



Institut national  
de la santé et de la recherche médicale

# L'homme réparé / augmenté?

## *états des lieux et enjeux éthiques*

Ecole d'éthique du numérique  
29 septembre 2016, Arcachon

### **Nathanaël Jarrassé**

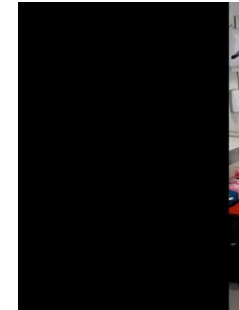
Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR), CNRS UMR7222,  
Université Pierre et Marie Curie, Paris  
Equipe AGATHE U-1150 (Assistance au Geste et Applications Thérapeutiques)

# Interaction physique homme-robot pour la rééducation et l'assistance

Equipe AGATHE (*Assistance au Geste et Applications THERapeutiques*)



Contrôle de prothèse par membre fantôme



Contrôle automatique de prothèse basé coordinations



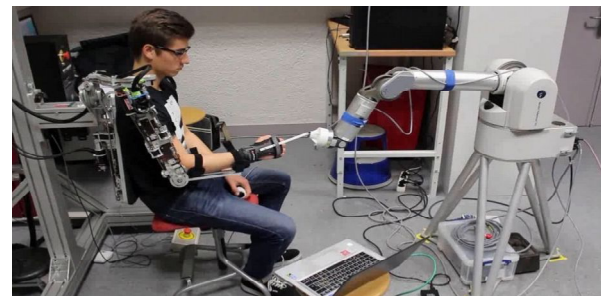
A. Roby-Brami



T. Proietti



Assistance sensorimotrice au geste



Rééducation neuromotrice avec exosquelette



M. Merad



E. De Montalivet

# Transhumanisme

- **Definition:**

Un mouvement intellectuel et culturel, né dans les 80s en Californie, qui prône l'usage des sciences et techniques afin d'améliorer les caractéristiques de l'espèce humaine (transcendance)

*“Transhumanism considers the possibility of an evolution in which self-regulated mechanisms act on an artificial selection that is no longer entirely in the hands of Darwinian evolution, so that humans can surpass themselves with the assistance of genetic engineering, robotics, nanotechnologies and virtual reality”, CCNE 2013*

“There is no such thing as an intrinsic standard for human nature”, Anders 2002

“Handicap, souffrance, maladie, vieillissement, mort subie” : inutiles et indésirables.

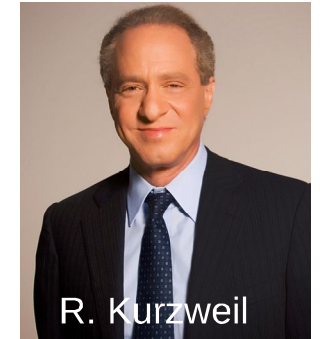
- Idéologie utilitariste et libéraliste

- **Moyens:** “Human Enhancement Technologies (HET)”

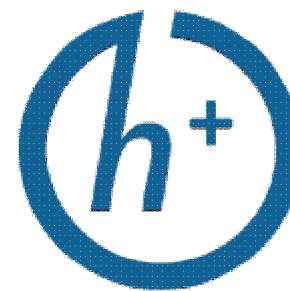
Converging technologies, combining nanotechnology, biotechnology and biomedicine, information technology, cognitive sciences (NBIC)

# Transhumanisme

- “Idéologues”:



- “Institutions”:



SINGULARITY UNIVERSITY

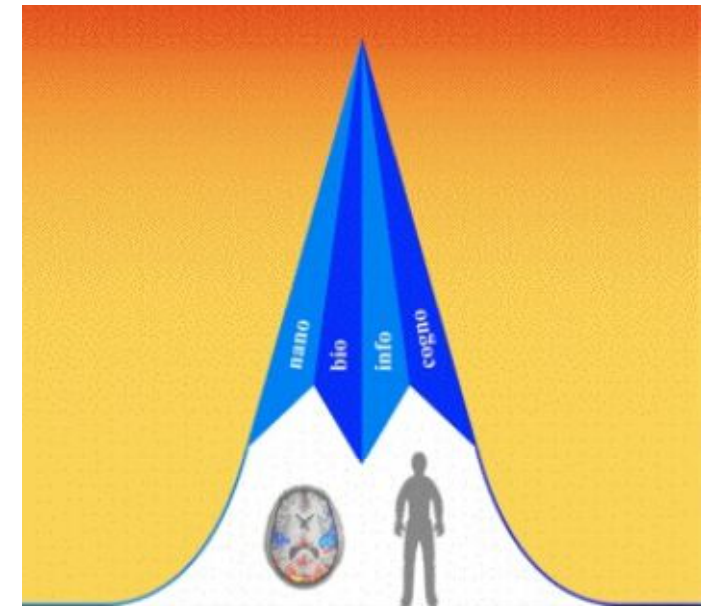


# Transhumanisme

- Important dates and organizations:
  - 1998: Création WTA (World Transhumanist Association) + “Transhumanist FAQ” → H+ (2006) (Bostrom, Pearce => Hughes => Vitamore)
    - Améliorer la condition humaine par la raison/technique (1998)
    - Etudier les répercussions, dangers et l'éthiques de ces pratiques (2002)
  - *2002: Converging Technologies for Improving Human Performance (Roco & Bainbridge, 2002)*
  - *2004: Institute for Ethics and Emerging Technologies (IEET) (Bostrom, Hugues)*
  - 2005: Future of Humanity Institute (FHI) (*Bostrom, Sanders*)
  - 2008: Université de la Singularité (Diamandis, Kurzweil)
  - 2014: Future of Life Institute (Tegmark, Musk, Talinn, Hawking) => ( existential risks)
- De nombreux courants idéologiques:
  - Abolitioniste, libertaire, techno-progressiste, (extropianisme, uplifting, post sexualisme, etc.)

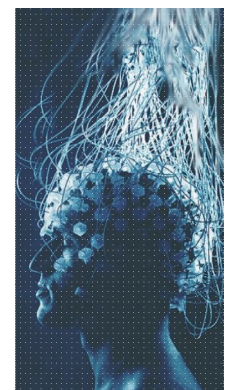
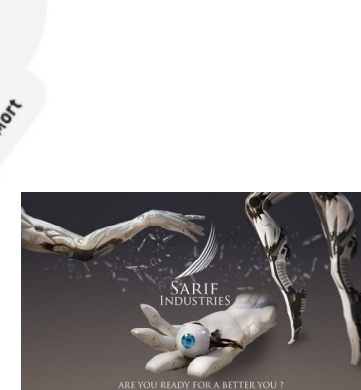
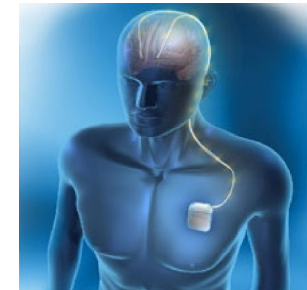
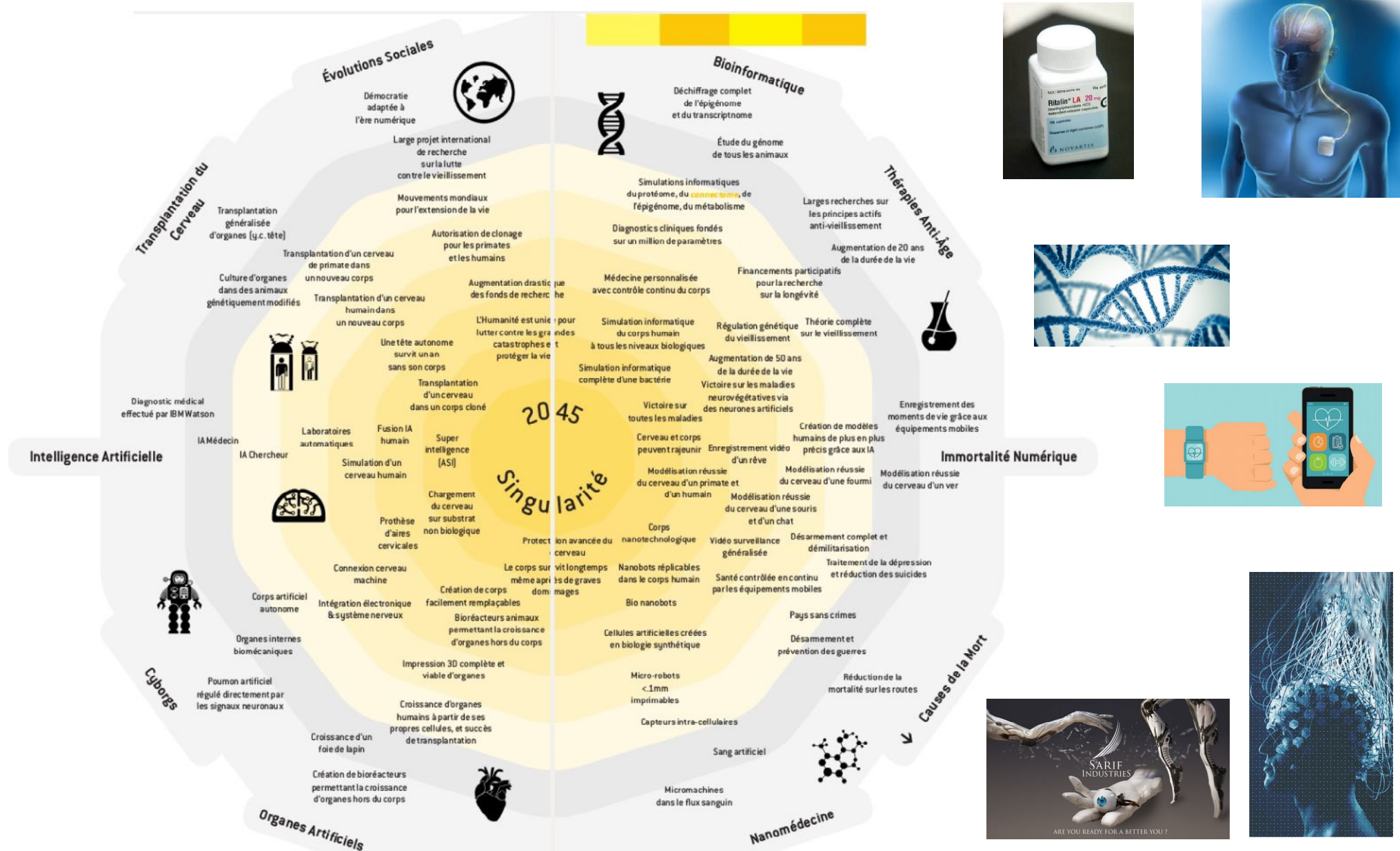
# “Converging Technologies for Improving Human Performance”

- Rapport 2002 commandé par U.S. NSF and Dept. of Commerce
- Exploration du potentiel des NBIC
  - Synergies des NBIC
  - Amélioration de la santé
  - Vaincre le handicap
  - Améliorations de l'H (militaire)
  - Rationalisation Homme-Machine
- Promotion de la convergence des NBIC
- Fut un repère pour la spéculation...



