

Conception d'un exo-squelette industriel d'assistance à l'effort pour les membres supérieurs

Anthony Voilqué^{1,2}, Jean-Christophe Fauroux², Laurent Sabourin², Olivier Guezet¹

¹ Groupe PSA, Centre technique de Vélizy, route de Gisy, Vélizy-Villacoublay, F-78140, France.

² Institut Pascal, SIGMA Clermont, Université Clermont Auvergne, CNRS, F-63000 Clermont-Ferrand, France.

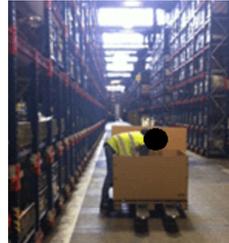
Besoins industriels

CU1: Posture/mouvement contraignant



Travail sous-caisse

CU2: Port/manipulation de charges lourdes



Logistique

CU3: Effort d'assemblage



Clippage pièces plastiques

Les Cas d'Usage (CU) issus de l'industrie automobile sont illustrés par des postes du Groupe PSA.

L'exo-squelette, une solution parmi d'autres

Une nouvelle approche lorsque les limites du process et des produits sont atteintes:

- Augmenter la versatilité
- Solution à faible coût et flexible
- Réduire l'absentéisme
- Réduire les coûts direct et indirect liés aux troubles musculo-squelettiques

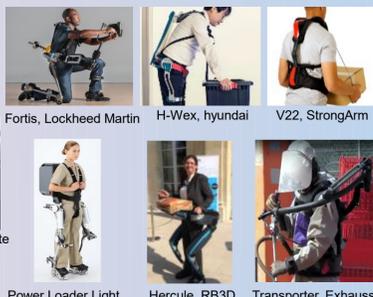
Exosquelettes industriels

CU1: Assistance au mouvement/maintien de posture contraignante



ChairlessChair, Noonee; Keeogo, B-Termia

CU2: Port/manutention de charges



Mains: 0; Bras: 21; Epaules: 23; Buste: 22; Jambes: 7

CU3: Application d'effort à l'environnement

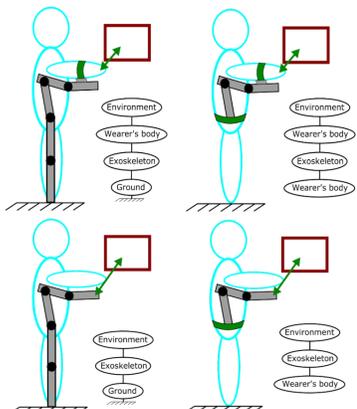


Mains: 2; Bras: 5; Epaules: 4; Buste: 3; Jambes: 3

- 90% des exosquelettes industriels actuels sont destinés à CU1 et CU2
- La simplicité d'utilisation et de maintenance des exosquelettes passifs justifie leur succès
- Les systèmes actifs sont bien plus versatiles
- Les nouveaux développements tendent vers des systèmes actifs et semi-actifs (passif à raideur commandée)

Identification et proposition de formalisation du problème de conception centrée utilisateurs

2. Identification de la chaîne d'efforts



En vert, les fixations homme exo-squelette transmettant des efforts fonctionnels pour l'assistance de l'effort final (flèche verte).

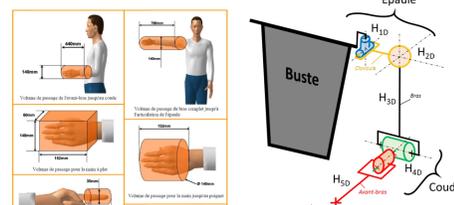
3. Types de fonctionnement possibles

- Passifs** : distribution d'efforts, mécanismes simples et légers (ressorts, etc)
- Actifs** : génère des efforts, versatiles mais lourds (servomoteurs, moteurs p.à.p, etc)
- Semi-actifs** : contrôle de l'effort résistif d'une liaison, permet de rigidifier une structure ou freiner un mouvement (embrayage, etc)

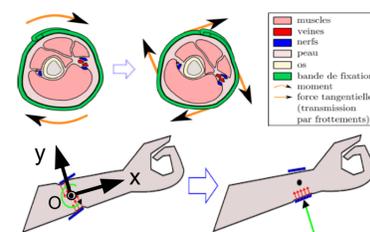
4-5. Définition du modèle cinématique

L'hyperstatisme homme exo-squelette doit être évité pour limiter les blocages mécaniques possibles.

Adaptation de l'exo-squelette à l'opérateur

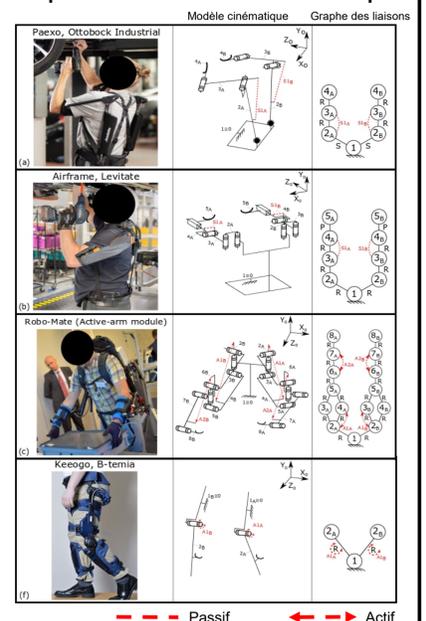


Équivalence cinématique aux fixations homme / exo-squelette



Calcul du torseur équivalent dans la fixation

Représentation cinématique



Conclusion

- Proposition d'un algorithme de conception en six étapes séquentielles
- A partir des retours d'utilisation d'exosquelettes en milieu industriel (PSA, AFNOR,...), des règles de conceptions ont été formulées et sont incluses dans l'algorithme
- Proposition d'un concept pertinent pour l'industrie automobile.

Publications internationales :

A. Voilqué, J. Masood, J-C. Fauroux, L. Sabourin, O. Guezet, 'Industrial Exoskeleton Technology: Classification, Structural Analysis, and Structural Complexity Indicator', IEEE, WearRAcon Scottsdale, USA, 2019

Perspectives

- Prototypage d'une liaison semi-active innovante :
 - Choix de matériaux et méthodes de fabrication
 - Caractérisation, commande, intégration
- Réalisation d'un prototype d'exosquelette fonctionnel pour validation expérimentale
- Deux brevets en cours de rédaction :
 - Mécanisme innovant de la liaison semi-active
 - Fonctionnement du concept d'exosquelette proposé
- Article de journal en cours d'écriture : IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors