



Séminaire HSS 512F, Automne 2010

CERVEAU ET COGNITION

Département Humanités et Sciences Sociales

Yves Frégnac (UNIC, CNRS) et René Doursat (CREA-ISC, X)



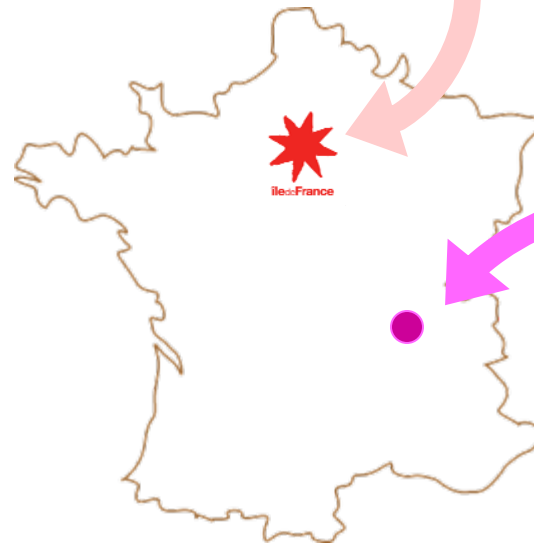
Centre de
recherche en
épistémologie
appliquée



INSTITUT
DES SYSTÈMES
COMPLEXES



INSTITUT DES SYSTÈMES COMPLEXES Paris Île-de-France

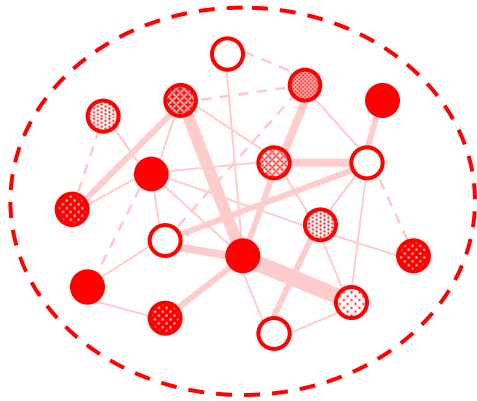


co-organisation des Ecoles
d'été, d'appels d'offre, etc.



Les systèmes complexes

➤ Nous sommes entourés de *systèmes complexes*



- un grand nombre d'agents élémentaires interagissant localement
- des comportements individuels locaux créant un comportement collectif émergent
- *une dynamique décentralisée sans plan/grand architecte*

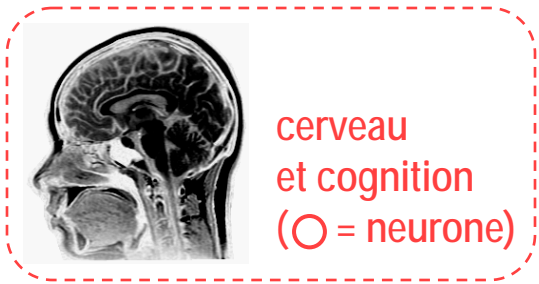
✓ systèmes **physiques**, **biologiques**, **techniques**, **sociaux**



formation de motifs
(○ = particule)



développement biologique
(○ = cellule)

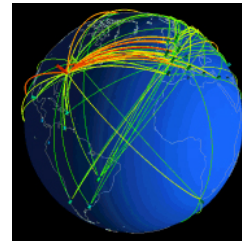


cerveau et cognition
(○ = neurone)

colonies d'insectes
(○ = fourmi)



Internet & Web
(○ = hôte/page)

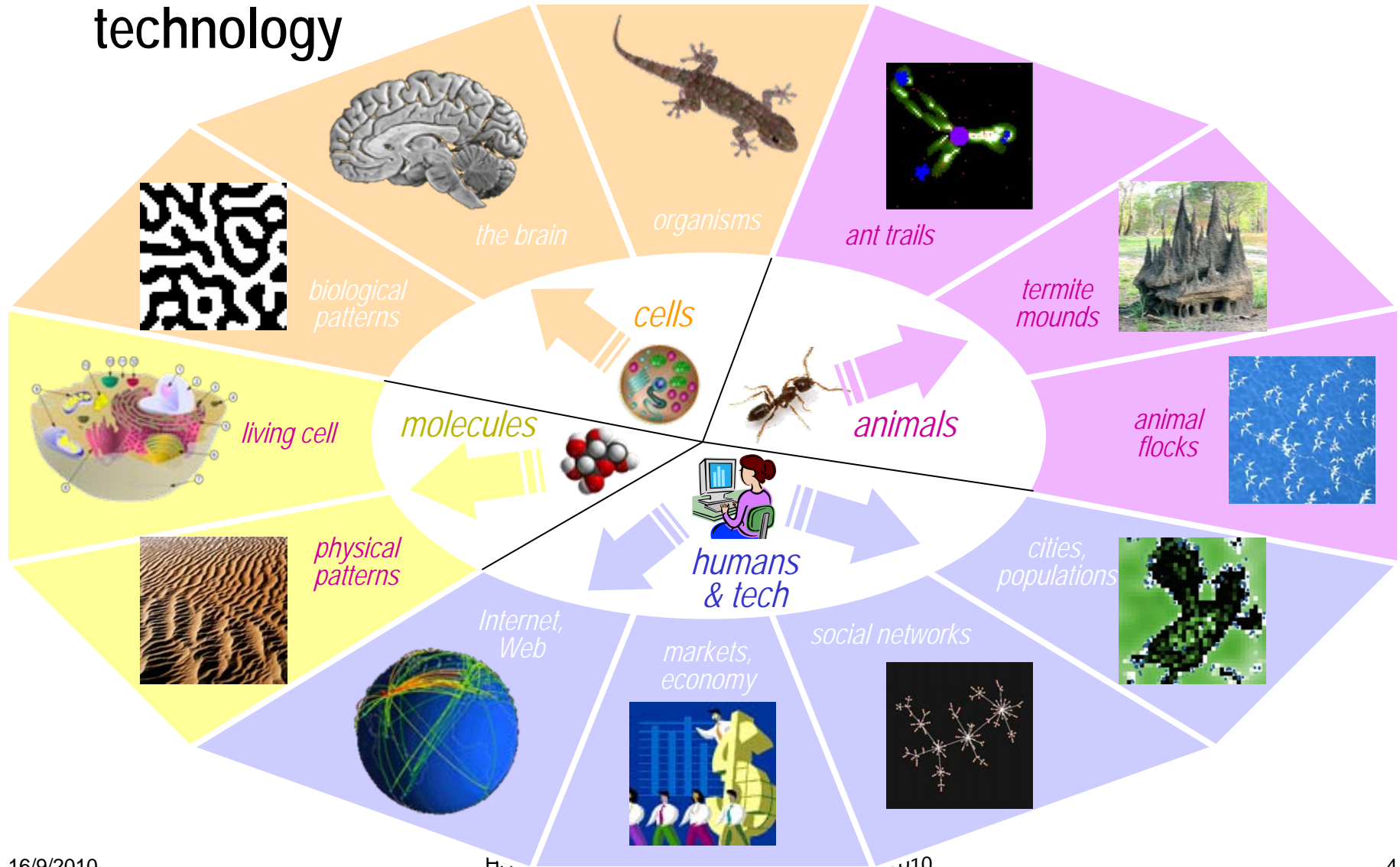


réseaux sociaux
(○ = individu)



Les systèmes complexes

- All kinds of agents: molecules, cells, animals, humans & technology



Des SC naturels aux SC artificiels

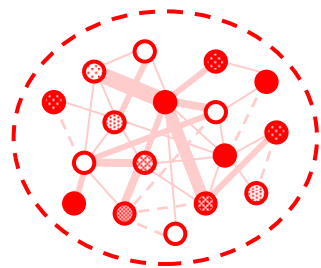
➤ Principaux enjeux de la recherche en systèmes complexes



*Science des SC : Comprendre les SC « naturels »
(spontanément émergents, incluant l'activité humaine)*