Roco and Bainbridge (2002)

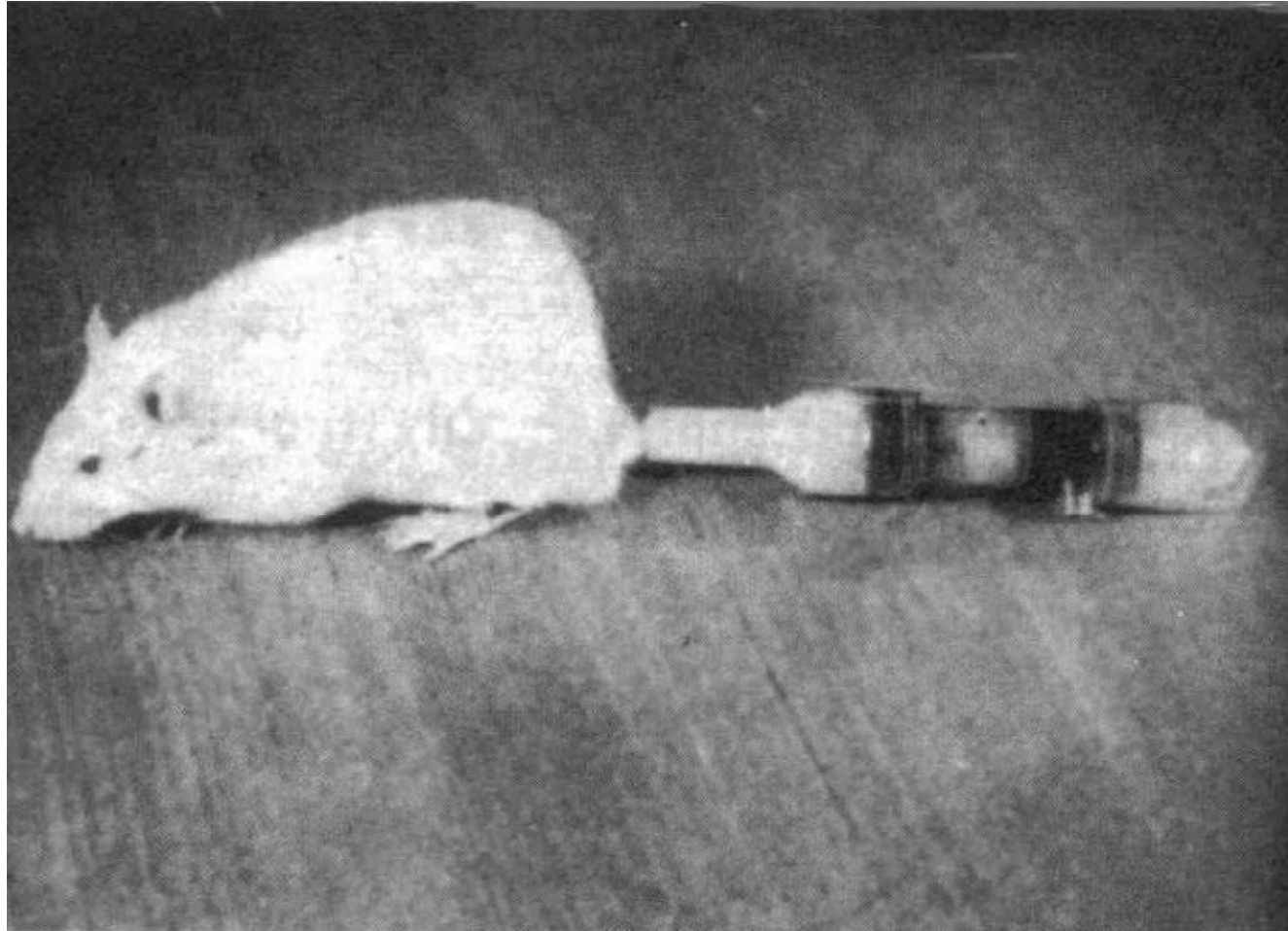
# Enhancement vers la singularité



"L'Homme augmenté – Notre Humanité en quête de sens", Fondation Telecom (2015)

# Cyborgs?

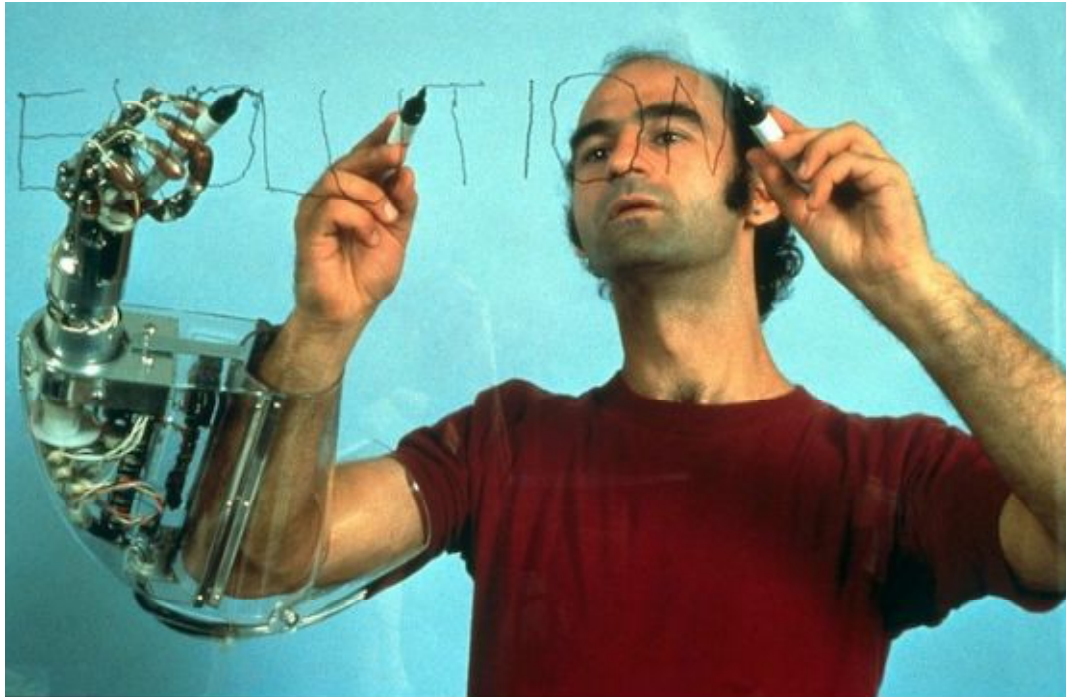
*"An organism that has restored function or enhanced abilities due to the **integration** of some artificial component or technology that relies on some sort of feedback"*



Manfred Clynes and Nathan S. Kline "Cyborgs and space." *Astronautics* 26 (1960): 74-75.



