



**Le gant bionique Ironhand[®]
développé par Eiffage et
Bioservo aujourd'hui disponible
partout en Europe**



Ironhand® : le gant développé par Eiffage et Bioservo	3
Ironhand® : un outil fiable pour lutter contre les troubles musculo-squelettiques	4
Ironhand® : un projet développé en trois phases	5
1. Faisabilité – Test sur Carbonhand®	6
2. De Carbonhand® à Ironhand®	8
Ironhand® : des mesures encourageantes	10
Concevoir une méthode d'évaluation du risque d'exposition aux TMS de la main	11
Vers un exosquelette du bras	14
Ironhand® : en location exclusive chez Loxam dès le mois de juin 2019	15

Ironhand® : le gant développé par Eiffage et Bioservo

Eiffage a signé en 2017 un contrat de partenariat avec l'entreprise suédoise Bioservo Technologies AB pour développer un gant robotisé qui puisse convenir à l'environnement exigeant du secteur de la construction.

Cet exosquelette actif et polyvalent, entièrement souple, est destiné à accompagner mécaniquement la force naturelle de la main pour réduire l'impact des contraintes physiques pouvant être générées par toutes les manipulations effectuées par les opérateurs.

Baptisé Ironhand®, il améliore les performances et le bien-être au travail grâce à une technologie unique couplant IoT et Robotique.

Après deux années de développement et de tests grandeur nature sur des chantiers du groupe Eiffage, le gant Ironhand® est désormais distribué chez Loxam et disponible partout en Europe pour l'ensemble de la profession.

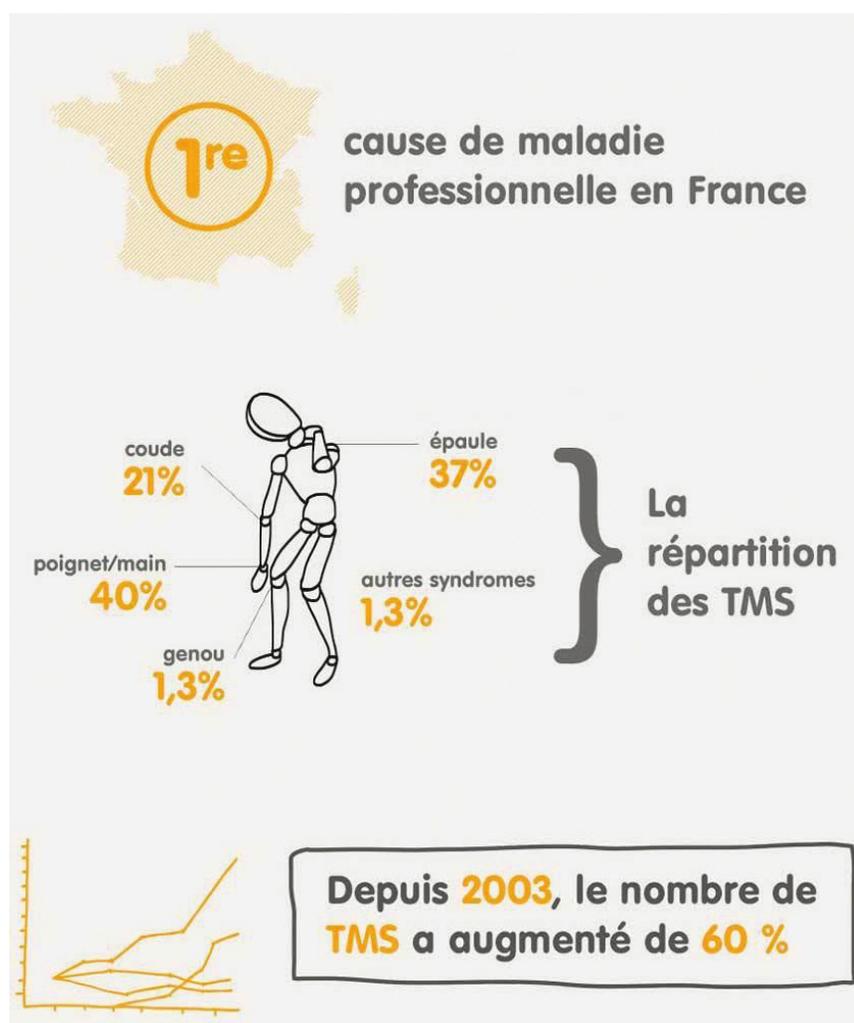


Ironhand® : un outil fiable pour lutter contre les troubles musculo-squelettiques

En France, 87 % des maladies professionnelles concernent des troubles musculo-squelettiques (TMS) en augmentation de 10 à 15 % chaque année depuis 20 ans. 40 % de ces TMS touchent la main et le poignet.

Outre l'usage au titre de la prévention des risques, le gant est également destiné à favoriser l'intégration, ou le retour à l'emploi, de personnes en situation de handicap. Il permet également d'accueillir une grande diversité d'opérations dans les métiers du BTP.

Le concept du gant consiste à fournir aux compagnons une assistance robotisée pour faciliter leurs tâches quotidiennes, diminuer les contraintes physiques liées aux manipulations, et préserver leur santé en évitant l'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS).