Exportations

- décentralisation
- autonomie, homéostasie
- apprentissage, évolution



*Ingénierie des SC : Concevoir une nouvelle génération
de SC « artificiels » (domestiqués, incluant la nature)*

Transferts

- d'un système à l'autre

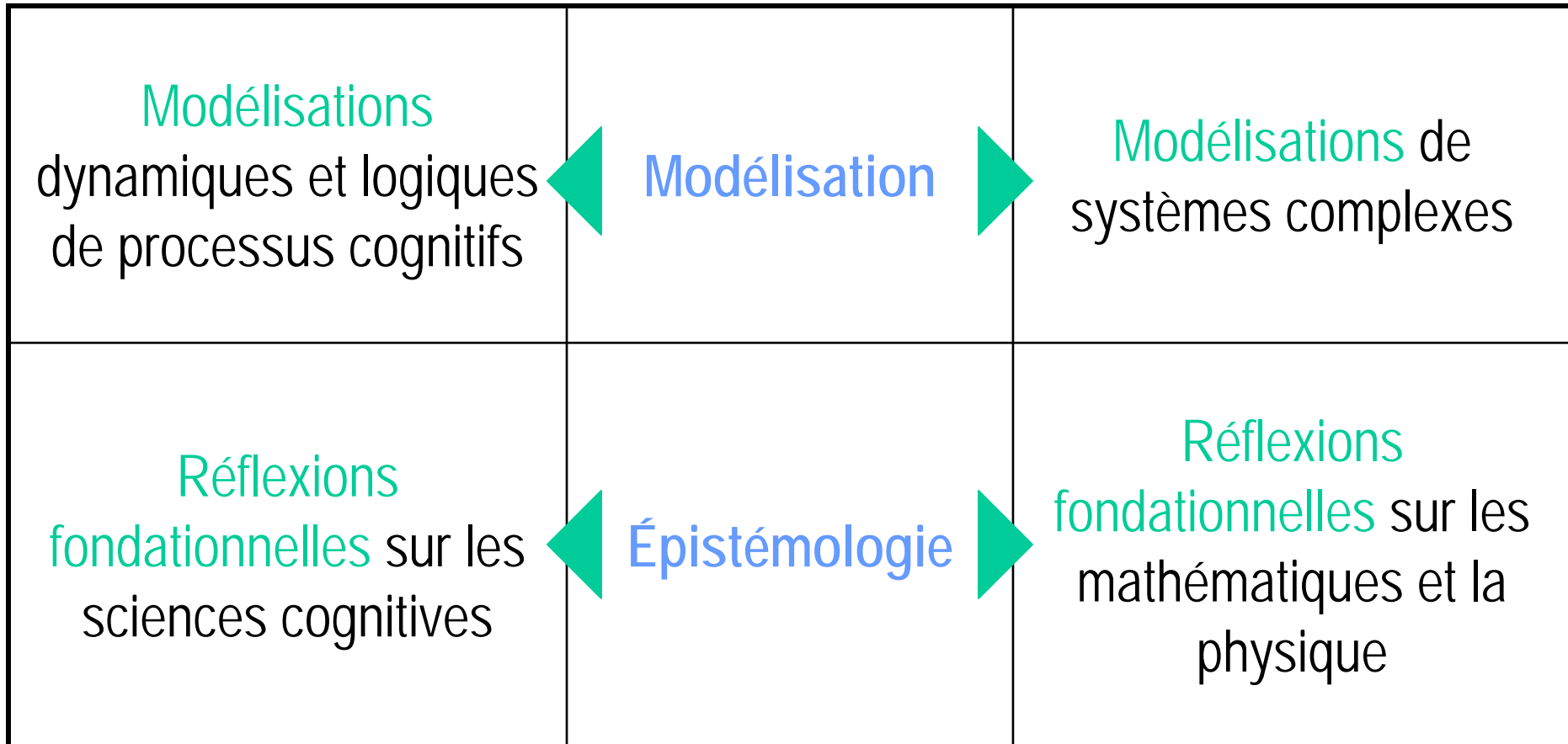
Importations

- observer, modéliser
- contrôler, maîtriser
- fabriquer, utiliser

CREA

CENTRE DE RECHERCHE EN
ÉPISTÉMOLOGIE APPLIQUÉE
École Polytechnique - CNRS
(UMR 7656)

Axes de recherche



Des recherches « techniques théoriques »

➤ Modèles

- ✓ connexionnistes
- ✓ d'architectures d'aires corticales
- ✓ catégoriques des contenus mentaux
- ✓ topologiques et dynamiques en linguistique

➤ Epistémologie

- ✓ naturalisation de la phénoménologie
- ✓ approches néo-transcendantales pour les fondations des mathématiques et de la physique mathématique

➤ Economie

- ✓ des conventions
- ✓ cognitive et cognition sociale

➤ Vie artificielle et algorithmes génétiques

➤ Science des sys. complexes

Liens avec les disciplines empiriques

➤ Disciplines

- ✓ biologie développementale
- ✓ neurosciences
- ✓ psychophysique
- ✓ économie expérimentale
- ✓ linguistique cognitive

➤ Conventions d'association

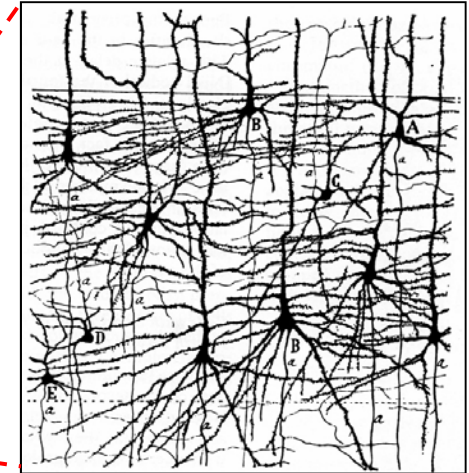
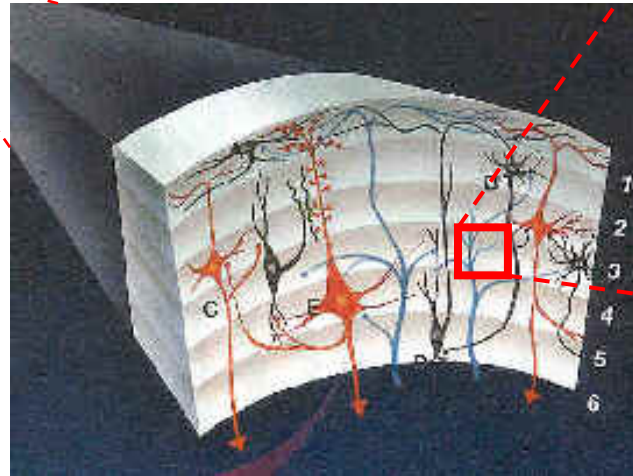
- ✓ GRISE, CENECC (ENS Ulm), le CAMS (EHESS), l'équipe LIENS (ENS Ulm), l'équipe Géométrie de Chevaleret, l'UNIC et DEPSN (INAF-Gif), l'ANIM (Paris 6), LPPA (Collège de France), CMLA (ENS Cachan), le CERSA (Paris 2), les Archives Husserl (ENS), le Rheseis (Paris 7)

Introduction: Modeling Neural Networks



Medial surface of the brain
(Virtual Hospital, University of Iowa)

Cortical layers



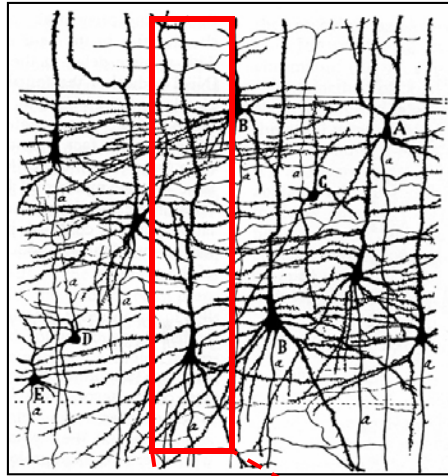
Pyramidal neurons and interneurons
(Ramón y Cajal 1900)

