été menés. Cependant, la question de la mesure de performance et de l'évaluation des données physiologiques n'a été posée qu'au cours des entrevues avec les membres du comité d'entreprise. Il faut savoir que ce comité d'entreprise est favorable à l'introduction de nouvelles technologies déjà impliquées dans des pilotes d'essai. Il est ressorti de ces dernières que ces solutions sont assez critiques. En effet, s'agissant de recueillir des données à caractère personnel dans le cadre professionnel, le comité d'entreprise refuse catégoriquement cette solution si l'employeur a accès aux données. Toutefois, en cas d'accès aux données du salarié lui-même, le comité d'entreprise est prêt à accepter une phase d'essais pour en estimer la valeur [3].

Au sein de la troisième industrie, ce sont dix entretiens avec un groupe représentatif de salariés qui ont été menés. Ces travailleurs sont respectivement un responsable hiérarchique, un chef d'équipe, un coordinateur d'équipe, un contrôleur qualité et six

ouvriers. Quel que soit leur poste, tous les salariés sont défavorables aux dispositifs de monitoring qui, selon eux, constituent une source de stress. Le salarié le plus ouvert à cette solution a stipulé le fait qu'un suivi de santé pourrait certes permettre d'améliorer les conditions de travail sur le process mais que ce suivi ne devrait pas être usité à des fins de mesure de la performance des salariés [3].

En résumé, au travers de ces investigations auprès d'industries pilotes, l'introduction de solutions d'opérateur sain en industrie n'est a priori pas la bienvenue du fait de son association à la notion de performance et au caractère personnel des données récoltées. Ainsi, d'après la littérature, il est socialement et éthiquement impossible de mettre de telles solutions en place sans intégrer les travailleurs dans le processus, y donner du sens et sans y associer certaines conditions spécifiques de limitation et de confidentialité.

II. Mise en place d'une enquête

Par le biais des articles de presse et scientifiques, l'évaluation de la faisabilité de la collecte de données de santé a pu être amorcée mais celle-ci se révèle incomplète. En effet, certaines données relatives notamment à la faisabilité financière de telles campagnes de mesures sont indisponibles et d'autres s'avèrent limitées concernant la faisabilité sociale par exemple. Ainsi, dans le but de déterminer la faisabilité réelle des solutions de mesures physiologiques en industrie, il s'est révélé nécessaire de solliciter l'expertise et l'avis de professionnels impliqués ou susceptibles de l'être dans le processus de mise en application et de réalisation de ce type de récolte de données.

A. Matériel et méthodes

1. Mise en place d'entretiens

L'objectif de cet écrit étant d'aborder la faisabilité globale sur les plans techniques, financiers, légaux et sociaux, différents profils de personnes ont été mis à contribution. Afin de bénéficier du partage d'expérience des professionnels tout en garantissant l'obtention d'informations précises sur certains aspects spécifiques, le format d'entretiens semi-directifs a été choisi puisque considéré comme le plus adapté. En effet, ce type d'entretiens se déroule en deux temps. Tout d'abord, par le biais d'une question générale, il est possible d'interroger le professionnel sur la thématique, ici, les mesures de données physiologiques en entreprise, tout en lui accordant la possibilité de partager librement son expertise. Ensuite, si besoin, l'obtention d'informations complémentaires peut se faire grâce à des questions plus précises et orientées. Ces entretiens semi-directifs ont eu pour objet d'aborder l'ensemble des aspects de faisabilité de ce type de collecte.

i. Profils d'experts

Quatre profils d'experts ont été considérés pertinents du fait de leur implication certaine ou possible dans le processus de traitement de données de santé en entreprise. La prise de contact avec les professionnels a pu se faire par différents biais, à savoir, directement par l'intermédiaire de réseaux sociaux professionnels mais aussi indirectement suite à des conférences en ligne, d'autres entretiens ou encore grâce à des associations professionnelles. Afin de définir la faisabilité réelle des solutions d'opérateur sain, il s'est avéré intéressant d'échanger avec des concepteurs de ces technologies mais également

avec des utilisateurs de ces dernières. Au cours de la recherche de profils adaptés, quatre catégories se sont révélées essentielles à l'apport d'une réponse à la question de faisabilité :

- Des professionnels de cabinets de conseil et d'accompagnement en santé et sécurité au travail. En effet, il s'agit de personnes formées dans ces domaines notamment des ergonomes. Étant des experts, la réalisation de mesures sera effectuée par leurs soins et sera comprise dans une solution de service globale de diagnostic et d'amélioration des conditions de travail. Quatre personnes correspondant à ce profil ont accepté de participer à un entretien.
- Des professionnels de services de santé au travail formés ayant pour missions de conseiller et de prévenir l'altération de la santé des travailleurs. De par ces missions, ils sont également susceptibles de traiter les données de santé des salariés. Trois entretiens avec des personnes de ce profil ont pu être effectués.
- Des professionnels de la santé et sécurité au travail au sein de l'entreprise ayant contribué indirectement à la réalisation de collectes puisqu'ils ont suivi et aidé à la bonne organisation des collectes. Une personne correspondant à ce profil a accepté de m'accorder un entretien.
- Des experts du droit, interrogés uniquement sur la thématique légale. Trois entretiens ont ainsi pu être menés.

Comme présenté en annexes, une grille d'entretien a été mise au point à destination de chacun de ces profils.

ii. Réalisation des entretiens

Des entretiens d'une durée de 30 minutes par le biais de plusieurs moyens d'échanges ont été proposés lorsque ceci était possible. Concernant les moyens d'échanges, afin de s'adapter au mieux à la demande des experts, la visioconférence, la conversation téléphonique et l'échange en face à face dans le respect des mesures sanitaires ont été utilisés. La durée des entretiens a été fixée afin de permettre d'aborder l'ensemble des points à considérer au vu de la problématique. Dans le but de faciliter les échanges au cours des divers entretiens, la proposition d'un enregistrement a été faite aux personnes interrogées. Lorsque ceci a été accepté, les échanges ont fait l'objet d'un traitement ultérieur permettant l'extraction utile des informations pour synthèse collective. Dans le cas contraire, une prise de note a été réalisée au cours de l'entretien.

Dans un premier temps, au cours des entretiens techniques, les principales thématiques abordées ont concerné la gamme de mesures proposées, le fonctionnement global de la récolte des données, le matériel utilisé, les résultats ainsi que l'anonymisation des données.

Dans un second temps, la faisabilité financière a également été évaluée puisque les experts connaissent les coûts associés au traitement des données. La thématique abordée a été unique, à savoir, le coût de telles solutions.

Dans un troisième temps, les participants ont été interrogés sur la base légale et l'anonymisation utilisée pour ce traitement de données de santé. La faisabilité légale ne pouvant être uniquement déterminée sur la base de ce qui est effectué actuellement, des experts du droit ont été impliqués. Au cours des entretiens réalisés, nous avons pu échanger sur les textes réglementaires, bases légales et conditions applicables dans le cadre du traitement de données de santé.

Dans un dernier temps, la question des retours clients et des avis des salariés ayant fait l'objet de mesures de données de santé a été évoquée lors de l'ensemble des entretiens techniques. L'objectif de celle-ci étant d'appréhender la faisabilité sociale de ces solutions. La volonté première était d'obtenir des retours de clients eux-mêmes, cependant, cela n'a pu être possible pour des raisons de disponibilité et de confidentialité.

2. Mise en place d'un questionnaire

Aussi, cette première approche d'évaluation de la faisabilité sociale se révélant trop peu indicative, le choix de diffuser un questionnaire pour connaître l'avis des personnes sur la collecte de données de santé a été fait. Cette méthode a semblé être mieux adaptée puisqu'il s'agit d'un outil simple et rapide de récolte d'avis. Ainsi, le questionnaire, que vous pourrez retrouver en annexe 5, a été organisé comme s'en suit :

1. Introduction permettant de contextualiser le questionnaire ;
2. Connaissances des répondants sur le sujet des technologies de santé connectée ;
3. Expérience des répondants avec ces mêmes technologies ;
4. Avis des répondants sur une utilisation dans le cadre professionnel ;
5. Identité des répondants en termes de genre et d'âge pour évaluer la représentativité de l'échantillon.

