

# LES LIENS ENTRE PARADIGMES INCARNÉS DE LA COGNITION ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ... ?

Pierre De Loor  
Lab-STICC – Equipe IHSEV

# Contexte : IHSEV Lab-STICC



# Préliminaires

Réalité – Paradigmes - Perception – Modèles - Prédiction



*Cognitivism  
Connexionnisme  
Enactionnisme*



*Cognition*

Réalité ?



*IA : modèles artificiels executables*

Modèle



Prédiction



# Précurseurs



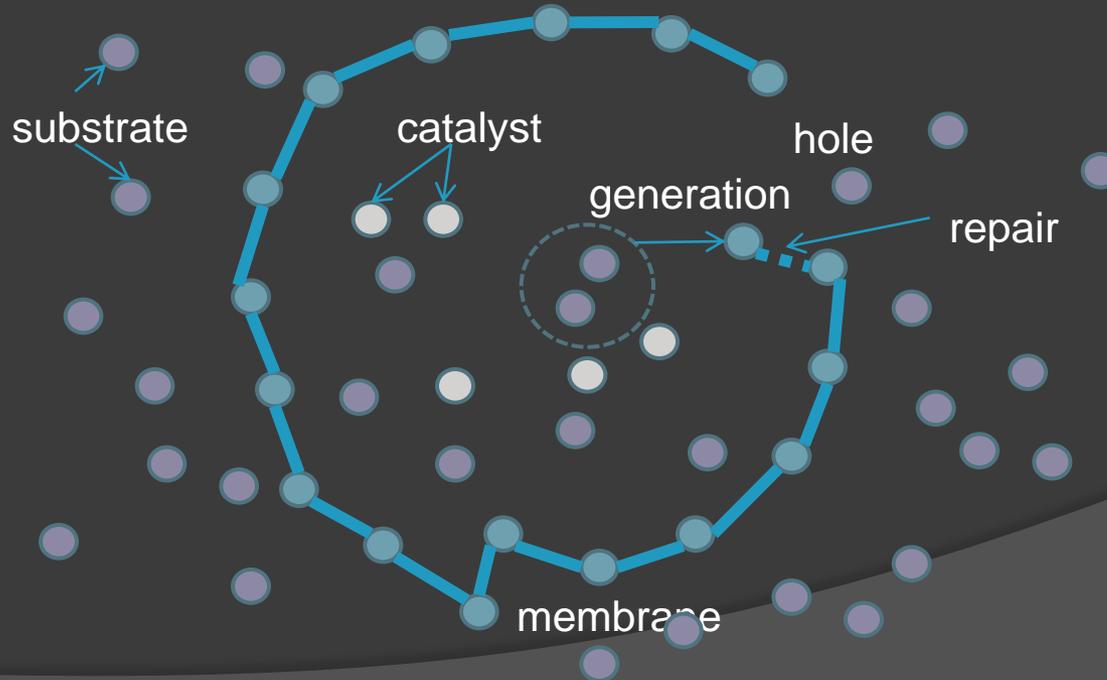
H. Maturana, "Reflections on My Collaboration with Francisco Varela," *Constr. Found.*, vol. 7, no. 3, pp. 155–164, 2012.

- ⦿ What is cognition?
- ⦿ What is 'to know'?
- ⦿ What is that which we distinguish when we make a distinction?
- ⦿ And What is it to make a distinction?"
- ⦿ All these questions launched me even further into the most basic mystery of our human life: **language and cognition as biological phenomena**

# Les origines : l'autonomie



- ⦿ **Autopoiesis** [Varela, F. (1989). *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant.*]
- ⦿ **Cognition = Life** [Stewart (1996). *Cognition = Life : Implications for higher-level cognition. Behavioural Processes*]



# I' « *embodied cognition* »

- ⊙ **Conceptualisation** : Les propriétés du corps d'un organisme limitent ou contraignent les concepts qu'il peut acquérir.
- ⊙ **Remplacement** : L'interaction entre le corps et l'environnement remplace le besoin de recourir au fait que le traitement de représentations soit au coeur de la cognition.
- ⊙ **Constitution** : Le monde et le corps jouent un rôle constitutif et non causal dans les processus cognitifs.

Shapiro, L. (2011). Travelling in Style from Standard Cognitive Science to Embodied Cognition. *ConstruCTivist*, 231–233.

Shaun Gallagher (2006), *How the Body Shapes the Mind*, Clarendon Press

# Tendances en sciences cognitives : la construction du sens

## De l'ordinateur

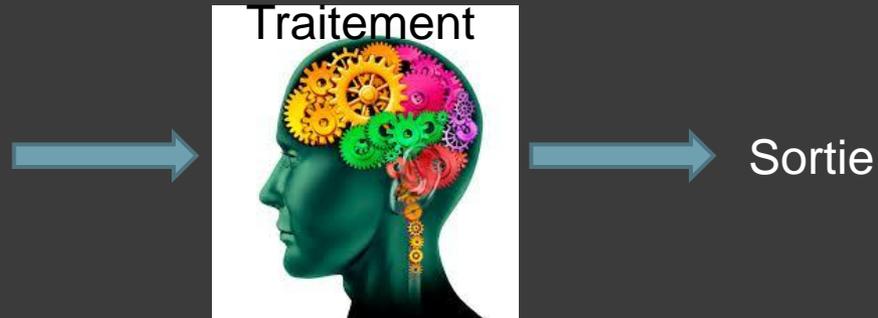
Entrées

=

Représentations

=

Sens pré-donné



## A l'acteur

Adaptation

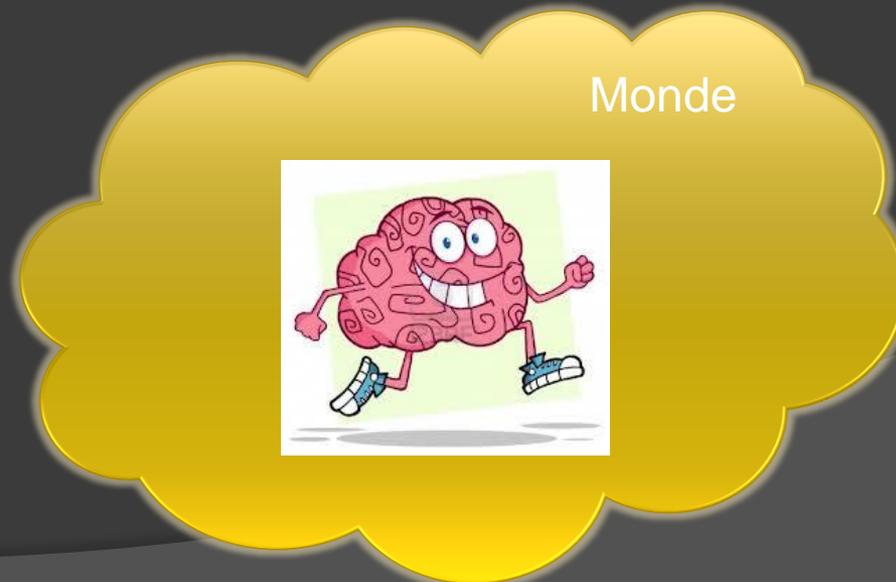
+

Régulation

=

Sens

Emergent



# Soyons plus précis

## Cognitivism

Entrée->Calcul->Sortie

Sens et représentations : pré-donnés

## Connexionnisme

Le calcul est « diffus »

Les représentations sous-symbolique

Le sens : ???

