

Décryptage

MAINTENANCE À DISTANCE : QUESTIONS DE DÉFINITION ET DE PRÉVENTION

Les situations de « maintenance à distance » sont en plein essor, ce dont témoigne la multiplicité d'articles dans des magazines professionnels, de webinaires et d'offres Internet qui mettent en avant des solutions technologiques avec cet objectif. La terminologie associée à ces situations est multiple, souvent relative aux seules technologies, sans que les modifications de l'organisation de la maintenance et du travail des salariés, les ressources et les risques potentiels présentés par ces situations soient évoqués.

De quoi est-il question ? Quelle est cette distance à laquelle il est fait référence ? Quelles tâches de maintenance sont concernées ? En quoi ces situations modifient-elles l'organisation de la maintenance et le travail des salariés ? Quels sont les risques et les bénéfices potentiels qu'elles présentent ? C'est à ces questions que cet article se propose d'apporter quelques éléments de réponses.

REMOTE MAINTENANCE: WHAT IS IT AND WHAT ARE THE POTENTIAL RISKS?

"Remote maintenance" situations are on the rise, as evidenced by the multitude of papers in professional magazines, webinars and internet offers highlighting technological solutions for this purpose. The terminologies associated with these situations are numerous, unclear or even undefined. They often relate only to the technologies, with no consideration given to changes in maintenance organisation and in employees' work, or to the potential resources and risks presented by these situations.

So, what is remote maintenance? How remote is it? Which maintenance tasks are involved? How do these scenarios affect the way maintenance is organised and conducted? What are the potential risks and benefits of such situations? This paper aims to provide some answers to these questions.

CORINNE
GRUSENMEYER
INRS,
département
Sciences
appliquées au
travail et aux
organisations

Maintenance à distance : de quoi parle-t-on ?

Les situations que nous désignerons sous l'expression de « maintenance à distance » se développent et pourraient encore connaître une importante expansion. Elles résultent :

- du souhait des entreprises de réduire leurs coûts et temps de maintenance, d'augmenter la disponibilité et la fiabilité d'équipements et installations de plus en plus onéreux et sophistiqués, et d'optimiser les déplacements professionnels des mainteneurs ;
- du développement d'outils, de capteurs, de technologies et de la digitalisation (Internet des objets, capteurs dits « intelligents », visio-assistance augmentée...);
- des attentes de plus en plus fortes des clients

concernant la rapidité, l'efficacité et la visibilité sur l'avancement des interventions de maintenance ;

- mais aussi de la situation sanitaire liée à la Covid-19, et plus particulièrement de la période de confinement, qui a précipité ces évolutions, puisqu'il s'agissait de continuer à maintenir les équipements et installations tout en restreignant les interventions sur site.

En outre, les très fortes tensions sur le marché du travail et les difficultés de recrutement des professionnels de maintenance, soulignées par la Dares¹, pourraient encore accentuer cette tendance.

La terminologie associée à ces situations est multiple (télémaintenance, e-maintenance, maintenance 4.0, téléassistance, maintenance connectée, maintenance prévisionnelle...) et peu, voire pas



QUI EST À DISTANCE DE QUOI ?	<ul style="list-style-type: none"> • Qui : l'ensemble des parties prenantes assurant des activités de maintenance. Il peut s'agir de techniciens, coordinateurs ou responsables de maintenance internes, contractants ou sous-traitants, ou encore des personnels de production, des constructeurs ou concepteurs des équipements, dès lors qu'ils prennent en charge des activités de maintenance. • À distance de quoi : des machines, équipements ou installations à maintenir.
QUELLES ACTIVITÉS SONT CONCERNÉES ?	<p>Certaines des activités de maintenance constitutives d'une intervention, telles que la surveillance de l'état des équipements ou le diagnostic de défauts. L'intervention elle-même (la réparation, la modification ou l'amélioration, par exemple) nécessite encore actuellement des interactions directes avec les équipements*.</p>
DE QUELLE DISTANCE EST-IL QUESTION ?	<p>Une distance au moins physique entre le lieu où se trouvent les salariés concernés et celui des équipements à maintenir (par exemple, des locaux ou des sites différents). Cette distance physique peut engendrer ou s'accompagner d'autres distances :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sensorielle : la distance physique ne permet plus l'usage de certains sens, tels que le toucher ou l'odorat [1] ; • temporelle : l'intervalle de temps entre l'activité des salariés et le moment où elle se réalise (i.e. l'asynchronie des actions ou interactions) [2] ; • interactionnelle : de faibles opportunités et fréquences d'interaction avec un équipement ou un salarié [2] ; • organisationnelle : le fait d'appartenir à une équipe, un service, un établissement ou une entreprise différente [3] (par exemple, un personnel sous-traitant diagnostique, à distance, un équipement d'une entreprise cliente avec un mainteneur de cette dernière) ; • fonctionnelle : le fait d'avoir des fonctions, compétences, expertises différentes (cas où un opérateur de production sur place et un mainteneur à distance diagnostiquent un défaut) ; • psychologique : le fait que les représentations que l'on a des situations ou objets distants soient plus abstraites, globales et décontextualisées (à proximité d'un équipement, un mainteneur aura une représentation de cet équipement-là, avec ses spécificités, dans ce contexte précis, tandis qu'à distance, il aura plutôt une représentation de ce type d'équipements de façon générale) [1,4] ; • subjective : la distance telle qu'elle est perçue par les salariés [5].