Les parties de connaissances, d'expérience et d'avis font toutes trois l'objet d'une explication écrite. En parallèle, afin de permettre aux personnes qui, a priori, ne connaissent pas de technologies de santé connectée, une courte vidéo explicative de 30 secondes a été introduite au début de la partie expérience. Celle-ci explique la santé connectée, ses objectifs et les exemples les plus communs de technologies associées.

Concernant la démarche de diffusion du questionnaire, elle a évolué en cours d'étude. Initialement, une demande a été faite auprès de responsables et ingénieurs SSE (santé, sécurité, environnement) d'industries de tous secteurs d'activité confondus. S'agissant d'un sujet sensible, la diffusion d'un tel questionnaire en entreprise doit, bien souvent, être validée par le service des ressources humaines, le comité social et économique (CSE) et la commission santé, sécurité et conditions de travail (CSSCT). Ces démarches, réalisées par plusieurs personnes contactées, ont été vaines. De fait, il a été nécessaire de diffuser ce questionnaire hors cadre professionnel auprès des principaux intéressés.

En termes de population cible, comme expliqué précédemment, le questionnaire a été mis au point afin d'évaluer l'acceptabilité de ce type de collecte. Le choix des répondants a été effectué sur la base initiale d'un choix délibéré, il s'agit donc d'un échantillonnage non probabiliste. En effet, un premier critère a été émis à savoir la profession des répondants. Le sujet portant sur les solutions de santé connectée au profit des opérateurs industriels, les répondants devaient en toute logique respecter ce critère. Ce dernier étant déjà restreignant et au vu des problématiques de diffusion du questionnaire, le volontariat a ensuite été de mise.

À l'issue de la période de diffusion du questionnaire, les répondants sont au nombre de dix-sept. En termes de répartition de genre et d'âge, les hommes sont légèrement plus représentés que les femmes et les répondants sont en majorité des personnes de 30 à 50 ans comme illustré sur les figures 2 et 3 ci-après.

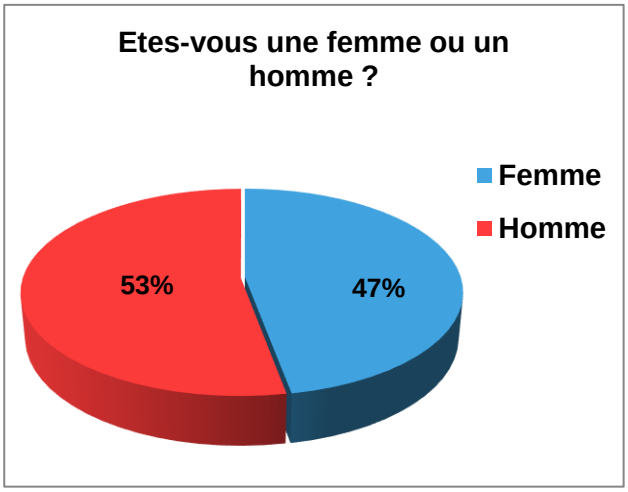

Figure 2 - Graphique de répartition des répondants par genre

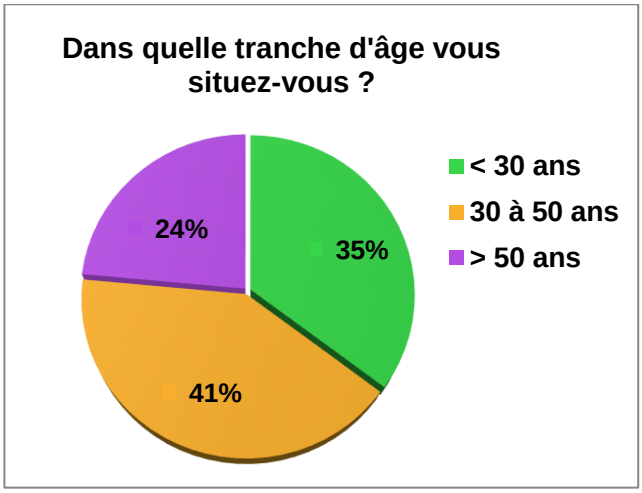

Figure 3 - Graphique de répartition des répondants par âge

B. Résultats

1. Faisabilité technique

L'ensemble des entretiens semi-directifs réalisés auprès de divers professionnels ont démontré qu'il existe une gamme assez développée de capteurs et autres technologies de recueil de données de santé. La variable la plus explorée jusqu'alors qui est d'ailleurs l'unique dans les services de santé au travail correspond à la fréquence cardiaque. Lorsque d'autres variables sont suivies, ceci est toujours fait dans le but d'objectiver les problématiques de santé, les facteurs de risques et conditions de travail. Ainsi, si la mesure d'une variable n'a pas d'intérêt vis-à-vis de la problématique, elle ne sera pas exécutée. De fait, quel que soit le professionnel, les mesures sont réalisées dans un contexte spécifique. Généralement, la prise de mesures est effectuée sur un temps assez court correspondant généralement à la durée d'un poste de travail. Toutefois, elle peut varier selon le dimensionnement de l'étude comme l'existence d'une activité contraignante spécifique ou encore le nombre de salariés impliqués. En réalité, la phase de récolte des données de santé ne représente qu'environ 25% de la prestation globale de service proposée. Cette dernière, qualitative et quantitative, va de la prise de contact à la proposition de mesures préventives et correctives au niveau technique, humain et organisationnel.

Concernant les solutions de récolte de données de santé, elles sont constituées de capteurs de quelques centimètres et d'accessoires assez pratiques pour le secteur industriel à savoir montres, ceintures ou patchs à placer sur les vêtements de travail. Ceux-ci communiquent généralement par connexion sans fil avec un logiciel sur lequel les données vont être enregistrées. Certains logiciels vont simplement conserver ces données brutes jusqu'à analyse par l'expert tandis que d'autres permettent d'obtenir une courbe en couplant les données à l'activité pratiquée au cours du poste de travail. Dans tous les cas, l'expertise de professionnels sur la base des mesures mais également d'informations complémentaires sur l'activité au poste de travail notamment sont nécessaires pour permettre une analyse complète. Par ailleurs, disposer d'informations sur l'activité des opérateurs va limiter les biais d'interprétation liés par exemple aux temps de repos en cours de poste.

Les données de santé étant considérées sensibles au sens du RGPD, leur traitement se doit d'être sécurisé. Pour ce faire, les cabinets de conseil et services de santé au travail ne les communiquent pas de façon brute et les suppriment après étude.

Des résultats individuels seront donc produits par les experts et communiqués aux salariés eux-mêmes, cependant, ils ne pourront être communiqués de la sorte à l'employeur. Techniquement, ils se doivent de procéder à une anonymisation de ces résultats pour rendre impossible la ré-identification de leur propriétaire. Dans l'ensemble des cas, la solution choisie et mise en place par les experts est la globalisation des résultats de l'ensemble des salariés d'un même poste de travail. Ainsi, ce sont des données synthétiques sous forme de statistiques globales qui sont transmises aux employeurs.

2. Faisabilité financière

Un premier constat général a été mis en évidence par les experts à savoir le lien entre dimension de l'étude et coût de prestation. En effet, comme vu précédemment, selon l'échelle de la problématique au sein de l'entreprise, la durée et le nombre de personnes impliquées varie ce qui a une conséquence sur le financement engagé. Ainsi, plus l'étude sera développée, plus le financement associé sera élevé. Toutefois, pour les entreprises, deux approches différentes ont pu être révélées par le biais des entretiens réalisés.

La première correspond à l'intervention d'un cabinet de conseil. Celle-ci sera financée par l'entreprise en totalité et représentera un coût d'une dizaine de milliers d'euros en moyenne. Aussi, selon le mode d'intervention éclair ou mode projet, ce coût aura une géométrie variable.

La seconde relève de l'intervention des services de santé au travail. La principale différence est l'initiative de la campagne de mesures qui, dans ce cas, va généralement être le médecin du travail ou les professionnels de santé du service eux-mêmes. De ce fait, ces études ne sont pratiquées que dans des cas spécifiques de surveillance des travailleurs, le coût sera donc la plupart du temps supporté par l'organisme de santé au travail car compris dans les cotisations obligatoires de l'entreprise. Toutefois, si l'initiative provient de l'entreprise, certains services de santé au travail rendent la prestation payante. D'autre part, une évolution de l'organisation des services de santé au travail liée au développement de leurs prestations est possible. Celle-ci pourrait conduire à plusieurs offres, une première obligatoire de services socles et une seconde facultative proposant des services complémentaires dont les mesures physiologiques.