## Embodied/ situated cognition

Approche écologique de la cognition

Importance de l'environnement

Et du corps

Biologie

## Enaction

L'autonomie biologique

Le sens issu du couplage sensorimoteur

Importance de l'expérience vécue

# Quelques illustrations / interprétations

# Psychologie incarnée



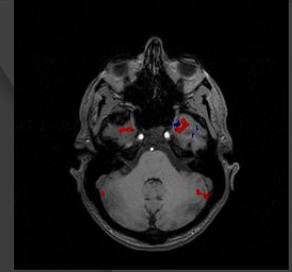
Après une longue séparation votre  
amoureuse vous embrasse  
fougueusement

La voiture de police surgit derrière  
vous, toutes sirènes hurlantes

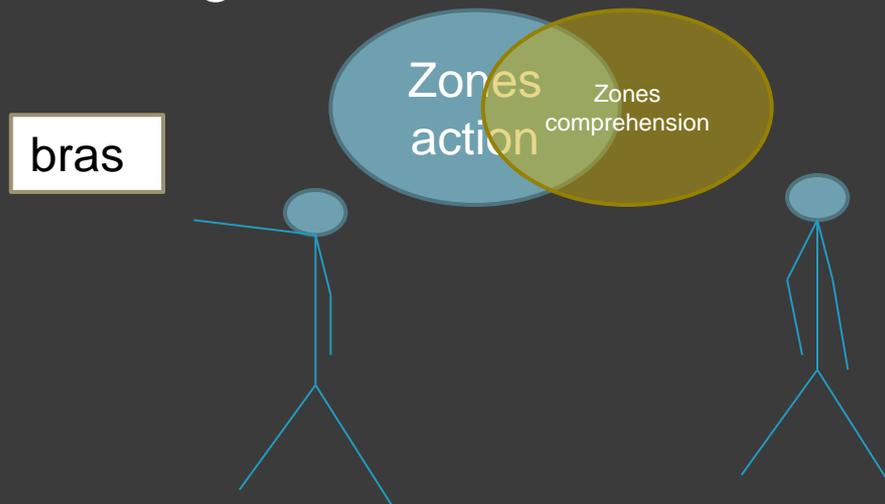
Glenberg, A., Havas, D., Becker, R., & Rinck, M. 2010. Grounding Language in Bodily States: The Case for Emotion

Critique : Adams, F. (2010). Embodied cognition. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 9(4), 619–628.

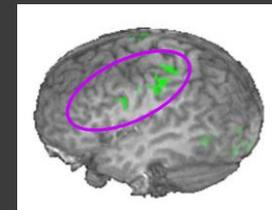
# Neurosciences incarnées



- Voir ou lire un mouvement active les zones cérébrales pour faire ce mouvement
- Produire la représentation de ce mouvement également



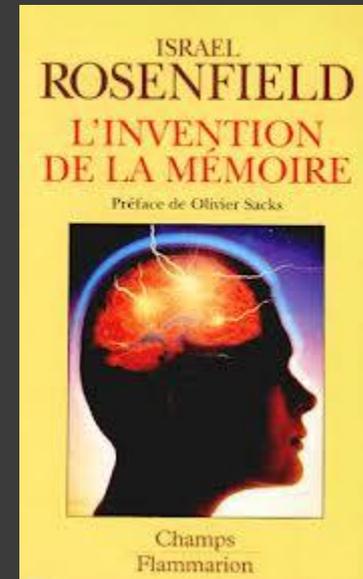
Activations communes



Esopenko, C. (2011). *A cognitive neuroscience examination of embodied cognition.*

# La mémoire comme système dynamique

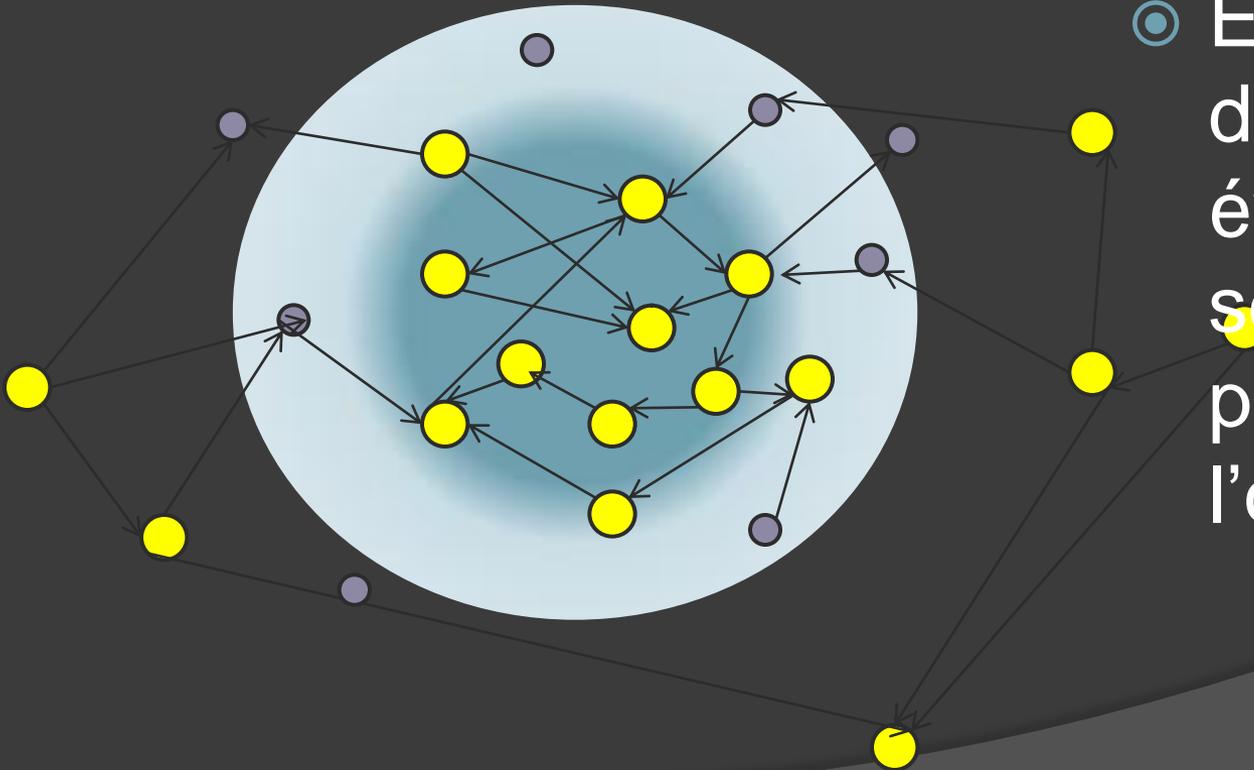
- Pas de « couche mnésique »
- Se rappeler c'est recréer le souvenir
- Perception, Reconnaissance et Mémoire ne sont pas des processus dissociables
- *Les souvenirs ne sont pas immuables mais sont des reconstitutions le passé est en perpétuel remaniement, qui nous donnent un sentiment de continuité, la sensation d'exister dans le passé, le présent et le futur. Ce ne sont pas des unités discrètes, mais un système dynamique*