# Cyborgs



Stelarc



# Present “cyborgs”

## Appareillages “mécatronique”



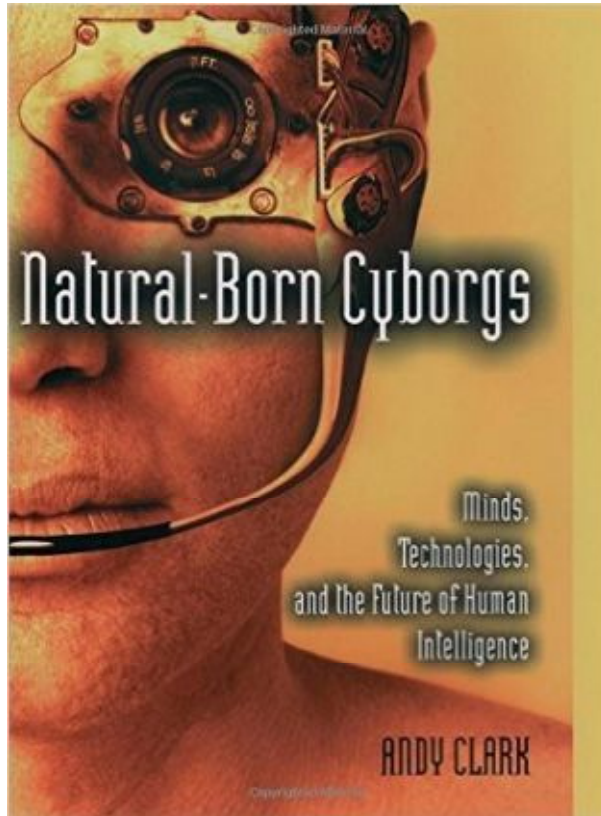
## Implants de régulation végétative



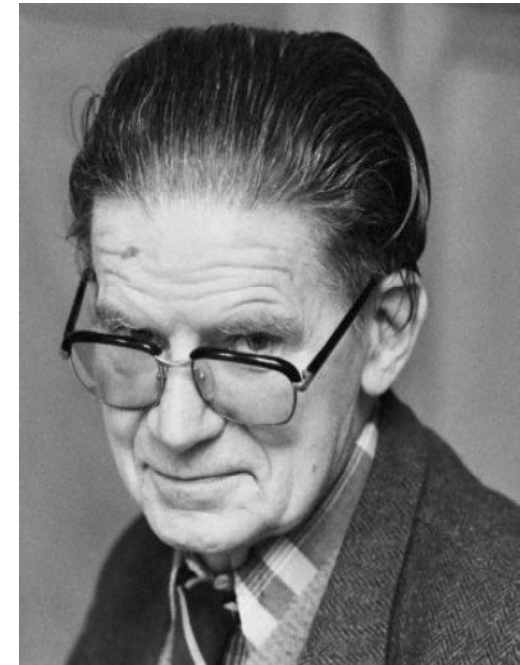
## Substitution sensorielles



# Extension du concept de cyborg



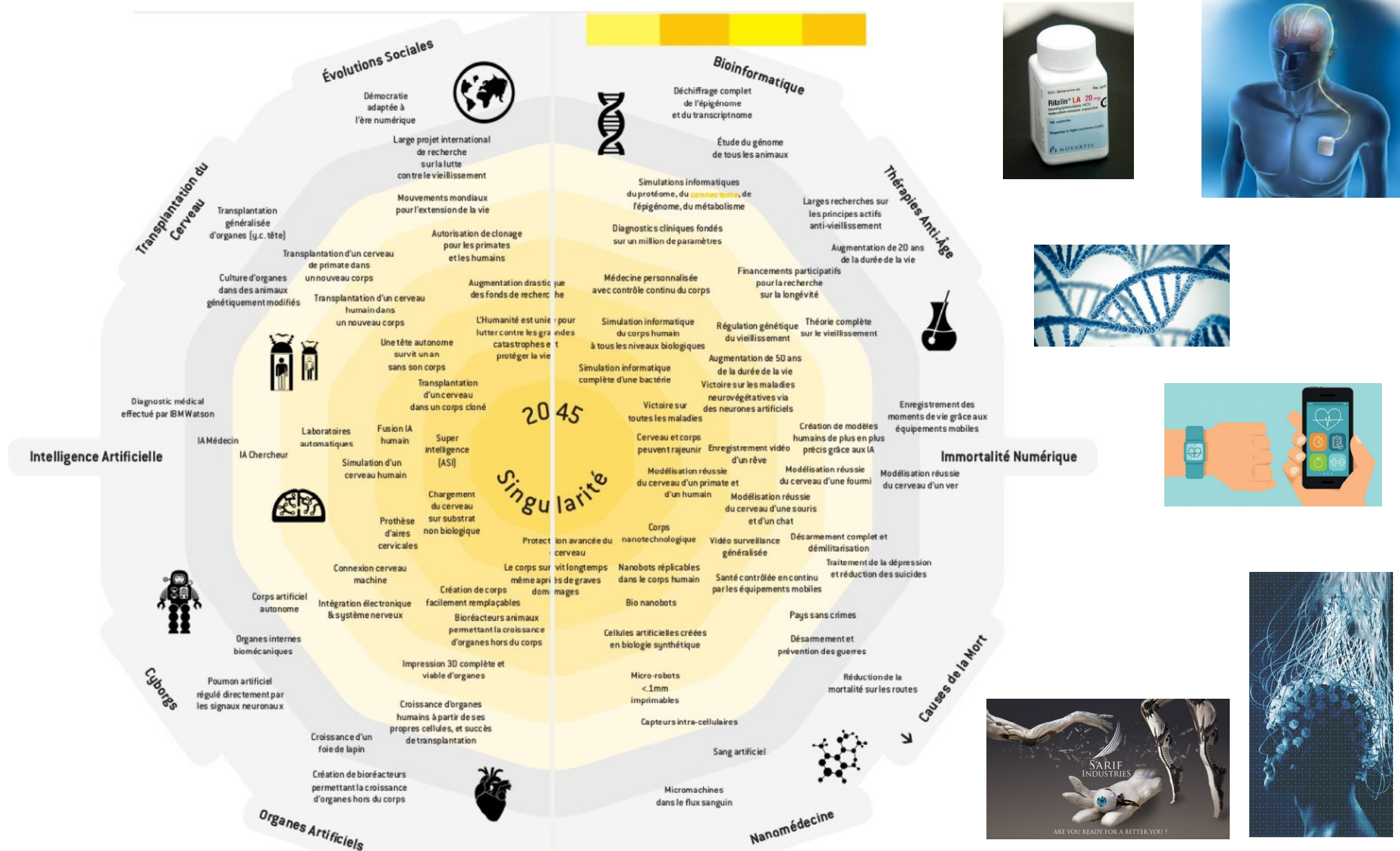
*"Determiners of our nature are unusually plastic brains whose biologically proper functioning has always involved the recruitment and exploitation of non-biological props and scaffolds."*



**A. LEROI-GOURHAN**

- liens ethniques, psychiques et physiologiques entre l'homme et la technique (outil préhistorique)
- Milieu et technique

# Enhancement vers la singularité



"L'Homme augmenté – Notre Humanité en quête de sens", Fondation Telecom (2015)

# De la médecine à l'anthropotechnie

- Algérie (âge de la biotechnologie) (J. Rifkin) : “*construire l'organisme parfait*”
- Anthropotechnie (J. Gofette) ≠ Réparation, soin
  - Amélioration, augmentation des sens existants
  - Développement de nouveaux sens
  - Augmentation des capacités physiques
  - Augmentation des capacités cognitives
  - Allongement de la durée de vie
  - Normal → Modifié → Amélioré
  - Existe déjà : pilule contraceptive, chir. esth., dopage, psychotrope, clonage...
- Transformation de la médecine
  - Patient/médecin ⇒ Client/praticien
- Def. Santé de l'OMS: “*un état de complet bien-être, physique, mental et social*”

# Différents niveaux et outils d'enhancement

- Difficulté de définir des frontières :
  - Homme réparé
  - Homme instrumenté
  - Homme connecté
  - Homme amélioré
  - Homme hybridé
  - Homme fabriqué
  - Homme numérisé
  - ...
- Questions de la norme (Canguilhem)

Le Dévédec, Nicolas, and Fany Guis. "L'humain augmenté, un enjeu social." SociologieS (2013).

# Débats soulevés par les HET

- Questions posées (*par les deux camps*):
  - Identité, responsabilité
  - Droits et libertés individuelles
  - Inégalités, déséquilibres et divisions dans la société: fracture numérique, disruption sociale
  - Sécurité totale
  - Progrès technologique
  - Notion d'accès
  - Liberté d'explorer
  - **Nécessité d'information et d'éducation**
  - Législation
  - Coopération internationale,
  - Respect et tolérance
  - Généralisation
  - Respect de la diversité
  - Considération de la vie
  - Anthropotechnie et problème de la norme
  - ...

# Opposition(s) aux Transhumanisme

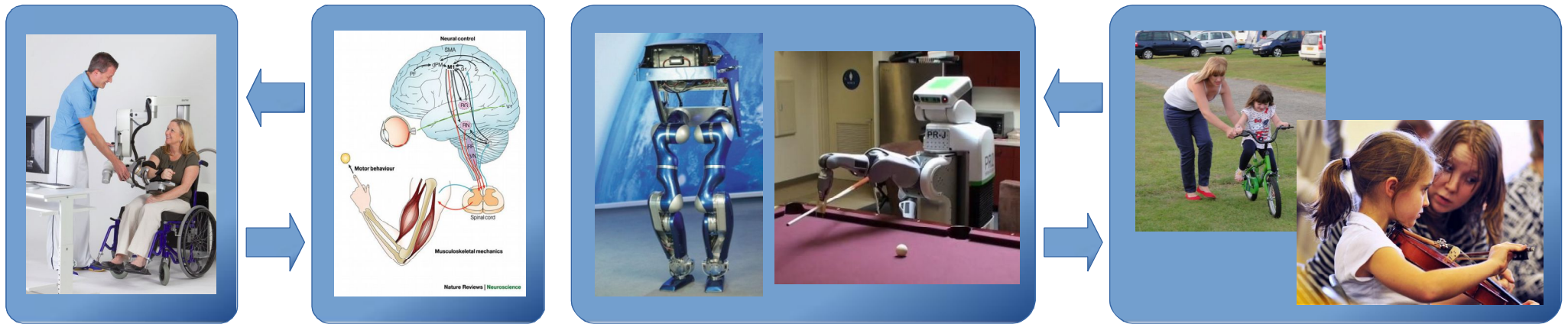
- Courants idéologiques opposés:
  - Bioconservateurs (F. Fukuyama, J. Ellul)
  - Anti-industriels - Néo-luddites (L. Kass)
  - Ecologie intégrale, décroissance, etc.
- Courants intermédiaires “bioéthique / éthique libérale” (ex: F. Hallhoff, G. Hottois?)
  - Critique du bioconservatisme:
    - Opposition à l’augmentation des performances humaines est intenable et injustifiée
    - Réalité et ensemble de pratiques déjà existantes
    - Distinction naturel/artificiel et interdiction des technologies d’amélioration serait purement morale / normative
  - Critique du biolibéralisme:
    - Contre le “Laisser faire”
    - Idée d'usage responsable et pragmatique de ces technologies
    - Mesure du risque
  - Proposition:
    - Obligation de régulation éthique
    - Importance du consentement libre et éclairé
    - Nécessité d'absence de risque



# Fermeture de la parenthèse introductive

# La robotique, techno-science par excellence ?

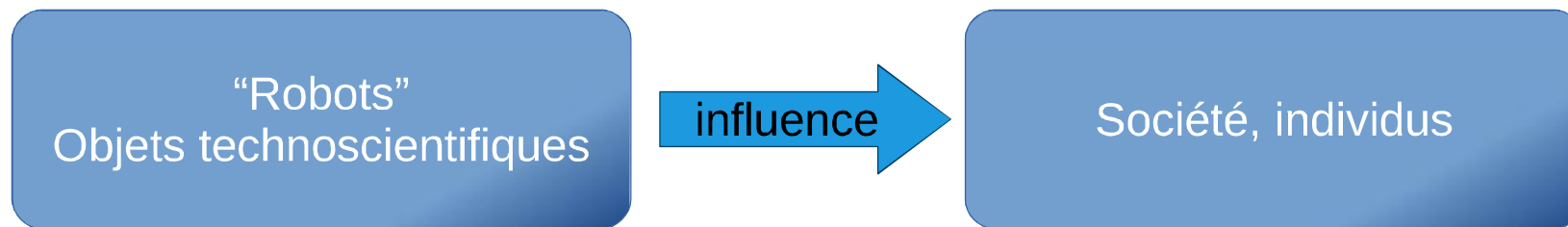
- **Circularité:** Domaine “transition” entre recherche appliquée et fondamentale



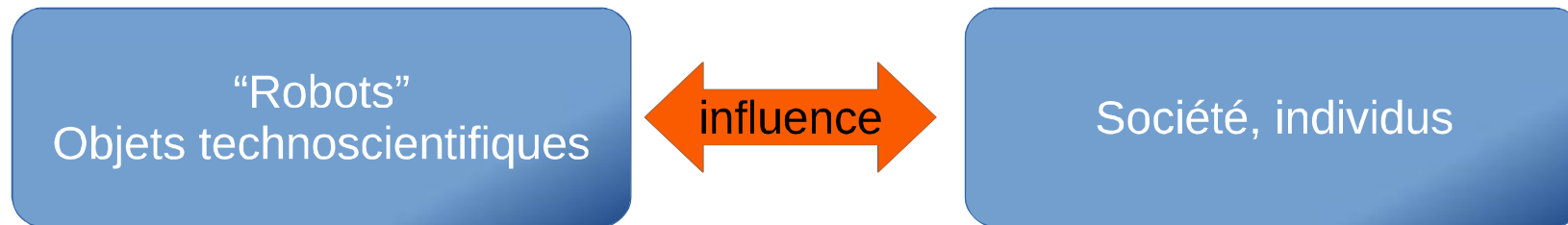
- **Opérativité:** Recherche basée application / “rapidité” du transfert technologique  
(du moins pr certains outils robotiques)