3. Faisabilité légale

De ce point de vue, un consensus entre les experts juridiques interrogés a pu confirmer l'encadrement réglementaire strict des données de santé mis en évidence dans l'état de l'art, à savoir par le RGPD et la loi Informatique et Libertés. En effet, du fait de leur caractère personnel et sensible, ces données ne peuvent en aucun cas être traitées. Toutefois, il existe certaines exceptions liées à des bases légales spécifiques. Elles peuvent être utilisées à condition de respecter les principes de base de la collecte de données dont les deux principaux sont la légitimité et la minimisation. Il s'agit de définir au préalable les finalités de la collecte et de proportionner cette dernière au strict minimum. Aussi, il convient que les finalités de récolte soient licites, dans le cas contraire, cela ne peut s'appliquer. Parmi les bases légales possibles, plusieurs peuvent être appliquées à la collecte de données de santé en entreprise. La première est celle de la médecine préventive qui est reconnue par les experts juridiques. En toute logique, elle est légitimement utilisée par les services de santé au travail puisque la prévention de la santé des salariés constitue leur mission principale et qu'ils sont soumis au secret professionnel. Toutefois, le personnel des services de santé au travail ne se contente pas de cette

unique base légale pour traiter les données. En effet, y est, dans la plupart des cas, combiné le consentement. Cette seconde base légale est également utilisée par les cabinets de conseil. Aussi, elle constitue la première base légale mentionnée par les experts juridiques pour le sujet de la collecte de données de santé en industrie. En effet, le consentement constitue la base légale la plus simple à appliquer cependant il convient que celui-ci soit libre, éclairé, spécifique et univoque. De fait, il est nécessaire que les sujets de la collecte de données de santé disposent au préalable de l'ensemble des informations concernant les modalités de traitement de leurs données et les recours possibles. Pour cela, les organismes récoltant les données doivent remettre aux sujets un formulaire de consentement et un exemplaire de la convention de gestion des données. Celui-ci conserve la convention, signe le formulaire et le remet à l'organisme lui aussi soumis au secret professionnel. Le délégué à la protection des données, DPO, de l'organisme devra ensuite conserver l'ensemble des documents relatifs au consentement et à l'étude en cas de contrôle de la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). Concernant cette base légale, il est à noter que les informations nécessaires sont de plus en plus conséquentes. De fait, elles peuvent représenter une surcharge informationnelle. Aussi, les enjeux liés à la protection des données ne sont pas toujours réellement compris. En ce sens, le consentement peut faire l'objet de critiques. Un point d'alerte vis-à-vis de l'analyse d'impact relative à la protection des données (AIPD) a été mis en évidence par plusieurs experts juridiques au cours des échanges effectués. Cette AIPD est une analyse des risques liés au traitement des données à caractère personnel. Elle doit être réalisée par le DPO. Ce dernier va proposer des mesures de protection des données et de réduction des risques en fonction de la finalité. Il rendra un avis général au responsable des données. Ce dernier sera décisionnaire sur la réalisation ou non de la collecte et les moyens de sécurité mis en place. Jusqu'en mai 2021, cette analyse n'était pas obligatoire du fait de la période de 3 ans de mise en conformité accordée par la CNIL toujours en vigueur mais elle l'est devenue en cas de risque important pour les données personnelles. Les données de santé étant des données à caractère personnel sensibles, elles pourraient être considérées à risque important. Enfin, lors de nos échanges, plusieurs professionnels spécialistes du RGPD ont mis le point sur la spécificité du traitement de données de santé en entreprise. En effet, il est stipulé en droit du travail que le consentement ne peut pas être considéré libre en entreprise du fait du lien hiérarchique existant. Or, dans le contexte abordé à travers cet écrit, trois interlocuteurs sont mis en jeu comme illustré sur la figure 4 ci-après.

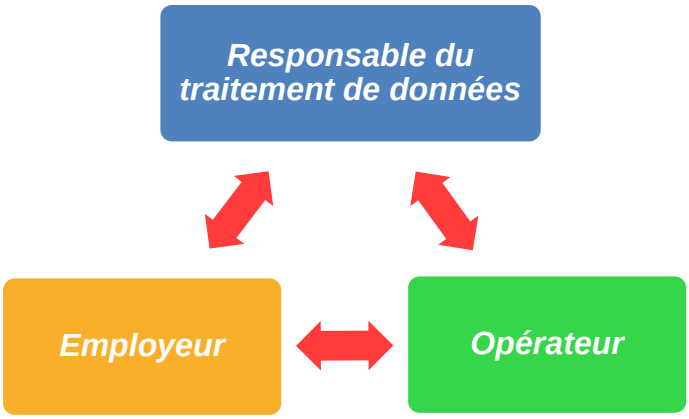

Figure 4 - Schéma des liens entre les différents interlocuteurs impliqués légalement dans le traitement de données de santé en industrie

Pour que le consentement soit réellement libre et donc valable au regard de la réglementation, le consentement ne doit pas impacter l'opérateur dans son cadre professionnel. Ainsi, il doit lier exclusivement le responsable du traitement de données et l'opérateur. Ceci signifie que l'employeur ne peut connaître l'identité des salariés ayant contribué à l'étude bien que cela fasse partie intégrante des objectifs de l'étude. Aussi, il existe une solution légale utilisée par les cabinets de conseils et services de santé au travail pour les transmettre à l'employeur. Cette solution est leur anonymisation ne permettant en aucun cas la ré-identification des personnes. De plus, par ce biais, les données ne sont plus considérées personnelles et donc plus concernées par le cadre RGPD.

4. Faisabilité sociale

Suite aux divers échanges avec les professionnels ayant réalisé des campagnes de mesures physiologiques au sein d'industries, le constat global est fait d'une absence de réticences face à cette collecte de données de santé. En effet, souvent les opérateurs et salariés en général sont intéressés par ces mesures qui prouvent que l'entreprise porte un intérêt à leur santé et leurs conditions de travail. Toutefois, certaines personnes sont parfois pudiques ou sceptiques de prime abord mais satisfaites par la suite. Il arrive aussi que certaines personnes soient totalement opposées aux mesures car ayant déjà une

problématique de santé initiale et ne souhaitant pas communiquer sur celle-ci. Cette dernière situation ne se produit que très rarement puisque, dans la plupart des cas, ces campagnes font appel à des volontaires. De même, l'initiative d'une telle campagne n'est pas à l'origine des opérateurs eux-mêmes, c'est pourquoi, qu'elle provienne d'un médecin du travail ou de leur employeur, une communication auprès des opérateurs et une préparation de la campagne sont mises en place en amont. Celles-ci passent par des réunions collectives et entretiens personnels dont le but est de créer une relation de confiance avec l'opérateur et de répondre à l'ensemble de ses interrogations. Aussi, comme expliqué dans une partie précédente, la prestation réalisée ne s'arrête pas aux mesures, elle est suivie d'un plan d'actions ou d'une proposition de plan d'actions dans lequel les opérateurs peuvent être impliqués ce qui va renforcer leur intérêt pour l'étude. Par ailleurs, le prestataire peut s'opposer à la réalisation des mesures si les conditions de travail ne sont pas à la normale car ceci pourrait accentuer le stress des opérateurs et leur donner une mauvaise perception des mesures.

À travers le questionnaire, le point de vue et l'expérience des opérateurs sur ce sujet ont pu être mis en évidence. Ainsi, le constat a été fait que les technologies de santé connectée sont connues par 65 % des répondants. Après explication de la notion et présentation d'exemples de technologies, 52% d'entre eux ont révélé utiliser de telles technologies dans leur vie personnelle dont la montre connectée à 78%. À la même question pour une utilisation dans le cadre professionnel, seules 24% des personnes l'ont déjà pratiquée. Ensuite, l'avis de l'ensemble des répondants sur un usage de ces technologies dans le cadre de leur profession a été recueilli. La majeure partie d'entre eux se disent prêts à les utiliser comme démontré sur la figure 5 ci-après. Les personnes ne souhaitant pas les utiliser indiquent ne pas y voir d'intérêt ou y voir des problématiques de confidentialité.

