



HAL
open science

Robotique déformable : un nouvel imaginaire machinique ?

Gérard Dubey

► **To cite this version:**

Gérard Dubey. Robotique déformable : un nouvel imaginaire machinique?. DEFORMATION IN ROBOTICS (Def-Robotics2024). Summer School on the topic of deformation in robotics, INRIA/CNRS/Université de Lille/France 2030 Robotique Organique/CRIStAL., Jul 2024, Villeneuve d'Ascq, France. hal-04649455

HAL Id: hal-04649455

<https://hal.science/hal-04649455>

Submitted on 16 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Robotique déformable : un nouvel imaginaire machinique ?

Deformable Robotics: a new machine imaginary ?

Par Gérard Dubey, PEPR O2R, AS4, Pr. de sociologie, IMT-BS, Cetcopra (Univ. Paris-Panthéon Sorbonne)

Conférence in DEFORMATION IN ROBOTICS (Def-Robotics2024). *Summer School on the topic of deformation in robotics-8-12 juillet 2024*, Villeneuve d'Ascq-INRIA/CNRS/Université de Lille/France 2030 Robotique Organique/CRISTAL.

Abstracts

Réconcilier le mécanique et le biologique, la machine et le vivant pour dépasser le dualisme est l'une des ambitions de la robotique déformable. Les conséquences qui résultent de ce changement de cap touchent aux fondements même de notre connaissance (Olivia) mais aussi à la façon dont nous représentons en tant qu'humains dans notre relation au milieu, en tant que vivant dans notre relation au reste du vivant. Cela suppose de renoncer au passage en force (à l'image des machines industrielles antérieures) mais aussi sans doute à la volonté de tout contrôler, pour s'en remettre quelque part à l'initiative de la matière et du vivant.

Du côté de la conception des machines, les défis ne sont pas moins grands. Cela implique un renversement presque complet de perspective puisque une part croissante d'autonomie est laissée à ce que nous ne produisons pas et ne connaissons que de façon incomplète. L'incomplétude, l'irrégularité, l'asymétrie, l'instabilité, l'imprévisibilité, l'impermanence ne sont plus seulement perçus comme des obstacles et des limites à repousser (comme dans les approches constructivistes) mais comme des alliés, des points d'appui pour une intelligence nouvelle des phénomènes. Ce déplacement de l'attention a aussi pour corollaire de renoncer à une part de la sécurité que nous procuraient jusqu'à le fonctionnement régulier des machines, leur robustesse et leur prédictibilité. Il s'agit d'accepter de perdre la main pour la reprendre autrement, en composant avec les nouveaux risques que cela induit.

Reconciling the mechanical and the biological, the machine and the living to overcome dualism is one of the ambitions of deformable robotics. The consequences resulting from this change of direction touch on the very foundations of our knowledge (Olivia) but also on the way in which we represent as humans in our relationship to the environment, as living beings in our relationship to the rest of the living. This implies renouncing the use of force (like previous industrial machines) but also undoubtedly the desire to control everything, to rely somewhere on the initiative of matter and living things.

On the machine design side, the challenges are no less great. This implies an almost complete reversal of perspective since an increasing part of autonomy is left to what we do not produce and only know incompletely. Incompleteness, irregularity, asymmetry, instability, unpredictability, impermanence are no longer perceived only as obstacles and limits to be pushed back (as in constructivist approaches) but as allies, points support for a new understanding of phenomena. This shift in attention also has the corollary of giving up part of the security that the regular operation of the machines, their robustness and their predictability provided us with. It is about accepting to lose control in order to regain it differently, while dealing with the new risks that this entails.

1. *Des imaginaires robotiques*

Mon hypothèse de départ sur la robotique déformable est que ce nouveau paradigme raconte quelque chose sur les évolutions, les contradictions et glissement sémantiques qui traversent la civilisation industrielle. En ce sens, le paradigme de la robotique déformable joue pour moi le rôle de révélateur de mouvements qui opèrent en profondeur dans la société et en constitue ainsi une sorte de marqueur. Le sociologue Georges Gurvitch¹ parlait de « paliers en profondeur » pour désigner les dynamiques sociales invisibles qui agissent souterrainement et préfigurent les grands changements. Réfléchir aux enjeux sous-jacents à la robotique déformable, c'est donc une façon d'avoir de se donner des prises sur les changements en cours et à venir.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je commencerai mon exposé en précisant deux points (suggérées dans l'intitulé de cette première partie).