* Bien que dans certains cas, des actions puissent être effectuées à distance (démarrage d'un équipement de secours ou modifications de réglages, par exemple), elles ne relèvent généralement pas de la maintenance.

↑ **TABLEAU 1**
Éléments définissant la maintenance à distance.

définie. Les articles de presse professionnelle ou grand public ainsi que les webinaires présentent et promeuvent le plus souvent des applications spécifiques. La littérature en ingénierie est, pour sa part, généralement centrée sur les technologies mises en œuvre et les modèles ou architectures sous-jacents. Quant aux études récentes consacrées au « travail à distance », elles n'abordent pas la maintenance et ne définissent pas toujours explicitement le travail à distance (qui est à distance de quoi ?; de quelle distance s'agit-il ?). Certaines études restreignent le travail à distance au télétravail et à une distance physique, plus ou moins régulière, entre le travailleur et le site de son établissement employeur, grâce à l'utilisation des technologies numériques. Pourtant, le travail peut s'effectuer de façon habituelle et *via* de telles technologies en dehors des locaux, des installations ou du site de l'établissement employeur (par exemple, sur un chantier ou sur le site de clients), sans que le salarié soit pour autant en télétravail. Finalement, la maintenance à distance est essentiellement abordée *via* les technologies ou au regard d'un objectif de maintenance. Mais ce qu'elle recouvre ne semble pas avoir été jusqu'à présent précisé. Les modifications potentielles de l'organisation de la maintenance et du travail des salariés, de même que les ressources et les

risques qui pourraient être associés à ces situations, ne paraissent pas avoir été étudiés.

Pour décrire la maintenance à distance, nous proposons de la définir ainsi : *situations de travail dans lesquelles certaines activités de maintenance sont réalisées, alors que les personnels de maintenance ou assurant de telles activités se situent à une distance a minima physique de l'objet de ces activités*, c'est-à-dire les machines, équipements ou installations à maintenir, grâce à des moyens d'accès, d'action ou d'interaction à distance (Cf. *Tableau 1*).

Il est à préciser également qu'il n'existe pas à ce jour de données permettant de connaître le nombre d'entreprises ou le nombre de salariés concernés par ces situations.

Typologie des situations de maintenance à distance

Trois grands types de situations de maintenance à distance peuvent être distinguées sur la base des fonctionnalités technologiques qui leur sont sous-jacentes².

Surveillance de l'état des équipements et détection de défauts à distance

Le principe est le suivant : des données sont acquises sur les équipements en continu ou de

façon répétée, grâce à des capteurs (de température, vibration, vitesse, débit...³), des cartes d'acquisition de données ou des puces RFID (*Radio Frequency Identification*). Ces données sont transmises par un réseau vers des bases de données, serveurs ou plateformes, dans lesquels elles sont stockées et archivées. Elles font alors l'objet de traitements grâce à différents modèles et techniques (traitement du signal, statistiques, algorithmes...) pour être transformées en informations sur les équipements. Celles-ci, éventuellement complétées par des alertes (relatives, par exemple, à la panne d'un équipement ou à une valeur anormale d'une de ses variables), sont transmises et réceptionnées *via* une application, un logiciel, ou encore *via* des mails ou SMS sur la tablette, le smartphone ou l'ordinateur des responsables, coordinateurs ou techniciens de maintenance. Dans le cas d'une maintenance contractualisée, elles peuvent également être transmises en parallèle aux clients, de façon plus ou moins exhaustive, en fonction du contrat conclu.

