

Ecole Polytechnique - Séminaire HSS 512 F

SEMINAIRE CERVEAU ET COGNITION

L'INTERDISCIPLINARITE

FACE A

LA COMPLEXITE DU CERVEAU

Yves Frégnac

Directeur de Recherche CE au CNRS

Directeur de l'UNIC et de l'INAF
UPR 3293 CNRS
Gif sur Yvette

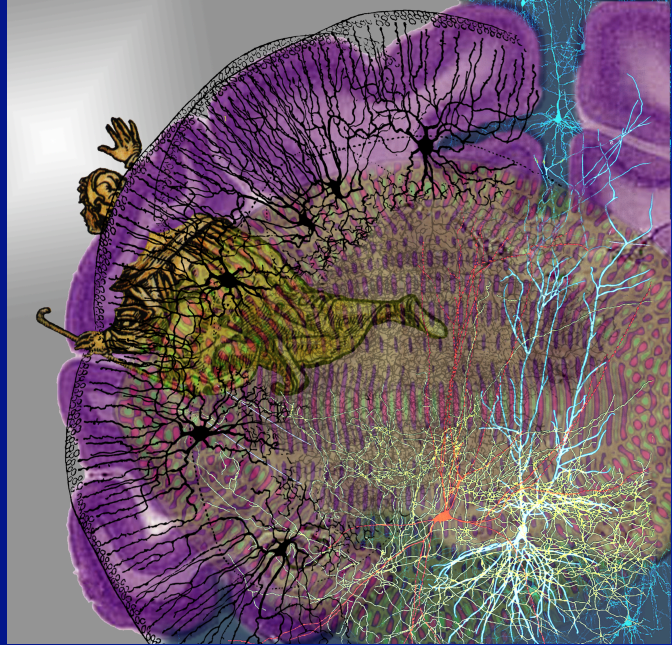
fregnac@unic.cnrs-gif.fr
www.unic.cnrs-gif.fr