- **Primo** que la conception des machines, quelles qu'elles soient (automates, robots, ordinateurs...) reflète et matérialise toujours des idées, des rêves, des images, des représentations des relations de l'homme au réel, de sa place dans le monde, propres à un lieu et un moment donné, bref qu'il existe des choses, qu'on ne voit pas forcément, qui ne sont pas verbalisées, auxquelles on est attaché, auxquelles on accorde de l'importance, de la valeur -ce que j'appelle un imaginaire.

Ces « choses », invisibles, agissent consciemment ou non sur nous, orientent nos choix, nos actions sur la matière, sur les autres. Il faut prendre au sérieux l'imaginaire. Il agit par devers nous, et fait parfois de nous des ventriloques.

- **Secundo** qu'il n'existe pas une mais plusieurs robotiques. Il y a bien une définition générique de la robotique, celle que propose par exemple le regretté Jean-Paul Laumond et que je reprends ici intégralement :

« Fille de la mécanique, de la cybernétique et de l'informatique, **la robotique entend libérer la machine du déterminisme** mécanique d'un métier Jacquard pour la doter de plus d'autonomie d'action. Qu'on ne s'y trompe pas, **un robot**

¹ Georges Gurvitch (2007). *Traité de sociologie* (1958). Paris : Puf.

autonome reste une machine. Il répond seulement à une nouvelle forme de déterminisme, un déterminisme algorithmique. (...)

Le robot est donc une machine capable de percevoir son environnement et de décider automatiquement du mouvement à effectuer pour agir. Le mouvement est au cœur du triptyque percevoir-décider-agir. » (Laumond, 2023, p.21)²

Ou encore : la robotique traite « du rapport que peut entretenir avec le monde réel une machine qui bouge et dont les mouvements sont commandés par un ordinateur » p.85)

Jusqu'à quel point la robotique libère-t-elle la machine du déterminisme mécanique, par quels moyens nouveaux, par quelles astuces, quels bails, par quels subterfuges y parvient-elle ? C'est à mon sens la question de fond que nous adresse la robotique déformable-organique-bio-inspirée.

On le voit ici, **la discipline « robotique » repose d'emblée sur une ambivalence : quel contenu va-t-on donner à cette autonomie déterminée**, quelle signification lui-donne-t-on, d'une époque, d'un champ d'application et d'une sensibilité l'autre ?

- Ce que je voudrais donc, dans un premier temps, brièvement montrer, c'est qu'il existe en somme plusieurs robotiques, que même si les lois de la physique ne varient guère, leur mise en application est le reflet de sensibilités et d'imaginaires différents qui se transforment au fil de l'histoire.
Les différents qualificatifs adossés au terme « robotique » en témoignent. Ils cristallisent et expriment cette variété. C'est ce travail de déchiffrement que propose l'anthropologie et ses outils propres de travail.

1.1. Un robot est d'abord une machine : la robotique industrielle et la théorie du remplacement

La première étape de la robotique est inséparable de l'histoire du machinisme industriel. Les machines s'opposent d'abord aux humains, elles sont le produit de leur activité et de leur imagination, mais

² Jean-Paul Laumond. (2023). *La robotique. Entre science, technologie et imaginaire*. Paris : Odile Jacob.

historiquement, elles s'opposent d'abord à ceux qui pratiquent la technique sur un mode artisanal. **La machine est pensée comme le substitut d'un humain défaillant par essence.**

« La culture de la machine mûrissant –écrit dans ce sens le sociologue Richard Sennett- l'artisan du XIXème siècle apparut toujours moins comme un médiateur, et toujours plus comme un ennemi de la machine. Face à la rigoureuse perfection de la machine, l'artisan devint désormais un emblème d'individualité humaine, et un emblème concrètement composé de la valeur positive accordée aux variations, aux lacunes et aux irrégularités du travail manuel » (Sennett, 2002, 119).³

Coup d'œil, flair, intuition et tour de main, dans lesquels se reflétaient la maîtrise de l'artisan et la noblesse de l'art, se muent en sources d'erreur, d'incertitude et d'imprécision, puis, de fil en aiguille, en obstacles.

Etymologiquement, le terme « robot » (Karel Capek), est un néologisme dérivé du tchèque « robota », qui signifie « corvée ». Par extension le robot va désigner la machine qui prend en charge le travail ingrat de l'esclave. Mais la réalité, je l'ai dit, est plus ambivalente. Si les machines industrielles prennent en charge une partie du travail servile, elles ôtent en même temps aux humains le plaisir et la liberté qu'il y a à penser et organiser le travail.