Les tâches de surveillance et de contrôle de l'état des équipements, qui étaient habituellement assurées par les techniciens de maintenance lors d'interventions préventives notamment, peuvent ainsi être accomplies à distance des équipements, *via* la technologie. De la même façon, la détection et le signalement des défauts, qui étaient réalisés par les personnels de production à l'occasion de

l'utilisation des équipements ou par les mainteneurs, peuvent être réalisés à distance.

Diagnostic et pronostic à distance de l'état des équipements

Ces situations reposent sur l'utilisation de systèmes de maintenance prévisionnelle [6], dite « prédictive⁴ ». Le principe de ces systèmes est pour partie le même que le précédent, mais s'y ajoutent des modules de diagnostic et de pronostic. Les données issues de l'instrumentation des équipements font l'objet d'analyses supplémentaires, dont l'objectif est d'identifier les causes des défaillances détectées (pour la partie diagnostic), de prévoir l'état futur de l'équipement et la durée de son fonctionnement avant défaillance (pour la partie prévision). Des recommandations, voire des prescriptions, des actions de maintenance à réaliser sont quelquefois adjointes. Comme précédemment, ces différentes informations sont envoyées sur la tablette, le smartphone ou l'ordinateur des responsables, coordinateurs ou techniciens de maintenance. Elles peuvent donner lieu à des demandes d'intervention aux techniciens. Dans certains cas, le superviseur a la possibilité de suivre à distance l'avancement des interventions, et les clients disposent d'un tableau de bord ou d'un portail leur permettant un tel suivi et un accès à certaines informations sur les équipements. En plus des tâches de surveillance, contrôle de l'état des équipements, détection et signalement



© Jean-André Deledda pour l'INRS / 2025



ENCADRÉ

CAS PARTICULIER : LA PRESCRIPTION DES MODES OPÉRATOIRES DE MAINTENANCE AVEC GUIDAGE

Certaines technologies visent à prescrire les modes opératoires de maintenance. Il s'agit de logiciels ou de plateformes, qui décrivent un script des opérations constitutives d'un mode opératoire, que l'opérateur doit suivre pas à pas (et quelquefois valider à chaque étape) pour mener telle ou telle intervention.

Les promoteurs de ces solutions préconisent leur utilisation pour la réalisation de la maintenance de premier niveau, mais aussi pour le dépannage des équipements, par les personnels de production. Ces derniers peuvent par exemple accéder à des listes des contrôles à effectuer ou à des bases de connaissances des dépannages et de leur résolution. « L'autodiagnostic » et « l'autorésolution » sont ainsi mis en avant.

Dans certains cas, des fonctionnalités permettent un suivi en temps réel

de la réalisation de l'intervention par le superviseur (vérification du mode opératoire suivi, chronométrage du temps de réalisation...).

Disposer de la documentation de maintenance de façon dématérialisée peut être utile. Toutefois, l'utilisation de ces solutions telles que promues par leurs concepteurs peut être particulièrement délétère pour la sécurité et la santé des personnels. En effet :

- les dépannages des équipements nécessitent d'être effectués par des personnels de maintenance disposant d'une formation, de compétences et de savoir-faire en ce domaine, d'une bonne connaissance des équipements et des ressources nécessaires (outils, pièces de rechange...) ; leur prise en charge par les personnels de production doit être proscrite ;
- les scripts prescrits sont, par définition, standards et ne peuvent

tenir compte ni des spécificités de l'équipement en question, ni de son contexte (environnement, ambiance, présence de personnels à proximité, etc.), ce qui peut constituer une source de risques ;

- une intervention de maintenance sur un équipement nécessite une analyse des risques et la mise en place de mesures de prévention, à définir à la lumière de la situation réelle. Dans ces situations, les personnels de production se trouvent seuls face à des équipements dont les risques en maintenance leur sont méconnus ;
- enfin, plusieurs travaux ont souligné le fait que ces systèmes prescriptifs nuisent à la santé mentale des personnels (absence d'autonomie et de marges de manœuvre, perte de sens du travail, contrôles permanents, etc.) [7].

des défauts, les phases de diagnostic et de pronostic peuvent ainsi être exécutées à distance, voire être prises en charge par la technologie.