# Que devient l'Intelligence Artificielle ?

# Pas de représentations ...

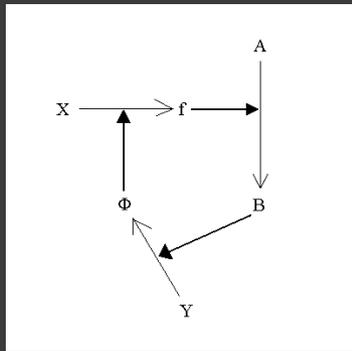
Systeme  
opérationnellement  
clôt



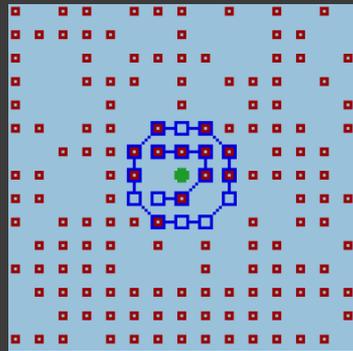
- Générer des invariants
- Etre en mesure de les faire évoluer de sorte qu'ils préservent l'organisation

# Modèles autopoïétiques artificiels

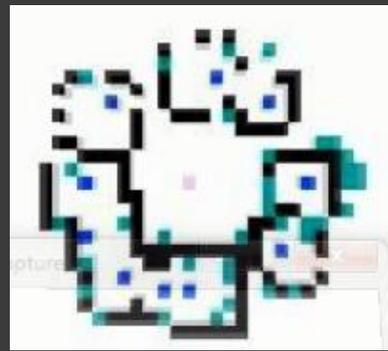
- Quelle abstraction ?



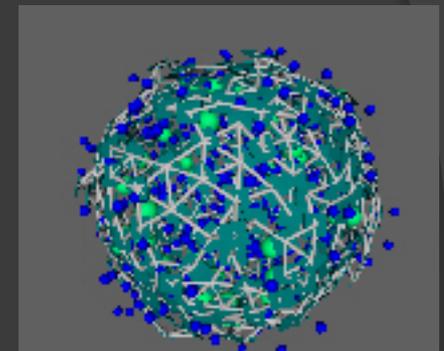
Rosen



Varela/McMullin



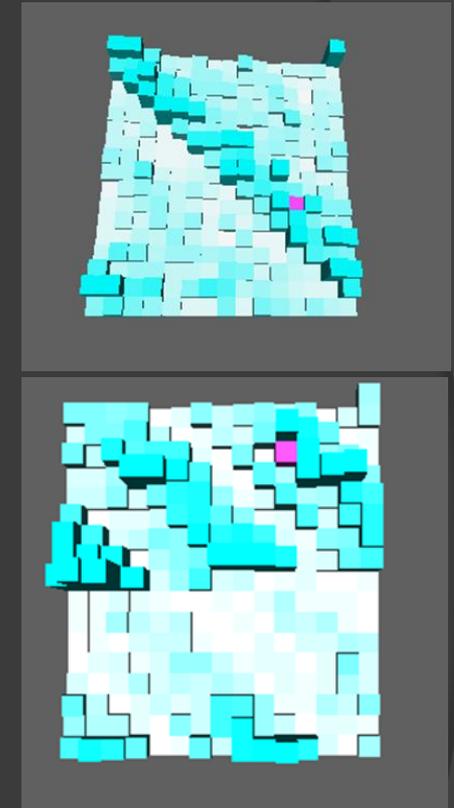
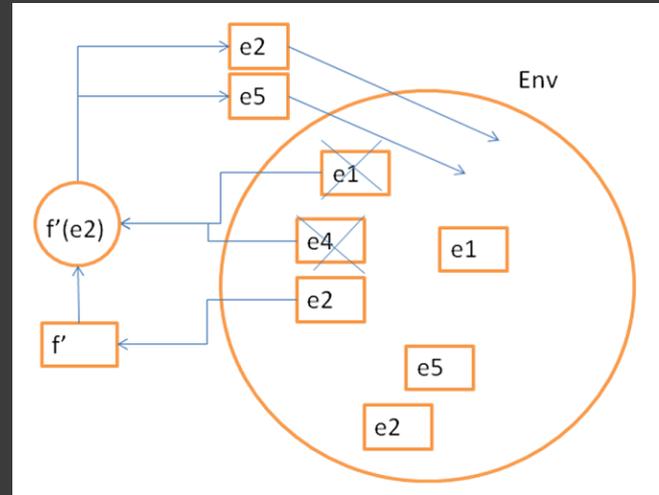
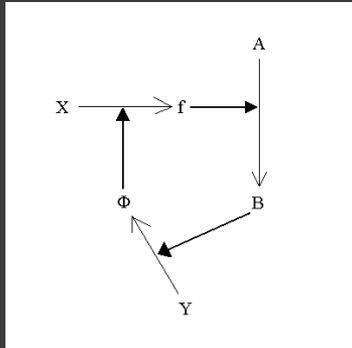
Beurier, Ferber



Manac'h, De Loor

- Y a-t-il un environnement ? (qu'est-ce qu'une frontière)
- Y a-t-il émergence d'invariants, ?
- Peut-on exploiter des structures autopoïétique artificielles de façon utiles ?
- McMullin, B. (2004). Thirty years of computational autopoiesis: a review. *Artificial life*, 10(3), 277–95. doi:10.1162/1064546041255548.