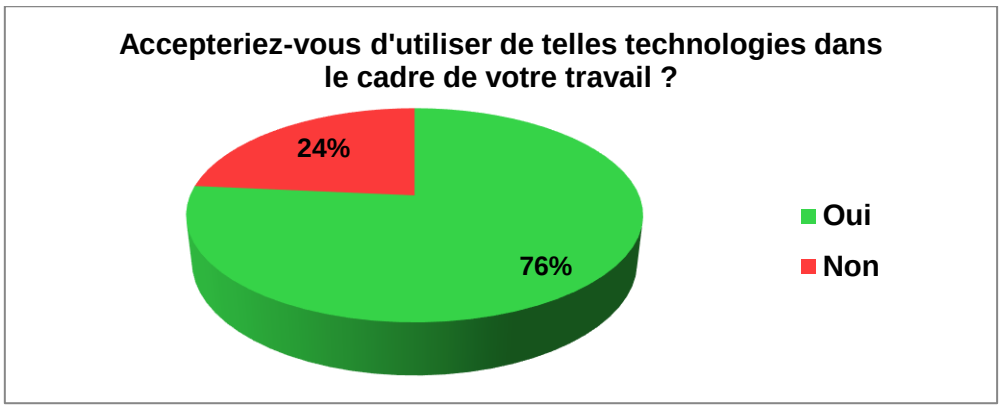

Figure 5 - Graphique de l'acceptation des technologies de santé connectée par les opérateurs pour le traitement des données de santé au travail

À l'inverse, les personnes se disant ouvertes à une telle utilisation y ont, pour la plupart, émis des conditions, à savoir une anonymisation des données, une suppression de ces dernières après utilisation mais également une absence de gêne liée au port des équipements. Enfin, à la question de la réalisation d'un essai sur la base du volontariat, sur une échelle de 0 (pas du tout) à 3 (tout à fait), les résultats sont plutôt favorables comme représenté sur la figure 6 ci-dessous.

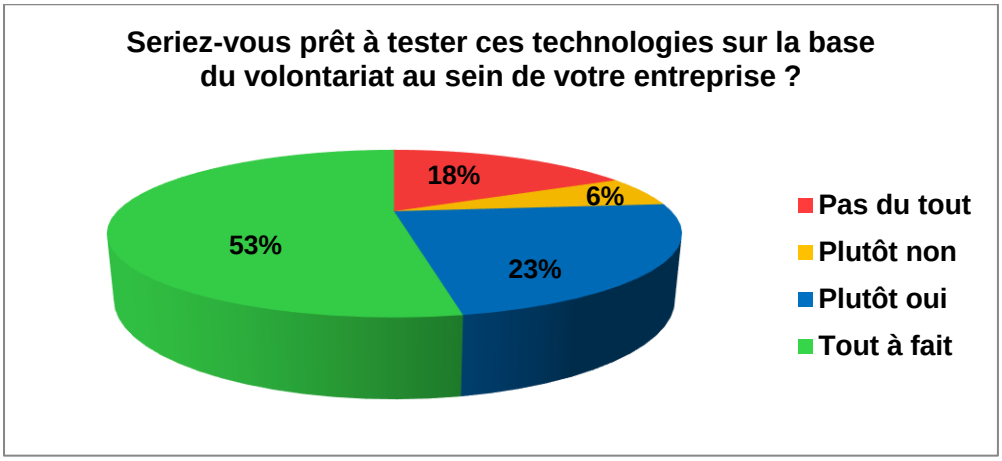

Figure 6 - Graphique du volontariat des opérateurs pour tester le traitement des données de santé au travail par le biais de technologies de santé connectée

C. Détermination d'un score

Dans le but d'interpréter ces résultats, une méthodologie d'évaluation de la faisabilité a été mise au point. Celle-ci est basée sur une échelle de score à travers laquelle chaque

aspect de la faisabilité se verra attribuer un score reflétant les divers critères évoqués lors des entretiens semi-directifs.

Tableau 1 - Echelle de score selon la faisabilité

Faisabilité	Nulle (Pas du tout)	Faible (Plutôt non)	Modérée (Plutôt oui)	Totale (Oui)
Score	0	1	2	3

L'échelle représentée ci-dessus a volontairement été définie sans valeur médiane afin de permettre un réel positionnement sur les aspects techniques, financiers, légaux et sociaux de la faisabilité. Ensuite, sur la base du score de chacun des quatre aspects de la faisabilité, un score global moyenné sera défini. Ainsi, il sera possible de comparer cette valeur moyenne aux intervalles de faisabilité présentés dans le tableau ci-après. Une conclusion sur la faisabilité de la récolte de données de santé à travers les technologies 4.0 au sein des industries en France pourra donc être dressée.

Tableau 2 - Echelle de signification des intervalles de score de faisabilité

Intervalle de score	Conclusion
[0 – 0.5]	Non faisable
]0.5 – 1]	Très difficilement faisable
]1 – 1.5]	Difficilement faisable
]1.5 – 2]	Faisable sous réserve de modifications
]2 – 2.5]	Faisable sous conditions
]2.5 – 3]	Faisable sans conditions spécifiques

1. Faisabilité technique

Au vu de l'ensemble des échanges avec les professionnels, il apparaît qu'il est techniquement faisable de mettre en place et de développer l'utilisation de technologies de santé connectée pour traiter les données de santé des salariés. Ceci s'applique donc également aux opérateurs en industrie. Toutefois, l'utilisation seule de ces technologies ne

suffit pas à donner du sens aux données recueillies et à leur anonymisation, c'est pourquoi cette utilisation doit se faire par le biais de l'intervention d'experts de la santé soumis au secret professionnel. La réponse à la question de la faisabilité technique par rapport aux échanges effectués lors de cette étude est oui. Ainsi, le score attribué à la faisabilité technique est de 3.

2. Faisabilité financière

Les informations obtenues permettent de conclure à une faisabilité financière dépendante du dimensionnement de l'étude. En théorie, toute entreprise pourra mettre au point des campagnes de récolte de données de santé à l'aide de ces technologies au sein de ses locaux. En pratique, il conviendra de réaliser un cahier des charges précis et cohérent vis-à-vis des objectifs recherchés afin de s'adresser à l'interlocuteur adéquat. En effet, pour rappel, les services de santé au travail sont, à ce jour, équipés pour la cardiofréquencemétrie et parfois la dynamométrie uniquement. Ainsi, en termes financiers, il est possible de mettre en application la récolte de données de santé en industrie à l'aide de technologies de santé connectée. Cependant, le coût à supporter peut relever d'un investissement conséquent pour de petites industries qui souhaiteraient réaliser une étude à grande échelle. De fait, le score attribué à la faisabilité financière est de 2.

3. Faisabilité légale

Les échanges effectués avec l'ensemble des professionnels démontrent qu'à ce jour, il est légalement possible de traiter des données de santé en industrie bien que ceci soit très réglementé et conditionné. Il est possible de s'interroger sur les évolutions à venir de ce point de vue. Tout d'abord du fait de la fin du délai de mise en conformité vis-à-vis du RGPD accordé aux entreprises mais aussi du fait du développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) dans les industries. La notion d'industrie 4.0 pourrait en effet engendrer la mise au point d'un cadre légal spécifique. Par conséquent, la faisabilité légale se voit octroyer un score de 2.

4. Faisabilité sociale

Socialement, le questionnaire démontre la connaissance et l'utilisation des technologies de santé connectée dans la vie personnelle avec notamment l'objet connecté le plus répandu et connu qu'est la montre connectée. À l'inverse, ce questionnaire met en exergue la faible utilisation dans le cadre professionnel. En effet, l'utilisation de ces technologies est encore peu développée dans les industries. Toutefois, les questions relatives à l'utilisation dans ce cadre révèlent que les opérateurs seraient favorables voire se porteraient volontaires pour une telle utilisation. Ceci rejoint les retours d'expériences partagés par les professionnels réalisant des campagnes de mesures de ce type en entreprise. Concernant les raisons de refus et conditions d'acceptation de telles campagnes au travail données par les opérateurs, elles démontrent le manque d'informations sur le sujet et l'appréhension liée au traitement de données personnelles au travail. Ainsi, cela prouve la nécessité du processus explicatif en amont des mesures et de l'accompagnement déjà mis en place par les organismes. L'intérêt de l'obligation d'anonymisation est également mis en exergue. Bien que ces aspects n'aient pu être étudiés à travers ce travail, des conversations avec des professionnels ont éveillé des questionnements sur d'autres facteurs pouvant influencer l'acceptabilité sociale de telles mesures en entreprise, à savoir le contexte socioéconomique au sein de l'entreprise et le secteur d'activité. En effet, il est possible qu'un contexte socioéconomique défavorable entraîne une impossibilité ou un refus de la réalisation de mesures de santé des salariés. Concernant l'influence du secteur d'activité, elle résiderait dans la connaissance plus ou moins développée des technologies. Pour l'ensemble de ces raisons, la faisabilité sociale correspond à un score de 2.

5. Faisabilité globale

Ainsi, sur la base de l'ensemble des scores définis pour les aspects techniques, financiers, légaux et sociaux de la faisabilité, un score global moyenné de faisabilité a pu être mis au point comme représenté dans le tableau 3 ci-après.

Tableau 3 - Score de faisabilité globale moyenné

Aspect de la faisabilité	Score associé	Justifications	Score global moyenné
Faisabilité technique	3	Technologies existantes / Anonymisation possible / Professionnels spécialisés formés / Méthodologie de réalisation au point	2.25
Faisabilité financière	2	Intervention d'un service de santé au travail VS d'un cabinet de conseil / Diverses approches possibles (One shot VS projet) avec coûts adaptés / Dimensionnement de l'étude / Budget dédié	
Faisabilité légale	2	Deux bases légales possibles (Consentement et médecine préventive) / Obligation d'une AIPD ? / Consentement libre vis-à-vis de l'employeur ? / Anonymisation des données / Evolutions du cadre légal avec la quatrième révolution industrielle	
Faisabilité sociale	2	Retours d'expériences positifs / Opérateurs volontaires et intéressés / Accompagnement lors du processus / Processus complet jusqu'à plan d'actions / Anonymisation nécessaire / Contexte socioéconomique / Secteur d'activité	

Le score de faisabilité globale obtenu est de 2.25, ce qui signifie par comparaison aux intervalles de faisabilité préalablement définis que la technologie 4.0 au service de la santé des opérateurs en France n'est pas un mythe. Il s'agit d'une réalité conditionnée par une réglementation légale stricte qui devrait évoluer dans les années à venir et des exigences sociales de respect de vie privée légitimes.

III. Discussion

À travers ce travail, l'objectif est d'explorer la faisabilité globale du traitement de données de santé en industrie en France. L'hypothèse principale étant que l'utilisation de technologies 4.0 pour suivre la santé des opérateurs en industrie est faisable mais complexe car très conditionnée dans notre pays. Dans le but de statuer vis-à-vis de cette dernière, l'ensemble des aspects de la faisabilité sont explorés dans ce travail. De plus, ceux-ci font l'objet d'une étude théorique par le biais d'un état de l'art relatant les informations disponibles dans la littérature sur le sujet mais également pratique à travers la réalisation d'une enquête. Cette dernière vient compléter les études scientifiques existantes dans la littérature puisqu'elle aborde les 4 aspects de faisabilité là où ils l'étaient jusqu'alors individuellement ou seulement par paire. De plus, la notion de faisabilité économique n'avait été qu'évoquée sans réel chiffrage. De même, l'expertise et l'avis de la plupart des professionnels impliqués ou susceptibles de l'être dans le processus de mise en application et de réalisation de ce type de récolte de données a été recueilli. Ceci n'a pas été observé dans les recherches issues de la littérature. Aussi, deux approches complémentaires de recueil d'informations sont utilisées dans la présente étude, à savoir un questionnaire et des entretiens semi-directifs. Ces deux points ont permis d'obtenir et de croiser les informations de divers professionnels afin d'avoir une vision globale claire. Ainsi, cette étude confirme l'hypothèse d'une faisabilité du traitement de données de santé dans les industries françaises sous certaines conditions. En effet, il s'agit de la conclusion générale suite à la consultation des publications clés de la littérature sur le sujet mais également de la synthèse des échanges avec les experts et professionnels interrogés. Quelques divergences peuvent cependant être constatées entre la littérature et l'étude réalisée en termes de faisabilité sociale. En effet, de ce point de vue, les articles scientifiques concluent à une perception négative et une répulsion de ce type de solutions tandis que le questionnaire effectué a tendance à montrer le contraire. Ceci peut s'expliquer du fait de la faible taille de l'échantillon de population ayant répondu au questionnaire ainsi que de son manque de représentativité. Comme vu précédemment, l'échantillon est constitué de dix-sept personnes volontaires, 51% d'entre elles sont des hommes et 47% sont des femmes or, la répartition des genres, bien qu'en cours d'évolution, est toute autre en industrie. En effet, selon l'édition 2020 des tableaux de l'économie française de l'INSEE, les femmes ne représentaient en 2018 que 28.9% de la masse salariale industrielle [51]. Aussi, il est fort probable que les personnes réticentes n'aient pas souhaité répondre à ce questionnaire, ce qui constitue une source de biais

potentiel. Concernant l'âge des répondants, celui-ci reflète plutôt bien la répartition réelle qui a tendance à se rajeunir au cours des années. Pour contrebalancer ces biais et renforcer l'interprétation des résultats du questionnaire le choix de demander le retour d'expériences des opérateurs aux experts réalisant des campagnes de mesures a été fait. Toutefois, les experts ont été clairs sur la question, dans la plupart des cas, les participants aux campagnes sont des opérateurs volontaires ce qui peut expliquer leur avis positif. Par ailleurs, les scores de faisabilité définis pour chacun des aspects mentionnés sont subjectifs. En effet, ils se veulent être le reflet des résultats globaux de l'enquête et constituent donc des positionnements plutôt en faveur ou en défaveur des solutions d'opérateur sain. Ainsi, au vu des sources de biais identifiées, il se peut que certains aspects de la faisabilité soient sur ou sous-cotés. Ceci peut être relevé pour la faisabilité sociale. De prime abord et suite à l'étude de la littérature, elle se serait vue coté à 1 tandis que l'enquête entraîne une cotation à 2. De plus, initialement, pour évaluer la faisabilité sociale, un second questionnaire destiné aux représentants du personnel était prévu. Cependant, pour des raisons de confidentialité et de sensibilité du sujet, il n'a pu être diffusé. Ainsi, afin de compléter ce travail et confirmer les résultats obtenus notamment en termes de faisabilité sociale, il conviendrait de redistribuer le questionnaire à destination des opérateurs à plus large échelle et d'administrer celui à destination des représentants du personnel. Leur avis sur la question est nécessaire pour une mise en application puisque, sans leur accord, cela ne pourra être réalisé. Enfin, pour aller plus loin dans la démarche, la suite logique consiste en la réalisation, en conditions industrielles réelles, d'une campagne de traitement de données de santé de ce type à l'échelle d'un service voire, dans l'idéal, d'un site. Ceci permettrait de suivre l'ensemble du processus et de ses aléas potentiels en interne comme en externe.

Conclusion

Ainsi, à travers ce travail, l'objectif a été d'explorer les évolutions potentielles de la santé et sécurité au sein des industries françaises. En effet, avec le développement de l'industrie 4.0 et de la notion d'opérateur sain qui y est associée, il est possible de s'attendre à l'usage de technologies à des fins de prévention des risques et d'amélioration des conditions de travail dans le cadre professionnel. Toutefois, il est important que la mise en place de ces solutions soit préparée et adaptée aux enjeux qu'elles impliquent. Ce travail s'est attaché à démontrer ces enjeux afin d'évaluer le niveau de maturité du pays sur la question. Par conséquent, il a pu être mis en évidence que la faisabilité de la collecte de données de santé par le biais de technologies en industrie est une réalité conditionnée. En effet, des enjeux légaux et sociaux non négligeables sont à prendre en considération. Tout d'abord, légalement, à ce jour, la collecte de ces données à caractère sensible est, en théorie, interdite. En réalité, elle est possible bien que dépendante de la base légale et de la protection des données appliquées. Cependant, aucun cadre spécifique concernant une telle utilisation des technologies de santé connectée en entreprise n'existe. Celles-ci étant en cours d'expansion et la période de mise en conformité vis-à-vis du RGPD terminée, un durcissement du cadre réglementaire pour les entreprises voire la création d'un cadre particulier sont à envisager pour les années à venir. Aussi, socialement, les opérateurs impliqués ne sont pas décisionnaires et sont peu informés sur le sujet. Ceci peut provoquer chez certains d'entre eux une certaine appréhension. De fait, il est primordial :

- d'accompagner les salariés et de les intégrer pleinement au processus en amont des mesures et, ce, jusqu'à la mise en œuvre du plan d'actions ;
- de respecter scrupuleusement les principes liés à la protection des données des salariés vis-à-vis de leur employeur.