Les principaux TMS en France

Ironhand® : un projet développé en trois phases

L'ambition d'Eiffage en matière de sécurité dépasse le cadre de l'amélioration continue. Seule une approche méthodique, pluridisciplinaire et prospective permet de développer des solutions novatrices en matière de sécurité et de protection sanitaire. La direction Prévention de la branche Infrastructures s'est ainsi rapprochée de l'expertise médicale, très avancée dans le domaine des prothèses qui constituent les premiers exosquelettes disponibles sur le marché. Bioservo Technologies AB avait développé en Suède un équipement de réadaptation médicale (Carbonhand®) qui permettait à l'utilisateur de retrouver une capacité de préhension, perdue ou amoindrie après un accident ou une maladie. Un procédé adopté par la suite par la Nasa et General Motors aux Etats-Unis.

Pour Eiffage, il s'agissait dans un premier temps de s'assurer de la possibilité d'adapter cette prothèse médicale robotisée aux métiers du BTP, pour l'ensemble des postes de travail nécessitant des manipulations manuelles, puis de valider le concept de gant bionique – à partir d'un équipement d'assistance physique –, en développant un premier prototype souple, utilisable quel que soit le poste de travail.

Plusieurs postes de travail, pour lesquels la main et le poignet sont fortement sollicités, ont été identifiés dans différents métiers du Groupe : la route, le génie civil, le métal, l'énergie-systèmes et les concessions.

Le projet, décomposé en trois phases, a débuté en août 2017.

Phasage du projet gant bionique développé en partenariat avec Bioservo :

Phase 1 Faisabilité test sur Carbonhand®	Phase 2 Conception de Ironhand®	Phase 3 Développement long terme
Validation de l'intérêt, pour les métiers du BTP, de la technologie développée par Bioservo. Collecte de données grâce à des enregistrements des mouvements de la main en situation réelle de travail. Enquête auprès des utilisateurs.	Développement d'un gant bionique utilisable dans les différents métiers du BTP. Collecte de données grâce à des enregistrements des mouvements de la main en situation réelle de travail. Enquête auprès des utilisateurs Développement d'une méthode d'évaluation du risque TMS spécifique aux métiers du BTP.	Travaux de recherche sur le haut du corps (bras complet, épaule). Valorisation des travaux.
ÉTUDE DE POSTES DE TRAVAIL RECENSÉS AU SEIN DU GROUPE EIFFAGE		
Test sur différents postes où la main est fortement sollicitée (préhension statique ou dynamique) lors de l'utilisation d'outils et d'équipements électroportatifs (tous types de postes de travail), pour la mise en œuvre d'enrobés bitumineux à la main (tireur au râteau), pour des travaux de génie civil (mise en œuvre de pipelines) et de métallurgie (soudage, isolation).		

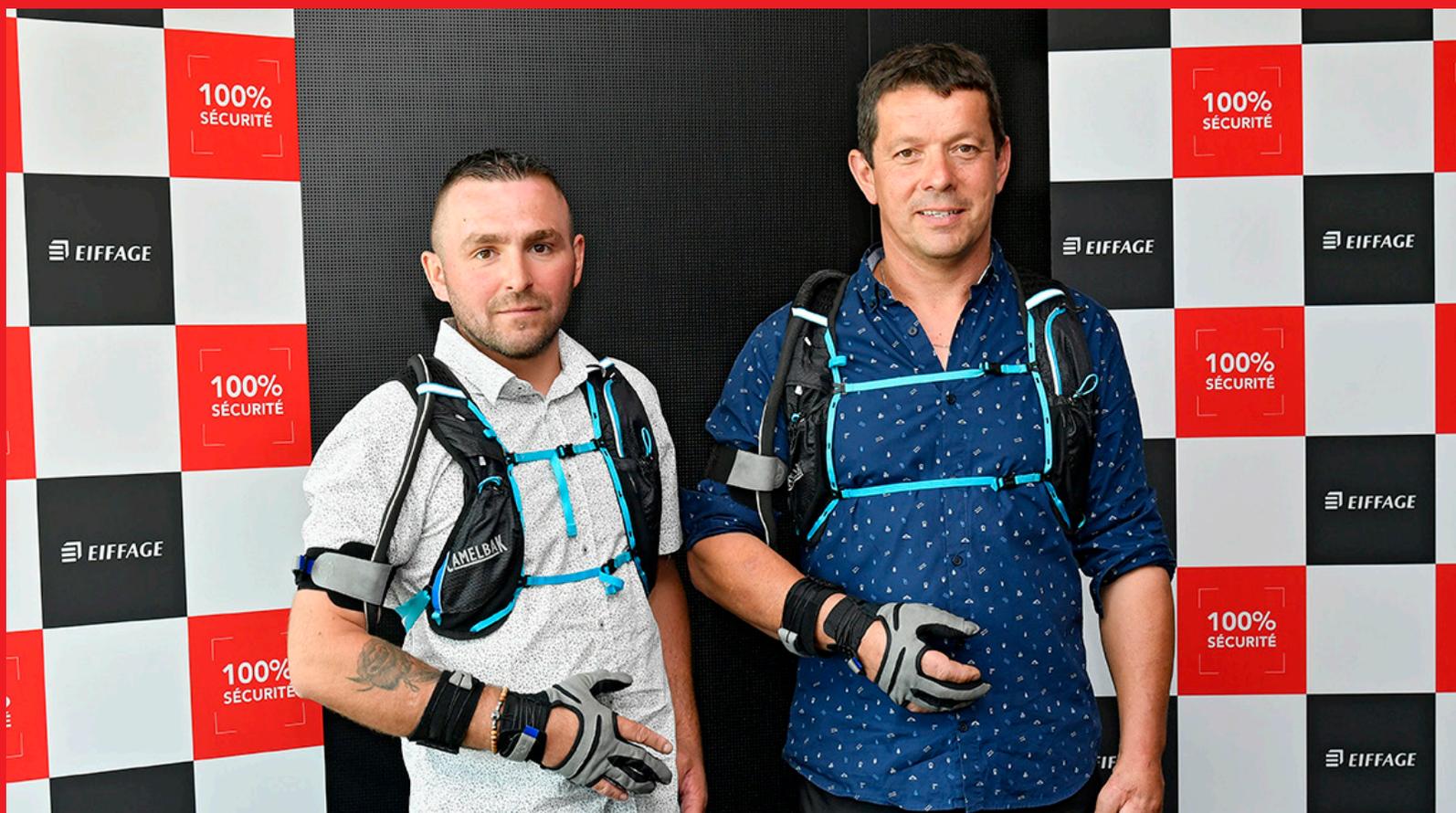
Ironhand® : un projet développé en trois phases