# Technologie et société



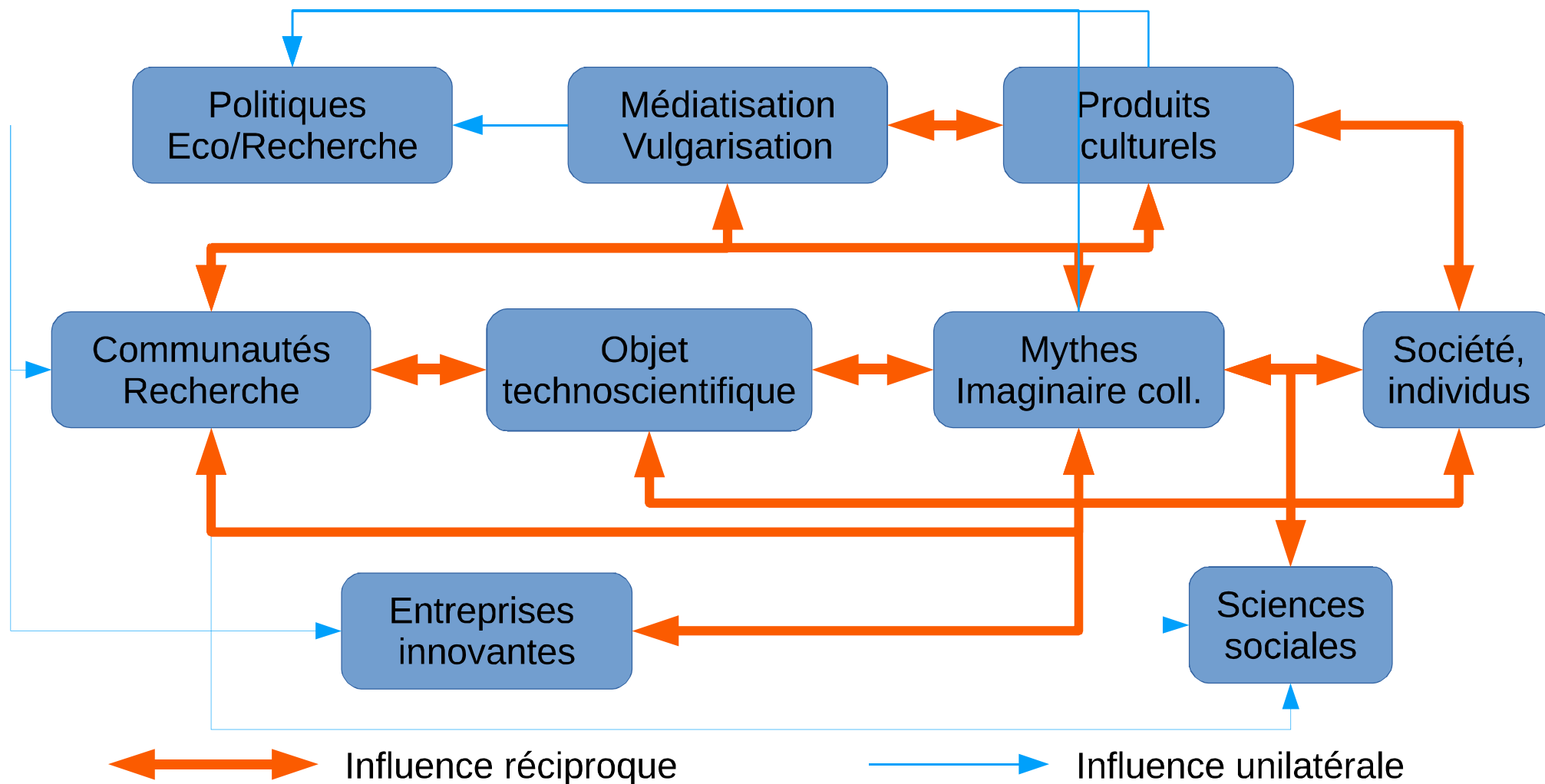
# Technologie et société



Un système bouclé d'influence réciproque

# Technologie et société

En réalité, un écosystème bien plus complexe.....



Robotique = technoscience ⇒ Enjeux Ethiques, Légaux, Sociétaux (ELS)

# Enjeux éthiques autour des technologies pour le corps

- Déjà évoqués:
  - Respect de la dignité humaine
  - Inviolabilité du corps humain et intégrité physique et psychologique
  - Protection de la vie privée
  - Non-discrimination et équité
  - Principe de précaution
  - Ethique de la recherche
    - [RAH-1] Éthique médicale
    - [RAH-2] Autonomie et intégrité de l'individu
    - [RAH-3] Réversibilité de l'augmentation
    - [RAH-4] Discrimination induite par l'augmentation
    - [GEN-9] Communication publique

- Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies (GEE) 2005 "ASPECTS ÉTHIQUES DES IMPLANTS TIC DANS LE CORPS HUMAIN"

- CCNE 2013 "Recours aux techniques biomédicales en vue de «neuro-amélioration» chez la personne non malade: enjeux éthiques"

- Rapport de la CERNA 2014 "Ethique de la recherche en robotique"

# Objectif de la présentation

- Souligner, autour du cas “**Homme réparé / Homme augmenté**”, l'importance de deux aspects de l'éthique de la recherche :
  - la communication scientifique
  - la contextualisation de la recherche / nécessité d'une approche holistique
- Qui participent à la création d'une idéologie de la technologie

*(Idéologie = Système prédéfini d'idées à partir desquelles la réalité est analysée (idées reçues))*

- Qui a des conséquences non-négligeables

# Quelles technologies pour réparer l'homme?

- Avancées médicales / chirurgicales
  - Médicaments
  - Thérapies géniques
  - Chirurgie (esthétique, réparatrice, correctrice)
- Avancées technologiques
  - Dispositifs de correction “simples” (*lunettes, aide auditives, corset, cannes...*)
  - Implants de régulation végétative (*pacemaker, pompe à insuline, coeur artificiel...*)
  - Robotique
    - Exosquelettes
    - Prothèses robotiques
    - (BCI)

***La robotique interpelle l'imaginaire de l'augmentation plus que des avancées technologiques ou médicales “concrètes”***



# L'imaginaire de la robotique pour le corps



- Mythe culturel du cyborg
- Mythe de la transcendance
- Mythologie prométhéenne



- Sur-représentations (E. Goffman) de héros / "monstres" (M. Foucault)
- Fascination / Simplification

➔ **Un homme "augmenté" imaginaire légitimé ?**

# Une réalité technique décalée



Attentes

Walk Again Project,  
World Cup 2014



Réalité

***Quelle est la réalité des réparations technologiques du corps?***

# Etat des lieux des technologies robotiques

## *Exosquelettes*



**ReWalk**<sup>TM</sup>  
Robotics

**REX**  
BIONICS

Homme partiellement réparé

- L'objet technologique existe (hors du laboratoire)
- Réponse à des besoins très spécifiques

# Etat des lieux des technologies robotiques

## Exosquelettes



Homme partiellement réparé / rééduqué

Homme "assisté" pas augmenté!

- L'objet technologique existe (hors du laboratoire)
- Réponse à des besoins très spécifiques
- Importants verrous scientifiques (*partage du contrôle*)

# Etat des lieux des technologies robotiques

## Exosquelettes

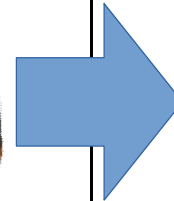


**ReWalk**<sup>TM</sup>  
Robotics

Homme partiellement réparé



**REX**  
BIONICS



Pneumatic Exoskeleton, Mihailo Pupin Institute, 1969

- L'objet technologique existe (hors du laboratoire)
- Réponse à des besoins très spécifiques
- Importants verrous scientifiques (*partage du contrôle*)

# Etat des lieux des technologies robotiques

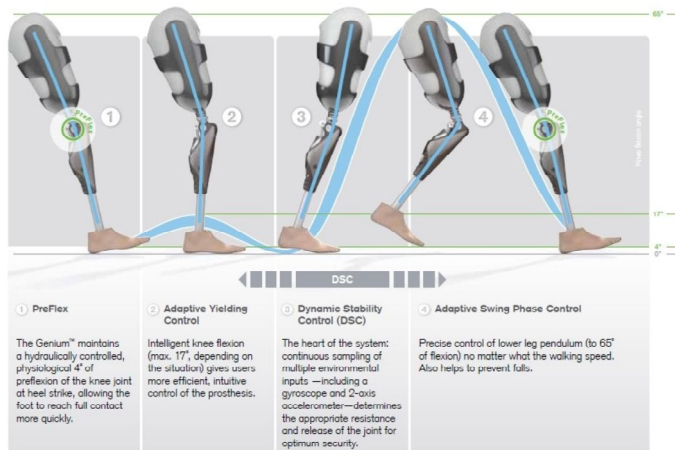
## *Prothèses*

- Disponible commercialement
  - Membre inférieur
  - Membre supérieur
- Avancées de la recherche
  - Hardware
  - Contrôle
  - Retour sensoriel

# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

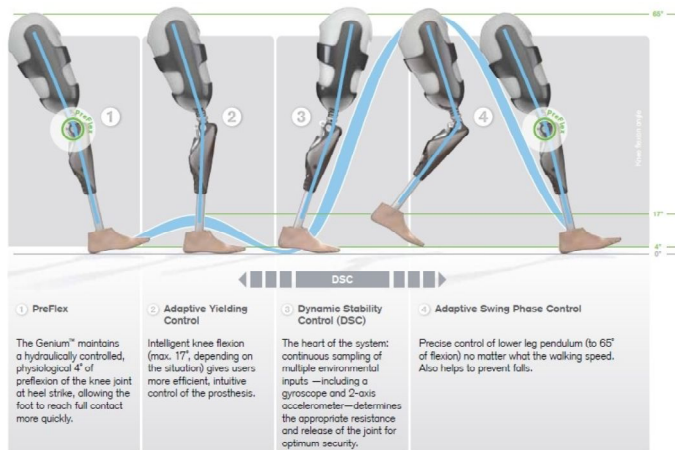
- Disponible commercialement
  - Membre inférieur



# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

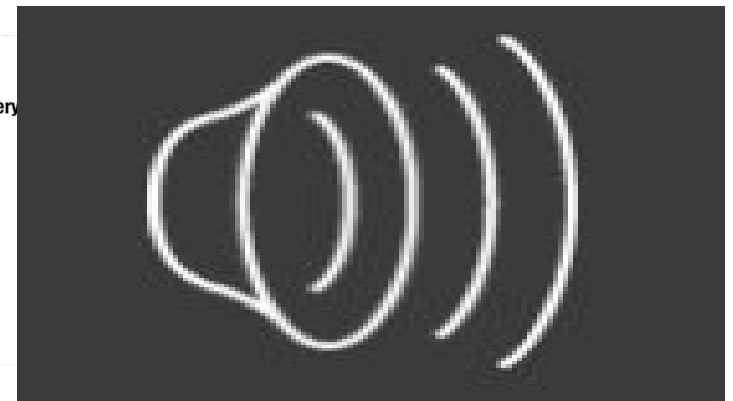
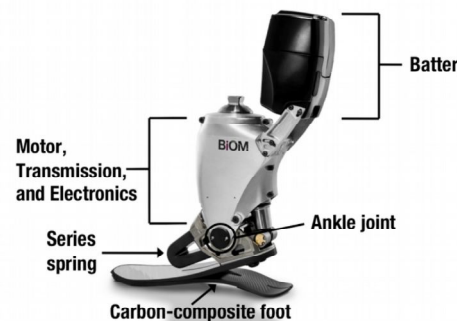
- Disponible commercialement
  - Membre inférieur



Grandes avancées pour le membre inférieur (système autonomes)



Ossur Catalog 2012





# Etat des lieux des technologies robotiques

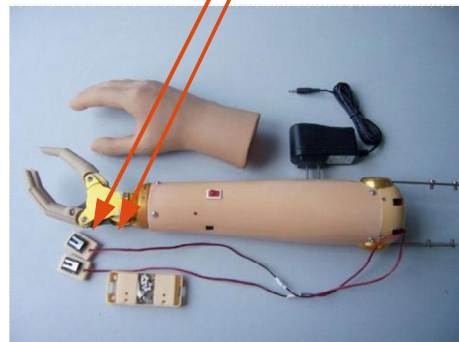
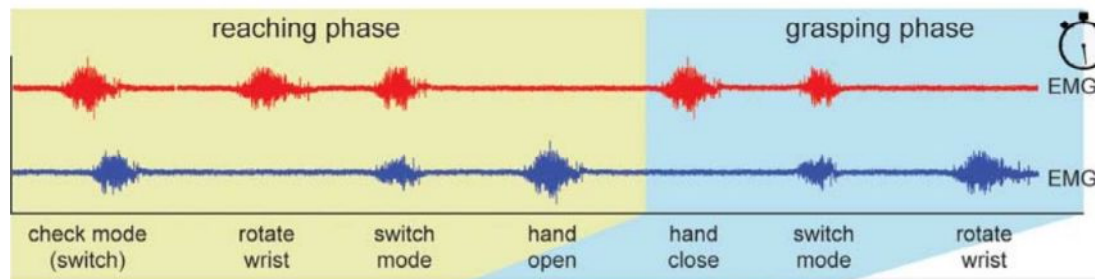
## Prothèses

- Disponible commercialement
  - Membre supérieur

- Membre supérieur : décalage énorme entre le matériel et les possibilités de le contrôler!
- Approches de contrôle actuelles handicapantes
- Absence de retour sensoriel



Myoelectric Russian Arm (1964)



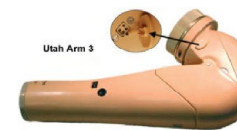
Touch Bionics



# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

Concrètement...



Utah Arm



LTI Boston Digital



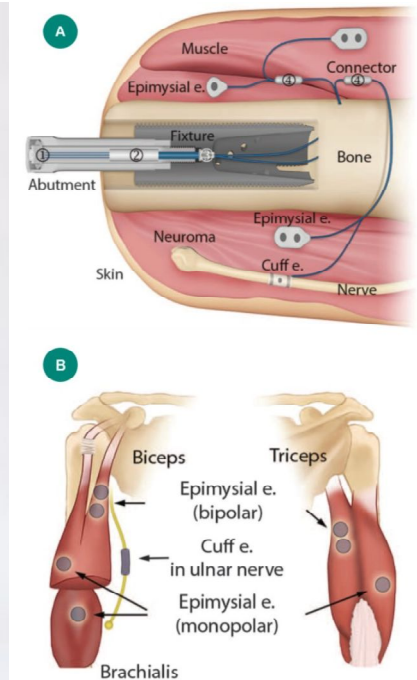
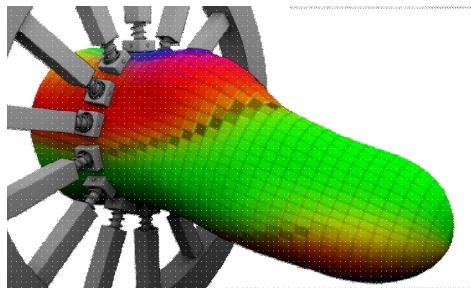
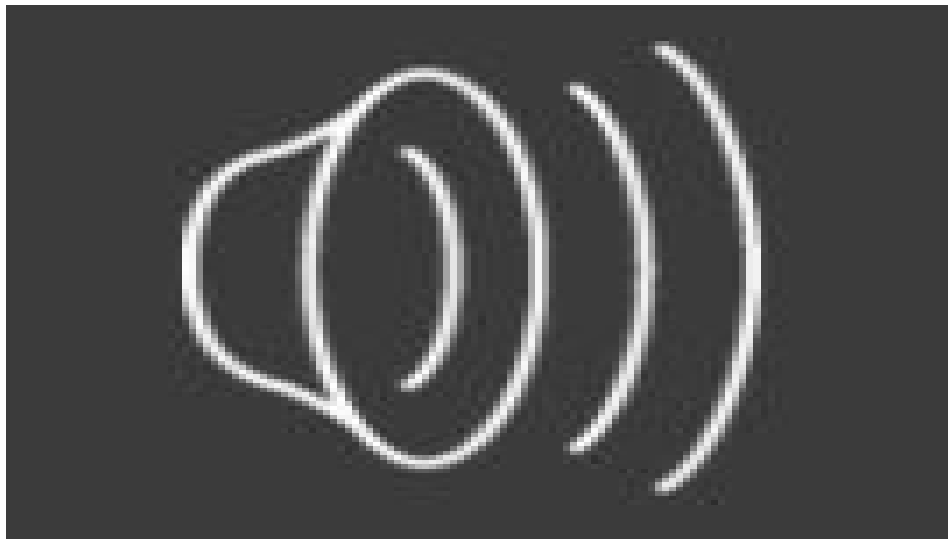
NYC Hosmer

# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

- Avancées de la recherche
  - Hardware

- Résoudre les problèmes de l'emboîture
- Technologie d'actionnement/alimentation



Ostéointegration, (Ortiz-Catalan 2014)

Biomechanics Tools for Measuring Limb Tissue Biomechanics, MIT Media Lab

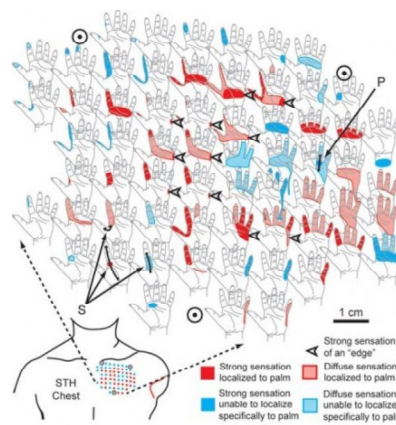
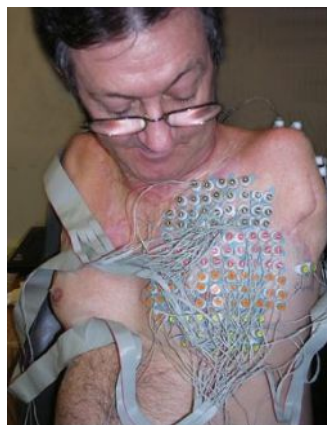
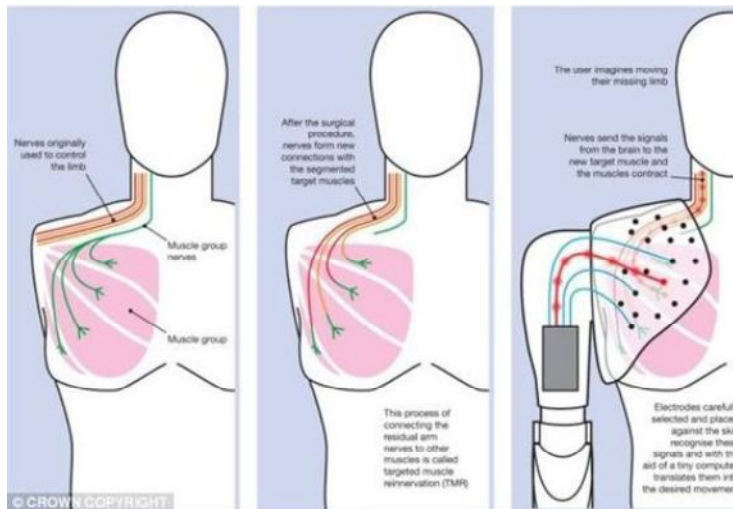
# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