# Autopoièse abstraite



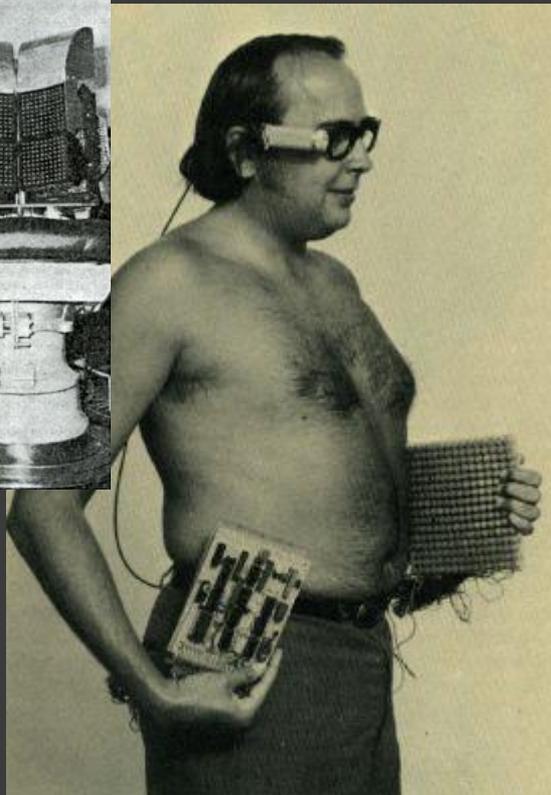
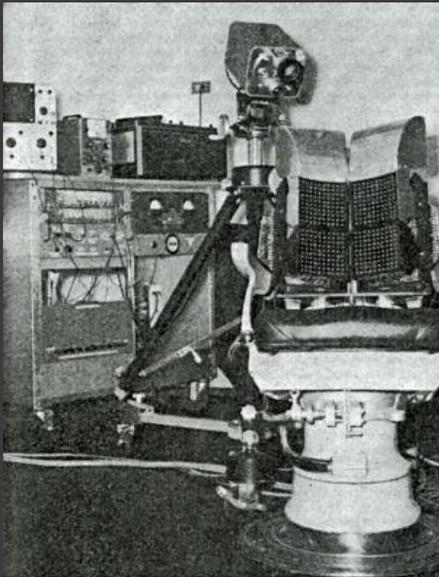
- Pierre De Loor, Kristen Manac'h, and Alexandra Fronville. Simulation of abstract autopoietic machine. In 10th European Conference on Artificial Life (ECAL), 2009
- Nomura, T. (2001). Formal description of autopoiesis based on the theory of category. *Advances in Artificial Life*.

# L'invariant sensorimoteur : de l'interaction à la cognition

# L'invariant sensorimoteur

- ⊙ Unité biologique de base [Varela - Noë]
- ⊙ Lien bi-directionnel action-perception
  - Toute action « provoque » une sensation
  - Toute sensation « provoque » une action
- ⊙ La « représentation » du monde est l'ensemble de ces liens

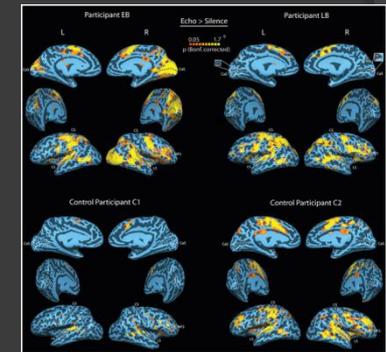
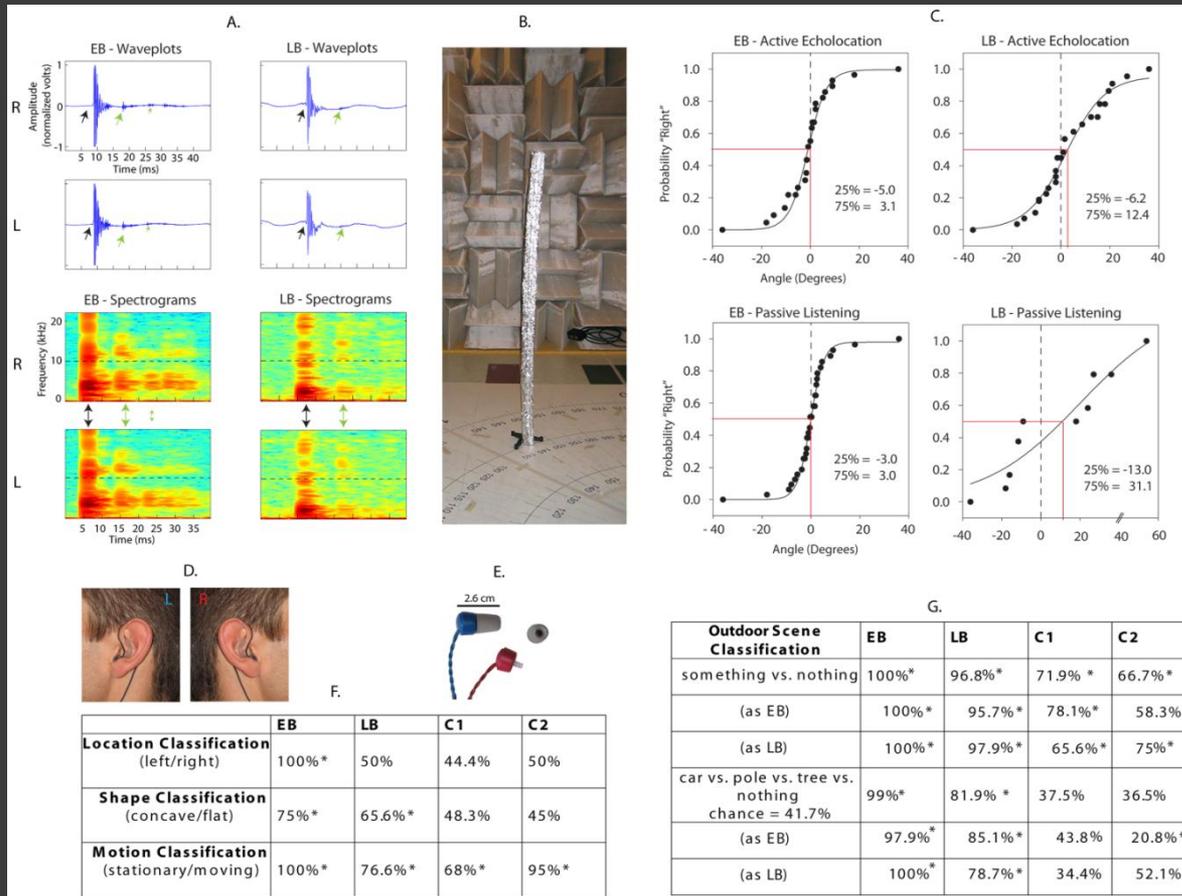
# Pourquoi « unité de base » ?



Paul Bach-y-Rita (1969)

# Argument neuronal

2 patients aveugles, capables de localiser une cible grâce à l'écho (passif ou actif)

