

EXOSQUELETTE



Un exosquelette est, par opposition à un endosquelette, un squelette externe. Il existe dans la nature de multiples exemples d'exosquelettes. La science et la technologie se sont inspirées de ces exemples pour en créer des versions artificielles.

Dans la nature, l'exosquelette ou cuticule, protège l'organisme qui le porte et lui sert de support. Il se retrouve chez de nombreux animaux invertébrés.

En se basant sur ce modèle, la science et la technologie, à travers la robotique, ont conçu des exosquelettes en réponse à des besoins humains. Les exosquelettes peuvent ainsi être dédiés à pallier des insuffisances de motricité, à prévenir les risques de certains mouvements sur notre santé ou à renforcer les aptitudes naturelles des personnes qui les portent.

Qu'est-ce qu'un exosquelette ?

Définition

Un exosquelette consiste en une structure mécanique externe et articulée, motorisée ou non, et conçue pour être portée par une personne, à la manière d'une prothèse externe, afin de lui permettre d'interagir avec son environnement, dans la limite de ses capacités articulaires.

Caractéristiques

Les usages possibles des exosquelettes sont nombreux et permettent d'en déduire les caractéristiques majeures. Ces structures peuvent servir à :

- Compenser des fonctions déficitaires, des infirmités ou des anomalies : il s'agit alors d'une ossature artificielle ;
- Assister les muscles ou les articulations : ils peuvent alors assister, augmenter ou renforcer les aptitudes du porteur ;
- Rectifier les mouvements ou la gestuelle du porteur : ils permettent dans ce cas de favoriser la rééducation ou la réadaptation ;
- Simuler un retour d'effort : dans les situations d'immersion dans une réalité virtuelle ;
- Contrôler des systèmes à distance : il s'agit alors de télé-opération dans le domaine de la robotique ;
- Assurer la protection : ils reprennent alors le sens de carapace observable dans la nature.

Au vu de ces nombreuses caractéristiques, la réglementation porte un regard multiple sur les exosquelettes, notamment sur ceux qui sont munis de moteurs, et les considère à la fois comme des machines, des robots et des véhicules.

Les différentes catégories d'exosquelettes

Les exosquelettes passifs

Un exosquelette passif ne dispose pas de motorisation. Généralement équipée de mécanismes permettant de récupérer et de restituer l'énergie mécanique, cette catégorie permet de garder longtemps des postures inconfortables, de soulever des charges massives ou de faire des gestes répétitifs.

Les exosquelettes actifs

Les exosquelettes de cette catégorie sont caractérisés par :

- La motorisation ;
- De multiples articulations ;
- Une ou plusieurs sources d'énergie ;
- Une composante informatique et électronique complexe.

Leur ambition consiste généralement à renforcer chez le porteur la force, la rapidité ou toute autre aptitude à laquelle ils sont dédiés. Permettant la plupart du temps la mobilité du porteur, leur existence n'est rendue possible que grâce à l'action conjuguée des progrès réalisés dans de nombreux domaines.

Les exosquelettes intégraux

Les exosquelettes des catégories précédentes ont la particularité de ne pouvoir équiper qu'une partie du corps de leur porteur : le dos, les bras ou les jambes par exemple. Un exosquelette intégral pourrait compenser, suppléer ou renforcer plusieurs fonctions essentielles du corps du porteur.

De tels dispositifs n'existent pas pour le moment, en raison des défis technologiques qu'ils constituent en termes de motorisation, de masse ou encore d'énergie. Ces défis ne sont d'ailleurs pas encore entièrement résolus pour les exosquelettes partiels.

L'exosquelette : un concentré de défis technologiques

La masse

Grâce à la découverte et au développement de matériaux combinant résistance et légèreté, la masse de l'ossature métallique des exosquelettes n'est plus un réel problème. Ce qui détermine aujourd'hui la masse d'un exosquelette, c'est principalement sa motorisation.

La masse finale de la structure détermine non seulement sa mobilité, mais également ses besoins en énergie.

