

DOSSIER

NOUVELLES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE PHYSIQUE (ROBOTS, EXOSQUELETTES...)

SOMMAIRE DU DOSSIER

- ▶ Ce qu'il faut retenir
- ▶ Identification des risques
- ▶ Publications et liens utiles
- ▶ Classification
- ▶ Points de repère pour la prévention

Accueil > Risques > Nouvelles technologies d'assistance physique

Ce qu'il faut retenir

Associés à la réduction de la charge physique et/ou des troubles musculo-squelettiques (TMS), les robots collaboratifs (cobots), exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP), font naître un espoir légitime d'amélioration des conditions de travail. Leur utilisation pose toutefois de nouvelles questions relatives à la santé et la sécurité des opérateurs.

De nombreuses entreprises sont aujourd'hui tentées par l'acquisition de robots collaboratifs (cobots), exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP), notamment pour aider des opérateurs travaillant sur des postes physiquement contraignants ou gagner en productivité. L'objectif n'est pas de remplacer l'homme mais de le seconder, ce qui fait naître un espoir légitime d'amélioration des conditions de travail grâce à la réduction de la charge physique et des risques de troubles musculosquelettiques (TMS). Bien qu'elles s'implantent le plus souvent dans les entreprises sous formes de prototypes ou de premières versions à parfaire, les concepteurs et intégrateurs annoncent leur volonté de déployer rapidement ces nouvelles technologies dans les années à venir.

Le recours à ces dispositifs pose toutefois de nouvelles questions relatives à la santé et la sécurité des opérateurs. D'une part, l'opérateur est exposé aux risques classiques inhérents aux machines (risques mécaniques, électriques, thermiques, liés au bruit et aux vibrations...). D'autre part, les changements apportés dans les façons de travailler, que ce soit du point de vue des stratégies gestuelles ou du point de vue de l'organisation du travail, peuvent être source de postures contraignantes, de stress, de fatigue cognitive (surcharge informationnelle), de troubles proprioceptifs ou encore d'accidents par perturbation du mouvement.

Dans un contexte de mutation du monde du travail (révolution numérique, Industrie 4.0) et de médiatisation de ces technologies, il est essentiel d'anticiper et de comprendre leurs éventuels retentissements sur la santé et la sécurité en entreprise. Ce dossier se propose d'informer les entreprises ainsi que les acteurs de la prévention sur les points de vigilance à prendre en considération lors de tout projet d'intégration.



Risques électriques

Prévention des risques électriques : généralités, accidents d'origine électrique, travaux sur ou à proximité d'installations électriques, habilitation électrique, électricité statique, réglementation. ¹

¹ <http://www.inrs.fr/risques/electriques.html>

01/2018



Troubles musculosquelettiques (TMS)

Les troubles musculosquelettiques (TMS) des membres supérieurs et inférieurs sont des troubles de l'appareil locomoteur pour lesquels l'activité professionnelle peut jouer un rôle dans la genèse, le maintien ou l'aggravation. Les TMS affectent principalement les muscles, les tendons et les nerfs, c'est-à-dire les tissus mous. ³

³ <http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques.html>

Mis à jour le 21/07/2016

10/2015



Risque mécanique

Il y a risque mécanique quand un élément en mouvement peut entrer en contact avec une partie du corps humain et provoquer une blessure ou qu'une partie du corps humain en mouvement peut entrer en contact avec un élément matériel. La présence d'un risque mécanique peut être identifiée par la conjonction de 3 éléments : un opérateur, un élément et l'énergie d'un mouvement. ²

² <http://www.inrs.fr/risques/mecaniques.html>

Classification

Les nouvelles technologies d'assistance physique se divisent en deux grandes catégories : les robots d'assistance physique (RAP) et les dispositifs d'assistance physique (DAP).

Les nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) peuvent prendre plusieurs formes : robots, exosquelettes, harnais... Toutes permettent de compenser les efforts et/ou d'augmenter les performances physiques d'un opérateur lors de la réalisation de ses activités professionnelles.