« Pour nous aujourd'hui - rappelle ainsi l'archéologue Francois Sigaut- l'esclavage représente le summum de la barbarie. Mais aussi paradoxal que cela puisse paraître, il faut reconnaître que **si l'esclave était asservi dans sa personne, il était relativement maître dans son travail.**

Car le travail servile étant méprisable par définition, les hommes libres s'en mêlaient le moins possible (...) Aussi durement exploités fussent-ils, les ouvriers restaient donc maîtres de leurs métiers »⁴.

³ Richard Sennett R. (2002). *Ce que sait la main*. Paris, Albin Michel, p.119.

⁴ François Sigaut. (2012) *Comment Homo devint Faber*. Paris : Cnrs éditions, p.157-158.

Mais revenons à cette histoire d'adversité entre l'homme et la machine. A mesure que se déploie la puissance des machines, leurs performances hors de portée des humains, l'humain devient peu à peu le maillon faible. On doit d'un côté le protéger du monde produit par les machines, d'un autre côté » protéger les machines de ses erreurs et de ses imperfections. C'est dans ce rapport que vont se jouer pour très longtemps les relations des hommes aux machines.

C'est ce point qu'il faut garder à l'esprit. Les machines renvoient d'une certaine façon aux êtres humains une image négative d'eux-mêmes, celle de leur propre obsolescence, de leur fragilité et de leur imperfection. Ou plutôt les êtres humains, de chair et d'os, sont de plus en plus perçus comme un obstacle au plein développement des machines, à leurs potentialités illimitées (ce que Anders désignait par « honte prométhéenne », 1956)⁵.

Le créateur est donc voué à être supplanté par sa créature. Il n'est pas difficile d'entrevoir ici le fond religieux sur lequel opère un tel mécanisme psychologique, comme un remake de la genèse, de la chute, de la culpabilité.

De Frankenstein aux romans d'Asimov, la science-fiction s'est nourrie de de références de ce type. **La punition infligée à celui qui pêche par orgueil est de devenir esclave de sa propre création, voire d'être un jour renversé et remplacé par elle. Cet imaginaire de la faute et du remplacement figure au cœur des discours sur la première robotique industrielle, même s'il se dissimule derrière la référence constante à l'efficacité et l'optimisation, c'est-à-dire derrière la fascination qu'exerce la puissance, la vélocité et la précision des machines.**

1.2. Du cobot à la Soft Robotic : vers une relation de complémentarité machine/milieu

Dans la vision classique de la machine, l'environnement est transformé pour s'adapter aux caractéristiques de la machine, conçue avant tout en

⁵ Gunther Anders (1956). *L'obsolescence de l'homme*. Tome 1 et 2.

termes de puissance. L'accent mis sur la puissance rend, je l'ai dit, les robots industriels dangereux, en particulier pour les humains qui agissent dans leur voisinage. C'est la raison pour laquelle on les encapsule ou les encage.

- **Une première inflexion** de ce modèle a lieu dans l'industrie automobile notamment lorsque la priorité commence à porter davantage sur la précision que sur la puissance.

Humains et machines doivent pouvoir collaborer pour exécuter ensemble une tâche en partageant un même espace. C'est le moment **cobotique** (exemple du robot Nextape de Kawada).

- **On peut repérer une seconde inflexion** dans la première décennie des années 2000 dans le domaine de la **robotique de service**. **Les machines s'autonomisent, c'est-à-dire doivent être capables de se mouvoir d'elles-mêmes dans un environnement naturel**, c'est-à-dire non transformé ou conformé à leurs caractéristiques (cas de l'aspirateur Roomba).

Les projets de robots (humanoïdes) d'assistance à la personne, de robotique personnelle se multiplient. Ils sont censés s'insérer dans le milieu quotidien des personnes, éviter les obstacles multiples qui s'y trouvent, et offrir une infinité de services (car d'Aldébaran, des robots Nao en 2005 ou Roméo en 2009).

Les déboires seront nombreux et les réalisations concrètes bien loin des promesses initiales. Peut-être parce que les roboticiens n'avaient pas encore pris l'entière mesure de ce que ce changement d'orientation impliquait réellement, en profondeur – je pense en particulier à la complexité, à la variabilité et à l'extrême hétérogénéité du monde social et à ce qu'exige la prise en compte de cette altérité dans le processus de conception. (Dubey 2023)⁶. J'y reviendrai lorsque j'aborderai la question du contrôle.