Phenomenon

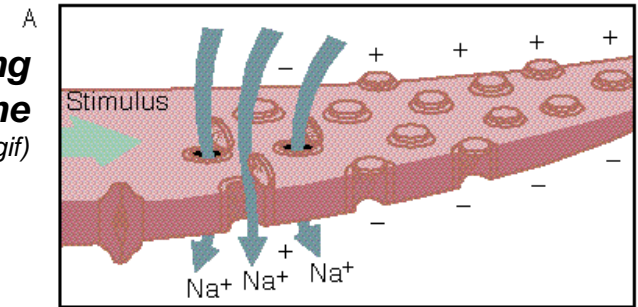
- neurons together form... the brain!
(and peripheral nervous system)
 - perception, cognition, action
 - emotions, consciousness
 - behavior, learning
 - autonomic regulation: organs, glands

- $\sim 10^{11}$ neurons in humans
- communicate with each other through
(mostly) electrical potentials
- neural activity exhibits specific *patterns of spatial and temporal organization & coherence* ("neural code")

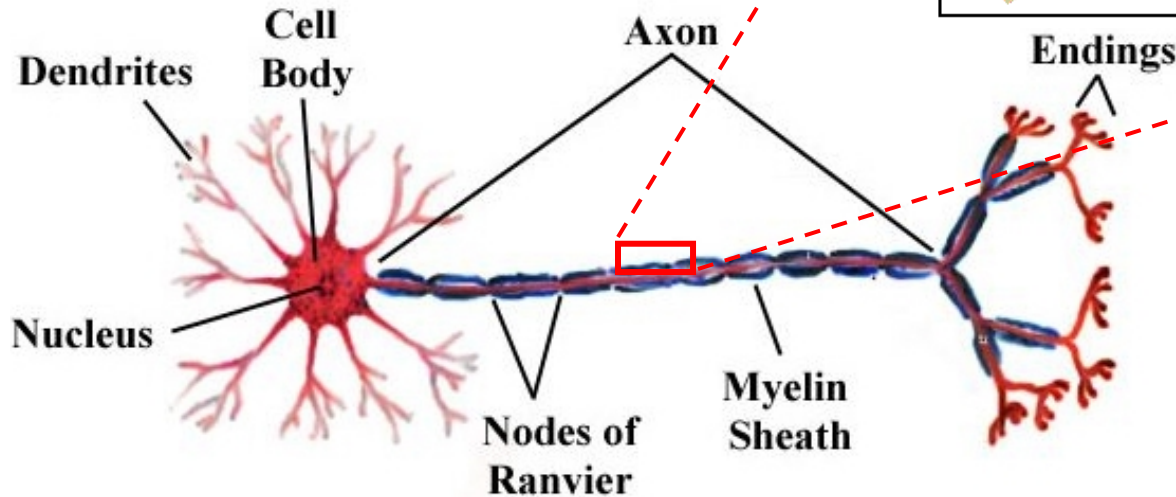
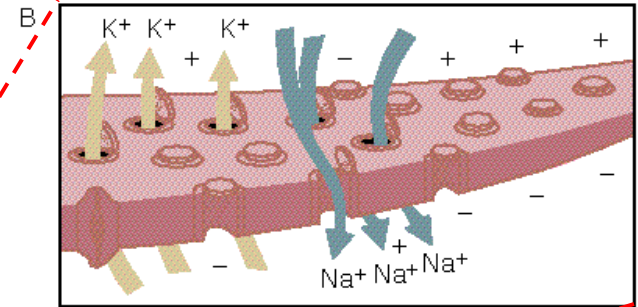
Introduction: Modeling Neural Networks



Ionic channels opening and closing
 → **depolarization of the membrane**
 (<http://www.awa.com/norton/figures/fig0209.gif>)



Pyramidal neurons and interneurons
 (Ramón y Cajal 1900)

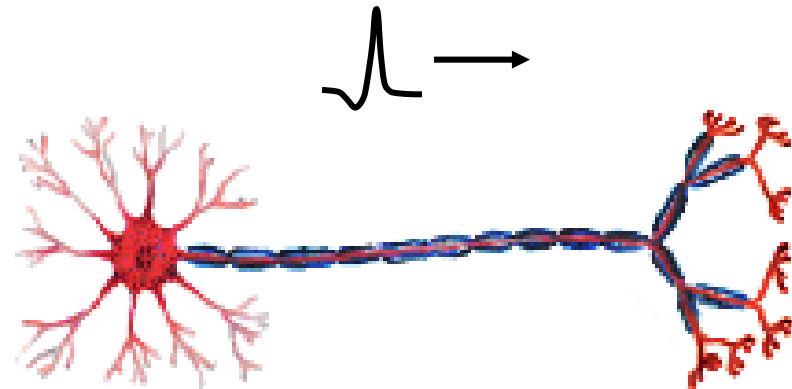
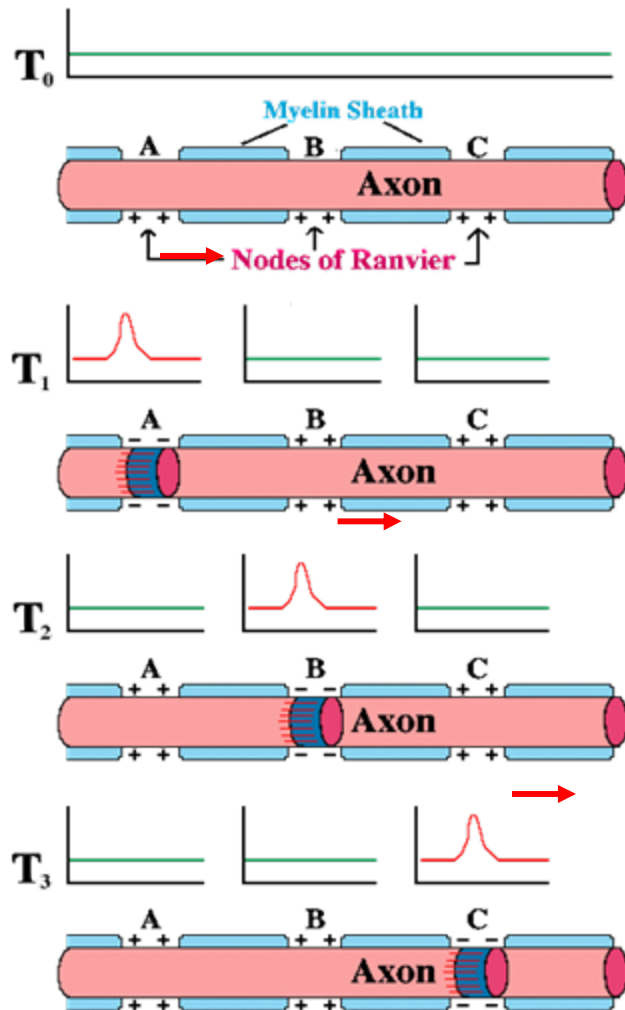


A typical neuron

(<http://www.bio.brandeis.edu/biomath/mike/AP.html>)