Des exemples de nouvelles technologies d'assistance physique



© Deledda
Dispositif élastique d'assistance du dos de type harnais de force (DAP ac)



© Deledda
Dispositif à ressorts d'assistance des membres supérieurs de type exosquelette (DAP ac)



© Deledda
Robot d'assistance du dos de type exosquelette (RAP ac)



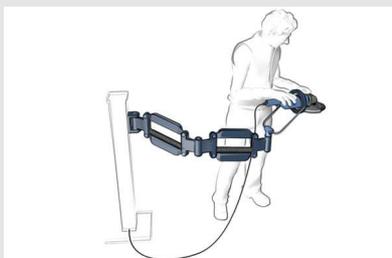
© Deledda
Robot d'assistance des membres supérieurs de type bras exosquelette (RAP ac)



© Deledda
Robot d'assistance du corps entier de type exosquelette (RAP ac)



© Deledda
Robot collaboratif d'assistance physique de type bras articulé (RAP sc)



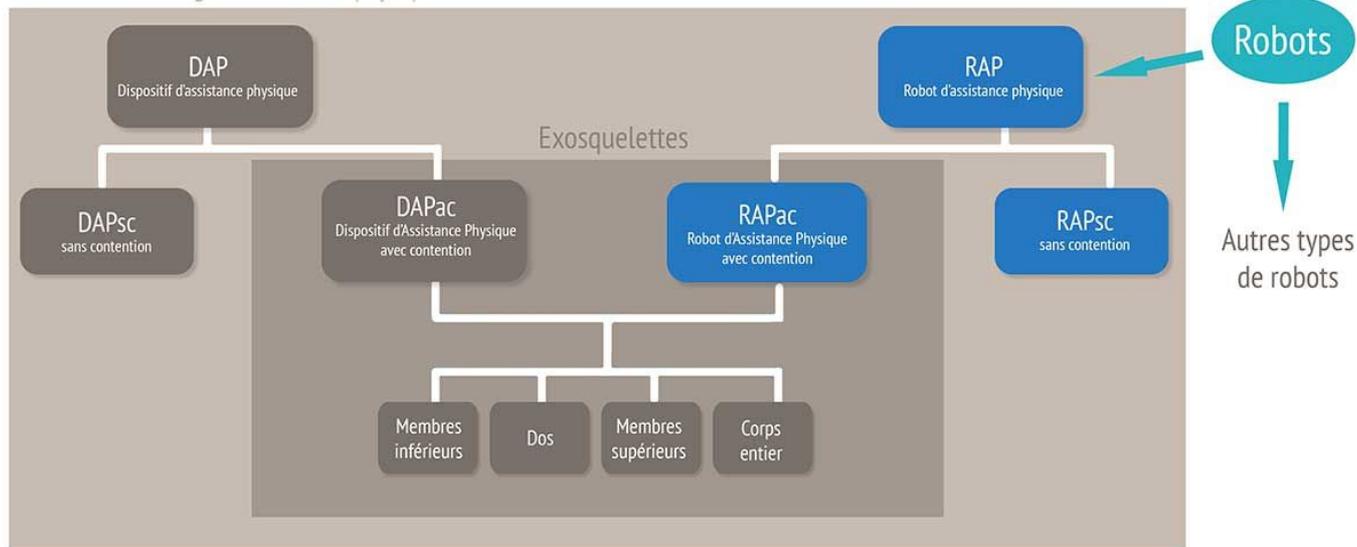
© Deledda
Dispositif à ressorts d'assistance physique de type bras articulé (DAP sc)

Ces NTAP se divisent en deux grandes catégories :

- les robots d'assistance physique (RAP), des robots guidés manuellement par l'homme.
- les dispositifs d'assistance physique (DAP), des dispositifs qui viennent assister les mouvements des opérateurs via un principe de restitution de l'énergie mécanique (dispositifs élastique, à ressorts...).

Les RAP et les DAP peuvent être avec contention (fixés sur tout ou partie du corps) ou sans contention. Les dispositifs avec contention constituent la famille « dite » des exosquelettes. Ceux-ci sont classés en fonction de la partie du corps qu'ils doivent assister (membres inférieurs, dos, membres supérieurs ou corps entier).

Nouvelles technologies d'assistance physique



La classification des nouvelles technologies d'assistances physique

Mis à jour le 21/07/2016

Identification des risques

L'usage des robots collaboratifs (cobots), exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) en situation réelle de travail soulève des questions pour la santé et la sécurité des opérateurs. Plusieurs risques potentiels ont été identifiés.

Les premières études expérimentales⁴ tendent à démontrer que les nouvelles technologies d'assistance physique (robots, exosquelettes, harnais de force...) peuvent s'avérer efficaces pour limiter les contraintes musculaires locales. Leur usage en situation réelle de travail soulève néanmoins de nombreuses questions pour la prévention des risques professionnels liés à la charge physique et, en particulier des troubles musculosquelettiques (TMS). Si l'avancée actuelle des recherches scientifiques ne permet pas de définir clairement les véritables bénéfices liés à leur utilisation, plusieurs risques potentiels issus à la fois d'observations de terrain et des connaissances actuelles ont été clairement identifiés.