1. Faisabilité – Test sur Carbonhand®

Les premiers tests ont été réalisés au cours du second semestre 2017, sur une période de plusieurs semaines, pendant lesquelles les salariés ont utilisé le gant Carbonhand® en situation réelle de travail.

Le gant Carbonhand®

Le gant Carbonhand® est à l'origine une prothèse médicale, souple, portable, équipée de trois capteurs de force situés sur la dernière phalange du pouce, du majeur et de l'annulaire. Un microprocesseur intégré dans le gant ajuste la force nécessaire à appliquer à ces trois doigts pour retrouver la force normale d'une main grâce à l'activation de tendons synthétiques intégrés dans le tissu du gant.



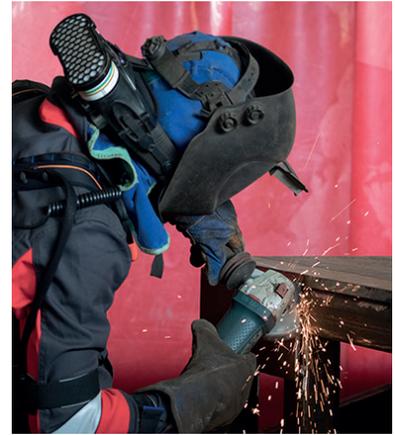
Postes de travail sélectionnés pour tester le gant bionique Carbonhand® en phase 1



Opérateur Isolation
Eiffage Métal

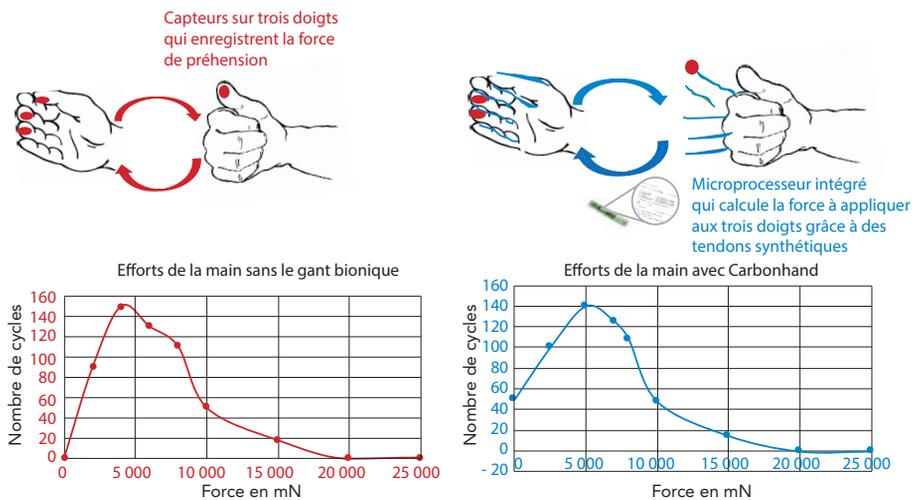


Tireur au râteau
Eiffage Route
Méditerranée



Opérateur Soudage / Chaudronnerie
Eiffage Génie Civil
Pipelines

Le principe d'assistance aux mouvements de la main est basé sur l'enregistrement des forces exercées par trois doigts de la main lors de cycles de préhension grâce aux capteurs situés au niveau de la dernière phalange du pouce, majeur et annulaire. Le microprocesseur intégré au gant bionique ajuste la force nécessaire à appliquer à chaque doigt pour assister la main grâce à l'activation de tendons synthétiques intégrés dans le gant.



Réduction de 12 % des efforts de la main

Mesure de réduction des efforts de la main apportée par le gant bionique Carbonhand®. En rouge, cas où le gant bionique n'est pas activé, on enregistre les mouvements naturels de la main ; en bleu cas où le gant bionique est activé, on enregistre l'apport du gant bionique en version prothèse médicale dans le mouvement de la main.

L'analyse des données enregistrées par le microprocesseur du gant indique une réduction de 10 à 20 % des efforts de la main apportés par le gant Carbonhand®, initialement développé comme dispositif médical portable. Le potentiel de la technologie développée par Bioservo Technologies AB a été démontré pour plusieurs postes de travail en situation réelle. Il est donc possible de prévoir l'adaptation de cette technologie à un usage dans le BTP.

Le 29 juin 2018, deux gants de première génération ont été remis au siège d'Eiffage, à Vélizy-Villacoublay, à deux collaborateurs du Groupe.

Ironhand® : un projet développé en trois phases

2. De Carbonhand® à Ironhand®

Grâce aux tests, et à leurs mesures, réalisés en 2017, un nouveau prototype de gant a été mis au point : ajout de capteurs, augmentation de la force développée, rapidité du temps de réaction des articulations synthétiques, ergonomie... Ce nouveau gant, baptisé Ironhand® est maintenant expérimenté depuis plusieurs mois en situation réelle de travail.

Le gant bionique Ironhand®

Le gant est équipé de 6 capteurs : 5 au niveau de la dernière phalange de chaque doigt de la main, et le 6^e au niveau de la paume. Les tendons synthétiques intégrés dans le tissu du gant suivent l'anatomie de chaque doigt. Ils peuvent développer une force de l'ordre de 4 kg par doigt en se substituant à la force qu'aurait dû développer l'opérateur.



Le gant Ironhand® est polyvalent dans son utilisation, il peut être utilisé quel que soit le poste de travail dès lors qu'il nécessite des manipulations manuelles, plus ou moins fréquentes : saisir, serrer, maintenir, empoigner, pincer, couper, brider, cintrer, enserrer, agripper, souder, soutenir, tirer, pousser, tenir...

Le gant est relié par un câble, le long du bras, à une unité motrice qui peut être utilisée pendant 7 heures en continu par le salarié, de façon autonome. Ce dispositif mobile est à la fois portable et léger. Le gant pèse 20 grammes ; l'unité motrice 800 grammes.

Universel puisqu'utilisable pour toutes les tâches où la main et le poignet sont fortement sollicités, le gant Ironhand® est également personnalisable, grâce à un boîtier de commande. Les capteurs situés dans le gant enregistrent les pressions exercées par la main.

Le microprocesseur intégré dans le gant développe et ajuste alors la force nécessaire à appliquer à chaque doigt, grâce à une unité motrice située dans le dos, pour réduire l'effort par l'activation de tendons synthétiques intégrés dans le gant. Le volume de la force appliquée par les tendons synthétiques est réglable par l'opérateur grâce à une télécommande fixée au niveau de l'épaule sur l'une des bretelles du sac à dos.

Le gant bionique Ironhand® est maintenant expérimenté depuis plusieurs mois en situation réelle de travail sur plusieurs postes de travail identifiés chez Eiffage.



Test en conditions réelles du gant bionique Ironhand®

Postes de travail sélectionnés pour tester le gant bionique Ironhand® en phase 2



Opérateur Isolation
Eiffage Métal



Tireur au râteau
Eiffage Route
Centre Est et
Méditerranée



Opérateur Packaging
Eiffage Route
Centre Est

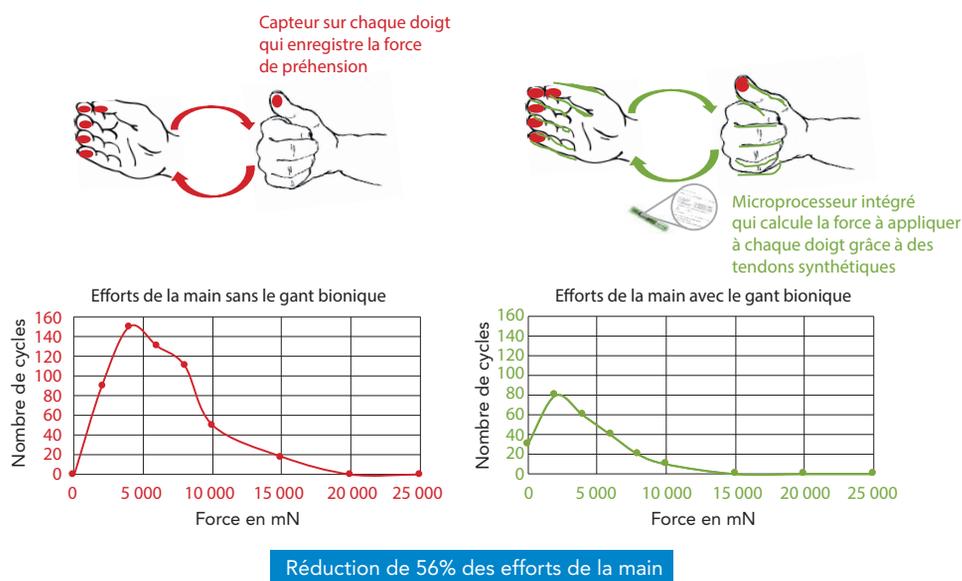


**Opérateur Soudage /
Chaudronnerie**
Eiffage Énergie Systèmes
Clemessy

L'analyse des données enregistrées par le microprocesseur du gant bionique a démontré que la réduction d'efforts pour l'opérateur est systématique, pour tous les postes de travail qui ont été sélectionnés pour tester Ironhand®. L'intensité de la réduction, ou de compensation, des efforts est quant à elle variable en fonction du poste de travail, et de la fréquence des manipulations effectuées par l'opérateur : de 25% jusqu'à 86%.

Ironhand® : des mesures encourageantes

Le principe de mesure de réduction des efforts est basé sur l'enregistrement des forces exercées par chaque doigt de la main lors de cycles de préhension grâce aux capteurs situés au niveau de la dernière phalange de chaque doigt de la main. Le microprocesseur intégré au gant bionique calcule alors le nombre de cycles associé aux différentes forces pouvant s'exercer sur chaque doigt de la main qui est équipé d'un capteur au niveau de la dernière phalange. Lorsque le gant bionique est activé, le microprocesseur ajuste la force nécessaire à appliquer à chaque doigt pour réduire l'effort grâce à l'activation de tendons synthétiques intégrés dans le gant. La réduction des efforts de la main est calculée par différence entre ces deux mesures sur chaque doigt de la main, après correction du facteur d'intensité de force choisi par l'opérateur.



Mesure de réduction des efforts de la main apportée par le gant bionique Ironhand®. En rouge, cas où le gant bionique n'est pas activé, on enregistre les mouvements naturels de la main ; en vert cas où le gant bionique est activé, on enregistre l'apport du gant bionique dans le mouvement de la main.

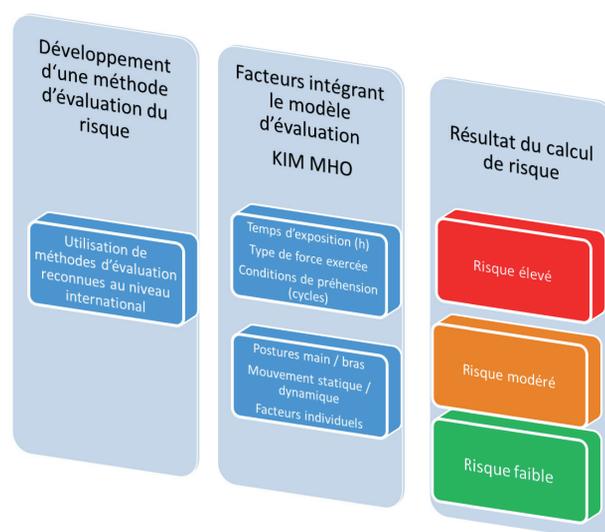
L'activation du gant peut être réglée de façon à associer plusieurs doigts entre eux, de façon à définir un doigt directeur dans le mouvement de la main (par exemple l'index lorsque l'on utilise la gâchette d'un pistolet à silicone), ou avoir des mouvements de doigt indépendamment les uns des autres. Enfin, il est possible également de concentrer la réduction de l'effort sur une partie de la main voire un doigt ou deux (par exemple l'annulaire lors de travaux de chaudronnerie). Ce réglage adapté à chaque poste et chaque utilisateur se fait, via wifi, grâce à un module de paramétrage.

L'intensité de force apportée par les tendons synthétiques peut être modulée par l'opérateur lors de son utilisation (il existe quatre niveaux d'intensité) par la commande qui est associée au gant bionique.

Concevoir une méthode d'évaluation du risque d'exposition aux TMS de la main

Eiffage a cherché à intégrer les résultats obtenus à partir du microprocesseur d'Ironhand®, dans des méthodes d'évaluation du risque d'apparition des TMS déjà publiées dans la littérature scientifique médicale.

Les différents paramètres liés au mouvement de la main tels que les cycles de préhension, le mouvement dynamique ou statique de chaque doigt, le temps d'activité, le niveau de force, sont enregistrés par le microprocesseur d'Ironhand® pour chaque utilisateur. Ces paramètres et données ont été confrontés à la méthode d'évaluation KIM-MHO.



Principe de la méthode d'évaluation du risque d'exposition aux TMS de la main

Les données d'Ironhand®, facilement accessibles, sont alors intégrées dans la méthode d'évaluation du risque TMS qui a été développée et publiée en 2017 par l'équipe de recherche en médecine du travail, technologie de sécurité et ergonomie de l'Institut ASER en Allemagne (Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V.) dite « méthode KIM-MHO ».

Pour ces chercheurs, les opérations de manutention manuelle (ou Manual Handling Operations MHO) sont connues pour être des facteurs de risques de TMS des membres supérieurs, typiquement le syndrome du canal carpien. Pour estimer le risque de TMS, cette équipe a développé une méthode de l'indicateur clé (Key Indicator Method KIM) pour l'évaluation des risques lors d'opérations de manutention manuelle.