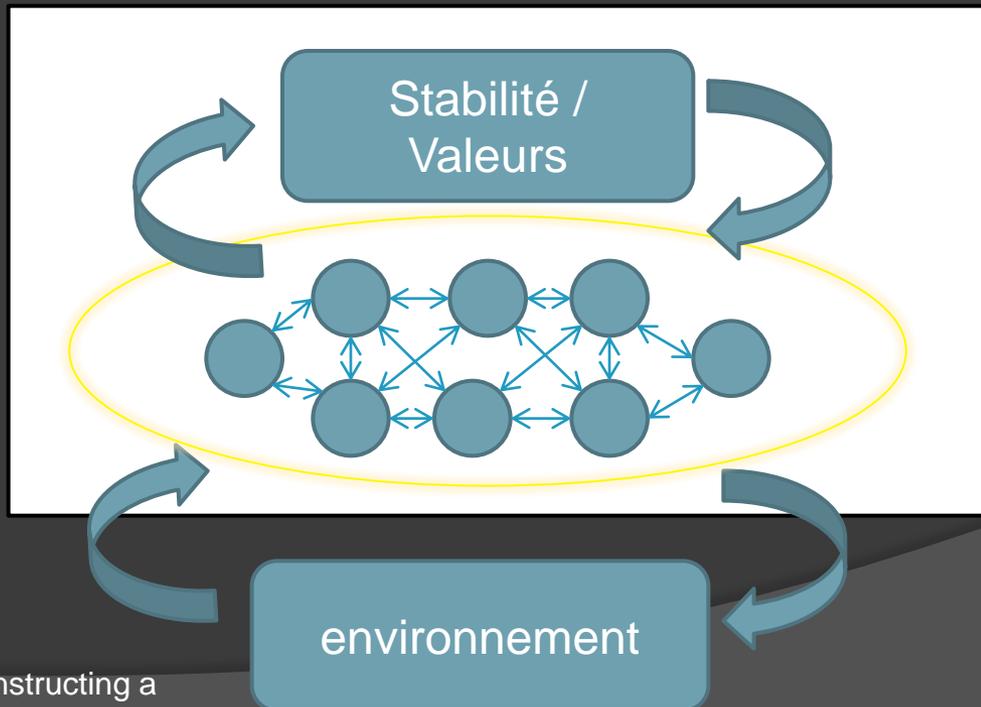


L'écholocalisation active les zones du cerveau activées pour la vision

Neural Correlates of Natural Human Echolocation in Early and Late Blind Echolocation Experts, Lore Thaler<sup>1</sup>, Stephen R. Arnott<sup>2</sup>, Melvyn A. Goodale, 2011

# Argument « constructiviste »

- Apparaît avec l'interaction et s'organise pour accroître le 'succès' de l'organisme
- « produit » une réalité stable
- Homéostasie cognitive
- Ontogenèse comportementale



# Invariant sensorimoteur

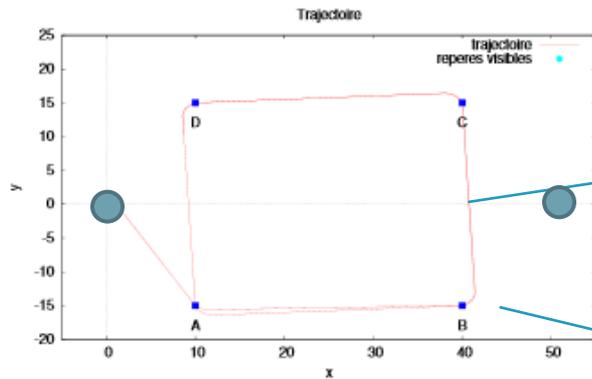


FIG. 4.3 – Trajectoire d'un agent dans un environnement en 2D contrôlé pour réaliser un carré

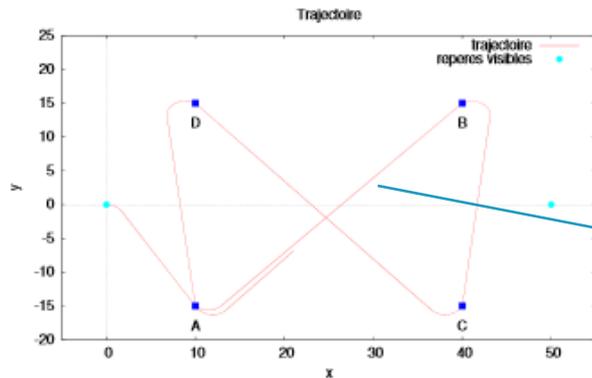
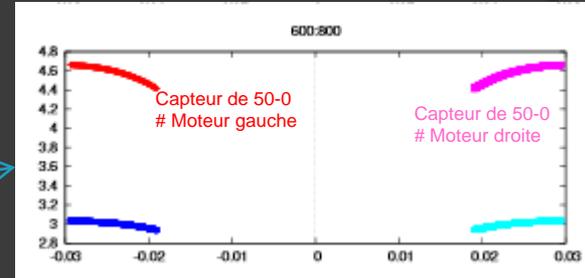
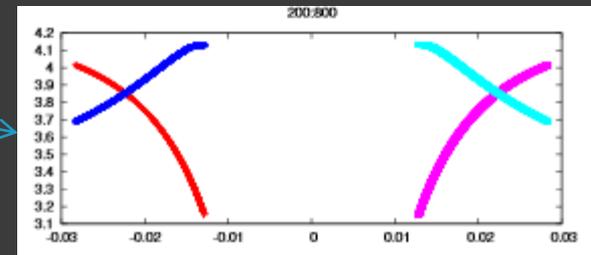
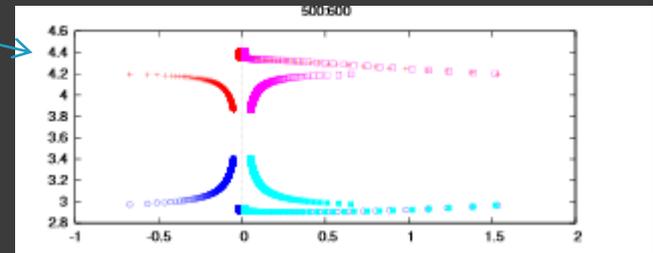


FIG. 4.4 – Trajectoire d'un agent dans un environnement en 2D contrôlé pour dessiner un sablier



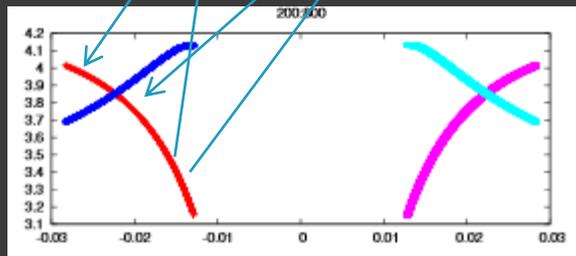
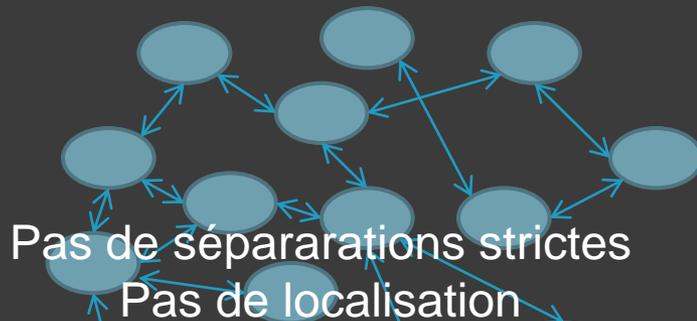
capteurs

moteurs

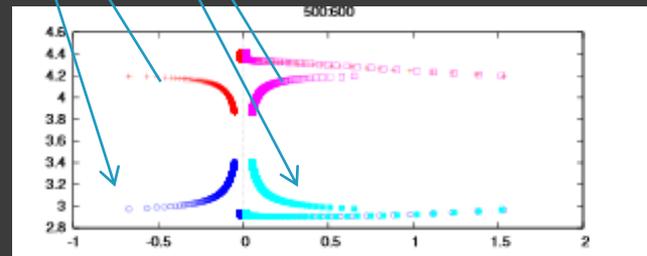


# Abstraction - Généralisation

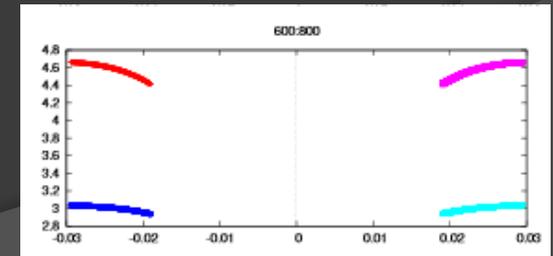
- Mémoire = processus
- Les perceptions renforcent et ré-activent des séquences correspondant aux invariants à plusieurs échelles de temps