De ce point de vue, placer l'humain au cœur du processus et veiller à sa sécurité numérique sont essentiels. Néanmoins, il est possible d'émettre des suppositions d'influence de certains facteurs externes à l'étude sur sa faisabilité sociale tels qu'un contexte socioéconomique instable. Ce constat concerne l'industrie mais pourrait s'appliquer au cadre professionnel en général.

Ce travail a également pu révéler une évolution future de l'un des acteurs de ces campagnes, à savoir les services de santé au travail. En effet, à ce jour, ceux-ci sont peu équipés pour réaliser des campagnes de collecte de données de santé. Toutefois, une

réforme de la santé au travail a été proposée en 2021. Celle-ci fait mention d'une réorganisation des services de santé au travail avec une offre socle minimale et des offres complémentaires. Ceci pourrait permettre de développer l'offre préventive relative aux mesures de données de santé en entreprise. La loi de transposition de cette réforme ayant été promulguée ce 02 août 2021, il sera intéressant de suivre sa mise en application progressive.

Bibliographie

[1] J. Marsot, « L'industrie du futur : de quoi parle-t-on ? », *Hygiène Sécurité Trav.*, nº 253, p. 5, déc. 2018. Consulté le : nov 11, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DC%2023.

[2] G. Beier, A. Ullrich, S. Niehoff, M. Reißig, et M. Habich, « Industry 4.0 : How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review », *J. Clean. Prod.*, vol. 259, p. 13, juin 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120856. Consulté le : nov 11, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S0959652620309033.

[3] E. Kaasinen *et al.*, « Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions », *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, p. 13, janv. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2019.01.052. Consulté le : nov 11, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S036083521930066X.

[4] LégiFrance, *Arrêté du 15 juin 1993 pris en application de l'article R. 231-69 du code du travail déterminant les recommandations que les médecins du travail doivent observer en matière d'évaluation des risques et d'organisation des postes de travail comportant le recours à la manutention manuelle de charges*. 1993. Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000363355/

[5] Malakoff Mederic, « L'Internet des objets : Aujourd'hui et demain », Hewlett Packard Enterprise, p. 20, ND. Consulté le : nov 11, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www.arubanetworks.com/assets/_fr-ca/eo/HPE_Aruba_IoT_Research_Report.pdf.

[6] X. Irastorza, « Troisième enquête européenne des entreprises sur les risques nouveaux et émergents (ESENER) », nº 3, p. 15, nov. 2019. Consulté le : juin 09, 2021. [En ligne]. Disponible sur:: https://osha.europa.eu/fr/publications/third-european-survey-enterprises-new-and-emerging-risks-esener-3/view.

[7] ONISR, « Accidentalité routière 2020 – données provisoires au 29 janvier 2021 », p. 19, janv. 2021. Consulté le : fév 06, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/sites/default/files/2021-01/20210129%20ONISR%20Accidentalit%C3%A9%20routi%C3%A8re%202020_v2_0.pdf.

[8] J. Metanire, J.-A. Micoulaud-Franchi, P. Sagaspe, K. Guichard, S. Bioulac, et P. Phiip, « Somnolence au volant et risque accidentel », *Médecine*, vol. 12, nº 9, p. 432, nov. 2016, doi: 10.1684/med.2016.133. Consulté le : fév 06, 2021. [En ligne]. Disponible sur: http://www.jle.com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/fr/revues/med/e-docs/somnolence_au_volant_et_risque_accidentel_308535/article.phtml?tab=texte.

[9] National Center on Sleep Disorders Research, « Drowsy driving and automobile crashes : report and recommendations : 1998 NCSDR/NHTSA expert panel on driver fatigue and sleepiness », p. 39, août 2013. Consulté le : fév 06, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/1952.

[10] Radio 107.7, « L'hypovigilance au volant : quels sont les signes? », *Conseils sécurité*, mars 18, 2021. Consulté le: juin 13, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://radio.vinci-autoroutes.com/article/l-hypovigilance-au-volant-quels-sont-les-signes--4445

[11] DDT 71, « DOSSIER DE PRESSE : UN VILLAGE SÉCURITÉ ROUTIÈRE sur l'aire des Mines de la RCEA (Route Centre Europe Atlantique) RN 70 à Montceau-les-Mines ». août 02, 2014. Consulté le: mars 21, 2021. [En ligne]. Disponible sur: http://www.saone-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/_25_DOSSIER_DE_PRESSE_securite_routiere2_aout_2014-1_.pdf

[12] ASFA Autoroutes et ouvrages concédés, « Chiffres clés 2020 ». mars 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www.autoroutes.fr/FCKeditor/UserFiles/File/Chiffres_cles_2020.PDF

[13] P. A. Hancock et R. Parasuraman, « Human factors and safety in the design of intelligent vehicle-highway systems (IVHS) », *J. Safety Res.*, vol. 23, nº 4, p. 227, déc. 1992, doi: 10.1016/0022-4375(92)90001-P. Consulté le: avril 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/002243759290001P.

[14] T. Sundelin, M. Lekander, G. Kecklund, E. J. W. Van Someren, A. Olsson, et J. Axelsson, « Cues of Fatigue: Effects of Sleep Deprivation on Facial Appearance », *SLEEP*, vol. 36, nº 9, p. 2003, sept. 2013, doi: 10.5665/sleep.2964. Consulté le: avril 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/256333413_Cues_of_Fatigue_Effects_of_Sleep_Deprivation_on_Facial_Appearance.

[15] N. Galley, R. Schleicher, et L. Galley, « Blink Parameter as Indicators of Driver's Sleepiness - Possibilities and Limitations », *Vis. Veh. X*, janv. 2003, Consulté le: avr. 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/237720532_Blink_Parameter_as_Indicators_of_Driver%27s_Sleepiness_-_Possibilities_and_Limitations

[16] J. Nishiyama, K. Tanida, M. Kusumi, et Y. Hirata, « The pupil as a possible premonitor of drowsiness », *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, p. 1589, août 2007, doi: 10.1109/IEMBS.2007.4352608. Consulté le: avr. 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/5845282_The_pupil_as_a_possible_premonitor_of_drowsiness.

[17] E. Vural, M. Cetin, A. Ercil, G. Littlewort, M. Bartlett, et J. Movellan, « Machine Learning Systems for Detecting Driver Drowsiness », *Proc. Digit. Signal Process. - Veh. Mob. Syst.*, p. 7, juin 2007, doi: 10.1007/978-0-387-79582-9_8. Consulté le: avr. 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/226738637_Machine_Learning_Systems_for_Detecting_Driver_Drowsiness.

[18] Toucangou, « MiniTOUCANGO, la conduite vigilante », ND. Consulté le: avr. 03, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://toucango.com/fr/produit-minitoucango/.

[19] G. Yang, Y. Lin, et P. Bhattacharya, « A driver fatigue recognition model based on information fusion and dynamic Bayesian network », *Inf. Sci.*, vol. 180, nº 10, p. 2064, mai 2010, doi: 10.1016/j.ins.2010.01.011. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/journal/information-sciences/vol/180/issue/10.

[20] B. Appelhans et L. Luecken, « Heart Rate Variability as an Index of Regulated Emotional Responding », *Rev. Gen. Psychol.*, vol. 10, nº 3, p. 282, sept. 2006, doi: 10.1037/1089-2680.10.3.229. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/232599468_Heart_Rate_Variability_as_an_Index_of_Regulated_Emotional_Responding.

[21] A. Ferrant, « Toyobo Cocomi : le Tshirt contre la somnolence au volant », *Le Repaire des Motards*, août 29, 2017. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur : http://www.lerepairedesmotards.com/actualites/2017/tshirt-connecte-somnolence-volant-toyobo-cocomi.php.

[22] L. Boon-Giin, L. Boon-Leng, et C. Wan-Young, « Mobile Healthcare for Automatic Driving Sleep-Onset Detection Using Wavelet-Based EEG and Respiration Signals »,

Sensors, vol. 14, nº 10, p. 17936, sept. 2014, doi: 10.3390/s141017915. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/266263999_Mobile_Healthcare_for_Automatic_Driving_Sleep-Onset_Detection_Using_Wavelet-Based_EEG_and_Respiration_Signals.

[23] Harken, « About », ND. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://harken.ibv.org/index.php/about.

