



# *Désassemblons le numérique*

## #Episode7 – Le robot qui porte avec l’humain, une histoire de modèle

Bonjour à tous et toutes et bienvenue dans ce nouvel épisode de *Désassemblons le numérique* ! Aujourd’hui, nous accueillons Antun Skuric et Gautier Laisné, tous les deux doctorants au sein de l’équipe-projet Auctus du Centre Inria de l’université de Bordeaux. Ils vont nous parler de leurs travaux de thèses qui portent la collaboration entre les humains et les robots. Bonjour à vous deux !

**Antun Skuric** : Bonjour !

**Gautier Laisné** : Bonjour !

Avant de parler concrètement de vos travaux, Antun, est-ce que tu peux nous expliquer ce que fait l’équipe-projet Auctus ?

**AS** : De manière générale, nous faisons de la robotique collaborative, c’est-à-dire que nous contribuons à faire émerger de nouveaux types de robots qui peuvent interagir avec les humains. Dans l’usine du futur, l’objectif n’est plus de tout automatiser. Au contraire, ces nouveaux robots permettront de maintenir les opérateurs à leurs postes tout en offrant un confort et une sécurité dans l’exécution des tâches.

Gautier, pourquoi est-ce important de maintenir les humains dans les usines plutôt que de les remplacer ?

**GL** : Cela permet de préserver les savoir-faire. Si un robot faisait tout, la personne n’exécuterait alors plus aucun geste et sa boucle sensorimotrice serait inhibée. C’est pourtant elle qui lui permet d’être compétent dans ses tâches. L’intérêt c’est aussi que l’humain est très flexible et s’adapte facilement à des environnements très changeants, ce qui n’est pas si évident pour un robot. Le corps humain possède aussi des capteurs bien supérieurs à tout ce que nous sommes capable de faire avec la technologie actuelle, ce qui permet parfois d’exécuter les tâches de manière plus précise et efficace.

Mais alors Antun, comment ça se fabrique de tels robots ?

**AS** : C’est une recherche qui est pluridisciplinaire. D’un côté, il faut avoir des compétences en robotique : mécanique, électronique, informatique. De l’autre côté, il faut aussi comprendre le fonctionnement du corps et de l’esprit humains et donc faire appel à la biomécanique, aux sciences cognitives ou à l’ergonomie par exemple.

## Sur quoi portent donc précisément tes travaux ?

**AS :** De mon côté, je cherche à mieux caractériser les véritables capacités physiques des robots pour qu'ils s'adaptent en temps réel aux capacités des personnes qui interagissent avec eux. En connaissant exactement ce qu'un robot est capable de faire à n'importe quel moment, il est possible de l'exploiter de manière optimale. Cette précision est nécessaire pour que son comportement s'adapte parfaitement à la posture et aux mouvements des personnes autour.

## Et toi Gautier ?

**GL :** Moi je me focalise plutôt sur les contraintes physiques humaines du problème. Je cherche à mieux caractériser les limites biomécaniques du corps pour pouvoir mieux les prendre en considération lors d'une tâche de collaboration humain-robot. Le vrai risque avec un robot, c'est qu'il ait un comportement qui dépasse les limites physiques de l'opérateur, avec tous les problèmes potentiellement graves que cela peut engendrer, notamment les troubles musculosquelettiques. En particulier, je m'intéresse surtout aux forces qui s'exercent pour des postures statiques ou pour des petits mouvements.

## Sur quels types de tâches peuvent servir tes algorithmes Antun ?

**AS :** Mes travaux peuvent servir pour des bras articulés, qui accompagnent le mouvement des humains et les aident à porter des objets lourds. L'idée c'est que le robot va porter l'équivalent du poids nécessaire pour que l'opérateur ne porte jamais plus que le maximum qu'il peut soutenir. Mes travaux pourront être utilisés lors de la construction de satellites par exemple. Même s'il s'agit d'engins très lourds, les techniciens et les ingénieurs ont besoin de les manipuler. Avec un assistance robotique, ces déplacements sont facilités et plus sécurisés.