La méthode a été validée et prend en compte directement les facteurs suivants que sont :

- la durée totale des opérations de manutention manuelle par poste
- le type, durée et fréquence de force exercée
- les conditions de préhension
- la position de la main et du bras
- le mouvement

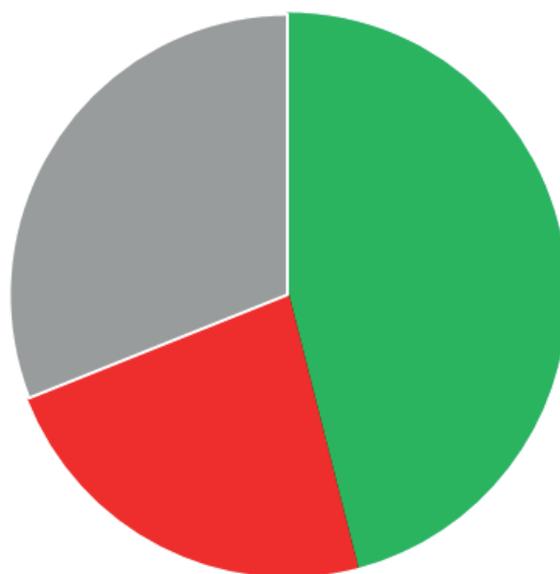
Les données du microprocesseur d'Ironhand® ont été intégrées dans un module de calcul de la méthode KIM-MHO.

Les derniers travaux publiés sur le risque de TMS (syndrome du canal carpien), avec notamment l'apport du big data en sciences médicales via les méta-analyses de données scientifiques, font apparaître des facteurs individuels tels que l'Indice de Masse Corporelle (IMC). Pour intégrer ce facteur individuel, nous avons fait le choix de mesurer la force individuelle de préhension de chaque utilisateur et de comparer cette valeur à des références internationales.

L'indicateur KIM WHO final intégrant à la fois la méthode de calcul KIM MHO et les capacités physiques individuelles permet d'évaluer le risque d'apparition de TMS à la main ou au poignet.

Une enquête sous forme de questionnaire a été élaborée, avec l'équipe d'ergonomes de Bioservo Technologies AB, afin de détecter des personnes présentant des microtraumatismes au niveau de la main et du poignet. Grâce à Bioservo Technologies AB, l'étude a pu être menée en lien avec la faculté de médecine de l'université royale de Stockholm. Cette enquête a été ensuite présentée aux différents CHSCT d'Eiffage Infrastructures avant le début des phases 1 et 2 de test sur chantiers.

Cette enquête a mis en évidence qu'un tiers des salariés volontaires (âgés de plus de 40 ans) présentait des microtraumatismes de la main et du poignet qui se traduisaient par des fourmillements, des raideurs ou encore une perte de sensibilité.



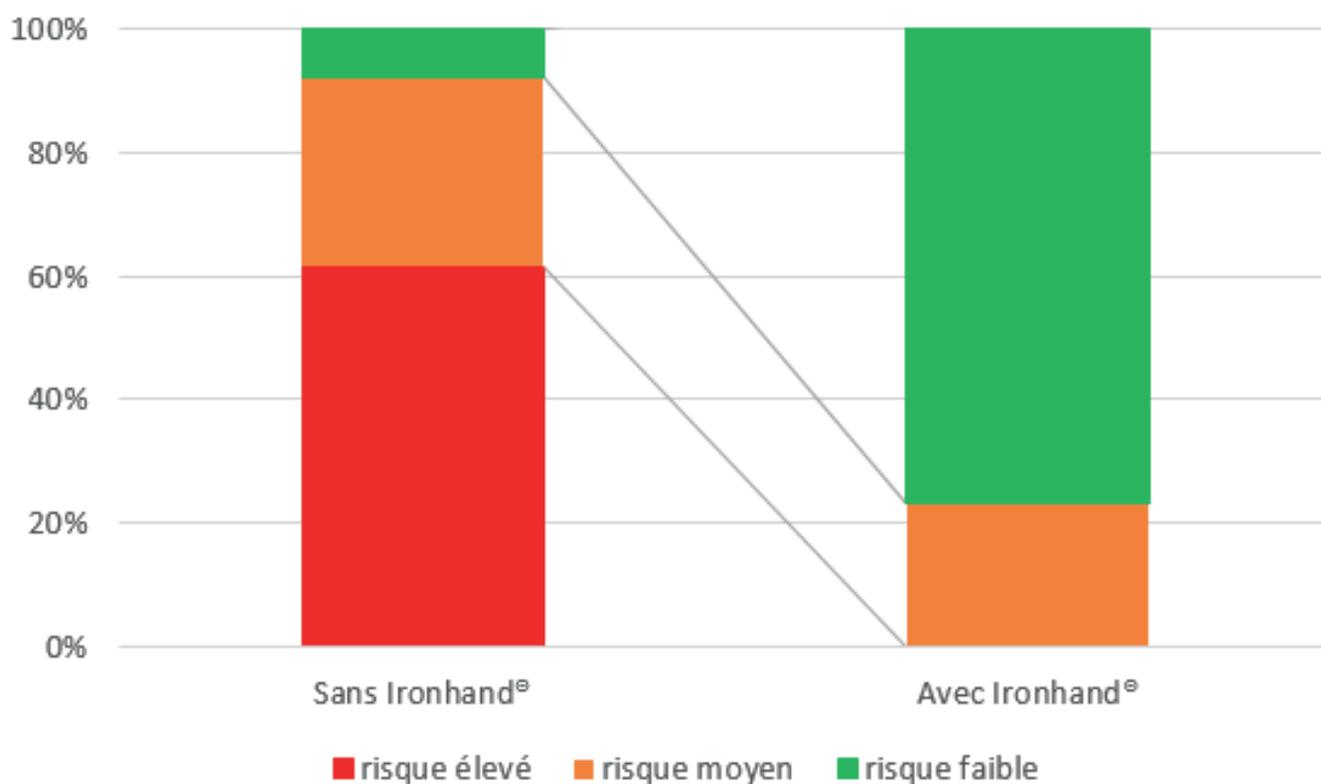
■ > 40 ans sans microtraumatisme ■ > 40 ans avec microtraumatisme ■ < 40 ans sans microtraumatisme