Assistance par un expert de maintenance à distance

Des plateformes ou applications de visio-assistance (Cf. Illustration page précédente) visent à permettre à un personnel sur place d'être assisté par un expert à distance. Ces technologies reposent sur une caméra communicante et le partage d'écran (sur smartphone, tablette, lunettes connectées...), auxquels peuvent s'adjoindre différentes fonctionnalités, telles que le pointage d'une zone, des annotations, le partage de documents ou encore un tchat. Dans ces situations, il y a donc un personnel à proximité de l'équipement à maintenir, un opérateur qui l'assiste à distance de cet équipement, chacun d'eux étant distant physiquement de l'autre.

Les tâches de maintenance concernées peuvent être variées, puisque dépendantes des demandes d'assistance de l'opérateur sur place. Elles sont néanmoins susceptibles de concerner plus particulièrement le diagnostic de défaut, la détermination de l'intervention à mener et sa réalisation.

Dans la mesure où les solutions de prescription des

modes opératoires de maintenance avec guidage se développent également de façon importante, elles sont évoquées dans l'Encadré. Il importe toutefois de souligner que les situations de travail correspondantes ne relèvent pas de la maintenance à distance, l'opérateur étant alors à proximité de l'équipement.

Des modifications de l'organisation et du travail de maintenance et des conditions de santé et de sécurité

Avec ces évolutions, le travail de maintenance est profondément modifié. Les pratiques des mainteneurs qui étaient très ancrées dans leur proximité avec les équipements de travail et reposaient sur des savoir-faire implicites et des connaissances incorporées, passant par le corps et leurs différentes modalités sensorielles, sont vraisemblablement bouleversées. Des transformations des tâches des mainteneurs pourraient également être observées. Par exemple, les tâches de contrôle de l'état des équipements ou de diagnostic, assurées par les techniciens, pourraient être moins fréquentes, ou prises en charge par les coordinateurs ou responsables de maintenance à distance. L'organisation de la maintenance pourrait également faire l'objet de modifications majeures, qu'il s'agisse de la

SITUATIONS DE MAINTENANCE À DISTANCE	BÉNÉFICES POTENTIELS	RISQUES POTENTIELS
Surveillance de l'état des équipements et détection de défauts à distance	<ul style="list-style-type: none"> Élargissement des équipements surveillés et de la détection de leurs défauts, susceptibles d'être dangereux. Réduction des déplacements professionnels et des risques qui leur sont associés. Diminution des risques liée à un éloignement des équipements dangereux. Diminution des expositions professionnelles liées à l'environnement de ces équipements (espaces confinés, atmosphères dangereuses, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Détection des défauts décontextualisée (contexte de survenue, environnement et conditions d'utilisation de l'équipement...), occasionnant des demandes d'intervention non pertinentes. Multiplication des alertes et de la charge de travail. Augmentation de la distance interactionnelle avec la production. Attentes plus fortes en matière de délais d'intervention, conduisant à une augmentation de la pression temporelle.
Diagnostic et pronostic à distance de l'état des équipements	<ul style="list-style-type: none"> Diminution des arrêts imprévus et des temps d'immobilisation des équipements. Réduction des déplacements professionnels nécessaires aux diagnostics et des risques qui leur sont associés. Diminution des risques liée à un éloignement des équipements et environnements dangereux lors des phases de diagnostic. Réduction des risques liés aux démontages des équipements, nécessaires aux diagnostics de défauts. Meilleure préparation des interventions, à travers l'équipement en matériels, outils, pièces de rechange... Augmentation de la part des interventions planifiées et diminution des interventions imprévues. Meilleure identification des besoins de maintenance et de la détection de dérives de fonctionnement des équipements susceptibles d'être dangereuses. 	<ul style="list-style-type: none"> Décontextualisation des diagnostics, les rendant pour partie non fiables et occasionnant des demandes d'intervention non nécessaires. Augmentation de la distance interactionnelle avec la production. Opacité des systèmes et absence de prise en compte des retours d'expérience des techniciens, réduisant l'acceptabilité de ces technologies, leur usage, voire leur fiabilité. Fragmentation des étapes de diagnostic (pris en charge par la technologie) et de la réalisation de l'intervention (par les mainteneurs), susceptibles d'avoir des conséquences sur la sécurité des techniciens et le maintien de leur expertise. Appauvrissement des tâches des techniciens. Diminution de leur latitude décisionnelle et leur autonomie. Attentes plus fortes de la production, de la hiérarchie ou des clients (« zéro panne », immédiateté et nombre plus important d'interventions). En cas de suivi en temps réel par les superviseurs ou les clients, augmentation du contrôle, de la pression temporelle et psychologique.
Assistance par un expert de maintenance à distance	<ul style="list-style-type: none"> Réduction des déplacements professionnels des experts et des risques liés à ces déplacements. Transmission de savoirs, d'expertise. Compensation de l'isolement physique des personnels sur place par un appui à distance. 	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation de l'intervention qui n'est plus menée par le personnel le plus expérimenté. Mise en commun insuffisante entre les informations contextuelles détenues par le personnel sur place et les savoirs de maintenance de l'expert à distance. Risques liés à des incompréhensions ou à une méconnaissance du contexte par l'expert. Risques liés à la réalisation de l'intervention par des personnels à proximité des équipements, ne maîtrisant pas les gestes professionnels. Risques pour la sécurité des personnels sur place, s'ils ne disposent pas de compétences en maintenance. Risque de perte de compétences des experts s'ils n'interviennent plus et deviennent des « consultants ».