Quoi qu'il en soit, l'idée d'une complémentarité plutôt que d'une concurrence entre humains et machines faisait son chemin.

A mon sens, le point important à retenir de toutes ces évolutions est **le principe d'un rapport de complémentarité possible entre la machine et le milieu naturel dans lequel elle s'insère. Ce principe signale une rupture avec l'imaginaire du machinisme industriel antérieur. Cette rupture se signale par le désir de voir les machines s'adapter au monde environnant, tel qu'il est.** L'accent mis sur le déplacement plutôt que sur l'effectuation d'une tâche unique oblige à repenser l'autonomie « puisqu'on attend d'un robot de services qu'il génère ses propres mouvements ».

Les recherches vont de plus en plus s'intéresser aux interactions du corps, ou de l'objet, avec le monde physique, soit aux forces de contacts et aux processus de traitement de l'information inconscients mis en œuvre dans l'expérience sensible par les êtres vivants. Un être vivant, comme **un poisson par exemple**, s'appuie sur son milieu (le fluide aquatique) dont il exploite les potentialités pour se mouvoir. « En se déformant, le corps du poisson produit des forces d'interaction avec l'eau et le poisson remonte le courant » (Laumond, 2023, 96). Il agit sur son milieu et est agi par lui, mais ne le reconstruit pas au sens machinique du terme. C'est donc l'interaction qui va devenir centrale.

La Soft Robotic se situe dans le prolongement de cette tendance, mais en accentue les effets de rupture en insistant sur les propriétés des matériaux (souple/rigide). « Optimiser le choix des matériaux utilisés n'est pas nouveau en robotique, mais en général la conception privilégie le maximum de rigidité pour le minimum de masse. » -écrit ainsi Christian Duriez.

« En robotique souple, on cherche exactement l'inverse ». Si « l'approche traditionnelle « rigide » est très performante dans un espace de travail complètement dégagé », elle devient un handicap dans un milieu naturel et ouvert. Les robots ne doivent pas seulement collaborer avec des humains, -explique-t-il- ils doivent « entrer en contact avec l'environnement, prendre appui sur lui, saisir, se faufiler. (...) Alors qu'en robotique rigide on travaille plutôt en évitement de collision, ici on cherche justement à s'appuyer sur l'environnement ». (Duriez 2020)⁷

⁷ Christian Duriez – *The Conversation* – 15.12.2020

Le robot est toujours dédié à une tâche que l'on cherche à accomplir le plus efficacement possible. L'accent mis sur la déformation impose cependant de redéfinir ces tâches. Comme le précise Christian Duriez, « si on définit les tâches sur un robot souple comme on les définit sur un robot rigide, on ne va pas profiter de ses capacités à se faufiler, à s'appuyer, à venir épouser l'environnement. »

1.3. Vers l'intelligence incarnée : une mutation de l'imaginaire mécanique ?

Les nouvelles conceptions de la machine dont je viens de me faire l'écho rompent avec certaines caractéristiques de la logique et de l'imaginaire industriel. Il s'agit moins, je le répète, de passer en force, que de s'appuyer sur le milieu et ses propriétés, avec le moins de violence possible, serais-je tenté d'ajouter.

De ce point de vue, la robotique bio-inspirée, et la notion d'intelligence incarnée qui en dérive, constituent peut-être la dernière étape de ce processus, du moins l'étape la plus radicale dans ses implications théoriques et pratiques.

(Je laisse pour l'instant de côté l'image qui pourrait se dégager de mon exposé d'un processus un peu linéaire. En fait, le plus souvent, les imaginaires, comme les techniques, ne se substituent pas les uns autres, ils s'additionnent, s'empilent, s'interpénètrent, jouent à saute-mouton (de vieilles questions, de vieilles images, gagnent ainsi soudainement en actualité et reprennent de la vigueur).

Que nous dit en résumé l'approche bio-inspirée ? Je reprends ici les mots de l'un de ses plus fervents promoteurs, Frédéric Boyer d'IMT-A.