[24] G. Larue, A. Rakotonirainy, et A. Pettitt, « Predicting reduced driver alertness on monotonous highways: A driving simulator study », *IEEE Pervasive Comput.*, oct. 2014, Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/268345653_Predicting_reduced_driver_alertness_on_monotonous_highways_A_driving_simulator_study

[25] STOP SLEEP, « StopSleep - Information produit FAQ fonctionnement », ND. Consulté le: avr. 04, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.stopsleep.fr/information.produit.php.

[26] N. Isakadze et S. S. Martin, « How useful is the smartwatch ECG? », *Trends Cardiovasc. Med.*, vol. 30, nº 7, p. 450, oct. 2020, doi: 10.1016/j.tcm.2019.10.010. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/journal/trends-in-cardiovascular-medicine/vol/30/issue/7.

[27] J. Burke, M. C. P. Haigney, R. Borne, et M. J. Krantz, « Smartwatch detection of ventricular tachycardia: Case series », *Hear. Case Rep.*, vol. 6, nº 10, p. 810, oct. 2020, doi: 10.1016/j.hrcr.2020.08.003. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S2214027120301779.

[28] O. S. Hoilett, A. M. Twibell, R. Srivastava, et J. C. Linnes, « Kick LL: A Smartwatch for Monitoring Respiration and Heart Rate using Photoplethysmography », in *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, juill. 2018, p. 3824. doi: 10.1109/EMBC.2018.8513356. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://ieeexplore-ieee-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/abstract/document/8513356/authors#authors.

[29] X. Sun, L. Qiu, Y. Wu, Y. Tang, et G. Cao, « SleepMonitor: Monitoring Respiratory Rate and Body Position During Sleep Using Smartwatch », *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, vol. 1, nº 3, sept. 2017, doi: 10.1145/3130969. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur:

https://www.researchgate.net/publication/319636813_SleepMonitor_Monitoring_Respiratory_Rate_and_Body_Position_During_Sleep_Using_Smartwatch.

[30] G. A. Salvatore, S. Mutter, W. Farrukh, G. Troester, et L. Benini, « Autonomous smartwatch with flexible sensors for accurate and continuous mapping of skin temperature », présenté à 2016 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), mai 2016. doi: 10.1109/ISCAS.2016.7527239. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://ieeexplore-ieee-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/abstract/document/7527239.

[31] L. Ciabattoni, F. Ferracuti, S. Longhi, L. Pepa, L. Romeo, et F. Verdini, « Real-time mental stress detection based on smartwatch », présenté à 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), janv. 2017. doi: 10.1109/ICCE.2017.7889247. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://ieeexplore-ieee-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/document/7889247.

[32] A. Battesti, « L'Insep, au service de la performance », *Corse matin*, nov. 19, 2020. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.corsematin.com/articles/linsep-au-service-de-la-performance-113568?fbclid=IwAR3z5TqsSqJCruRgzMWbzilDm9rJCufYK3VSdCBzHt6-sAthVlkbHtynVrc.

[33] S. Cassini, « Le Tour de France à l'heure du Big Data | Les Echos », *Les Echos*, juill. 21, 2015. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.lesechos.fr/2015/07/le-tour-de-france-a-lheure-du-big-data-268303.

[34] E. Trujillo, « Ces objets connectés utilisés par les sportifs olympiques », *LE FIGARO*, août 13, 2016. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/08/13/32001-20160813ARTFIG00034-ces-objets-connectes-utilises-par-les-sportifs-olympiques.php.

[35] N. Jin, X. Zhang, Z. Hou, I. Sanz-Prieto, et B. S. Mohammed, « IoT based psychological and physical stress evaluation in sportsmen using heart rate variability », *Aggress. Violent Behav.*, mars 2021, doi: 10.1016/j.avb.2021.101587. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359178921000410.

[36] SFSPO, « E-santé, objets connectés et applications pratiques : Médecine du sport connectée – SFSPO », présenté à Congrès Connected Health, Monaco, juin 2016. Consulté le: avr. 11, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://sfspo.org/e-sante-objets-connectes-et-applications-pratiques-medecine-du-sport-connectee/

[37] I. Zolotová, P. Papcun, E. Kajáti, M. Miškuf, et J. Mocnej, « Smart and cognitive solutions for Operator 4.0: Laboratory H-CPPS case studies », *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, janv. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2018.10.032. Consulté le: mai. 01, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www-sciencedirect-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/science/article/pii/S0360835218305126?via%3Dihub.

[38] S. Sun, X. Zheng, B. Gong, J. García Paredes, et J. Ordieres-Meré, « Healthy Operator 4.0: A Human Cyber–Physical System Architecture for Smart Workplaces », *Sensors*, vol. 20, nº 7, avr. 2020, doi: 10.3390/s20072011. Consulté le: mai. 01, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7180548/.

[39] M. Peruzzini, F. Grandi, et M. Pellicciari, « Exploring the potential of Operator 4.0 interface and monitoring », *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, janv. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2018.12.047. Consulté le: mai. 01, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521830651X.

[40] Cercle Entreprises et Santé, *UX-Forum Innovation du Cercle : IIOT, capteurs, Health Data quelles perspectives en Santé - Travail ?*, juin 03, 2021. Consulté le: juin 03, 2021. [En ligne].

[41] Paris Cyber Week 2021, *Industrials Data Hubs Plenary Session*, juin 09, 2021. Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne].

[42] E. Devaux, « Guide d'introduction à la donnée synthétique », oct. 15, 2020. Consulté le: juin 22, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://elise-deux.medium.com/guide-dintroduction-%C3%A0-la-donn%C3%A9e-synth%C3%A9tique-ec37dc2fa244.

[43] Health data hub, *Meetup#7 Données de Synthèse - Partie 2 : Aymeric Floyrac & Gilles Essoki Ndame*. mars 17, 2021. Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne Video]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=9z-deBBn7Q4

[44] Health data hub, *Meetup#7 Données de Synthèse - Partie 3 : Breillacq, Gourraud & Requillard*. mars 18, 2021. Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne Video]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=gDhQZxVaZfk&t=888s

[45] Parlement européen et Conseil de l'union européenne, *RÈGLEMENT (UE) 2016/ 679 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL - du 27 avril 2016 - relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/ 46/ CE (règlement général sur la protection des données)*. 2016, p. 88. Consulté le: mai 12, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679

[46] CNIL, « La loi Informatique et Libertés », juin 17, 2019. Consulté le: mai 12, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.cnil.fr/fr/la-loi-informatique-et-libertes#article64

[47] LégiFrance, *Loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés*. 1978. Consulté le: mai 12, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006068624/2019-06-04/

[48] LégiFrance, *Chapitre unique - Article L1121-1*. Consulté le: mai 13, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000006900785/2008-05-01/

[49] LégiFrance, *Article L1222-4*. Consulté le: mai 13, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006900861/2012-11-12

[50] LégiFrance, *Chapitre Ier : Obligations de l'employeur - Articles L4121-1 à L4121-5*. Consulté le: mai 13, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006178066

[51] Insee, « Tableaux de l'économie française, Edition 2020 », p. 53, févr. 2020. Consulté le: juill. 31, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277675?sommaire=4318291.

Annexe 1 - Feuille d'entretiens à destination des professionnels de cabinets de conseil et d'accompagnement en santé et sécurité au travail

Hypothèses	Techniquement et socialement complexe / Coût élevé
Population cible	Professionnels de cabinets de conseil et d'accompagnement en santé et sécurité au travail

Feuille d'entretiens	
Qu'est-ce qui existe déjà en termes de technologies d'assistance en santé ? Quelles variables peuvent être suivies ?	
Comment se passe la récolte des données ?	
Sont-elles directement anonymisées ?	
Comment sont récupérés les résultats ? Sous quelle forme ?	
Est-ce une mesure continue des données de santé ? Si non, à quelle fréquence ?	
Est-ce que cela fonctionne en achat ou en location par campagne ?	
A quel coût ?	
L'avez-vous déjà fait en industrie ?	
Quels sont les retours clients sur ces campagnes ?	
Quelle est la base légale pour la récolte de données ?	