planification des interventions ou de la répartition des tâches entre les différentes parties prenantes. Les personnels de maintenance contractants qui intervenaient sur le site de leurs clients, ou les techniciens expérimentés internes qui apportaient une aide à leurs collègues en se rendant à proximité des équipements, pourraient assister à distance des personnels sur place, se déplacer moins fréquemment et voir leurs activités évoluer vers celles d'une *hotline*. Quant aux contrats de maintenance, ils

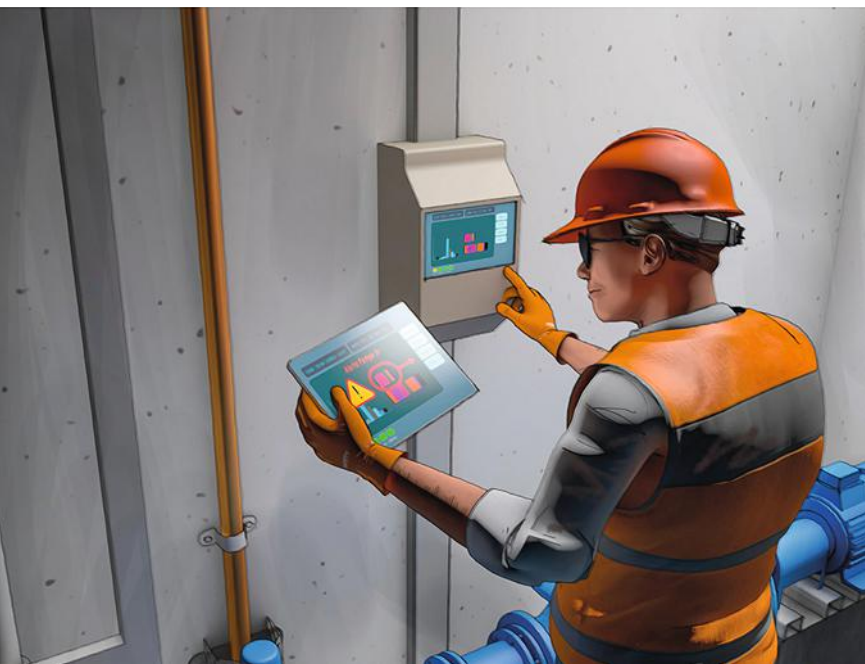
devraient également faire l'objet de modifications substantielles. Le *Tableau 2* présente de façon plus détaillée quelques bénéfices et risques potentiels présentés par ces évolutions, sachant qu'ils seront dépendants de l'organisation de la maintenance qui aura été mise en place.

Conclusion

Il importe de souligner qu'une situation de maintenance à distance ne signifie pas une absence de

↑TABLEAU 2
Bénéfices et risques potentiels des situations de maintenance à distance.