⁴ <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00748986/document>

Risques Mécaniques

1 - Collision avec une personne tierce

Lorsque l'opérateur se concentre sur la tâche à accomplir, son champ de vision est focalisé sur son outil de travail. Certaines parties mobiles de la technologie d'assistance, hors du champ visuel de l'opérateur, peuvent entrer en collision avec un tiers se trouvant dans leur espace d'évolution. Des collisions peuvent également être causées par un réglage inapproprié ou une défaillance technique.

2 - Collision avec l'utilisateur

L'opérateur n'a généralement pas la maîtrise du mouvement de l'ensemble du dispositif d'assistance. Ce dernier peut rentrer en collision avec lui à la suite d'une manipulation, d'une défaillance ou d'un réglage inapproprié.

3 - Casse d'outil et projection de débris

Certains dispositifs disposent d'une fonction de multiplication d'effort. Leur utilisation pour le travail avec des outils à main (meule, par exemple) conçus pour résister à des efforts humains non démultipliés, peut s'avérer inadaptée. Les conséquences peuvent être une casse d'outil avec un impact possible pour la sécurité de l'opérateur et de son environnement (perturbation du mouvement, risque de projection de débris, risque de lésions...).

4 - Écrasement

L'utilisation ou le réglage peuvent générer un risque de coincement, voire d'écrasement d'une partie du corps de l'opérateur ou du régleur entre les éléments mobiles.

5 - Risque de lésions articulaires

Si les amplitudes de mouvement viennent à dépasser les limites physiologiques de l'utilisateur, il existe un risque potentiel de lésions articulaires.

6 - Risque de frottement/abrasion

Le frottement prolongé et/ou répété entre une partie du dispositif et une partie du corps de l'utilisateur peut générer une compression localisée, des risques de lésion de la peau, voire des lésions chroniques plus profondes (compression d'un muscle ou d'un nerf par exemple).

En ce qui concerne les robots d'assistance physique (RAP), l'ensemble de ces risques peuvent être occasionnés dans des conditions normales d'utilisation mais également par des défaillances du système de commande.

Risques liés à la charge physique

7 - Charge physique globale accrue

De par leur poids et/ou leur encombrement, les exosquelettes sont susceptibles d'accroître la charge physique globale,⁵ ce qui peut avoir des conséquences pour la santé de l'opérateur.

⁵ <http://www.inrs.fr/risques/activite-physique/ce-qu-il-faut-retenir.html>

8 - TMS

Certaines atteintes musculo-squelettiques peuvent être induites ou aggravées par une mauvaise synergie musculaire, un défaut de proprioception (perception du mouvement et de la position du corps dans l'espace) ou des mouvements inadaptés. En modifiant le fonctionnement intrinsèque de l'articulation (force ajoutée, modification des contraintes lors du mouvement, réduction des retours sensoriels), l'usage de NTAP peut avoir des répercussions délétères sur l'appareil locomoteur. Il est bien connu que la seule réduction de l'activité musculaire n'est pas suffisante pour prévenir la survenue de TMS.⁶

⁶ <http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>

9 - Déséquilibre et contraintes posturales

Le port d'un exosquelette peut modifier, de par son inertie propre, le schéma d'équilibre statique et dynamique de l'opérateur. Des conséquences sur l'activité des muscles posturaux, œuvrant au maintien de l'équilibre et à la genèse du mouvement sont possibles, d'où des risques de chutes.

10 - Perturbations sensorielles

En phase d'utilisation et immédiatement après le retrait du matériel, l'opérateur peut être perturbé sur le plan de l'équilibre ou de la réalisation des tâches. Il est donc nécessaire de respecter un délai d'adaptation pour préserver les habiletés motrices et prévenir ce type de risque.

11 - Désadaptation musculaire

L'immobilisation ou la réduction de mobilité d'une articulation, par une orthèse par exemple, est connue pour entraîner une diminution progressive des capacités fonctionnelles (force et mobilité) des groupes musculaires locaux. A moyen terme, l'utilisation prolongée/répétée d'une assistance musculaire peut donc générer des phénomènes de fonte musculaire locale, à l'origine de troubles fonctionnels variés.

Les exosquelettes, portés sur tout ou partie du corps, peuvent se révéler inefficaces dans leur rôle premier de réduire la charge physique s'ils ne sont pas adaptés à leur utilisateur et à la situation de travail. En effet, les contraintes biomécaniques sont influencées par les conditions de réalisation de la tâche, le contenu du travail ainsi que les caractéristiques de l'opérateur (i.e. anthropométrie, force, ...) et demandent une spécificité d'action et de réglage de l'exosquelette.