Introduction: Modeling Neural Networks

➤ The propagation of bioelectrical potential



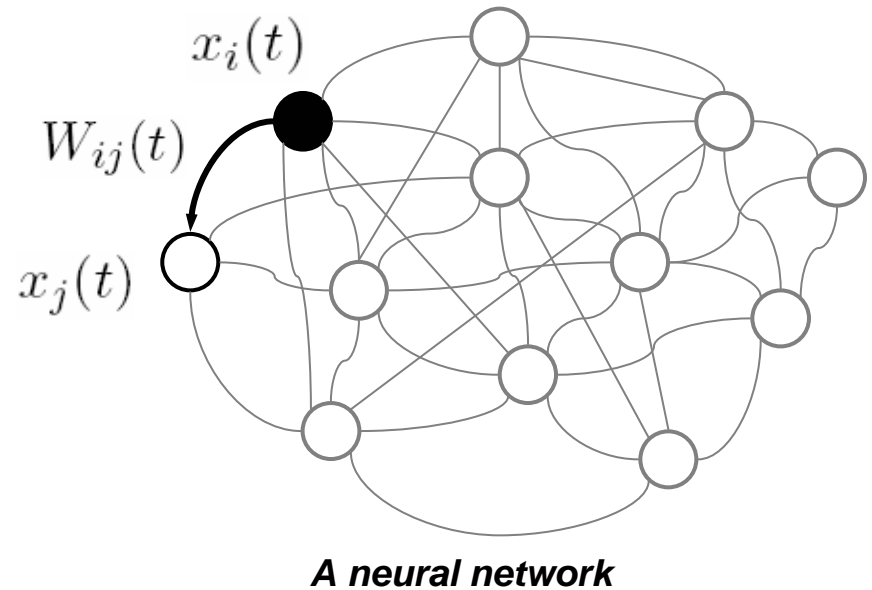
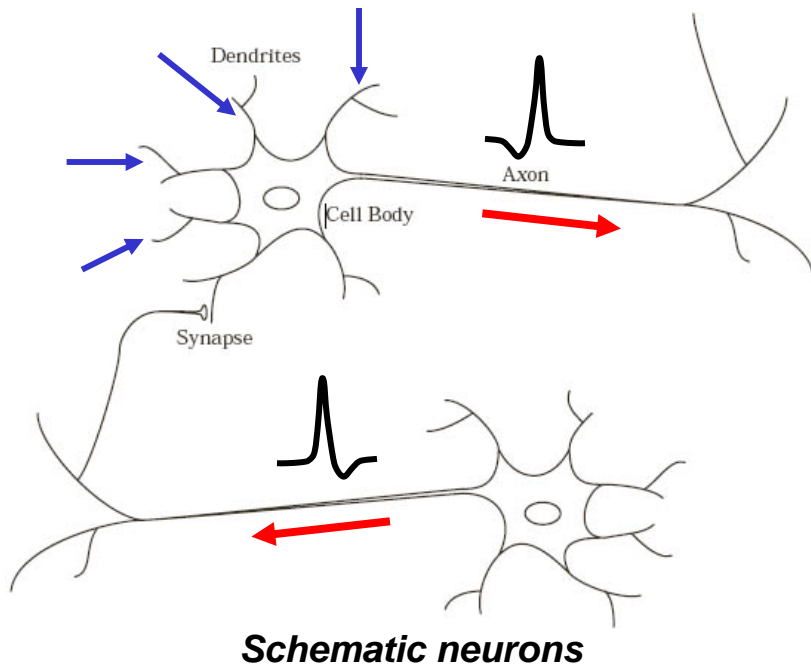
(<http://www.bio.brandeis.edu/biomath/mike/AP.html>)

**Cascade of channel openings and closings =
Propagation of the depolarization along the axon
→ called “action potential”, or “spike”**

(<http://hypatia.ss.uci.edu/psych9a/lectures/lec4fig/n-action-potential.gif>)

Introduction: Modeling Neural Networks

➤ Schematic neural networks



Core dogma

- each neuron receives signals from many other neurons through its *dendrites*
- the signals converge to the *soma* (cell body) and are integrated
- if the integration exceeds a threshold, the neuron fires a spike on its *axon*

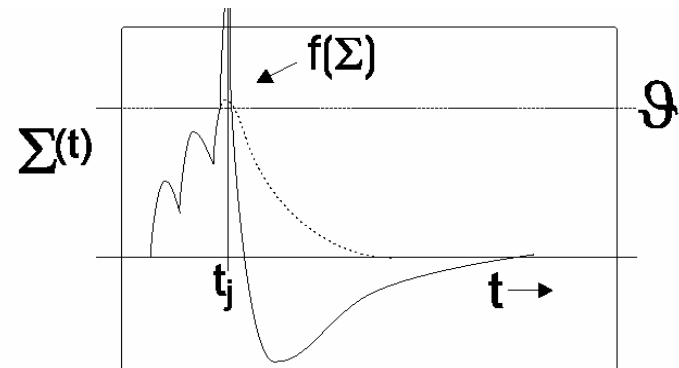
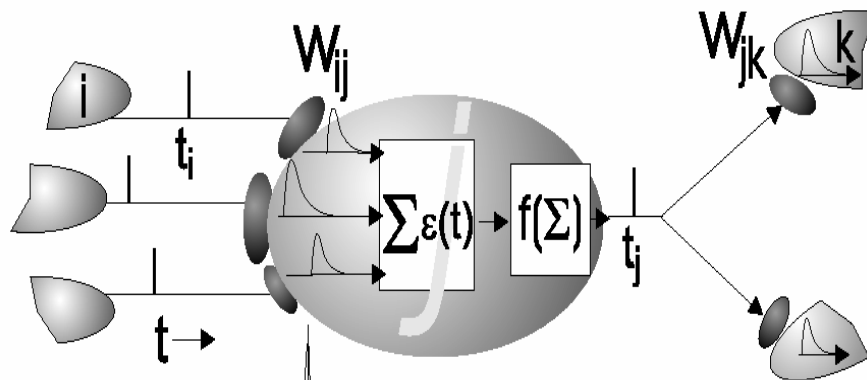
Introduction: Modeling Neural Networks

➤ Spiking neuron: levels of detail

- ✓ binary threshold neuron
- ✓ integrate-and-fire
 - additive “bump” model
 - current-based differential equation
- ✓ Hodgkin-Huxley
 - conductance-based differential equation

more detailed

more schematic



Plan du séminaire HSS512F, automne 2010

NIVEAU MICROSCOPIQUE : Bases moléculaires, génétiques et cellulaires, physiologie du neurone individuel

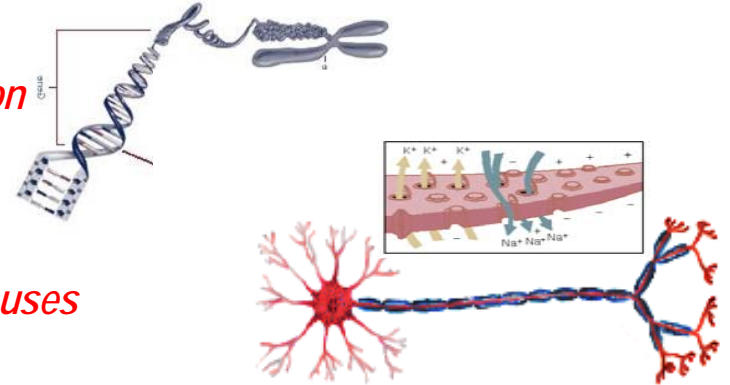
- MICRO 1 : Dégénérescence neuronale

Alexis Brice : *Bases génétiques de la maladie de Parkinson*

- MICRO 2 : Imagerie moléculaire

Antoine Triller et Maxime Dahan :

Imagerie et nanosciences dans l'étude des cellules nerveuses



NIVEAU MESOSCOPIQUE : Neurosciences computationnelles, électrophysiologie, neurodynamique complexe, modélisation en réseaux