Toucher

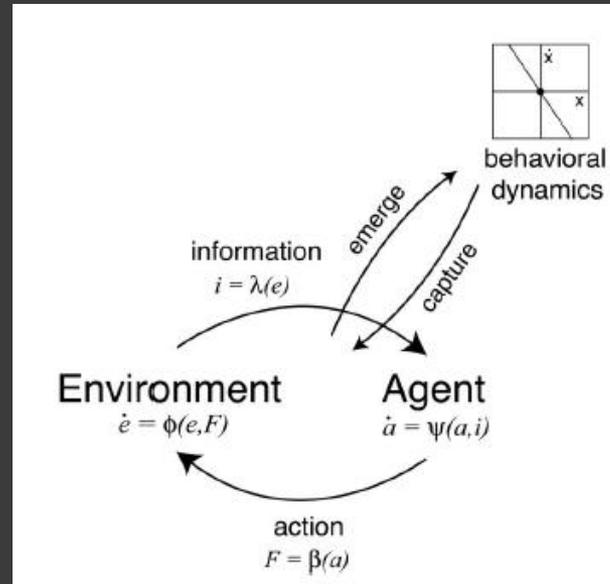


Son



Modalité X

# Liens avec l'approche dynamique en psychologie

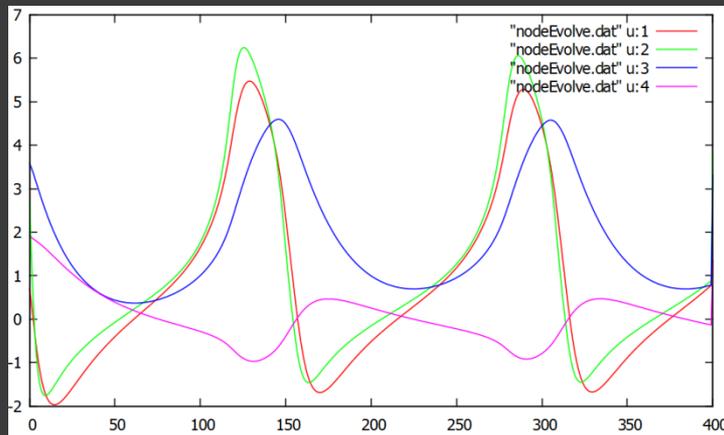
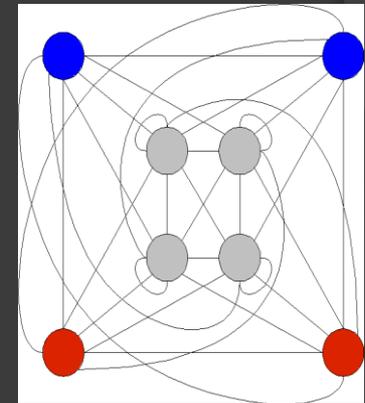


Warren, W. H. (2006). The dynamics of perception and action. *Psychological Review*, 113, 358-389.

# Cognition dynamique artificielle

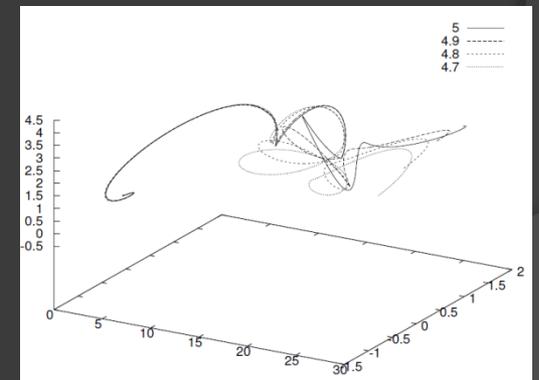
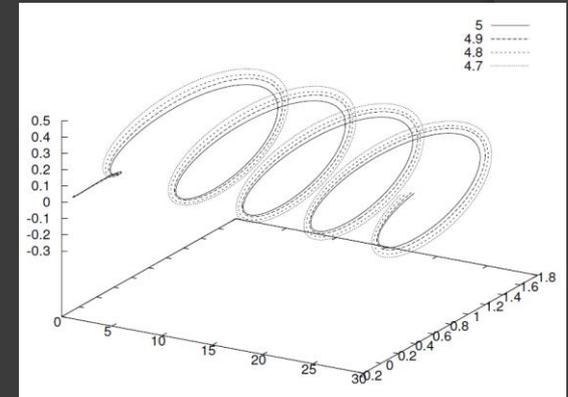
## ● CTRNN : Récurrences – Variables continues

$$\tau_i \frac{dy_i}{dt} = -y_i + \sum_{j=1}^N w_{ji} \sigma_j(y_j) + I_i(t)$$



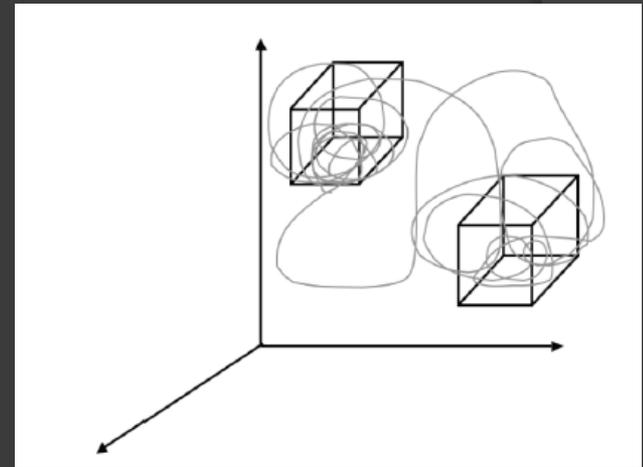
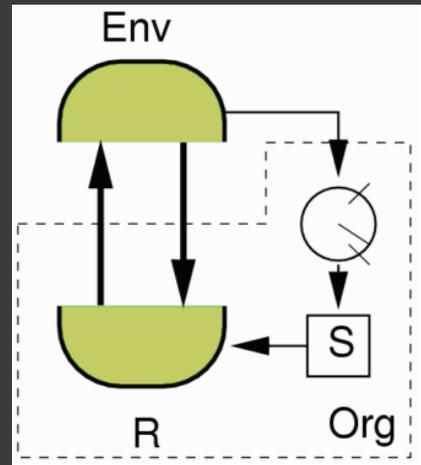
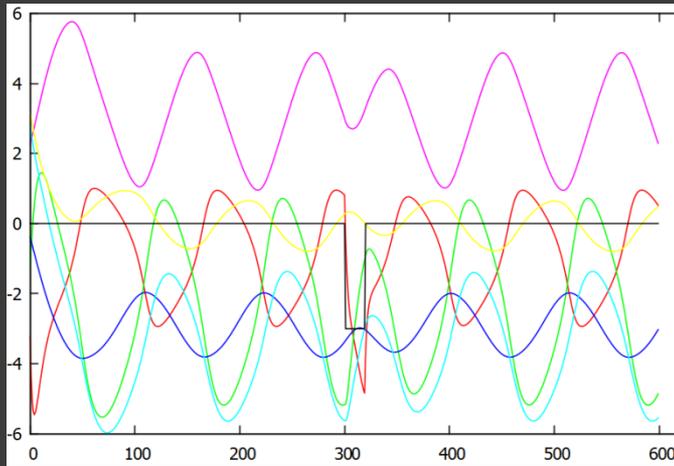
# Propriétés des CTRNN