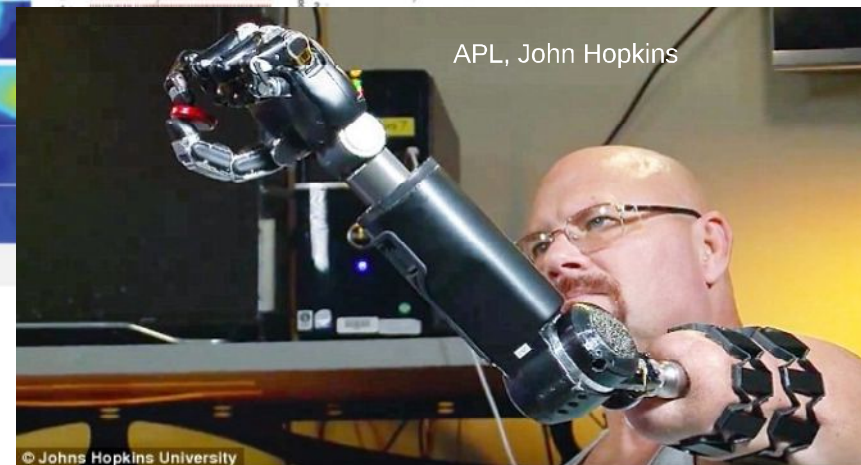
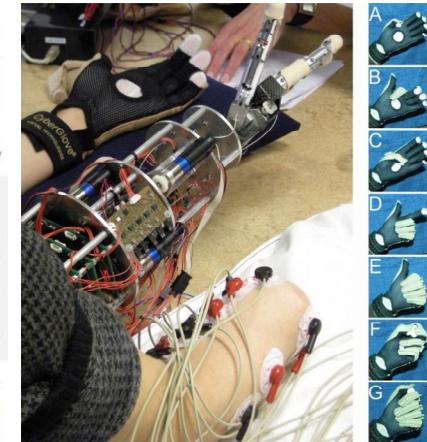
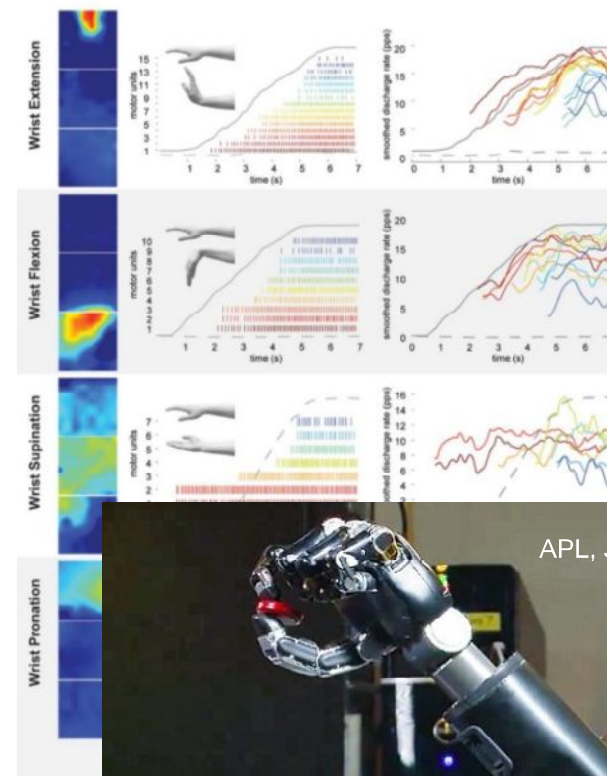
- Avancées de la recherche

- Plus d'articulations contrôlables (grilles d'électrodes)
- Possibilité de mouvement simultanés

- Approches invasives de contrôle / Machine Learning



Targeted Reinnervation, RIC Chicago

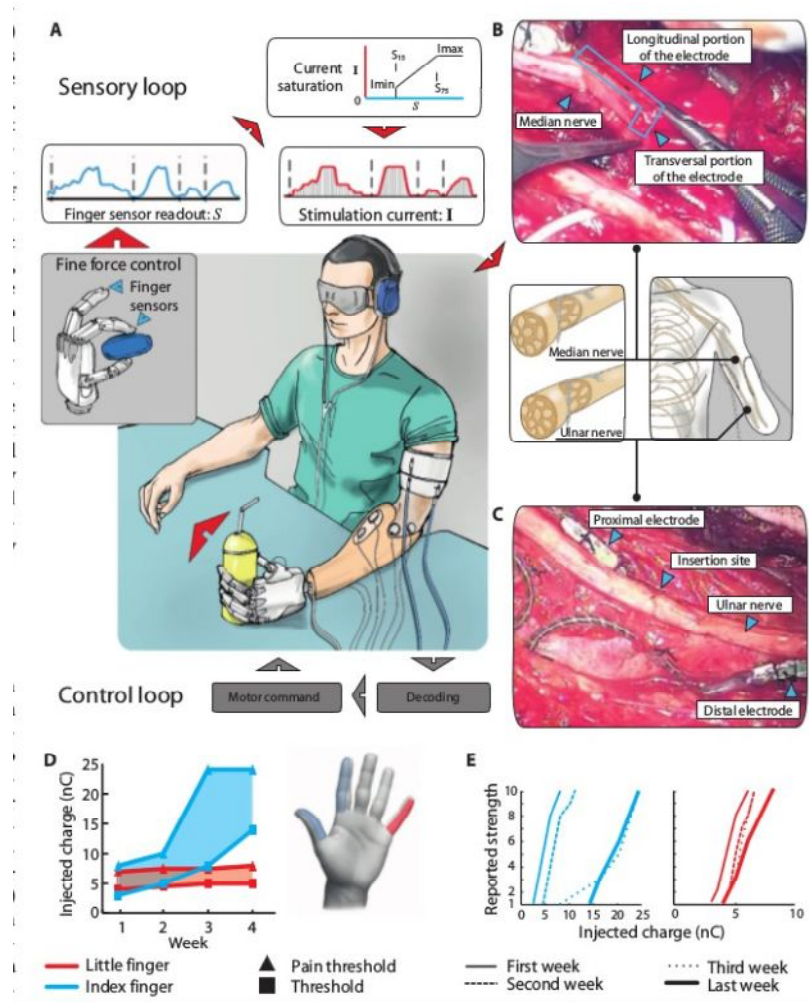
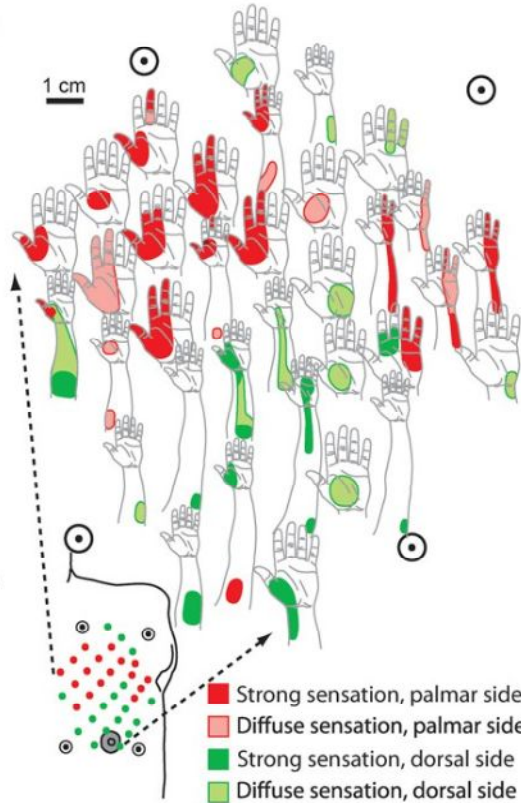
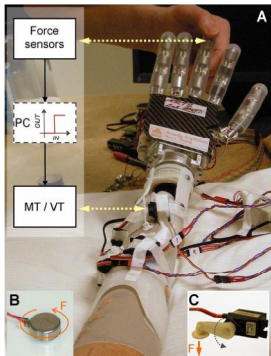


# Etat des lieux des technologies robotiques

## Prothèses

- Avancées de la recherche
  - Retour sensoriel

- Mesurer l'interaction (toucher, texture,  $t^\circ$ ,...)  
 - Restituer à l'aide de substitutions sensorielles



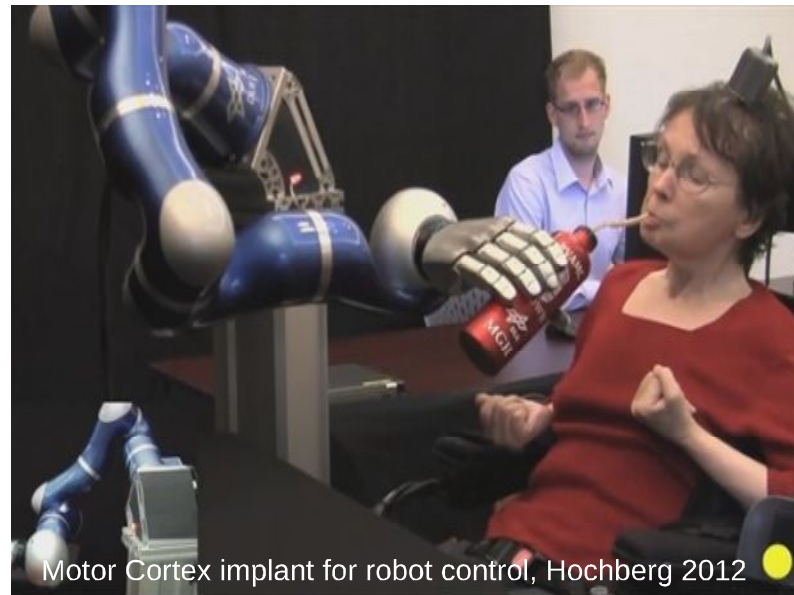
Capteurs/Stimulateurs

Réinnervation sensorielle, RIC Chicago

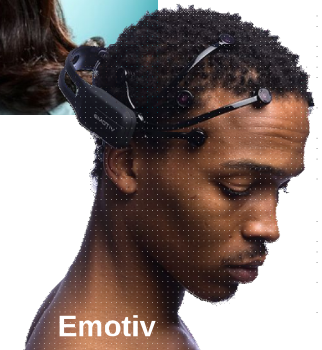
Restauration invasive (Raspopovic 2014)

# Etat des lieux des technologies robotiques

## *Interfaces cerveau-machine*



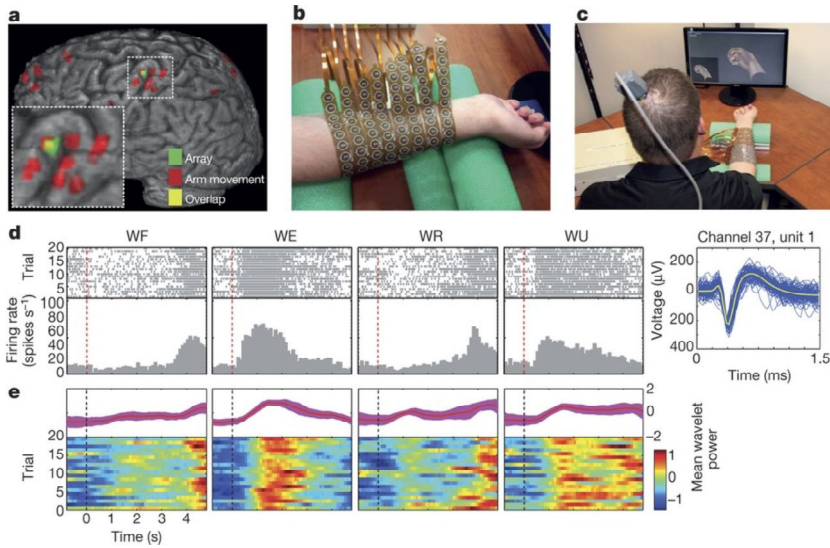
Objets de laboratoires



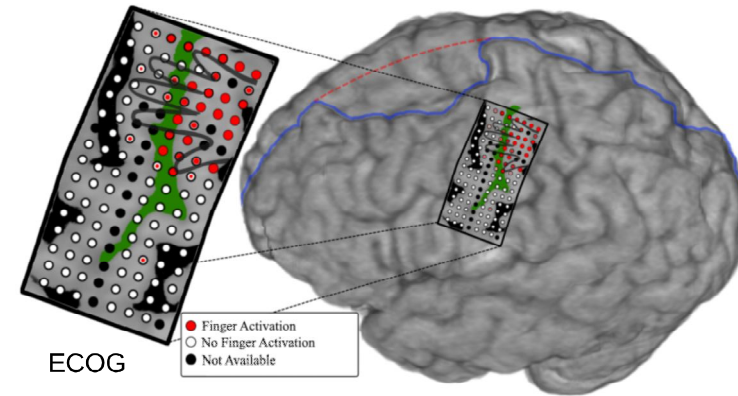
Objets commerciaux

- Objets “preuves de concept”
- Problèmes de l'interface physique (rejet, durée de vie, etc.)
- “Pauvreté” de l'échange (dimensionnalité des message, ordre haut niveau, etc.)
- Unilatéralité (pas de bouclage sensorimoteur)

