



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# Inserm

La science pour la santé \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ From science to health

Jean-Antoine Girault

Inserm - Sorbonne Université - ICM

**Neurotechnologies :  
promesses et menaces**

# Travail en cours au CCNE en lien avec les neurotechnologies

## Collaboration entre

- **CCNE** Comité Consultatif National d'Éthique pour les Sciences de la Vie et de la Santé
- **CNPEN** Comité National Pilote pour l'Éthique du Numérique → **CCNEN** (CCNE du Numérique)

**Groupe de travail** (rapporteurs Catherine Tessier & Jean-Antoine Girault) → **20 Auditions**

**Objectif pour fin 2025 : avis sur**

## **Interfaces cerveau-machine : questions d'éthique**

**Implantées et non-implantées, incluant toutes les techniques  
de modification de l'activité cérébrale**

(stimulations électriques, magnétiques, etc.)

# Importance des interfaces cerveau-machine pour les patients et la médecine

## Besoins des patients

- Déficits moteurs ou sensoriels
- Troubles de la parole (paralysies, aphasies...)
- Troubles des mouvements
- Épilepsies résistantes
- Troubles psychiatriques sévères résistants

## Résultats démontrés

- Implants cochléaires (pas interfaces cerveau-machine)
- Parkinson, dystonies, tremblements
- Troubles obsessionnels compulsifs (TOC)
- Neuroprothèses (exosquelettes, parole...)
- Études en cours pour d'autres affections

## Avancées technologiques en cours

- Boucles fermées
- Électrodes biocompatibles
- Progrès dans l'analyse des signaux
- Interfaces non électriques
- Méthodes non invasives ?
- ...

→ **Nécessité d'encourager la recherche**

→ **Équilibre entre les risques et les bénéfices**

→ **Difficultés d'accès aux techniques coûteuses et sophistiquées**

→ **Écouter les patients et leurs demandes**

# Questions d'éthique soulevées par les neurotechnologies

- ✓ **Vie privée et consentement**
- ✓ **Agentivité, identité, liberté de penser**
- ✓ **Augmentation**
- ✓ **Biais**

ex. Yuste & Goering, *Nature*, 2017

lenca & Andorno, *Life Sciences, Society and Policy*, 2017

**Rapports OCDE, UNESCO, Chartes Française et Européenne,  
Travail en cours du CCNE...**

# Exemples de sujets posant des questions d'éthique

# Données neurales

**Définition:** Données qualitatives ou quantitatives sur la structure, l'activité et la fonction du système nerveux

- Ces données neurales ou combinées à d'autres peuvent permettre des **inférences sur les états mentaux**
- Données potentiellement **identifiantes** (biométriques)  
→ Données personnelles, sensibles, identifiantes
- **Limites du consentement éclairé**  
(refus vs opposition)
- **Cybersécurité**

Steeg K, et al. Eclinical Medicine. 2024  
Jäncke L, et al. Eur J Neurosci. 2022  
Serhan Yet al. Brain Struct Funct. 2025  
Venkatesh M, et al. Neuroimage. 2020  
Misra J, et al. PLoS Comput Biol. 2021  
Kim JH, et al. Neuroimage. 2024  
Kardan O, et al. Dev Cogn Neurosci. 2022  
Wu S, et al. Commun Biol. 2022  
Yang YY, et al. Sci Rep. 2022

# Questions liées aux usages non-médicaux

- ✓ **Limites normal/pathologique floues et évolutives**
- ✓ Hors médecine **peu de données fiables accessibles**
- ✓ Arrivée de **dispositifs non-invasifs grand public ?**  
Bandeaux, lunettes, écouteurs, bracelets ...
- ✓ → Utilisations **professionnelles**  
Nombreuses questions...
- ✓ → Utilisations chez **l'enfant et l'adolescent**  
Cerveau en développement = fragile



**Évaluer les vrais bénéfices s'ils existent**

**Anticiper les risques**

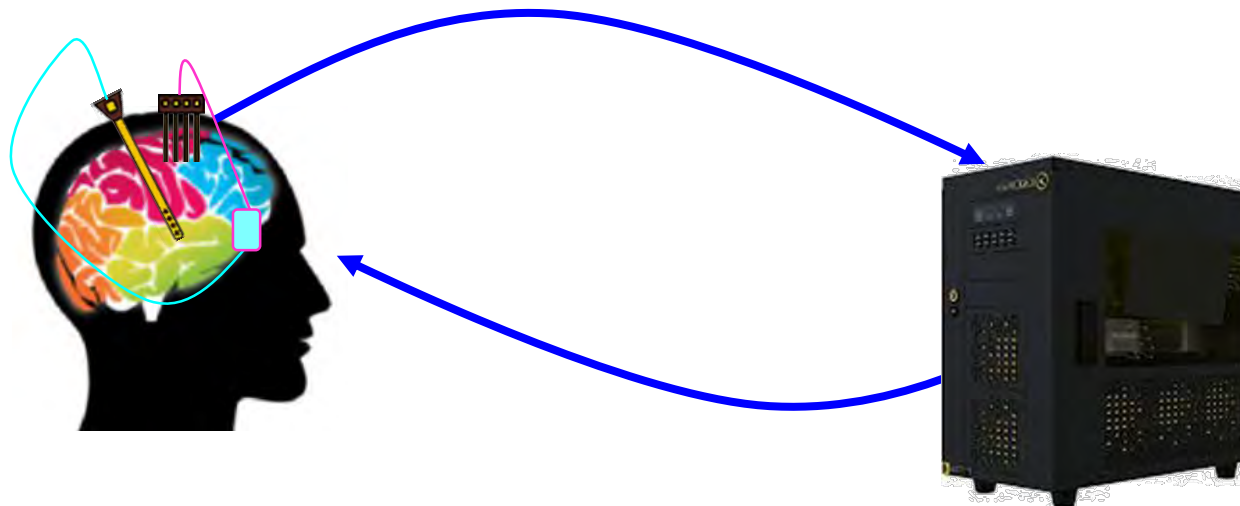
## Questions liées à l'« augmentation »

- ✓ Plus de fantasmes que de données
- ✓ Que voudrait-on augmenter ?
  - La possibilité de corriger un trouble n'est pas celle d'augmenter la fonction
  - Si une capacité était augmentée cela déséquilibrerait-il les autres ?

*CCNE Avis 122      Recours aux techniques biomédicales en vue de « neuro-amélioration »  
chez la personne non malade : enjeux éthiques*

- ✓ **Interdire les neurotechnologies invasives en dehors d'indications médicales définies** (HAS ou recherche)
- ✓ **Soumettre tous les dispositifs de stimulation** (« physique ») directe ou indirecte du cerveau aux mêmes **critères d'efficacité et d'innocuité** que les **dispositifs médicaux**

# Les systèmes en boucle fermée



**Adaptation de la stimulation cérébrale**

**Grand bénéfice attendu pour le patient**

# Les systèmes en boucle fermée

Hors thérapeutique



Procédures ou  
contenus ciblés

Déclaration Universelle des Droits  
Humains 1948  
Article 18

Toute personne a droit à la liberté de  
pensée, de conscience et de religion

**Bénéfice pour la personne ?**

**Liberté de pensée ?**

Journée annuelle  
du Comité d'éthique  
de l'Inserm

12<sup>e</sup>