- Pas de représentations
- Interaction = perturbations
- Resistance
- Nouveauté
- Régularité
- Autonomie



# Perturbation d'un CTRNN

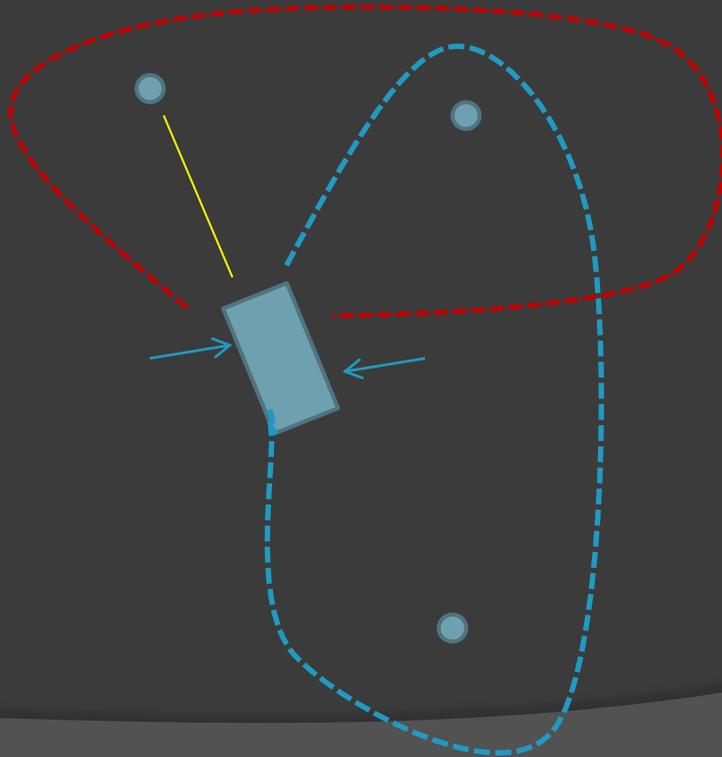
- Ultra-stabilité, Homéostasie et principes homéodynamique



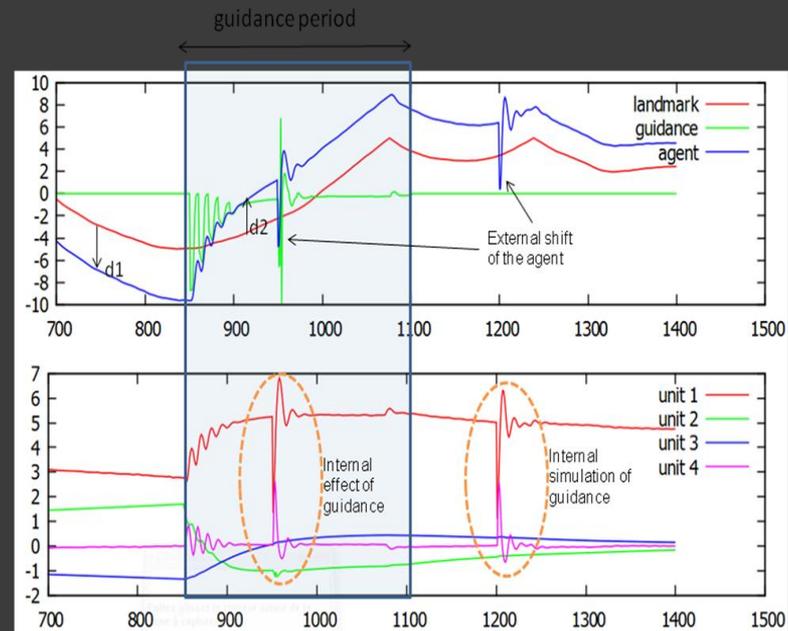
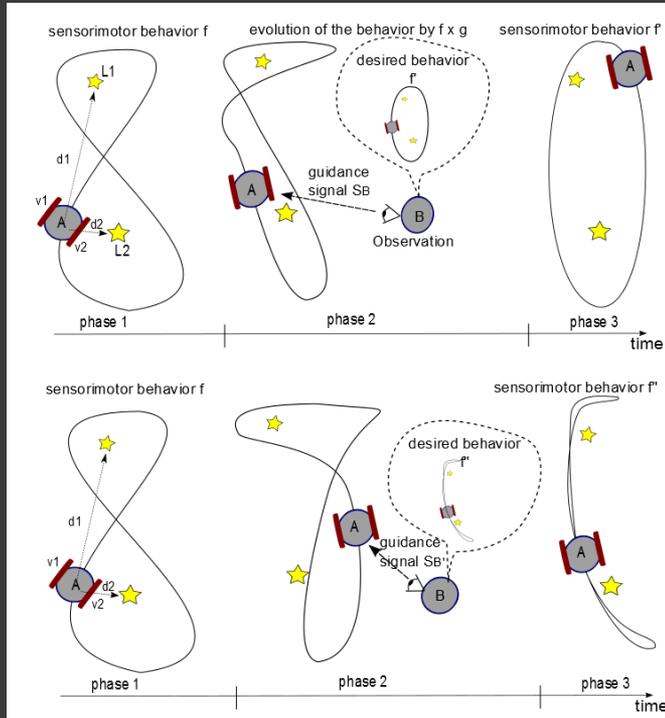
- Ikegami, T., & Suzuki, K. (2008). From a homeostatic to a homeodynamic self. *Bio Systems*, 91(2), 388–400. doi:10.1016/j.biosystems.2007.05.014

# Ontogenèse comportementale

- Couplage
- Guidage Interactif : de l'exafference à l'efférence
- Evolution d'invariants sensorimoteur