- MESO 1 : Neurodynamiques complexes et motifs spatio-temporels

René Doursat : *Bâtir les fondations mésoscopiques de la cognition*

- MESO 2 : Régimes statistiques, multi-stabilité

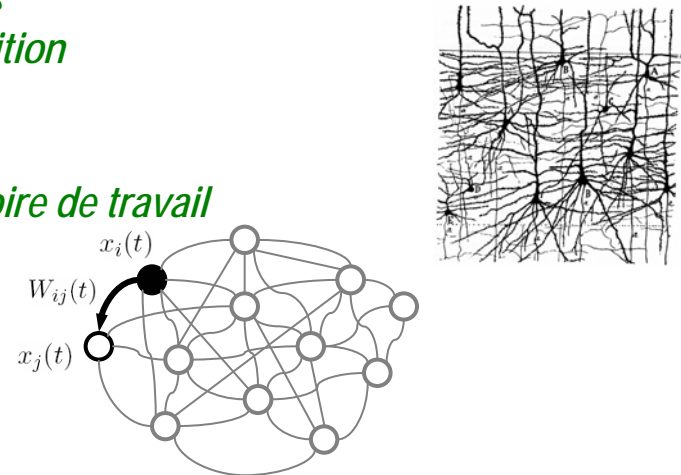
Nicolas Brunel : *Modèles de l'activité persistente et de la mémoire de travail*

- MESO 3 : Neuro-géométrie de la vision

Jean Petitot : *Architectures de calcul dans le cortex visuel*

- MESO 4 : Codage en populations de neurones

Gilles Laurent : *Encodage olfactif : dynamique de réseaux, nature des représentations*



Plan du séminaire HSS512F, automne 2010

NIVEAU MACROSCOPIQUE : Neurosciences cognitives, imagerie fonctionnelle

- MACRO 1 : Organisation multi-échelle dans le cerveau

Yves Burnod : *De l'architecture neuronale multi-échelle du cortex cérébral humain aux capacités d'adaptation et d'apprentissage*

- MACRO 2 : Bases neurales de l'esthétique et de la conscience

Jean-Pierre Changeux : *La beauté dans le cerveau ?*

- MACRO 3 : Neuro-imagerie en temps réel

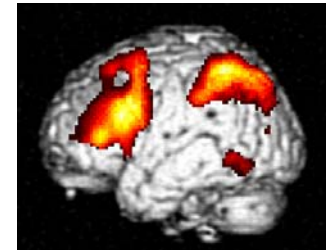
Olivier Bertrand : *Interfaces cerveau-machine : « agir par la pensée »*

- MACRO 4 : Conscience du corps

Kevin O'Regan : *Localisation et nature ressentie des sensations : une approche sensorimotrice*

- MACRO 5 : Intégration multisensorielle et perception temporelle

Virginie van Wassenhove : *Current issues in the neural and perceptual dynamics of multisensory integration*



Laufs et al.

MICRO 1 : Dégénérescence neuronale

➤ Alexis Brice, Prof. Pitié-Salp., Dir. ITMO « Neurosciences » (INSERM)

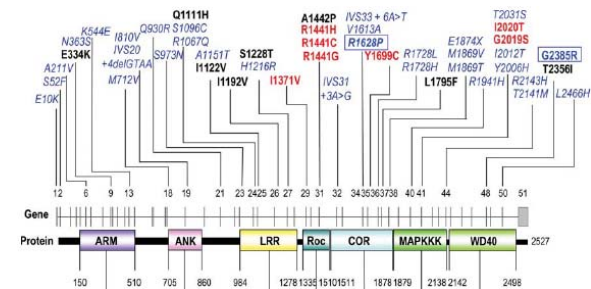
- ✓ Grand Prix 2005 de la Fondation pour la Recherche Médicale (Acad. des Sciences)
- ✓ étude des bases génétiques de différentes affections neuro-dégénératives du SNC (maladie de Parkinson, démences frontotemporales) par identification de gènes responsables et/ou de facteurs de susceptibilité
- ✓ montré l'existence de formes autosomiques récessives de Parkinson dues à des mutations



□ *Bases génétiques de la maladie de Parkinson*

- ✓ Parkinson se manifeste par des troubles moteurs liés à la dégénérescence progressive des neurones dopaminergiques
- ✓ cependant, les mécanismes de la mort neuronale restent inconnus
- ✓ la dernière décennie a permis d'identifier une composante génétique importante
- ✓ différents exemples illustreront les avancées génétiques dans cette maladie
- ✓ modélisation dans des systèmes cellulaires ou chez l'animal

MICRO 1 : Dégénérescence neuronale



■ Lansbury & Brice (2002)

Genetics of Parkinson's disease and biochemical studies of implicated gene products

- ✓ Parkinson's disease was thought to have little or no genetic component; this notion has changed with the identification of 3 genes, and the mapping of 5 others
- ✓ genetic information may prove to be useful in identifying new therapeutic targets and identifying the preclinical phase, allowing treatment to begin sooner

■ Lees et al. (2009) Parkinson's disease (review)

- ✓ Parkinson's disease is a common progressive disorder that can be diagnosed
- ✓ characterised by severe cell loss in brain stem, spinal cord, and cortical regions
- ✓ main risk factor is age, genetic predisposition is another important causal factor
- ✓ dopamine replacement therapy considerably reduces motor handicap



■ Lesage & Brice (2009) From monogenic forms to genetic susceptibility factors

- ✓ research in Parkinson's disease genetics has been extremely prolific over the past decade: re-sequencing and gene-environment studies are expected to further define the causal role of genetic determinants and improve prevention/treatment

MICRO 2 : Imagerie moléculaire

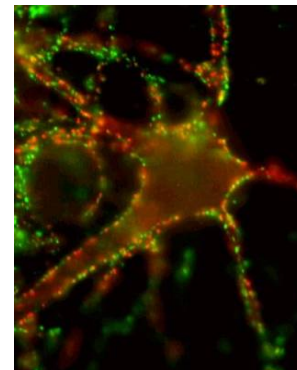
➤ **Antoine Triller**, Dir. Rech. INSERM / ENS, Dir. unité « Biologie de la synapse et régulation de la survie neuronale »

- ✓ dynamics of postsynaptic membrane receptors (role of the presynaptic terminals)
- ✓ combining cell biology with high-resolution real-time imaging
- ✓ new methods using quantum dots to study single receptors movements in the neuronal plasma membrane



➤ **Maxime Dahan**, CR CNRS / ENS, Laboratoire Kastler Brossel, Dir. unité « Optique et Biologie »

- ✓ single molecule techniques for biology
- ✓ semi-conductor q-dots as fluorescent probes
- ✓ record the motion of individual biomolecules with ms / nm accuracy
- ✓ ex: diffusion dynamics of membrane receptors in cultured neurons



MICRO 2 : Imagerie moléculaire

- *Imagerie et nanosciences dans l'étude des cellules nerveuses*
 - ✓ bases moléculaires de l'organisation de la synapse : enjeu clé pour la compréhension de la plasticité des cellules nerveuses
 - ✓ de nouveaux outils de visualisation, issus d'un mariage heureux entre techniques de biologie, d'optique et de nanosciences, permettent l'analyse du comportement de molécules uniques
 - ✓ application spécifique : dynamique des récepteurs aux neurotransmetteurs inhibiteurs (GABA, Glycine) dans la membrane dendritique

MICRO 2 : Imagerie moléculaire

■ Bouzigues et al. [Triller, Dahan] (2007)

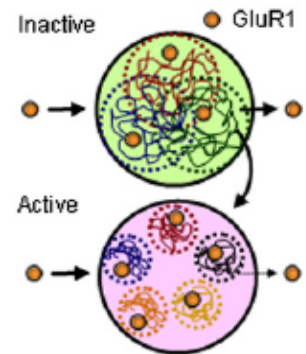
Asymmetric redistribution of GABA receptors during GABA gradient sensing by nerve growth cones analyzed by single quantum dot imaging

- ✓ growth cone responds accurately to chemical gradients: whence this sensitivity?
- ✓ single-molecule observation of GABA_A receptors in GC plasma membrane shows redistribution across GC toward gradient source, creating an amplifying effect

■ Ehlers et al. (2007)

Diffusional trapping of GluR1 AMPA receptors by input-specific synaptic activity

- ✓ how is postsynaptic accumulation of receptors regulated by synaptic activity? → single-molecule tracking reveals a restriction of GluR1 mobility ("diffusion trap")



■ Nakada et al. (2003) Accumulation of anchored proteins forms membrane diffusion barriers during neuronal polarization