En robotique bio-inspirée, il s'agit «de ramener des problèmes cognitifs de haut niveau à des solutions de plus bas niveau, au plus près du corps, ce qui a l'avantage de libérer le cerveau des tâches qu'il n'a pas à traiter, le corps étant adapté à la perception et à l'action». (...) « La robotique bio-inspirée explore un nouveau paradigme pour lever les verrous de l'autonomie, en reconsidérant l'intelligence comme une propriété émergeant des interactions du corps de la

machine-animale avec le monde qui l'entoure ; c'est l'intelligence incarnée, la morphologie computationnelle. »⁸

Dans cette optique, la Nature devient une source d'inspiration de solutions techniques. Il ne s'agit pas « de copier la nature » au sens propre (cas du biomimétisme), car, nous explique-t-on, la Nature est « très redondante » et « pas toujours optimale ». **La démarche consiste plutôt à s'inspirer des « astuces simples » mises en œuvre par celle-ci, de les extraire, de les mathématiser pour les implémenter dans des dispositifs technologiques.**

L'idée est par exemple de créer de nouveaux sens, comme le « **sens électrique** ». Certains poissons émettent des champs électriques qui se déforment au contact d'obstacles. Les déformations sont perçues à partir de capteurs répartis sur la peau. Ce « corps immatériel » est à l'origine de recherches pour la réalisation de robot-nageurs capables de se mouvoir dans l'obscurité. **Cette « intelligence incarnée », ou « non consciente », non réflexive, pourrait conférer aux robots une nouvelle forme d'autonomie.**

Force est de constater que ces nouvelles conceptions de la machine signalent une redéfinition en cours des frontières qui séparent le vivant du non vivant, l'humain du non humain.

2. Une autre pensée des relations de l'humain au milieu ?

Une autre conception de la nature, de la prise en compte de son altérité (de ce qui la rend différente), et davantage encore des rapports de l'homme à celle-ci, se détache et se précise donc peu-à-peu. Il ne s'agit plus de la dominer en lui imposant de l'extérieur une finalité, mais de s'inspirer de ce qu'elle fait.

Pour bien comprendre la profondeur du changement, je vais faire un petit détour par l'anthropologie et proposer rapidement une ou deux comparaisons. En effet, cette conception du rapport à la nature et au réel n'est pas sans rappeler deux modèles culturels distants de nous dans l'espace et dans le temps :

⁸ Frédéric Boyer in *Note de recherche IMT/ « L'intelligence incarnée »/avril 2015.*

- **Le premier est le type de relation au monde qui prévalait chez les grecs et dont rend compte la notion de *métis* (que l'on peut traduire par *ruse* qu'incarne par exemple l'intelligence des navigateurs qui doivent s'adapter en permanence aux fluctuations et aux aléas des éléments. L'exemple le plus célèbre est bien sûr celui d'Ulysse).**
- **Le second modèle est celui qui prévalait dans la pensée chinoise traditionnelle. Je pense notamment ici à la signification que revêt dans la pensée traditionnelle chinoise la notion de « potentiel de situation », de « propension des choses (*shi*) » ou « d'efficience » : Dans la pensée chinoise, nous dit le sinologue François Jullien, on est surtout attentif :**

- « au potentiel de situation plutôt qu'au pouvoir de la modélisation : quand on parle de « facteur porteur », ou de « marché porteur », ou qu'on dit simplement : c'est « porteur ». Non pas « porteur de », mais « porteur », pris (dit) absolument : en signifiant ainsi que toute l'initiative ne vient pas de moi, mais qu'il y a, à même la situation, des facteurs favorables sur lesquels je peux m'appuyer pour me laisser porter par eux, ce terme ordinaire, mais peu réfléchi dans notre langue, rejoint bien l'idée stratégique d'un potentiel de situation. Les Chinois, quant à eux, ont particulièrement développé celle-ci : la stratégie ne sera autre, dans son principe, que de détecter ces facteurs favorables pour en tirer profit »⁹.

Derrière cette approche se manifeste une autre pensée de l'efficacité, que F. Jullien nomme « efficience ». **Si l'efficacité européenne résulte d'une *application* d'un modèle en vue d'une fin, l'efficience chinoise résulte de l'*exploitation* du potentiel de la situation.**

La finalité (c'est-à-dire le principe selon lequel l'action est subordonnée à un but déterminé à l'avance, soit programmée au sens étymologique du terme)- fait place, dans cette pensée, à la « propension des choses », qui consiste à observer les potentialités et les propriétés du milieu et à les laisser agir à notre place. Cela suppose -et ce n'est pas rien- que le sujet de l'action accepte de renoncer à une partie de son pouvoir de décision pour laisser les choses agir par elles-mêmes, sans intervention directe, c'est-à-dire sans contrôle direct *stricto sensu*.

