

1.3 Principales avancées

1.3.1 Simulations neuro-réalistes

Le champ de recherche s'organise autour de plusieurs pôles:

Le premier pôle concerne les **simulations neuro-réalistes**.

Le but est de mieux comprendre

- le fonctionnement du neurone,
- et des interactions entre neurones.



Ces modèles étudient en détail

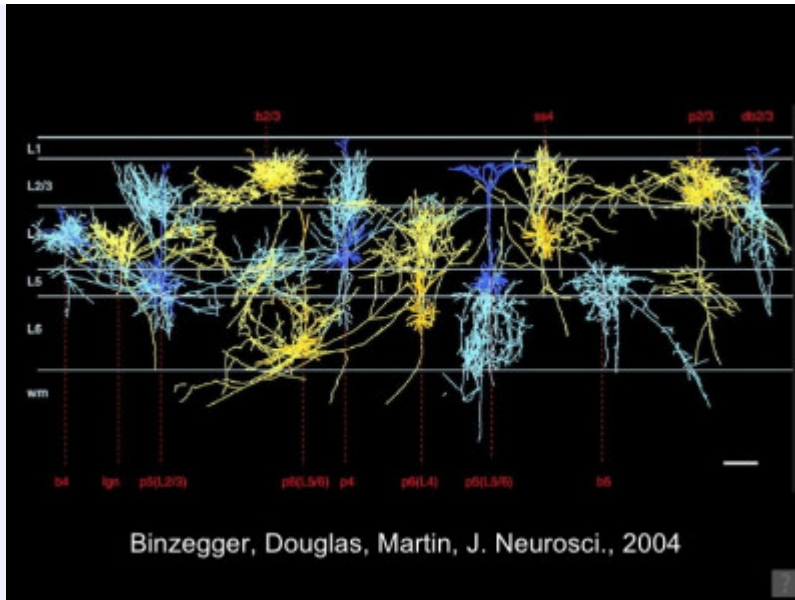
- (i) la structure de la cellule neuronale,
- (ii) les échanges entre la cellule et son milieu, via
 - les synapses
 - et l'émission de potentiels d'action,
- (iii) la plasticité et les changements de ces échanges au cours du temps.

Les principales avancées dans ce cadre sont~:

le modèle **Hodgkin et Huxley** ([Hodgkin & Huxley, 1952](#)) et les modèles à compartiments ([Rall, 1959](#)), qui servent encore à l'heure actuelle :

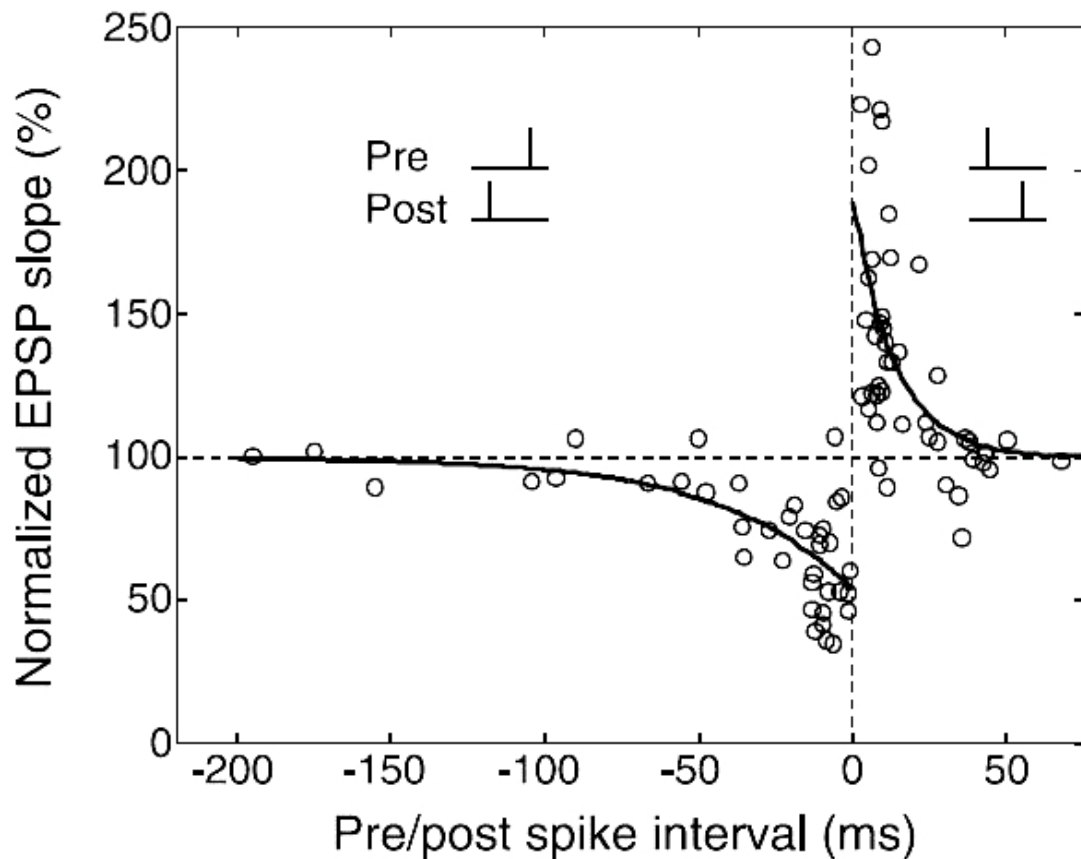
- de fondement pour les modèles neuro-réalistes,
- aboutissant aux modèles détaillés de colonnes corticales constituées de dizaines de milliers de cellules
 - ([Binzegger et al., 2004](#));
 - ([Markram, 2006](#)),
 - ([Markram, 2012](#)).