- ✓ the formation and maintenance of polarized distributions of membrane proteins in the cell membrane are key to the function of polarized cells
- ✓ (a barrier mechanism that even blocks the diffusion of phospholipids)

MESO 1 : Neurodynamiques complexes et motifs spatio-temporels

➤ **René Doursat**, Dir. Institut des Systemes Complexes, Paris Ile-de-France; Chercheur au CREA, Ecole Polytechnique / CNRS

- ✓ computational modeling of – and inspiration from – complex multi-agent systems, in particular biological and techno-social
- ✓ special interest in “self-made puzzles”, i.e., self-organization of complex morphologies from agent swarms
- ✓ for ex: multicellular organisms, autonomic computing networks and “mental representations”



□ *Bâtir les fondations mésoscopiques de la cognition*

- ✓ fossé entre approches « symboliques » macroscopiques (psychologie, IA) et « dynamiques » microscopiques (neurobiologie, connexionnisme)
- ✓ requiert un niveau intermédiaire, ou « *mésoscopique* », de modélisation
- ✓ de nouveaux modèles incluent des *myriades* de neurones interagissant par connexions *récurrentes* denses et formant le substrat d'un « medium excitable »
- ✓ les stimuli externes comme « perturbations » s'exerçant sur des motifs préactivés

MESO 1 : Neurodynamiques complexes et motifs spatio-temporels

■ Abeles (2004)

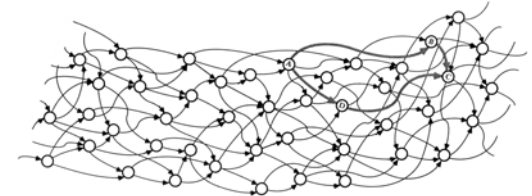
Modeling compositionality by dynamic binding of synfire chains

- ✓ synfire chains may synchronize their waves if a few orderly cross links are available
- ✓ in a hierarchical system of synfire chains, a part-binding problem may be resolved

■ Doursat & Bienenstock (1991, 2006)

Neocortical self-structuration as a basis for learning

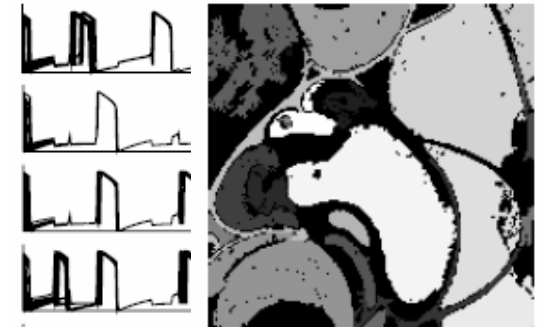
- ✓ the self-organization of synfire chains by activity/connectivity positive reinforcement



■ Wang (1999)

Relaxation oscillators and networks

- ✓ RO are a large class of nonlinear dynamical systems: used for abstract models of stimulus-dependent osc and sync, in image segmentation and scene analysis



■ Doursat & Petitot (2005)

Dynamical systems and cognitive linguistics: Toward an active morphodynamical semantics

MESO 2 : Régimes statistiques, multi-stabilité

➤ **Nicolas Brunel**, Dir. Rech. CNRS / Univ. Paris Descartes (Paris 5), Laboratoire de Neurophysique et Physiologie

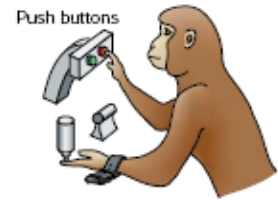
- ✓ interface between physics and neuroscience: using statistical physics and nonlinear dynamics to understand the behavior of neural systems
- ✓ stochastic dynamics of single neurons, synchronization properties of cortical networks, short- and long-term memory in local circuits, head direction cells in hippocampus, learning in the cerebellum



□ *Modèles de l'activité persistente et de la mémoire de travail*

- ✓ l'« activité persistante » comme mécanisme le plus plausible de la mémoire à court terme, observée dans un grand nombre d'expériences de mémorisation chez le singe éveillé
- ✓ autre mécanisme à plus long terme : la plasticité synaptique
- ✓ modèles théoriques de réseaux neuronaux du cortex cérébral qui peuvent maintenir des réverbérations, sans et avec plasticité synaptique

MESO 2 : Régimes statistiques, multi-stabilité



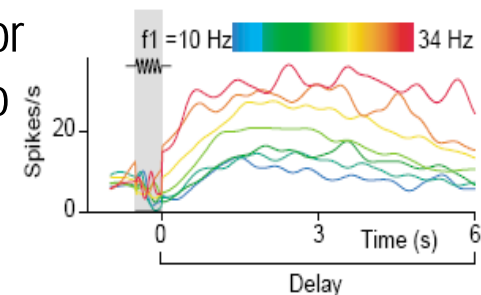
■ Romo & Salinas (2003)

Flutter discrimination: Neural codes, perception, memory and decision making

- ✓ combining psychophysical/neurophysiological experiments in behaving monkeys: short-term storage in perception and decision-making in somatosensory system

■ Major & Tank (2004) Persistent neural activity: prevalence and mechanisms

- ✓ review of "persistent neural activity": refers to a sustained change in action potential discharge that long outlasts a stimulus
- ✓ universal form of circuit dynamics used as a mechanism for short-term storage and accumulation of sensory/motor info
- ✓ both single cell and network mechanisms cooperate in generating persistent activity



■ Curtis & Lee (2010)

Beyond working memory: the role of persistent activity in decision making

- ✓ persistent activity has been observed in many other areas than prefrontal cortex
- ✓ not equivalent to "working memory": also underlies perception and decision making

MESO 3 : Neuro-géométrie de la vision

➤ **Jean Petitot**, Dir. Etudes EHES, « Centre d'Analyse et de Mathématique Sociales » (CAMS), ex-Dir. CREA, ex-Prof. Polytechnique

- ✓ Chevalier de l'Ordre National du Mérite (1998)
- ✓ *Modèles dynamiques en sciences cognitives* : modèles connexionnistes; apprentissage et catégorisation; géométrie différentielle et vision computationnelle; logique et géométrie; phénoménologie naturalisée; sémiotique
- ✓ *Epistémologie des modèles mathématiques* : platonisme et philosophie des maths, épistémologie de la physique mathématique, phénoménologie de la forme



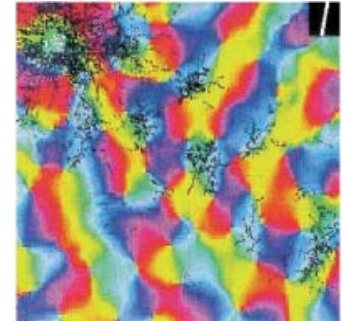
□ ***Architectures de calcul dans le cortex visuel***

- ✓ comment les aires visuelles traitent le signal optique ? localement, par filtres linéaires en « ondelettes », mais les propriétés globales des percepts proviennent d'une intégration qui dépend de l'architecture fonctionnelle de ces aires
- ✓ analyse de l'intégration de contours par méthodes variationnelles (fonctionnelles) reposant sur les géodésiques de la « structure de contact » en *pinwheels* de V1

MESO 3 : Neuro-géométrie de la vision

- **Ben-Shahar & Zucker (2004)** *Geometrical computations explain projection patterns of long-range horizontal connections in visual cortex*

- ✓ architecture fonctionnelle de V1, construction de contours, détection de bords; V1 a une structure géométrique en pinwheels qui sert à intégrer les contours, donc les outils de géométrie diff. sont tout a fait adaptés a la modélisation



- **Moiseev & Sachkov (2009)**

Maxwell strata in sub-Riemannian problem on the group of motions of a plane

- ✓ plus difficile, technique ; « structure de contact » = levée en 3D de l'alignement
- ✓ problème variationnel devient un problème de géodésique sous contrainte → multiplicateur lagrangien → typique d'une géométrie sous-riemannienne