Population de salariés avec ou sans microtraumatisme de la main d'après l'enquête préalable menée avec les ergonomes de Bioservo

L'analyse statistique des postes étudiés de la seconde phase du projet du gant bionique a été réalisée sur les cas présentant au moins six sujets et notamment pour le poste de tireur au râteau chez Eiffage Route.

Pour ce poste, la réduction de l'effort de la main est de 39 à 65 % ; les opérateurs ayant choisi des réglages du gant bionique assez proches où la force de préhension est le paramètre contrôlant le gant.

L'enregistrement de données pour chaque utilisateur et chaque poste a été ensuite analysé par la méthode KIM MHO. Les résultats de l'évaluation du risque TMS mettent en avant l'apport bénéfique du gant bionique sur les postes de travail pour lequel le risque était initialement modéré voire élevé.



Evaluation du risque TMS selon la méthode KIM MHO pour 2 postes étudiés

Une optimisation des réglages du gant bionique à l'avenir devrait permettre de supprimer les derniers cas répertoriés en risque modéré.

Actuellement, la recherche, toujours en phase 2, se poursuit sur l'impact à long-terme du gant bionique pour les utilisateurs, et sur la durée de vie du produit.

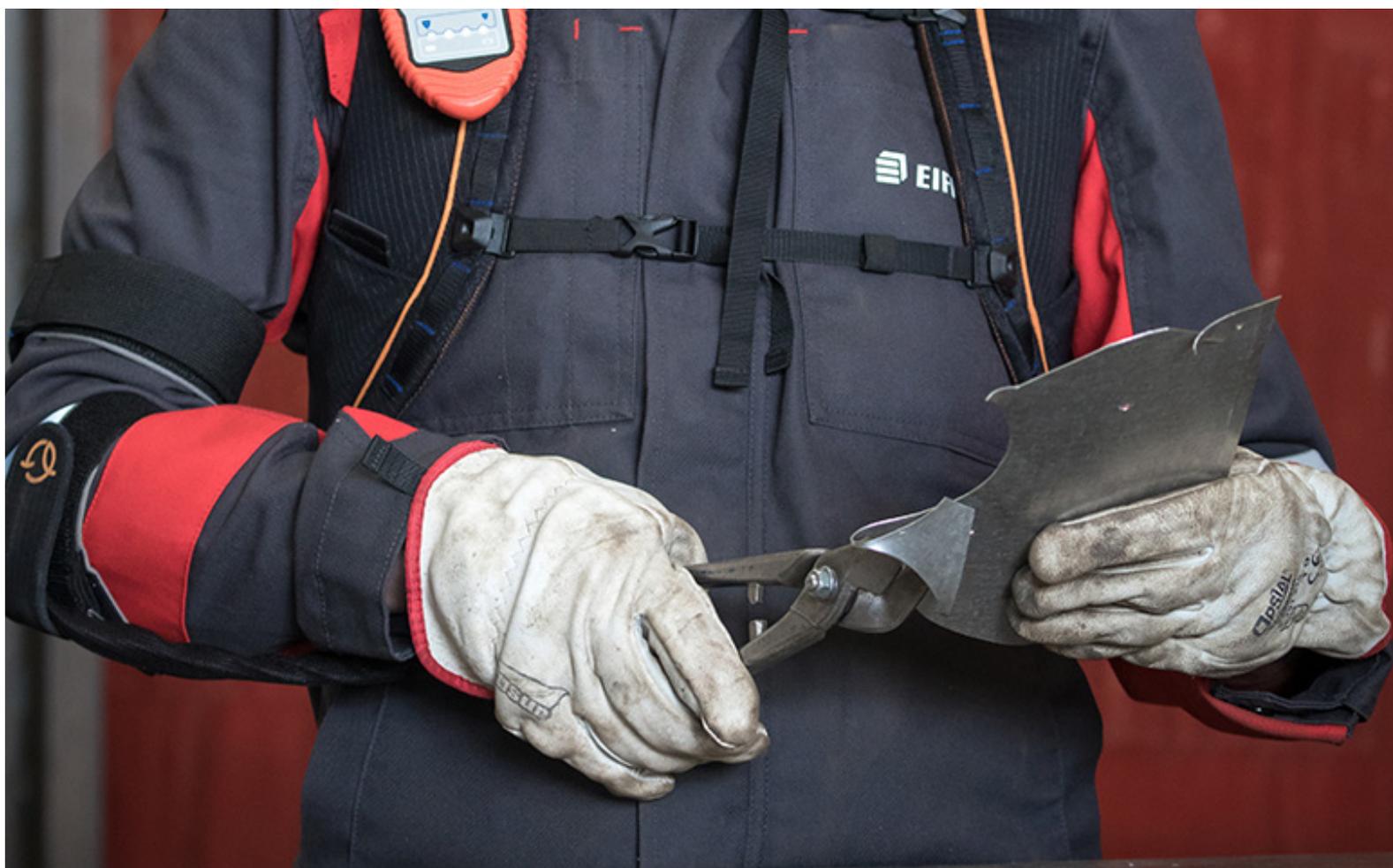
Vers un exosquelette du bras

Le projet mené en partenariat entre Eiffage et la start-up Bioservo Technologies AB, depuis août 2017, a montré qu'il était possible de concevoir un gant bionique adapté aux environnements exigeants du BTP.