&

René Doursat

Directeur de l'ISC-PIF
Chercheur au CREA-X

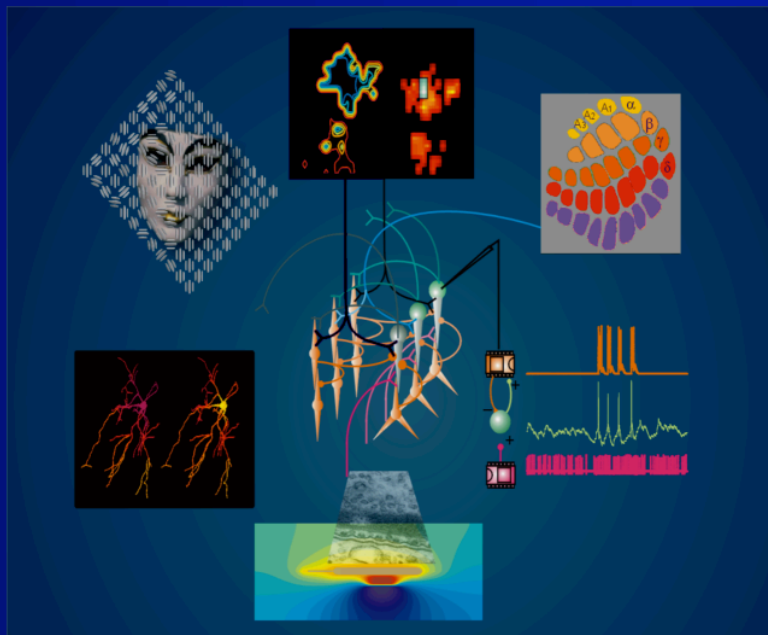
rene.doursat@polytechnique.edu



By courtesy of Eb Fetz

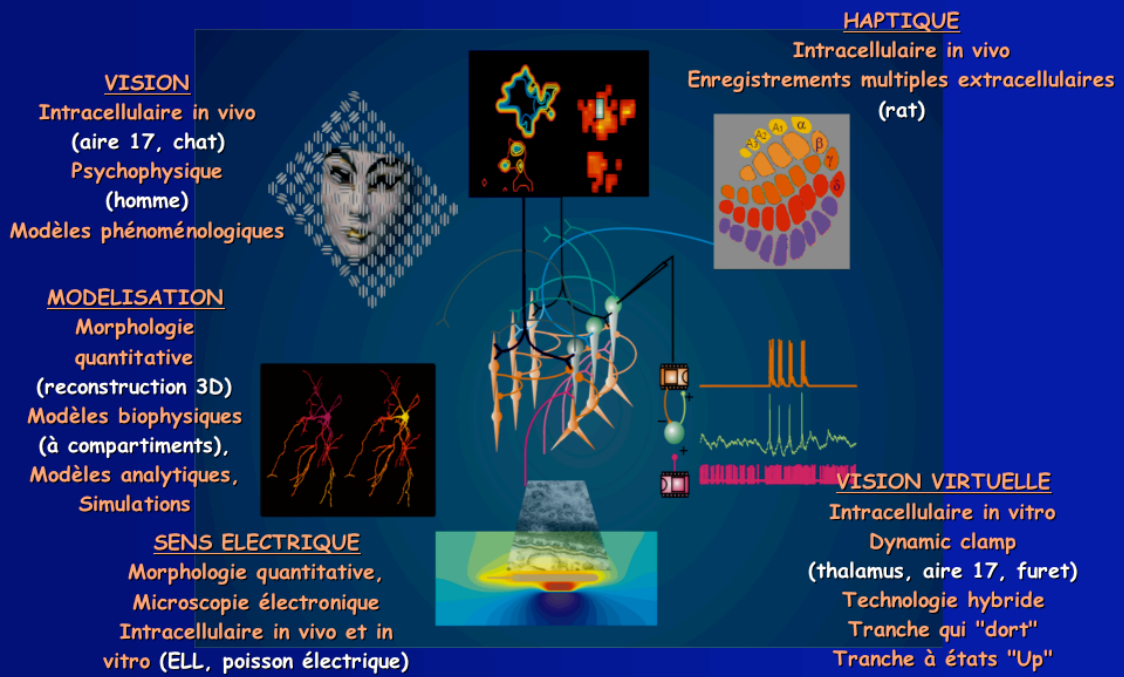
Unité de Neurosciences Information et Complexité

CNRS UPR 3293 1 Avenue de la Terrasse,
91198 Gif sur Yvette
Directeur: Yves Frégnac



Objectifs Scientifiques

Approche "Bottom-Up" en physiologie sensorielle
Emergence des propriétés collectives et perceptives (bas-niveau)
au sein des réseaux neuronaux sensoriels



Plan

- Organisation du Module HSS512F - Yves Frégnac

- Exposé Invité / Exposé Elèves
- Trinômes Problématique / Article 1 / Article 2
- Recherche et Formation à l'étranger
- Page web et Repository

http://doursat.free.fr/teaching_x_hss512f_f10.html

- Introduction Conceptuelle aux Sciences Cognitives - Yves Frégnac
- Présentation des Séminaires - René Doursat
- **Exposé 1: Neurodynamique et Complexité** - René Doursat

1. Science Cognitive Unifiée

Psychologie – Linguistique - Intelligence artificielle – Informatique

Rapporte les mécanismes de pensée à un algorithme de calcul et un niveau d'explication logique
Métaphore de l'ordinateur - Machine de Turing

2. Neurosciences Cognitives

Neurosciences Intégratives et Computationnelles – Physique statistique – Dynamique des Systèmes Complexes

Rapportent les mécanismes de pensée à un niveau d'explication neurologique et d'émergence fonctionnelle
Incluent différents courants:

- le connexionnisme
- les Théories neuronales de la pensée

Naturalité de l'esprit, qui doit recevoir les mêmes explications causales que tous les phénomènes de la nature (physiques, chimiques, biologiques).

3. Les Sciences de l'Esprit étendu

Epistémologie - Philosophie des Neurosciences – Systèmes Complexes - Sociobiologie

Pas de séparation entre l'individu, l'environnement et le social - Conscience vu comme un processus émergent collectif

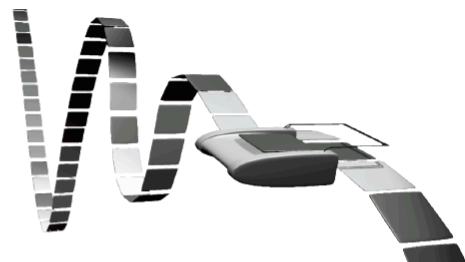
Incluent différents courants:

- Constructivisme
- Dynamicisme
- Enaction et Cognition située
- la Mémétique

1. Science Cognitive (singulier --> unifiée) Psychologie – Linguistique - Intelligence artificielle – Informatique

1937 Alan Turing Algorithmes et machine de Turing. Théorème de "calculabilité"

... "an infinite memory capacity obtained in the form of an infinite tape marked out into squares on each of which a symbol could be printed. At any moment there is one symbol in the machine; it is called the scanned symbol. The machine can alter the scanned symbol and its behavior is in part determined by that symbol, but the symbols on the tape elsewhere do not affect the behavior of the machine. However, the tape can be moved back and forth through the machine, this being one of the elementary operations of the machine. Any symbol on the tape may therefore eventually have an innings." (Turing 1948, p. 61)



1950 Chomsky, Grammaire formelle et critiques mentalistes du behaviorisme en linguistique

1960 Premier centre de Sciences Cognitives à Harvard:

Jérôme Bruner et Georges Miller (langage)

1975 Jerry Fodor, Le langage de la pensée

1984 Zenon Pylyshyn, la métaphore de l'ordinateur

1985 Howard Gardner, Histoire de la révolution cognitive, "The mind's new science" (théorie unifiée au singulier)

1985 Marvin Minsky, "the society of mind"

L'état mental est une relation entre l'esprit et une proposition de logique formelle, le "mentalais".

Théorie modulaire d'automates informationnels

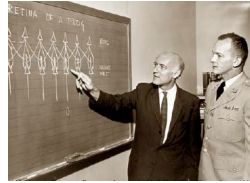
Cognitivism et Computationalisme: le niveau cognitif est autonome

Fonctionnalisme: indépendance matérielle et équivalence formelle

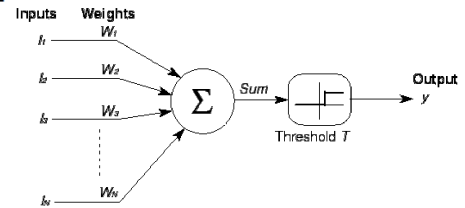
2a **Connexionnisme**
Réseaux de Neurones formels – Cybernétique et calcul parallèle –

1943 Warren McCulloch (neurophysiologiste) et Walter Pitts (logicien)

Réseaux de neurones formels

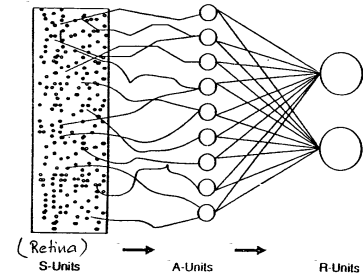
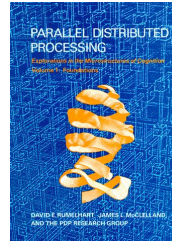


Mc Culloch / Pitts



Neurone formel

1986 Rumelhart and McClelland : parallel distributed processing
 Connexionnisme, calcul distribué
 L'ordinateur n'est plus une métaphore de l'esprit mais un outil

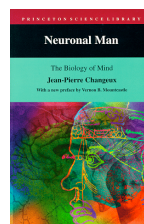


1992 Patricia Churchland et Terry Sejnowski
 The computational brain

1994 Daniel Dennett (la conscience expliquée)
 "la vie peut s'expliquer en termes de choses qui ne sont pas elles-mêmes vivantes"

2b **Théories neuronales de la pensée**
Neurosciences –Epigénèse – Neurosciences Computationnelles

1973 Jean-Pierre Changeux
 Théorie de la Stabilisation sélective. Apprendre c'est éliminer

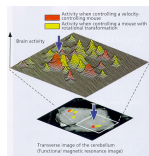


1983 L'Homme neuronal

1987 Gerald Edelman (Prix Nobel 1972 en immunologie)
 Neural Darwinism

Théorie des groupes neuronaux

2000 -



The dynamic Brain project - Mitsuo Kawato

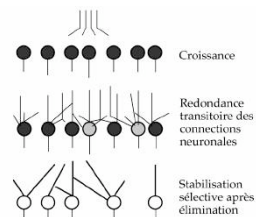
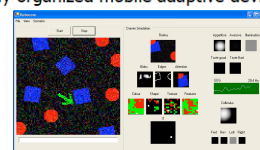


Figure 6.7 : Hypothèse de l'épigenèse par stabilisation sélective (d'après Changeux, 1985)
 L'entrée en activité, spontanée et/ou évoquée, du réseau nerveux en développement règle l'élimination des synapses surnuméraires mises en place au stade de la redondance transitoire