# Recent advances



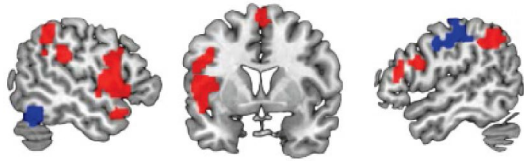
Bouton, Chad E., et al. "Restoring cortical control of functional movement in a human with quadriplegia." *Nature* (2016).



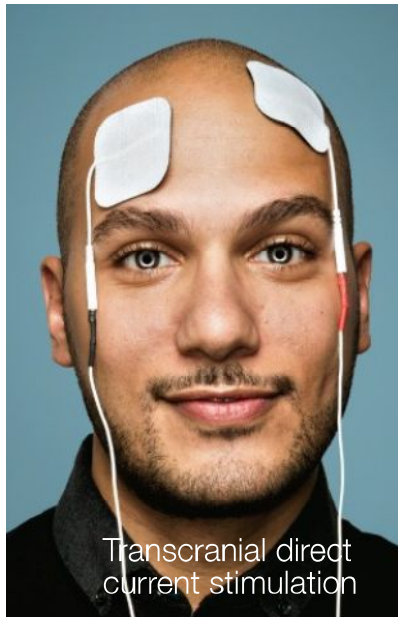
Hotson, Guy, et al. "Individual finger control of a modular prosthetic limb using high-density electrocorticography in a human subject." *Journal of neural engineering* 13.2 (2016): 026017.



# De (vraies) augmentations moins médiatiques



Marcus Meinzer et al/J. Vis. Exp. 2014



Transcranial direct current stimulation

Cognitives

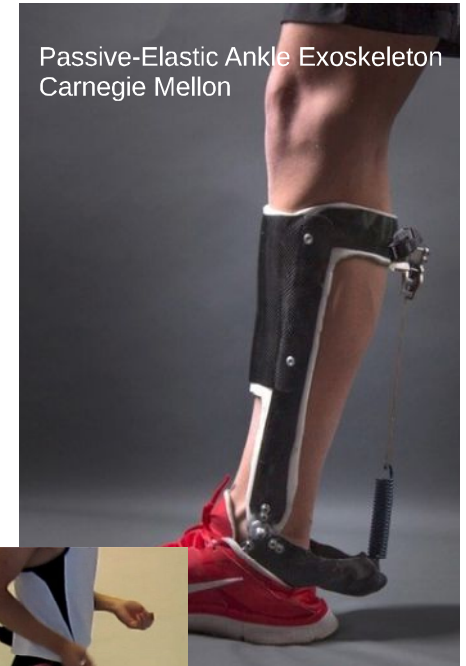


Institute of Cognitive Science,  
University of Osnabrück



North Paw  
Sensebridge

Sensorielles



Passive-Elastic Ankle Exoskeleton  
Carnegie Mellon

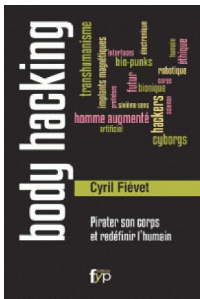


MIT media lab knee and ankle exoskeletons

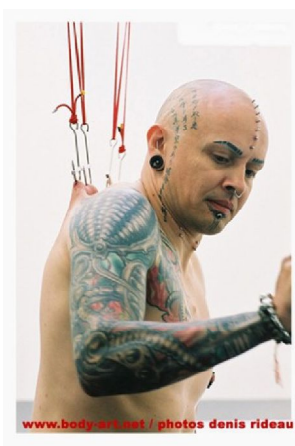
Motrices



# (Pauvres) Body-hackers / Grinders

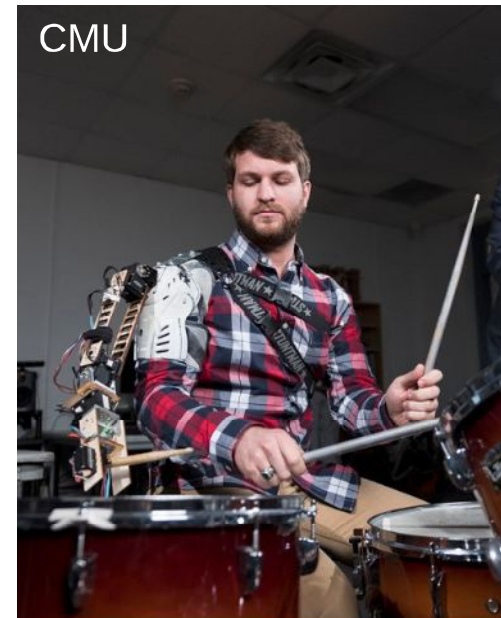
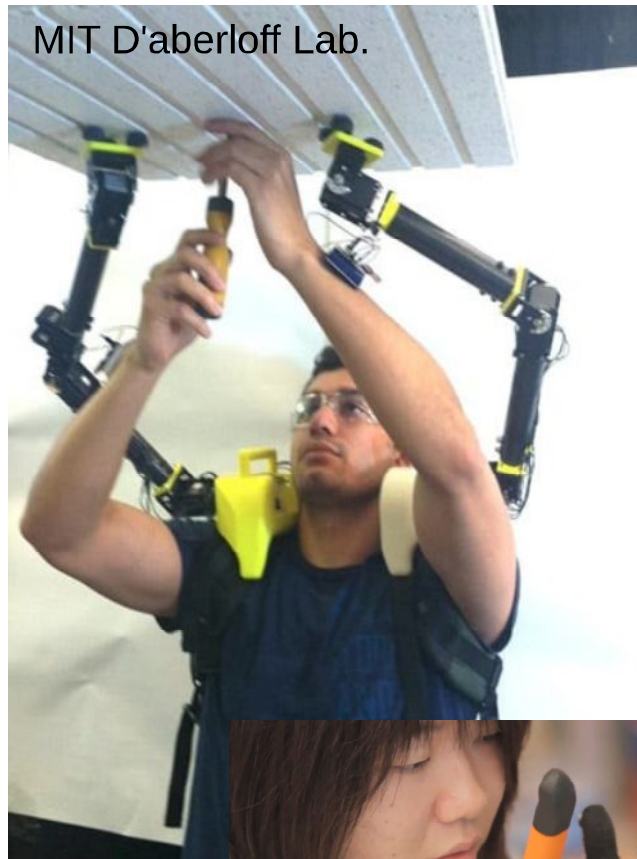


BodMod



Attention confusion "amputation fonctionnelle / volontaire"

# Supernumerary Robotic Limbs



# Bilan

- Importantes avancées technologiques
- Importants problèmes scientifiques encore à résoudre (détection d'intention / contrôle)
- Transfert lent ou inexistant vers des produits pour les patients (*taille de marché?*)
- Nombreux “Proof of concept” intransférables
- Derrière toutes ces avancées → toujours beaucoup d'apprentissage, d'effort (cognitif et physique) de la part du patient pour maîtriser ces technologies.

# Pourquoi un tel décalage?

- Problèmes dans la communication scientifique
- Décontextualisation des objets techniques

# Pourquoi alors un tel décalage?

- (Mythes culturels)
- Vulgarisation simplificatrice et sensationnaliste
- “Fonctionalisme” robotique et évaluation de la performance
- L'oubli du corps et de ses techniques
- La séparation du dualisme cartésien

# Vulgarisation simplificatrice et sensationnaliste



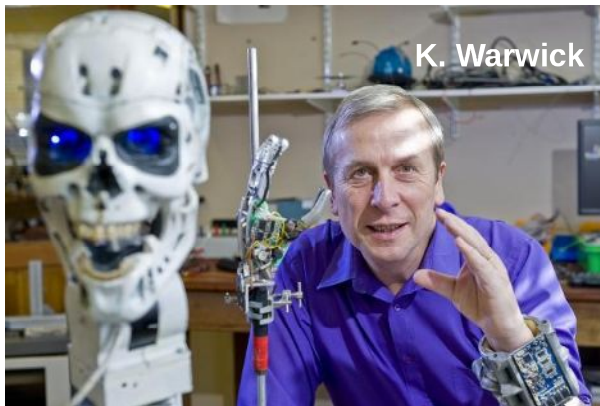
HOW SCIENCE REPORTING WORKS:



# Vulgarisation simplificatrice et sensationnaliste

## Les “tribuns” de la technologie robotique...

*(le mythe du chercheur en robotique: Prométhée, Dr Frankenstein...)*



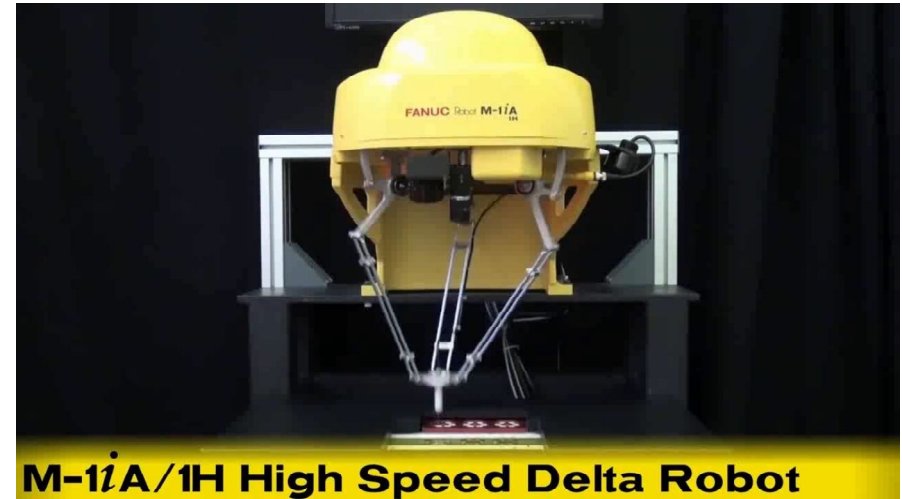
**Confiscation du discours... et promotion d'imaginaires**