La motorisation

Pour les exosquelettes motorisés, le moteur est l'organe principal. La source de l'énergie de ce moteur peut être :

- Hydraulique : l'huile hydraulique est mise sous pression grâce à un compresseur et acheminée jusqu'aux articulations. Le compresseur fonctionne alors grâce à de l'essence ou grâce à l'électricité. Ce type d'exosquelette atteint rapidement les 150 kg, ce qui réduit fortement sa mobilité ;
- Pneumatique : des actionneurs mus par l'énergie pneumatique s'avèrent jusqu'à 5 fois plus légers que ceux animés par l'énergie hydraulique, mais l'autonomie de tels systèmes reste faible et ils perdent rapidement en performance ;
- Électrique : globalement plus simples à exploiter, les solutions électriques se révèlent plus performantes, plus légères et bien moins encombrantes. Elles permettent aussi bien une utilisation d'intérieur qu'à l'extérieur et sont les plus largement adoptées.

L'inertie

Avec une motorisation efficace, le porteur d'un exosquelette ne ressent pas la masse des objets qu'il manipule. Dans ses mouvements, il a donc du mal à anticiper aussi bien le poids de la structure qu'il porte que celui des objets qu'il manipule.

Il n'adopte donc pas les postures nécessaires pour rester en équilibre tout en absorbant l'effet du poids de la structure qu'il porte ou de l'objet qu'il manipule. Afin de limiter les risques liés à ce phénomène, les masses à manipuler avec un exosquelette sont actuellement limitées à 40 kg.

La synchronisation

Les exosquelettes sont soumis à l'entière volonté de leur porteur. Ils accompagnent et facilitent ses mouvements. Le délai nécessaire à la structure, à ses moteurs et à son système de commande, pour détecter et accompagner le mouvement du porteur peut cependant donner lieu à de légers décalages.

Le recours à une intelligence artificielle prédictive semble une solution afin d'y remédier. Mais cette solution se heurte à la tendance de l'intelligence artificielle à prendre des décisions par elle-même. Le recours à des capteurs d'efforts et à la détection des mouvements sont d'autres pistes de solutions.

Les applications

L'exosquelette a des applications dans un nombre varié de domaines.

Les applications militaires

Les applications militaires concernent le port de charges lourdes par les soldats et l'augmentation de certaines de leurs capacités, notamment pour la résistance à la fatigue, pour la rapidité ou pour la force musculaire.

Les exosquelettes dans l'industrie

Dans l'industrie aussi, les exosquelettes constituent une aide au port de charge. Ils renforcent en outre la vitesse des gestes ou leur précision et peuvent permettre de travailler longuement et efficacement dans des postures difficiles, avec les bras levés ou en étant penché par exemple.

Il commence à être utilisé par les services logistiques de certains magasins afin de soulager les équipes. Leur utilisation vise à réduire le risque d'accident et diminuer le taux d'arrêts maladie.

Au service de la médecine

En médecine, l'exosquelette est une ossature artificielle qui est portée à l'extérieur du corps humain. Il a alors pour rôle de compenser une ou plusieurs anomalies ou infirmités physiques. Il peut ainsi permettre à une personne handicapée de marcher.

Il peut aussi servir à la rééducation en favorisant l'apprentissage de gestes et de mouvements ou l'adoption de postures.

Les applications sportives

Chez les sportifs, les exosquelettes peuvent être employés afin de fournir une résistance au mouvement susceptible de favoriser le développement de la musculation et de la rapidité.

Une alternative aux robots intelligents ?

Dans le cadre de la télé-opération, le recours à un exosquelette offre la possibilité de piloter un robot à distance avec une grande précision et d'obtenir d'excellentes performances sans recourir à l'intelligence artificielle.

Ainsi, pour un robot intervenant dans un environnement dangereux pour l'homme, un exosquelette permettrait de combiner l'effet de ses performances mécaniques avec celui de l'intelligence humaine.