Le gant bionique Ironhand® est utilisable pour toutes les tâches où la main et le poignet sont fortement sollicités. La technologie du gant, couplée à la méthodologie d'évaluation du risque KIM MHO, permet de personnaliser les capacités d'Ironhand® pour chaque compagnon.

Des compagnons volontaires ont testé Ironhand® en situation de travail dans des métiers très différents : infrastructures routières, travaux de génie civil et de métallurgie. Tous ont constaté une amélioration dans l'exécution des tâches, confirmée par l'analyse des données du microprocesseur du gant qui indique une réduction, ou une compensation, de 25 à 86 % des efforts produits par la main de l'opérateur, selon le travail effectué.

Eiffage et Bioservo travaillent actuellement sur des évolutions qui pourraient compenser les efforts du bras complet. Ces exosquelettes synthétiques constituent une nouvelle génération d'équipement individuel qui aura pour mission d'assister et de protéger les salariés dans le futur.



Ironhand® : en location exclusive chez Loxam dès le mois de juin 2019

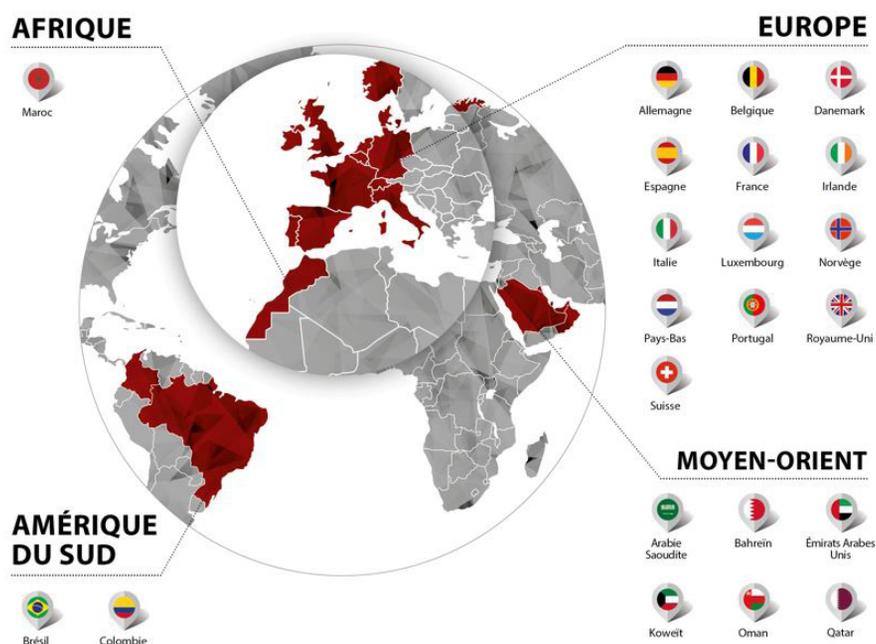
Depuis plus de 50 ans, Loxam place la prévention au cœur de ses enjeux et préoccupations. Pour Loxam, l'intégration de l'innovation est un levier clé pour faire émerger de nouveaux services et de nouvelles offres à destination de ses clients, en faveur de toujours plus de productivité et de sécurité.

Ainsi est né le partenariat avec Eiffage pour la distribution exclusive dans le réseau Loxam du nouveau gant bionique Ironhand®.

Professionnels et particuliers pourront découvrir et tester le gant bionique Ironhand® dans un premier temps en Ile-de-France, puis dans l'ensemble du réseau Loxam.

Avec ce partenariat historique pour la distribution exclusive du nouveau gant bionique Ironhand® dans ses agences, Loxam confirme sa volonté de toujours faire progresser la prévention dans tous les secteurs d'activité du BTP, de l'industrie, des espaces verts et des services.

N° 1 en Europe et n° 5 mondial, Loxam est le leader du marché de la location de matériel et d'outillage pour le BTP, l'industrie, les espaces verts et les services. Avec un chiffre d'affaires de 1,5 milliard d'euros en 2018, 760 agences et 7 900 collaborateurs, le Groupe est présent dans 13 pays en Europe (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, France, Irlande, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suisse, Italie), ainsi qu'au Moyen-Orient, au Maroc, au Brésil et en Colombie. Loxam propose le premier parc européen avec plus de 350 000 matériels pour anticiper, accompagner et répondre à la demande croissante des entreprises qui souhaitent externaliser l'achat, la gestion et l'entretien de leur matériel.



Loxam : un loueur international