# Approche mécaniste et fonctionnaliste de la robotique

*“Une fonction, un robot”*



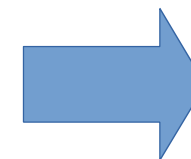
Willow Garage PR2



Robot parallèle Fanuc



Yamaha Motobot



**Risque de la généralisation de la performance**

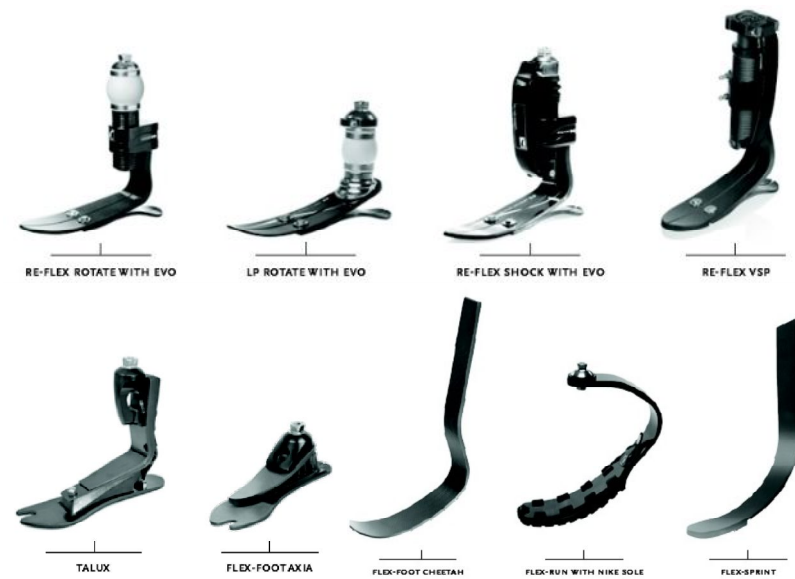


# Approche mécaniste et fonctionnaliste de la robotique

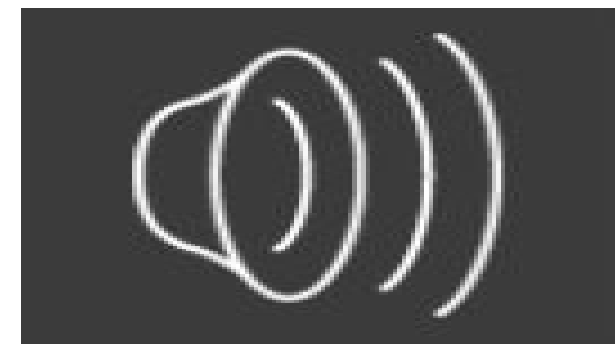
## Polyvalence du corps humain



## Evaluation locale de la performance



Ossur Catalog 2012

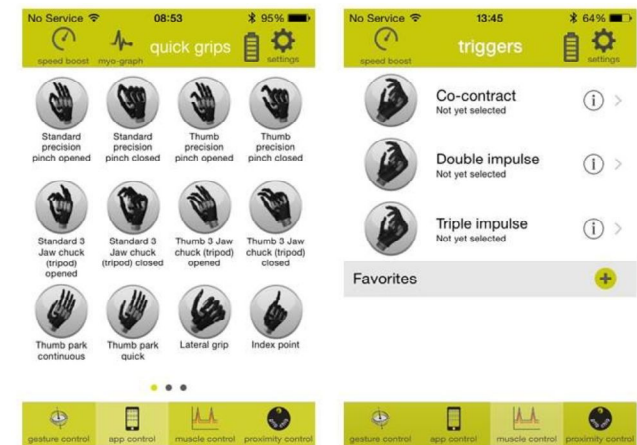


O. Pistorius avant une course, 2008

**Les augmentations actuelles ne sont en fait que locales**

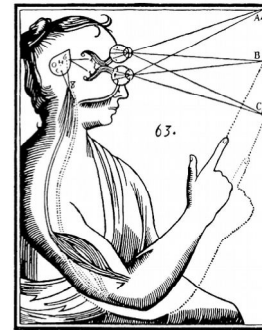
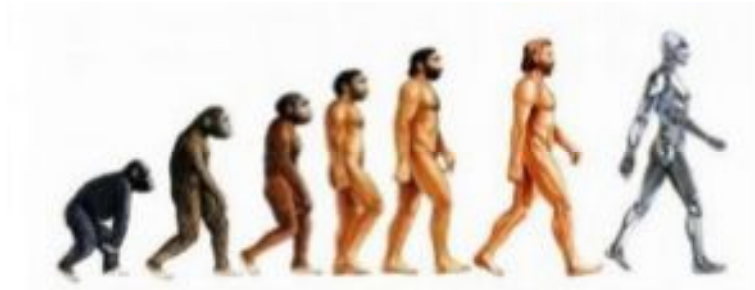
# En arrière plan: l'oubli du corps et de ses techniques

- Négation de la complexité (et du temps) de l'apprentissage des techniques du corps (M. Mauss)
- Mythe de l'instantanéité et de l'interchangeabilité
- Effacement de la complexité des dispositifs
  - Confusion entre expertise motrice et augmentation
  - Dénier du lien entre restauration fonctionnelle et apprentissage de nouvelles compensations sensorimotrices
- “Morceau de corps” plutôt que 'nouvel outil?'  
(A. Leroi Gourhan, G. Simondon)



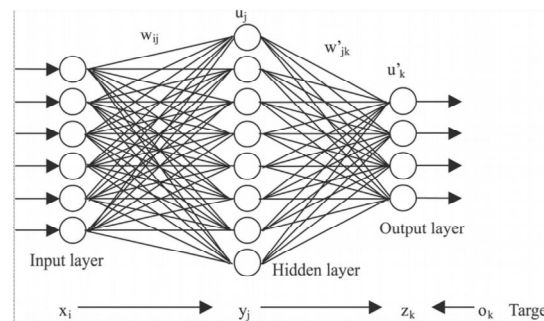
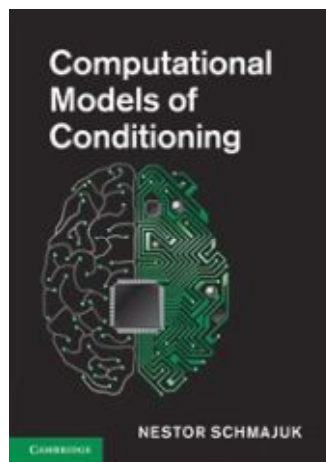
# Oubli du corps et approche mécaniciste

- Discours transhumaniste



Dépassement de la condition biologique = dépassement du corps seul?

- Promotion des sciences computationnelles et approches cognitivistes



Human Brain Project vs

**NEUROFUTURE**

# Une réalité scientifique bien plus complexe

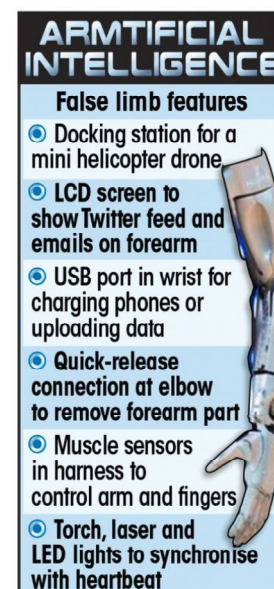
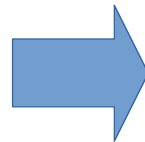
- *“Nous avons deux corps, le corps physique et le corps mental”*, A. Berthoz
- L'esprit n'existe pas sans le corps
  - Approche sensorimotrice, A. Berthoz, K. O'Reagan
  - Théories de l'énaction, F. Varela, E. Thompson
  - Embodied Cognition, A. Clark, L. Shapiro, A. Damasio
- *“Philosophical zombies”*, D. Chalmers

# Conséquences et risques

- Perception de l'innovation
- Pression et (ré)orientation de la recherche
- Dérive et confiscation du débat

# Perception de l'innovation

- Biais perceptif dans le jugement des avancées techniques réelles
  - Déception des utilisateurs
  - Encouragement indirect à la futurologie
  - Modulation du “jugement de valeur”:
    - Valeur ≠ réponse aux besoins / amélioration vie du patient
    - Valeur = proximité avec la science-fiction



*L'objet de désir pour qui?*

# Pression et (ré)orientation de la recherche

- Pression temporelle sur avancées de la recherche
  - Péremption et dépréciation thématique
  - “Proof of concept” jetables (Design vs Device)
  - Déconsidération, oubli de la phase de transfert



- Pression politique et financière sur les thématiques de recherche



Human-Computer Interaction

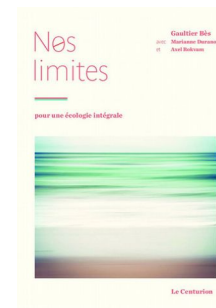
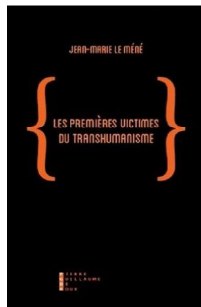


Robotics

*“FET Open funds projects on new ideas for radically new future technologies“*

# Dérive et confiscation du débat

- Intrusion permanente de la question transhumaniste
  - Tendence à l'oubli de la réalité de la recherche dans le débat
  - Simplification du débat manichéen (pour/contre, nature /technique)



- Evacuation du patient du débat
  - Disparition du corps meutri, souffrant, “mal” réparé
  - Patient “prétexte” des technosciences
  - Participation à la complexification de l'état liminaire du sujet appareillé (Augmenté? Handicapé? Hybride?)



# Conclusions

- Effets généralisés de l'idéologie techno-scientifique
- Impacts importants indéniables sur R&D (besoins et orientations)
- Risques de la construction de réflexions sociétales et éthiques basées sur un imaginaire technologique.

⇒ En plus d'une communication mesurée et pédagogique, nécessité d'un travail de démystification, en lien avec la notion de “consentement éclairé”

# Questions?

---

Merci pour votre attention