⁹ François Jullien. (2015). *Conférence sur l'efficacité*, Paris, Puf. <https://www.cairn.info/conference-sur-l-efficacite--9782130551430-page-7.htm>

Il me semble que cette philosophie de l'efficacité est assez proche de celle qui oriente les recherches en robotique bio-inspirée et du principe d'une intelligence incarnée : Est-ce un effet de la mondialisation, de certains principes de la mécanique quantique (je pense ici à l'imbrication du sujet et de l'objet dans la connaissance expérimentale), de la place grandissante prise par l'approche statistique et algorithmique dans l'approche du réel (qui tend à faire dériver la décision des mouvements quantifiables du réel)¹⁰, de la prise de conscience écologique de ses effets dévastateurs... ? Peut-être un peu tout cela à la fois.

Conclusion provisoire

Sous ces nouvelles approches -très variées et qu'il faudrait discriminer bien plus que je ne le fais ici- on voit en tout cas lentement émerger les contours d'un autre imaginaire. Je n'ai pas le temps de développer ici ce point. Si j'en fais état, c'est pour montrer comment les recherches en robotique organique, déformable, bio-inspirée, s'inscrivent dans des dynamiques en profondeur de la société contemporaine, qu'elles réfléchissent à leur manière et nous permettent aussi de mieux comprendre.

Mais revenons, pour conclure, à nos moutons (électriques)¹¹.

Un robot gibbon, (qui se balance comme un pendule jusqu'à lâcher une de ses prises pour se projeter plus haut, et grimper ainsi le long d'un mur) va chercher **une partie de l'énergie nécessaire dans son environnement. Le mouvement utilise au mieux la gravité conçue comme une ressource offerte par le milieu.**

Derrière l'idée de s'appuyer sur les forces du milieu, de capter une partie de leur énergie, pointe donc l'ambition d'une machine partiellement autonome, et plus économe énergétiquement.

¹⁰ Denis Pierret. (2011). « Efficacité et efficacité selon F.Jullien, in *Disensus*– Revue de philosophie politique de l'ULg – N°4 – Avril 2011

¹¹ Philip K.Dick, *Les androïdes rêvent-ils de moutons électriques ?* 1968.

La redéfinition de l'autonomie qui se profile ici (et par extension du contrôle) paraît donc décisive. Mais elle impacte directement le triptyque capteur-loi de commande -actionneur.

Je reprends ici les éléments de langage du poster de présentation d'IMT-A sur la **robotique bio-inspirée** :

- « Il s'agit de « s'inspirer des animaux pour **lever les verrous de l'autonomie** ; c'est-à-dire l'aptitude à percevoir, interpréter, décider et agir sur son environnement de manière adaptée **sans intervention d'une volonté humaine extérieure.**

Mais jusqu'où va cette autonomie déléguée à l'objet et quid de l'action de contrôle? Qui contrôle quoi et comment ? Si avec un robot rigide (non déformable) tous les mouvements sont contrôlés, en robotique déformable on observe en effet **une perte relative de contrôle.** C'est même la condition d'une meilleure adaptabilité.

En Micro-robotique déformable, atteindre la justesse (atteindre une cible) devient très difficile car le paramétrage discret n'existe plus comme en robotique discontinue (fonctions continues). Etalonner un robot continu est rendu compliqué car on est confronté à une grande variabilité.

En robotique bio-inspirée on ne cherche plus à contrôler ni à calculer chaque mouvement de liberté individuellement. Une part d'autonomie est laissée à chaque segment et on se concentre sur les interactions et la coordination entre les segments. Le but est de rendre la commande plus intelligente, c'est-à-dire moins gourmande en calculs. **Mais cela semble impliquer que l'on renonce « à vouloir tout prédire »**, comme le font d'ailleurs naturellement les animaux. (on n'est pas capable de prévoir la déformation en relation à une force donnée).

A quoi renonce-t-on ? Qu'accepte-t-on de déléguer, jusqu'où ?

Quelles sont les implications politiques de cette nouvelle pensée du contrôle ? En quoi cela résonne-t-il avec les questions qui traversent les sociétés contemporaines et dont nous commençons à entrevoir certains effets tangibles....Qui contrôle quoi, comment pour qui ?

Il s'agit bien d'utiliser les interactions avec le milieu comme une ressource, mais quid du dispositif technique nécessaire pour garder le contrôle de ces interactions ?