Neurally organized mobile adaptive device



3 Constructivisme - Cognition située - Enaction – Systèmes Complexes

Epistémologie – Philosophie (Kant- Heidegger) - Linguistique - Neuroscience - Robotics

Von Foerster et Gregory Bateson

1959 Jean Piaget: construction symbolique élaborée par le sujet dès 3 ans à partir des relations sujet/objet et des boucles action-perception. La compréhension du monde ne passe pas par une représentation mais émerge au travers des actions

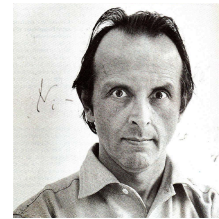
1968 Ludwig Von Bartalanfly Théorie générale des systèmes
 Umberto Maturana, Francisco Varela et Henri Atlan

Système dynamique à variables multiples régi par des équations différentielles. Emergence d'états globaux

Situated or **embodied cognition** / **embodied mind**
 the nature of the human **mind** is largely determined by the form of the human body and its sensorimotor interaction with our environment.

Enaction / Enactivism / Dynamicism

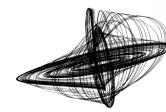
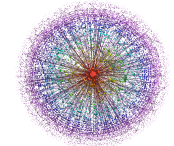
Autonomie, complexité et auto-organisation
 Autopoïèse: réseau de composants qui regènèrent par leurs interactions et transformation le réseau qui les a produit



Francisco Varela



Henri Atlan



attracteur dynamique

Complexité en Neurosciences

Des synapses et neurones aux fonctions cognitives

- ✓ 10¹² éléments / 10¹⁵ synapses
- ✓ processus stochastique binaire de décharge
- ✓ propagation lente des potentiels d'action le long des axones (0.1 to 100 m/s)
- ✓ transmission lente par des synapses chimiques

Le cerveau est comparable à un système électronique dont la bande passante en termes de communication est limitée, composé d'éléments à fiabilité réduite



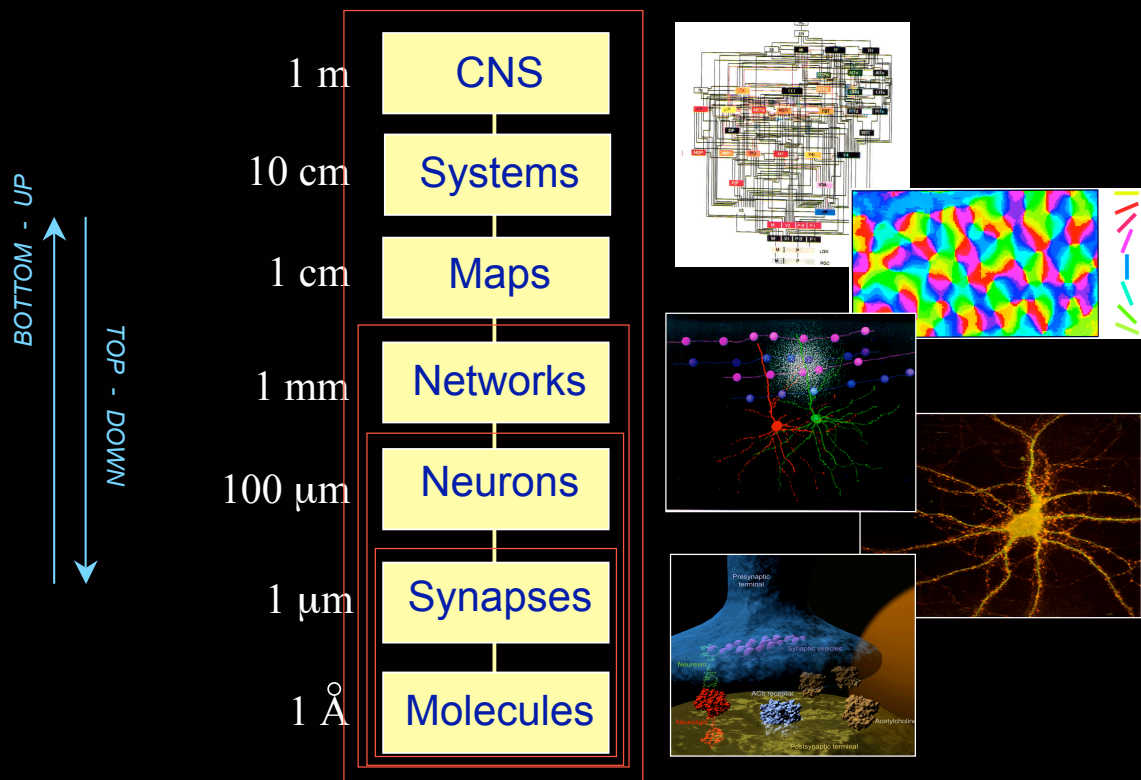
Paradoxe : la performance de calcul, d'apprentissage, et de mémorisation du cerveau, son pouvoir d'adaptation multi-tâches, sa capacité d'auto-organisation, sa résistance à la dégradation restent inégalées par des machines artificielles