- **Young et al. (2001)**

The Gaussian Derivative model for spatial-temporal vision: I. Cortical model

- ✓ analyse en filtres du signal optique (pas d'intégration ici) : le modèle le mieux adapté aux données expérimentales sont les GD, plus que les ondelettes

MESO 4 : Codage en populations de neurones

➤ Gilles Laurent, Dir., Max-Planck I. for Brain Research (previously Caltech)

- ✓ behavior, dynamics and emergent properties of neural systems, especially neural codes and representations
- ✓ focus on olfactory and visual areas, combining experiments, quantitative analysis and modeling techniques
- ✓ "simpler" experimental model brains, such as insects and lower vertebrates, to facilitate the characterization of functional principles



□ *Encodage olfactif: dynamique de réseaux, nature des représentations*

- ✓ olfaction, sens ancien (évolution) et complexe (description des odeurs)
- ✓ récents développements de biologie moléculaire : grande dimensionalité (ex. 1200 types de récepteurs) et grand degré d'organisation en réseaux
- ✓ aspects d'encodage dans le système olfactif, résultats chez insectes et poissons
- ✓ phénomènes de dynamique des réseaux
- ✓ principes de représentation du monde extérieur par des ensembles neuronaux

MESO 4 : Codage en populations de neurones

- **Laurent (2002)** *Olfactory network dynamics and the coding of multidimensional signals*
 - ✓ odours are multidimensional objects, which we experience as unitary percepts
 - ✓ olfactory system must solve complicated pattern learning/recognition problems
 - ✓ creates a large coding space with oscillatory and nonperiodic dynamics
- **Perez-Orive et al. [Laurent] (2002)**
Oscillations and sparsening of odor representations in the mushroom body
 - ✓ in the insect olfactory system, oscillatory synchronization is functionally relevant and reflects the coherent activation of dynamic neural assemblies
 - ✓ representations are dense, dynamic, and seemingly redundant in the antennal lobe, but sparse and carried by more selective neurons in the mushroom body
- **Cassenaer & Laurent (2007)**
Hebbian STDP (...) facilitates the synchronous flow of olfactory information in locusts
 - ✓ Odour representations in insects undergo progressive decorrelation from the receptor array to the presumed site of odour learning, the mushroom body
 - ✓ there, Hebbian plasticity enhances the synchronization of the cells' targets and thus helps preserve the propagation of the odour-specific codes

MACRO 1 : Organisation multi-échelle dans le cerveau

➤ Yves Burnod, Dir. Rech. INSERM (ex-Dir., Inst. Sciences Cogn., Lyon)

- ✓ bâtir un *modèle-synthèse*, le modèle *CARMA* (Cerebral Architecture for Multiple Adaptation and Acquisitions), pour mieux comprendre les *capacités d'apprentissage et de plasticité du cerveau humain*, en associant différents niveaux d'organisation : synaptique, neuronal, cérébral, comportemental et cognitif
- ✓ faire le lien entre processus neuronaux et vécus psychologiques



□ *De l'architecture neuronale multi-échelle du cortex cérébral humain aux capacités d'adaptation et d'apprentissage*

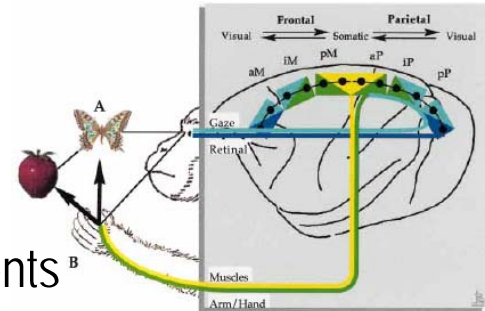
- ✓ modèle à 2 échelles des bases neurales de l'adaptation et de l'apprentissage
 - (1) un modèle neural des dynamiques de populations (colonne corticale)
 - (2) un modèle cérébral de l'architecture des aires corticales (imagerie)
- ✓ ex : lésions, paralysie, récupération : recrutement-focalisation de l'activité réactif à la lésion (m. neural) et conséquences comportementales (m. cérébral)
- ✓ ex : autisme : difficultés précoces de traitement des flux perceptifs (m. neural) et effets en cascade pendant le développement de l'enfant (m. cérébral)

MACRO 1 : Organisation multi-échelle dans le cerveau

■ Burnod et al. (1999)

Parieto-frontal coding of reaching: an integrated framework

- ✓ network underlying visually guided arm-reaching movements^B
 - (1) network architecture: neurons encoding information are common to diff areas
 - (2) representation of information: populations *combine* info from hybrid dimensions
 - (3) visuomotor transformation: simultan., rather than serial, recruitment of neurons

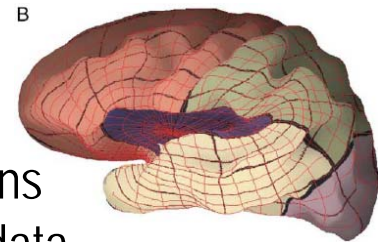


■ Feydy et al. [Burnod] (2002) Longitudinal study of motor recovery after stroke: Recruitment and focusing of brain activation

- ✓ characterize cortical reorganization after a stroke-induced lesion and degree of motor recovery using functional MRI (compensatory corticocortical process)

■ Toro & Burnod (2003) Geometric atlas: modeling the cortex as an org. surface

- ✓ the cortical surface is not a topological sphere: gyri/sulci have a crucial organizing role in a connectional and functional sense^B
- ✓ we propose a new geometric model based on flat representations of principal sulci obtained from surface reconstructions of MRI data



MACRO 2 : Bases neurales de l'esthétique et de la conscience

➤ **Jean-Pierre Changeux**, Prof. Collège de France, Dir. du Laboratoire de neurobiologie moléculaire à l'Institut Pasteur

- ✓ Membre de l'Académie des sciences depuis 1986, Médaille d'or CNRS 1992, Prix Balzan 2001
- ✓ thèmes épigénétiques : plasticité ou « labilité synaptique » associée à une « stabilisation synaptique sélective » ; « migration neurale » à époques critiques
- ✓ modèles de neurosciences cognitives avec S. Dehaene



□ ***La beauté dans le cerveau ?***

- ✓ *Du Vrai, du Beau, du Bien*, Odile Jacob Paris, 2008
- ✓ vers une « neuro-esthétique » : les bases neurales de la contemplation et création des oeuvres d'art
- ✓ synthèse cérébrale (perception, mémoire, émotions, motricité, etc.)

MACRO 2 : Bases neurales de l'esthétique et de la conscience

- **Changeux (1994)** *Art and neuroscience*
 - ✓ fostering neuroscientific research in the field of art criticism; neural origins of aesthetic pleasure and artistic creation
- **Changeux (2006)** *The Ferrier Lecture 1998: The molecular biology of consciousness investigated with genetically modified mice*
 - ✓ relevance of experiments on genetically modified mice in study of *consciousness*: methods from molecular, physiological and behavioural levels
 - ✓ universally shared "building blocks" of consciousness: (i) access to multiple states (wakefulness, sleep), (ii) capacity for sensory/cognitive integration
- **Changeux & Dehaene (2008)** *The neuronal workspace model ("l'espace de travail"): Conscious processing and learning*
 - ✓ chapter of *Learning and Memory*: integrated summary of the present state of research in the neurobiology and psychology of learning and memory
 - ✓ "neuronal workspace" model: the neural basis of conscious access is a sudden self-amplifying process, leading to a global brain-scale activity pattern (sharp transition between non-conscious and conscious processing)

MACRO 3 : Neuro-imagerie en temps réel

➤ **Olivier Bertrand**, Dir. Unité « Dynamique Cérébrale et Cognition »
INSERM, Lyon



- ✓ P1 - Intégration et cognition auditive
- ✓ P5 - Cognition et sommeil
- ✓ P7 - Origine et rôle fonctionnel des oscillations
- ✓ P8 - Neuroimagerie temps-réel