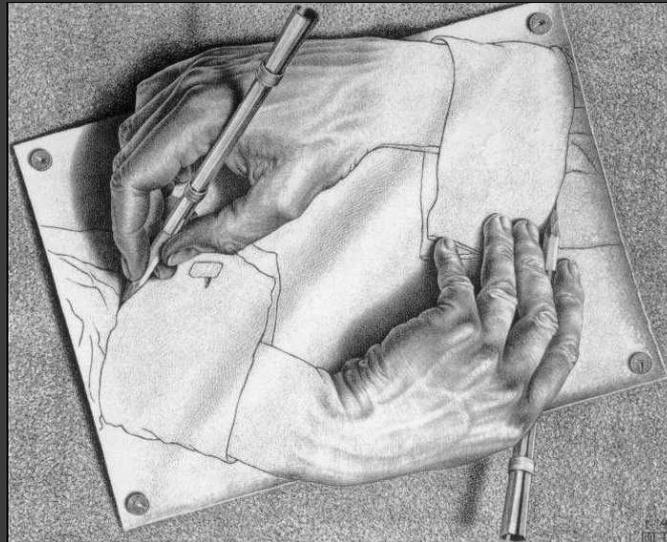
# Agents ontogénétiques



P. De Loor, K. Manac'h, and P. Chevallier, "The Memorization of In-Line Sensorimotor Invariants : Toward Behavioral Ontogeny and Enactive Agents," *Artif. life Robot.*, 2014.

# Cognition de haut-niveau ?

- S'appuyer sur l'externalisme
  - Sans environnement, pas de cognition
  - La complexité de notre cognition est liée à la complexité de notre environnement.

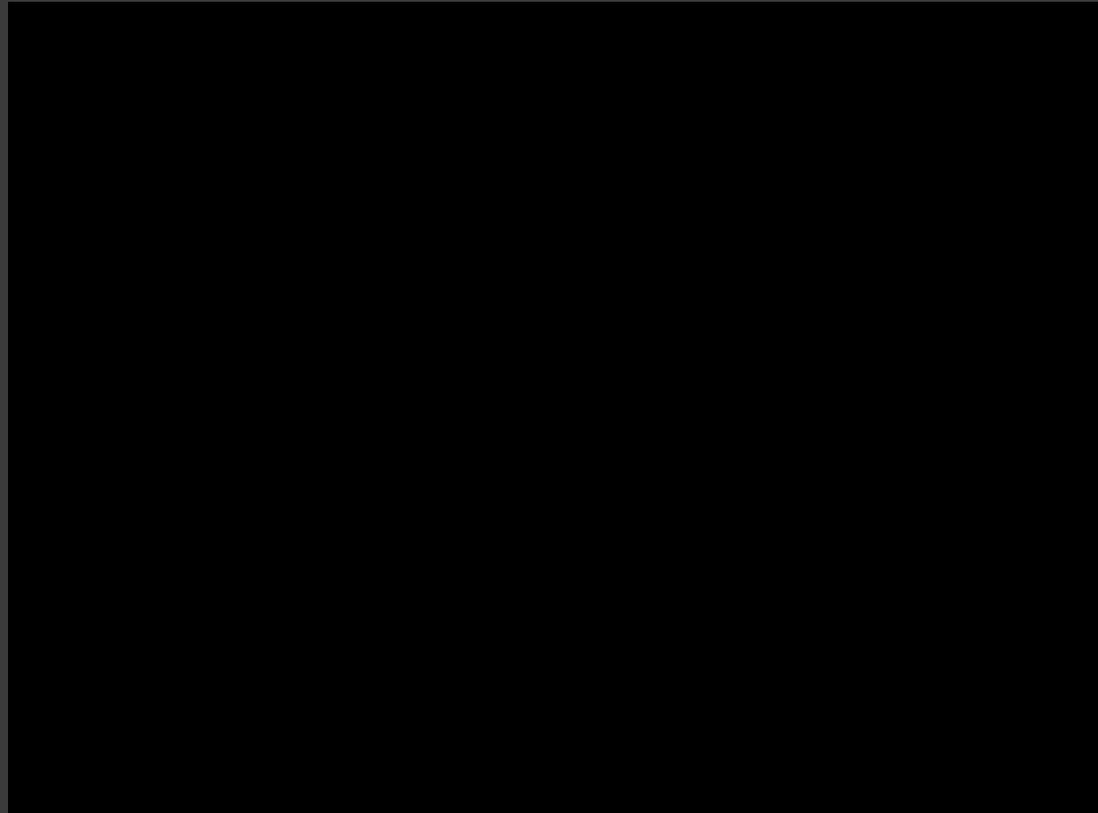


Leroi Gourhan, Stiegler, Bachimond

# Dans l'environnement ... il y à l'autre

# L'autre en tant qu'invariant sensorimoteur

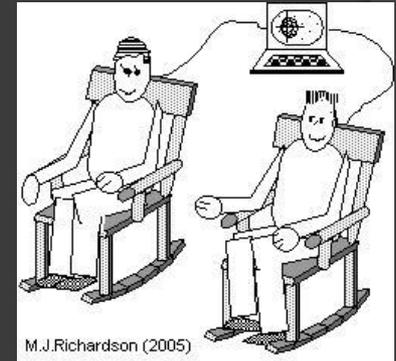
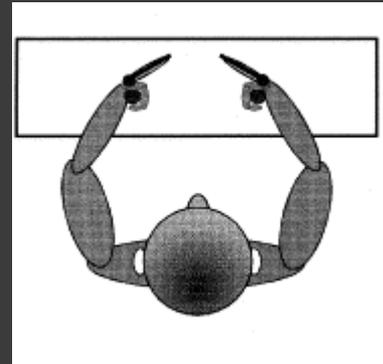
- Version sensorimotrice du Test de Turing



# Approche dynamique de la dyade



- Couplage intra – inter personnel



Effet chaméléon [LaFrance 1979], [Lakin & al. 2003]  
Synchronie [McDowall & al. 1978], [Miles & al. 2009]  
Backchannels [Yngve 1970]

Richardson, M. J., Marsh, K. L., & Schmidt, R. C. (2005). Effects of visual and verbal interaction on unintentional interpersonal coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(1), 62-79.

# Couplage dans la dyade : une définition

- Influence mutuelle continue
- Equilibre évolutif entre surprise et régularité
- Maintient de l'interaction grâce à l'innovation
- Le couplage existe car nous sommes en mesure de compenser sa diminution
- Il nous faut donc des modèles « mesurant le couplage »
- Homéostasie de l'interaction

[Lenay 2011], [Fogel 2007].

# Un projet art/science sur le couplage gestuel

- ◉ INGREDIBLE : « INteraction Gestuelle cREDIBLE » - [Lab-STICC / IRISA / LIMSI]
- ◉ Collaboration artistique (derez0 & impro-infini)

**Reproduire le couplage sensorimoteur dans un contexte de théâtre de mime**



Pierre De loor : [www.enib.fr/~deloor](http://www.enib.fr/~deloor)

[deloor@enib.fr](mailto:deloor@enib.fr)

[www.cerv.fr](http://www.cerv.fr)

<http://www.labsticc.fr/le-pole-cid/ihsev/>



**MERCI**