## Concrètement, comment le robot arrive-t-il à s'adapter aux capacités de son opérateur ?

**AS :** D'abord, il faut capturer les mouvements de la personne à l'aide de plusieurs accéléromètres accrochés au bras qui donnent la position et la vitesse de déplacements des différentes parties du bras. Ensuite ces informations sont transmises à un modèle musculosquelettique composés de 50 muscles virtuels. Chacun des muscles est limité dans ses actions pour coller le plus possible à la réalité. Ces conditions permettent ensuite de calculer un résultat mathématique qui donne l'ensemble des forces que peut exercer le bras dans toutes les directions en fonction de sa position, c'est ce que l'on appelle un "polytope".

## C'est-à-dire ?

**AS :** Les forces qu'il est possible d'exercer dépendent beaucoup de la posture du bras. Par exemple, s'il est tendu en avant, il est très difficile de porter un pack d'eau car la force qu'il est possible d'exercer verticalement est très faible. Mais, pour tirer quelque chose qui serait devant soi, c'est relativement facile car cette posture permet de fournir une grande force horizontalement. À l'inverse, lorsque le bras est pointé vers le bas, il est facile de porter des sacs de courses car la force verticale qui peut être générée est très importante.



Une fois que les forces exercées par le bras sont connues, qu'est-ce qu'il reste à faire ?

**AS :** Il faut aussi réaliser les mêmes calculs pour le robot afin de connaître ses capacités en temps réel à lui aussi. Ensuite, lorsque l'utilisateur va vouloir porter un objet, le robot va prendre en charge l'équivalent du poids nécessaire pour que la personne ne dépasse pas ses capacités maximales. Grâce aux calculs de polytopes, la machine connaît les limites de son opérateur en temps réel, et adapte sa posture en fonction de cette information pour que la somme de leurs forces permette de soulever l'objet, sans que l'humain ne porte plus que sa limite.

Au final, est-ce que le robot arrive à s'adapter parfaitement ?

**AS :** En réalité, tout dépend du modèle musculosquelettique. Plus ce dernier est précis et adapté à l'opérateur, plus le robot sera efficace et capable de s'adapter parfaitement. Mais il n'existe pas de modèle parfait adapté à tout le monde. Et c'est donc là que Gautier intervient !

**GL :** Eh oui ! C'est justement un des enjeux de ma thèse. Les capacités des humains dépendent de la posture, comme Antun l'a expliqué juste avant, mais aussi de leur entraînement physique et même des propriétés biomécaniques des muscles et du squelette qui sont uniques à chaque individu. Nous sommes tous différents et nos capacités ne sont pas fixes mais évoluent avec le temps. L'objectif est donc de trouver des méthodes qui permettent d'adapter des modèles biomécaniques aux différentes personnes.

Comment est-il possible de personnaliser un modèle à individu ?

**GL :** Dans le cas de ma thèse, j'utilise un modèle qui possède 450 paramètres. La difficulté c'est de réussir à calibrer parfaitement tous ces paramètres pour trouver une représentation suffisamment pertinente de la biomécanique d'un individu. Pour l'instant, je fais de la rétro-ingénierie. L'idée, c'est de demander à un individu d'exercer différents efforts maximaux en utilisant un capteur de force, dans différentes postures. Ces mesures sont ensuite fournies à un algorithme "*génétique*" (NDLR : voir *infra*) qui retrouve un jeu de paramètres permettant de reproduire ces efforts. Un "*algorithme génétique*" est un type d'algorithme permettant d'explorer un grand espace de recherche de manière astucieuse en se basant sur le principe de l'évolution d'une espèce au cours du temps. Dans notre cas, les paramètres d'un modèle sont assimilés à des individus et se combinent entre eux afin de créer des enfants et subissent des mutations. Au bout d'un certain moment, un jeu de paramètres est retourné, dont on s'assure qu'il permet d'approcher au mieux les mesures expérimentales.

Merci beaucoup Antun et Gautier de nous avoir présenté vos travaux de recherches ! Et merci à vous de nous avoir écoutés. À très bientôt pour le prochain épisode de *Désassemblons le numérique* !