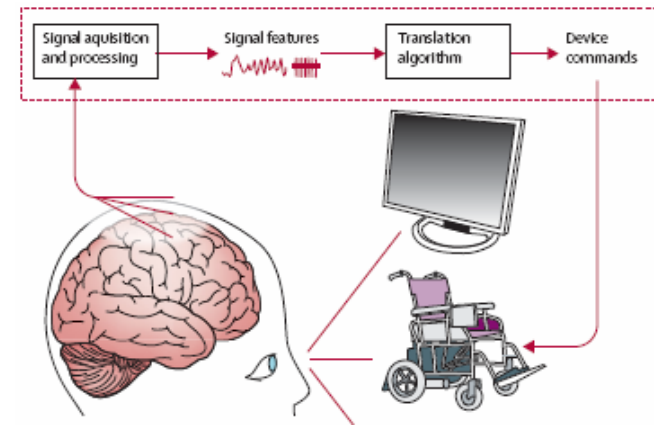
□ *Interfaces cerveau-machine : « agir par la pensée »*

- ✓ communication et action par la seule activité cérébrale, sous handicap moteur
- ✓ avancées en analyse des signaux cérébraux et puissance informatique → explosion de ce domaine de R&D en neurosciences
- ✓ possible de contrôler un curseur, écrire un texte, piloter dispositifs externes grâce à la mesure de l'activité cérébrale
- ✓ différentes approches: non invasives (EEG) ou invasives (implants), etc.
- ✓ méthodes sophistiquées d'extraction de paramètres et classification des signaux

MACRO 3 : Neuro-imagerie en temps réel

■ **Daly & Wolpaw (2008)** Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation

- ✓ non-invasive EEG-based brain-computer interface (BCI) technologies used to control a computer cursor or a limb movement, accessing the internet, and other functions (environmental control, entertainment, etc.)



■ **Nicolelis & Lebedev (2009)**

Principles of neural ensemble physiology underlying the operation of brain-machine interfaces

- ✓ BCIs have added greatly to our knowledge of the fundamental physiological principles governing the operation of large neural ensembles.
 - ✓ key role in future neuroprosthetics restoring mobility in paralysed patients
- ## ■ **Kelly et al. (2005)** Visual spatial attention tracking using high-density SSVEP data for independent brain-computer communication
- ✓ steady-state visual evoked potential (SSVEP): ocular motor control used as the basis of BCI

MACRO 4 : Conscience du corps

➤ Kevin O'Regan, Dir., Lab. Psychologie de la Perception (ENS, Paris 5)

- ✓ human visual and auditory perception both in babies and adults
- ✓ "hard/phenomenal" problem of consciousness: the "what it's like" of sensory experience: why 'red' seems 'red' to us rather than seeming 'green', or like the sound of a bell, or even nothing at all?
- ✓ "sensory substitution" experiments: the possibility of using one sense (e.g. hearing) to replace another (e.g. vision),



☐ *Localisation et nature ressentie des sensations : une approche sensorimotrice*

- ✓ pourquoi je ressens un toucher *sur ma main*, au lieu de *mon cerveau*?
 - les aires somatosensorielles activées *représentent-elles* la surface du corps ?
 - les aires visuelles *représentent-elles le monde extérieur* ou la surface rétinienne ?
- ✓ raisonner en "activation" corticale est moins utile qu'en *lois sensorimotrices*
- ✓ illusions d'appartenance ("main en caoutchouc" et "out-of-body experiences")
- ✓ phénomène de "substitution sensorielle" ("voir" avec les oreilles ou la peau)

MACRO 4 : Conscience du corps

■ O'Regan (2005)

Sensory consciousness explained (better) in terms of 'corporality' and 'alerting capacity'

- ✓ how could neural processes be associated with phenomenal consciousness? the sensory feel of an experience is not a thing that happens but a skill we exercise
- ✓ *seeing* red has a "sensory feel", but not remembering, thinking, or talking about red
- ✓ can be explained by two objectively measurable properties

■ Petkova & Ehrsson (2008)

If I were you: Perceptual illusion of body swapping

- ✓ individual swapping his or her body with that of another person
- ✓ manipulating the visual perspective with cameras creates a strong effect: people can perceive another person's body, or an artificial humanoid body, to be their own



■ Dummer et. al (2009) Movement and the rubber hand illusion

- ✓ a rubber hand stroked by brush while the real hand is unseen and stroked too
- ✓ illusion occurs whereby tactile sensations are falsely referred to the non-body part

MACRO 5 : Intégration multisensorielle et perception temporelle

➤ **Virginie van Wassenhove**, Dir., NeuroSpin MEG (CEA)

- ✓ neuroimaging of multisensory integration of information: “what we see is strongly affected by what we hear, and vice-versa” (ex: ventriloquism)
- ✓ seeing a face articulating [ka] while hearing a voice [pa] induces a third, illusory percept [ta] as a result of auditory-visual integration
- ✓ how does the brain integrate information from different sensory modalities? how early/late in the classic analytical streams does auditory and visual info merge?



□ ***Current issues in the neural and perceptual dynamics of multisensory integration***

- ✓ in a noisy environment, how to (i) keep track of who said what and (ii) understand the content of different streams of speech?
- ✓ *faces* bring needed info to track auditory (spatial, individual, and linguistic) content
- ✓ visual information plays a major role in auditory perception: multisensory integration
- ✓ issues of multisensory research from a perceptual and neural dynamics standpoint
- ✓ methodological tools: psychophysics, MEG, EEG, fMRI, monkey neurophysiology...

MACRO 5 : Intégration multisensorielle et perception temporelle

■ van der Burg et al. (2008)

Pip and pop: Nonspatial auditory signals improve spatial visual search

- ✓ a simple auditory 'pip' reduces the time to search an object in a cluttered environment (when sync'd with target vs. distractors)
- ✓ binding of auditory-visual signals occurs automatically, effortlessly and early in the perceptual process



■ van Wassenhove et. al (2005)

Visual speech speeds up the neural processing of auditory speech

- ✓ synchronous presentation of a/v stimuli can modify the percept in either modality
- ✓ rather than convergence and "supra-additivity" onto specialized multisensory sites, this could be due to +/- direct weighting of one sensory stream against the other

■ van Wassenhove (2009) *Minding time in an amodal representational space*

- ✓ philosophical paper about time perception and representation: temporal effects in multisensory perception, encoding of temporal properties, building of a time percept

SEMINAIRE HSS 512F



Cerveau et Cognition

Département d'Humanités et Sciences Sociales
Ecole Polytechnique, Automne 2010



[Données](#) - [Description](#) - [Organisation](#) - [Thèmes](#) - [Agenda](#) - [Bibliographie](#)

Données ↴

- **Crédits ECTS** : 1
- **Nombre d'heures** : 24
- **Langue du cours** : français
- **Horaires** : jeudis matins de 8h à 10h
- **Dates** : 16, 23, 30 sept – 7, 14, 21 oct – 4, 25 nov – 2, 9, 16 déc 2010
- **Lieu** : Amphi Siméon-Denis Poisson
- **Code catalogue** : [HSS512F](#)

- **Responsables** : [Yves Frégnac](#) et [René Doursat](#)
- **Emails** : yves.fregnac@unic.cnrs-gif.fr / rene.doursat@polytechnique.edu
- **Téléphones** : +33 (0)1 69 82 34 15 / +33 (0)1 42 17 09 99

Description ↴

La biologie est bouleversée par les progrès de la génétique et de l'informatique. Demain, grâce au décryptage du réseau complet de gènes régulant un être vivant, tout paraîtra modifiable, de la couleur des yeux jusqu'au comportement. Demain, grâce aux avancées dans le domaine des interfaces cerveau-machine, un simple « décodage » de la pensée à partir de l'activité cérébrale suffira à mouvoir des bras articulés, déclencher des actions avant même que les muscles de notre corps ne soient mobilisés.

Ces nouveaux pouvoirs de la biologie remettront en cause l'immuabilité du monde vivant qui nous entoure et des modes