© Jean-André Deledda pour l'INRS/2025

risque pour les personnels. De la même façon que la proximité est susceptible d'engendrer des risques liés à la coactivité, la distance peut être une source de risques si elle s'accompagne d'une déconnexion de la situation réelle. Ce point est particulièrement important dans le cas où, par exemple, un expert de maintenance contractant assisterait à distance

un technicien de maintenance interne à proximité de l'équipement. L'absence d'installations, de matériels et d'activités des deux entreprises sur le même site, c'est-à-dire de risques d'interférences [8], n'implique pas pour autant une absence de risques liés à cette situation d'assistance, notamment pour le personnel sur place. Dans ce dernier cas, des risques liés aux interactions entre l'entreprise contractante et l'entreprise exploitant les équipements s'ajoutent à ceux propres à l'activité de chacune d'entre elles, quand bien même leurs personnels ne se trouvent pas sur le même site et interagissent à distance. Ces situations de maintenance à distance nécessitent, comme toutes les autres situations de travail, une analyse des risques au plus près du réel et la mise en place de mesures de prévention opérationnelles. Par ailleurs, si ces situations de maintenance à distance sont permises par le développement des technologies, ce sont l'organisation du travail mise en place, les conditions d'utilisation et les usages effectifs des systèmes technologiques qui détermineront les conséquences sur la santé et la sécurité des salariés. La technologie n'impose pas un type d'organisation ou un modèle d'activité [9]. Ainsi, un système de maintenance prévisionnelle peut constituer une aide, s'il est mis en place dans l'objectif de suggérer des diagnostics potentiels issus d'informations accessibles aux techniciens et leur laissant une marge de manœuvre. Il peut nuire à la santé des mainteneurs, voire à leur sécurité, si le rôle qui lui a été dévolu consiste uniquement à prescrire aux techniciens les pièces à remplacer sur tel équipement, sans que ces derniers disposent d'informations complémentaires. Comme l'évoquait un mainteneur ayant connu un tel mode d'organisation, « j'étais devenu seulement des bras ».

Le développement de la prévention des risques professionnels dans ce domaine nécessite par conséquent de meilleures connaissances et prise en compte de ces organisations du travail, des situations réelles de maintenance à distance, ainsi que des activités des différentes parties prenantes. ●

1. Il s'agit des tensions sur le marché du travail en 2022, mesurées par la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares) auprès du ministère chargé du Travail. Voir : <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publication/les-tensions-sur-le-marche-du-travail-en-2022>

2. Les technologies centrées exclusivement sur la dématérialisation et le partage des documents de maintenance ne seront pas abordées ici.

3. À ces capteurs peuvent s'ajouter des actionneurs, permettant d'agir sur l'équipement à distance.

4. La maintenance prévisionnelle concerne la « maintenance conditionnelle exécutée suite à une prévision obtenue grâce à une analyse répétée ou à des caractéristiques connues et à une évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien » [6]. L'objectif est notamment d'éviter les pannes par une détection précoce des dérives de fonctionnement, et de minimiser les arrêts imprévus des équipements et la durée de ceux qui sont planifiés.

BIBLIOGRAPHIE

[1] TROPE Y., LIBERMAN N. – Construal-level theory of psychological distance. *Psychol Rev*, 2010, 117 (2), pp. 440-463. <https://doi.org/10.1037/a0018963>

[2] MICHINOV E. – La distance physique et ses effets dans les équipes de travail distribuées : une analyse psychosociale. *Le travail humain*, 2008, 71 (1), pp. 1-21. Accessible sur : <https://doi.org/10.3917/th.711.0001>

[3] ROSANVALLON J. – Travail à distance et représentations du collectif de travail. *Interventions économiques*, 2006, 34. Accessible sur : <https://doi.org/10.4000/interventionseconomiques.706>

[4] DIDI-ALAOUÏ M. – Quand le consommateur « valse » à distance avec le produit : le rôle des niveaux de représentation. In : COVA V. (dir.) – *Sarabande des hot topics en marketing*. Presses Universitaires de Provence, 2023, pp. 105-118.

[5] TALBOT D., CHARREIRE-PETIT S., POKROVSKY A. – La proximité comme perception de la distance. Le cas de la télé-médecine. *Revue française de gestion*, 2020, 46 (289), pp. 51-74. Accessible sur : <https://doi.org/10.3166/rfg.2020.00439>

[6] NORME NF EN 13306 – Maintenance. Terminologie de la maintenance. Afnor, 2018.

[7] BOBILLIER-CHAUMON M.E. – *Psychologie du travail digitalisé. Nouvelles formes de travail et clinique des usages*. Dunod, 2023.

[8] INRS – Entreprises extérieures. Dossier Web, 2022. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/risques/entreprises-exterieures/ce-qu-il-faut-retenir.html>

[9] MIAS A. ET AL. – « Dé-libérer le travail ? ». Compte rendu du colloque du GESTES. *Références en santé au travail*, 2020, 162, pp. 79-89. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?reflNRS=TD%20274>