Risques en lien avec la charge mentale de travail

12 - Perte de contrôle et d'autonomie

Lorsque l'organisation du travail place l'homme sous la dépendance des NTAP, elle peut renforcer le sentiment de perte de contrôle sur son travail et d'autonomie dans son activité, et ainsi contribuer à l'émergence de risques psychosociaux.

13 - Augmentation des exigences attentionnelles

La modification des modes opératoires et des stratégies des opérateurs peut contribuer à accroître les exigences attentionnelles et constituer ainsi un facteur de charge mentale.

14 - Incidence sur l'expertise de l'opérateur

Le niveau d'assistance physique apporté à l'opérateur affecte parfois la maîtrise du geste de travail. Les stratégies gestuelles sont alors modifiées et requièrent des habiletés sensorielles supplémentaires pour garantir la qualité de travail. Par exemple, l'utilisation d'un exosquelette pour soulager les membres supérieurs lors d'opérations de ponçage nécessite un réajustement des habiletés motrices et sensibles, notamment en fonction du retour d'effort qui donne des indications sur la profondeur de champ à abraser, les caractéristiques physiques de la paroi à poncer (dureté, caractère plus ou moins régulier...). L'opérateur doit modifier ses repères sensoriels pour s'adapter à la démultiplication des efforts, au risque de perdre une partie de l'expertise et du savoir-faire acquis précédemment. Cette adaptation peut de surcroît augmenter temporairement ou durablement la charge cognitive pour maintenir son expertise professionnelle.

CATÉGORIES DE NTAP / CATÉGORIES DES RISQUES	RAPAC	RAPSC	DAPAC	DAPSC
Risques mécaniques	1,4,5,6	1,2,3,4	1,5,6	1,2,3
Risques en lien avec la charge physique	tous	8,11	tous	8,11
Risques en lien avec la charge de travail mentale	tous	tous	tous	tous

Liste non exhaustive des points de vigilance à considérer en fonction des catégories de risque et des types de NTAP.

Mis à jour le 21/07/2016

Points de repère pour la prévention

L'acquisition de robots collaboratifs (cobots), exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) nécessite une analyse approfondie de la situation de travail. Il faut aussi prendre en compte les spécificités de la tâche, les caractéristiques des futurs utilisateurs et le contexte organisationnel.

La prévention des risques liés à l'intégration et/ou à l'utilisation d'une NTAP impose une action concertée de l'ensemble des acteurs de l'entreprise (direction, production, qualité, instances représentatives du personnel, service de santé au travail, préventeurs, opérateurs ...) qui s'appuiera en priorité sur les **neuf grands principes généraux de prévention**⁷ des risques professionnels :

⁷ <http://www.inrs.fr/demarche/principes-generaux/introduction.html>

Avant d'envisager tout projet d'implantation, une analyse approfondie de la situation de travail doit être réalisée :

- Quel est le problème à traiter ? (charge physique excessive, troubles musculo-squelettiques, maintien au travail ...)
- Peut-on supprimer le risque à la source ?
- Si le risque ne peut pas être supprimé, peut-on le réduire par des moyens de prévention collective ? (allègement de la charge physique par des mesures telles que la re-conception de la situation de travail, changements organisationnels, aménagements techniques, acquisition de nouvelles compétences, **lien vers démarche de prévention**⁸).

C'est seulement à l'issue de ce premier niveau de réflexion que les acteurs de l'entreprise devront clarifier leurs motivations et s'interroger, le cas échéant, sur les moyens de prévention individuelle à mettre en place. Dans ce contexte, il est important de rappeler que les NTAP sont conçues pour assurer une assistance physique très spécifique (Cf. § classification) et ne peuvent pas répondre a priori à l'ensemble des questions génériques que souhaitent traiter les acquéreurs : réduction de la charge physique et/ou des troubles musculo-squelettiques (TMS), maintien au poste de travail... Elles sont susceptibles par ailleurs d'introduire des risques nouveaux en matière de santé-sécurité dans la situation de travail (cf § identification des risques).

À ce stade, l'entreprise qui souhaite acquérir l'un de ces dispositifs doit définir précisément son besoin en tenant compte des spécificités de la tâche et des contraintes localisées qu'elle génère, des caractéristiques des futurs utilisateurs et du contexte organisationnel. Une évaluation des risques devra être systématiquement conduite avant et après l'intégration des NTAP, en impliquant le plus précocement possible les utilisateurs finaux, avec la contribution des acteurs de la santé au travail. Le recul est actuellement insuffisant pour évaluer les intérêts et limites de l'utilisation des NTAP en milieu professionnel. L'INRS contribue à la recherche dans ce domaine qui est en plein essor.

⁸ <http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques/prevention.html>

Publications

VIDÉO DURÉE : 34 MIN



Vues de dos

Ce film a pour objectif de préparer le terrain d'une action de prévention dans une entreprise confrontée à des problèmes de pathologies du dos. Il comporte 2 modules. Le premier module présente le ...⁹

⁹ <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DV%200244>

DÉPLIANT 12/2008 | ED 6040



Mal au dos. Osez bouger pour vous soigner

Les lombalgies sont des affections très courantes caractérisées par des douleurs localisées en bas du dos. Le plus souvent, la douleur est provoquée par des lésions uniquement musculaires.¹¹

¹¹ <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206040>

BROCHURE 02/2011 | ED 6087



Travail et lombalgie

Mal de dos, douleur, gêne, lourdeur, raideur, lumbago ou sciatique : autant de termes pour évoquer les lombalgies !¹⁰

¹⁰ <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206087>

Autre référence

- INSERM. Lombalgies en milieu professionnel. Quels facteurs de risques et quelle prévention. Expertise collective. 2000, 162 pp.

Mis à jour le 21/07/2016

Publications INRS

BROCHURE 11/2015 | VEP 1



Utilisation des robots d'assistance physique à l'horizon 2030 en France

Fin 2013, l'INRS présente un premier exercice de prospective sur l'utilisation des robots d'assistance physique à l'horizon 2030. C'est le résultat de ce travail qui est proposé en téléchargement. ¹²

¹²<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=VEP%201>

ARTICLE DE REVUE 06/2013 | VP 1



L'homme au travail et le robot : une relation à inventer

Les robots se diversifient et investissent de plus en plus de secteurs d'activité ; ils apportent avec eux de nouveaux risques pour la santé et la sécurité de l'opérateur, risques que les entreprises et les acteurs de prévention doivent prendre en compte ¹⁴

¹⁴<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=VP%201>

PUBLICATION SCIENTIFIQUE 10/2017

Les robots et dispositifs d'assistance physique : Etat des lieux et enjeux pour la prévention

Dans un contexte de mutation des entreprises, on assiste depuis 2013 à une émergence de robots, exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) notamment pour tenter de répondre aux problématiques de TMS et de charge physique de travail excessive. ¹⁶

¹⁶<http://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/publication.html?refINRS=NOETUDE/P2017-120/NS354>

ARTICLE DE REVUE 06/2014 | CC 5



Quelle place pour les robots d'assistance physique en 2030?

Compte-rendu d'un séminaire INRS sur l'utilisation des robots d'assistance physique (RAP) à l'horizon 2030 en France, avec présentation de différents scénarios possibles d'utilisation. ¹³

¹³<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=CC%205>

BROCHURE 10/2015 | NO 10



Comment les normes européennes peuvent-elles prendre en compte le contact homme-robot ?

L'INRS s'interroge sur la prise en compte dans la directive " Machines " 2006/42/CE et les normes européennes des risques liés au contact involontaire entre opérateurs et robots. ¹⁵

¹⁵<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=NO%2010>

Voir aussi

01/2018



Troubles musculo-squelettiques (TMS)

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) des membres supérieurs et inférieurs sont des troubles de l'appareil locomoteur pour lesquels l'activité professionnelle peut jouer un rôle dans la genèse, le maintien ou l'aggravation. Les TMS affectent principalement les muscles, les tendons et les nerfs, c'est-à-dire les tissus mous. ¹⁷

¹⁷<http://www.inrs.fr/risques/tms-troubles-musculosquelettiques.html>

10/2015



Risque mécanique

Il y a un risque mécanique quand un élément en mouvement peut entrer en contact avec une partie du corps humain et provoquer une blessure ou qu'une partie du corps humain en mouvement peut entrer en contact avec un élément matériel. La présence d'un risque mécanique peut être identifiée par la conjonction de 3 éléments : un opérateur, un élément et l'énergie d'un mouvement. ¹⁸

¹⁸<http://www.inrs.fr/risques/mecaniques.html>



Risques électriques

Prévention des risques électriques : généralités, accidents d'origine électrique, travaux sur ou à proximité d'installations électriques, habilitation électrique, électricité statique, réglementation. ¹⁹

¹⁹ <http://www.inrs.fr/risques/electriques.html>

Mis à jour le 21/07/2016