Exemple de fonction cognitive : la perception visuelle

Les lois d'organisation et de fonctionnement du cerveau résultent d'une mise en accord entre le « monde » et « l'esprit » (William James, 1890)

Propriétés émergentes à un niveau d'organisation macroscopique

Hierarchie de Niveaux d'organisation



Les défis



125 Scientific Key Questions identified by the „American Association for the Advancement of Science“
WHAT DON'T WE KNOW...

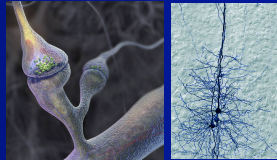
- 1 What is the Universe made of ?
- 2 What is the Biological Basis of Consciousness ?
- 3 Why do Humans Have So Few Genes ?

- Comprendre et visualiser le fonctionnement du cerveau à partir de l'activité neuronale (= digital, 0/1) et des processus locaux gradués membranaires (= analogique)
- Simuler le fonctionnement du cerveau par des méthodes informatiques
- Réparer les fonctions cognitives par des approches hybrides temps réel
- à long-terme, générer des architectures abstraites de calcul, s'inspirant de l'organisation du cerveau
- Simplifications: on s'abstrait des contributions fondamentales de la génétique, de la génomique fonctionnelle, de la neuropharmacologie, et on ne prend pas en compte les composantes non-neuronales (cellules gliales, neuromodulation, hormones..)

Une approche simplifiée « Lego-Mécano » du cerveau électrique

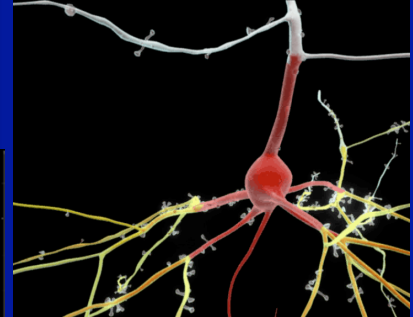
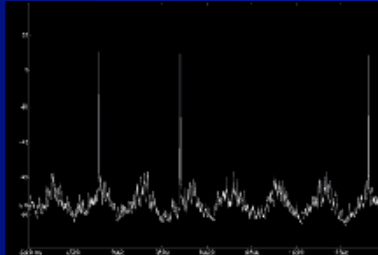
■ Les éléments

- neurones
- synapses



■ Le « parler neuronal »

- Le potentiel d'action
- Le potentiel de membrane



Courtesy of Henry Markram - Blue Brain Project

■ L'orchestre neuronal

- Codage par assemblée
- Organisation temporelle
- Bombardement synaptique pendant une scène naturelle



Courtesy of Ad Aertsen

UNIC



FRONTIERS IN NEUROMORPHIC COMPUTATION:

a Multi-FACETS Enterprise

3 - 4 JUNE 2010

Collège de France, Paris, France

From neuronal assembly dynamics and network modelling to very large-scale hardware implementation

More information and registration (free of charge) at:
www.facets-project.org

Speakers include:

- Gérard Berry
- Alain Berthoz
- Nicolas Brunel
- Gordon Cheng
- Andrew Davison
- Alain Destexhe
- Rodney Douglas
- Olivier Faugeras
- Yves Frégnac
- Thomas Fritzsche
- Wulfram Gerstner
- Mark-Oliver Gewaltig
- Achim Graupner
- Jens Kremkow
- Anders Lansner
- Gilles Laurent
- David Lester
- Wolfgang Maass
- Henry Markram
- Guillaume Masson
- Karlheinz Meier
- Sylvie Renaud
- Johannes Schemmel
- Anteo Smerieri

Organized by

IPSEN, OCOST, INAF, Brain4-Neets, FACETS-ITN, CNRS, ITMO Neurosciences, EU-FEL, FACETS, UNIC, CNRS UPR 3293 (<http://www.unic.cnrs-gif.fr/>)