Annexe 2 - Feuille d'entretiens à destination des professionnels de services de santé au travail

Hypothèses	Techniquement et socialement complexe / Coût élevé
Population cible	Professionnels de services de santé au travail

Feuille d'interview	
Quelles technologies de traitement de données de santé avez-vous déjà utilisé dans le cadre professionnel ? Quelles variables avaient été suivies ?	
Comment s'est passée la récolte des données ?	
Sont-elles directement anonymisées ?	
Comment sont récupérés les résultats ? Sous quelle forme ?	
Est-ce une mesure continue des données de santé ? Si non, à quelle fréquence ?	
Comment les avez-vous exploitées ?	
Est-ce un service payant pour les entreprises (hors cotisations) ?	
L'avez-vous déjà fait en industrie ?	
Quels sont les retours des opérateurs sur ces campagnes ?	
Quelle est la base légale pour la récolte de données ?	

Annexe 3 - Feuille d'entretiens à destination des professionnels de la santé et sécurité au travail au sein de l'entreprise

Hypothèses	Techniquement et socialement complexe
Population cible	Professionnels de la santé et sécurité au travail au sein de l'entreprise / Ergonomes

Feuille d'entretiens	
Quelles technologies de traitement de données de santé avez-vous déjà utilisé dans le cadre professionnel ? Quelles variables avaient été suivies ?	
Comment s'est passée la récolte des données ?	
Sont-elles directement anonymisées ?	
Comment vous ont été communiqués les résultats ? Sous quelle forme ?	
Comment les avez-vous exploitées ?	
Cela vous a-t-il servi ?	
Quels sont les retours des opérateurs sur ces campagnes ?	
Comment est sécurisé le traitement des données ?	
Quelles variables vous semblent-elles les plus intéressantes à suivre et pourquoi ?	

Annexe 4 - Feuille d'entretiens semi-directifs à destination des experts du droit

Hypothèse	Réglementairement compliqué
Population cible	Juristes et Experts du droit

Feuille d'entretiens	
Quels textes réglementaires sont applicables à l'utilisation de technologies pour traiter les données de santé dans le monde professionnel ?	
Quelles sont plus spécifiquement les exigences réglementaires liées à ces textes concernant l'utilisation de technologies pour traiter les données de santé dans le monde professionnel ?	
Quelle base légale associez-vous au traitement des données de santé des opérateurs collectées dans le monde professionnel ?	
Sous quelles conditions les données peuvent-elles être récoltées et analysées ?	

Annexe 5 - Questionnaire à destination des opérateurs

Utilisation de technologies de santé connectée au quotidien et au travail

Bonjour,

Actuellement étudiante en Master 2 Ingénierie pour la santé option Hygiène Sécurité Environnement (HSE), je réalise une étude sur le sujet des technologies de suivi de santé en industrie.

A travers celle-ci, mon but est de connaître votre perception de l'usage de ces technologies et votre avis sur une telle utilisation dans le cadre de votre profession (CONDUCTEUR/CONDUCTRICE DE LIGNE, OPERATEUR/OPERATRICE DE PRODUCTION) en industrie.

Ce questionnaire ne prend que 3 minutes à compléter.

Je vous remercie par avance de votre participation qui me sera d'une grande aide.

Vos connaissances

L'objectif de cette première question est de vérifier si ces technologies sont connues dans notre société actuelle.

Connaissez-vous des exemples de technologies de santé connectée utilisées au quotidien ou au travail ? *

Votre réponse

Votre expérience

Les technologies de suivi de santé sont assez répandues et utilisées de nos jours. Elles correspondent la plupart du temps à des capteurs mesurant en continu ou de façon régulière les variables de santé. Ainsi, elles permettent la récolte des données de santé pour analyse. Pour la suite de ce questionnaire, seuls les dispositifs non-invasifs seront considérés.

Notion de santé connectée

Quelle(s) technologie(s) avez-vous déjà utilisé dans votre quotidien ? *

- [ ] Montre connectée
- [ ] Détecteur de somnolence / vigilance (parfois inclus dans les véhicules)
- [ ] Capteurs de rythme cardiaque
- [ ] Capteurs de suivi de performances sportives
- [ ] Lunettes connectées
- [ ] Aucune
- [ ] Autre : _____

Quelle(s) technologie(s) avez-vous déjà utilisé dans votre travail ? *

- [ ] Montre connectée
- [ ] Détecteur de somnolence / vigilance (parfois inclus dans les véhicules)
- [ ] Capteurs de rythme cardiaque
- [ ] Capteurs de suivi de performances sportives
- [ ] Lunettes connectées
- [ ] Aucune
- [ ] Autre : _____

Votre avis

L'utilisation de telles technologies en industrie permettrait de préserver votre santé par le biais de mesures de données renseignant sur les premiers signaux de stress, de fatigue et autres pouvant être détectés.

Accepteriez-vous d'utiliser de telles technologies dans le cadre de votre travail ? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

Si non, pour quelles raisons ?

Votre réponse

Si oui, sous quelles conditions ?

Votre réponse

Seriez-vous prêt à tester ces technologies sur la base du volontariat au sein de votre entreprise ? *

	0	1	2	3	
Pas du tout	○	○	○	○	Tout à fait

Votre identité

Etes-vous une femme ou un homme ? *

- ○ Femme
- ○ Homme

Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? *

- ○ < 30 ans
- ○ 30 à 50 ans
- ○ > 50 ans

Merci pour votre aide, je vous souhaite une excellente continuation.

Table des matières

Remerciements 2
Table des figures 4
Table des tableaux 4
Table des annexes 4
Liste des abréviations 5
Introduction 6
I. Etat de l'art 9
A. Matériel et méthodes 9
B. Technologies de suivi de santé existantes 9
1. Sphère personnelle 10
i. Détecteurs de vigilance / somnolence 10
ii. Montres connectées 12
2. Sphère professionnelle 14
i. Sportifs 14
ii. Expérimentation industrielle 15
C. Faisabilité dans le secteur industriel français 17
1. Faisabilité technique 17
2. Faisabilité financière 19
3. Faisabilité légale 20
4. Faisabilité sociale 23
II. Mise en place d'une enquête 26
A. Matériel et méthodes 26
1. Mise en place d'entretiens 26
i. Profils d'experts 26
ii. Réalisation des entretiens 27
2. Mise en place d'un questionnaire 28

B. Résultats 30
1. Faisabilité technique 30
2. Faisabilité financière 31
3. Faisabilité légale 32
4. Faisabilité sociale 34
C. Détermination d'un score 36
1. Faisabilité technique 37
2. Faisabilité financière 38
3. Faisabilité légale 38
4. Faisabilité sociale 39
5. Faisabilité globale 39
III. Discussion 41
Conclusion 43
Bibliographie 45
Table des matières 60

La technologie 4.0 au service de la santé des opérateurs en France :

Mythe ou réalité ?

Résumé : Dans le monde entier, les solutions d'**industrie et d'opérateur connectés** sont en plein essor. L'introduction de telles technologies concerne tous les domaines y compris la **santé et sécurité au travail.** En effet, des capteurs physiologiques peuvent contribuer à la **prévention des risques** et l**'amélioration des conditions de travail.** Toutefois, la France étant un pays avec des valeurs sociales et des réglementations très strictes, la question de la **faisabilité** de ces solutions peut se poser. À travers cet écrit, cette dernière est abordée sur les aspects techniques, financiers, légaux et sociaux en théorie par le biais d'une revue de la littérature comme en pratique par le biais d'entretiens semi-directifs et d'un questionnaire. Ainsi, un score de **faisabilité** globale reflétant chacun de ses aspects spécifiques a été déterminé. Il s'avère donc que le **traitement de données de santé des opérateurs** est possible dans les industries françaises bien que très conditionné en termes réglementaires et sociaux.

Mots clefs : prévention, santé et sécurité au travail, industrie connectée, traitement de données de santé, faisabilité, opérateur

Abstract: With the emergence of **Internet of Things** in our societies, companies are becoming digital, which in industrial terms translates into a fourth revolution named **Industry 4.0**. At the same time, the human being, at the centre of the production chain, is being assisted by connected tools that enable him to improve and monitor his physical abilities. From the viewpoint of occupational health, we are talking about **healthy operator** equipped with sensors to monitor health data. Although this concept aims to prevent risks and improve working conditions, the question of its application may arise in France, which is why the overall **feasibility** of these technologies will be the subject of this thesis. Through the **study** of the technical, financial, legal and social issues surrounding this concept, its **feasibility** and the regulatory and social conditions associated with it have been demonstrated.

Key Words: internet of things, industry 4.0, occupational health, healthy operator, feasibility study