- L'étude de la **plasticité synaptique**
 - (Bliss & Lomo, 1977),
 - (Bi & Poo, 2001)
- et des mécanismes cellulaires associés :
 - (Harris et al., 1984)
 - (Shouval et al, 2002)
 - (O'Donnell et al., 2011)
 - (Graupner & Brunel, 2012)
 - (Cui et al., 2015)
- conduit à mieux comprendre la sélectivité neuronale et la formation de champs récepteurs
- (Bienenstock et al., 1982)
- (Oja, 1982)
- (Van Rossum et al., 2000)
- (Sen Song, 2000)
- ; (Billings & van Rossum, 2009).





1.3.2 Dynamiques de populations de neurones

Le second pôle concerne l'étude des dynamiques de populations de neurones:

- Les neurones sont dans ce cadre des unités de traitement simplifiées :
 - neurones à spikes,
 - neurones stochastiques,
 - neurones fréquentiels,
 - ...
- Le but est :
 - de comprendre les interactions entre de grands groupes de neurones,
 - et d'étudier les conditions d'émergence de certaines signatures d'activité :
 - corrélations large échelle,
 - couplages de phase,
 - champs récepteurs,
 - ...
 - observés en électrophysiologie chez le sujet sain et dans les pathologies nerveuses.

Les **neurones** travaillent :



- dans un régime dit "sous-critique"
 - [Beggs2004](#),
 - [Petermann2009](#),
 - [Rubinov2011](#),



- [Haimovici2013](#),
- encore appelé régime de "haute conductance" :
 - [Shadlen1998](#),
 - [Destexhe2003](#),
- qui explique à la fois :
 - le caractère très irrégulier de leur activité
 - [Dean1981](#),
 - [Softky1993](#),
 - [Van98](#),
 - et leur tendance à se synchroniser :
 - à courte
 - [Gra89](#),
 - [Wang1996](#),
 - [brunel00](#),
 - [WangXJ2010](#)
 - et longue distance
 - [Rod99](#),
 - [Palva2005](#),
 - [Busch2009](#).

Les **populations de neurones** peuvent conserver une activité soutenue en l'absence de stimulation par des mécanismes de réverbération internes :



- [Heb49](#),
- [Ama77B](#),
- [Hop82](#),
- [Fun89](#),
- [Cam98](#),
- [Bru01](#),
- [Lansner2009](#).

1.3.3 Modèles conceptuels

Enfin, le troisième pôle concerne les **modèles conceptuels**, principes de traitement de l'information, qui expliquent :

- la réception et la transmission de l'information nerveuse,
- les codes neuronaux,
- les mécanismes
 - de la mémoire
 - et de l'apprentissage;

Les principales avancées dans ce cadre sont~:



Les **modèles du système visuel**,



- inspirés des observations de Hubel et Wiesel [HUBELWIESEL62](#),
- mettent en évidence :
 - une organisation hiérarchique des couches de traitement visuelles,
 - dont la formation est modélisée par des algorithmes d'auto-encodage non-supervisés :
 - [Olshausen1997](#),
 - [Lee1999](#),
 - [Rao1999](#),
 - [Hinton2006](#),
 - [Lecun2015](#)

Les principaux sous-systèmes du système nerveux central ont fait l'objet de modélisations spécifiques, comme



- le complexe **hippocampe-cortex entorhinal** pour la mémoire et la navigation
 - [OKe78](#),
 - [Treves1994](#),
 - [Skaggs1996](#),
 - [Buzsaki2013](#),
- le **cervelet** pour le contrôle adaptatif
 - [Wolpert1998](#),
 - [Haruno2001](#),
 - [Dean2010](#)
- et le complexe **cortex-ganglions de la base-thalamus** pour la sélection de l'action
 - [Schultz1997](#),
 - [Gurney2001](#),
 - [Joel2002](#).

Le principe du **codage par population**, inspiré



- par l'activité des régions prémotrices et motrices du cortex [[Georgopoulos1986](#)]
- et les **champs récepteurs à l'orientation** de V1 [[Bonhoeffer1991](#)],
- permet d'interpréter l'activité irrégulière des populations de neurones comme un échantillonnage de grandeurs continues "latentes" :
 - [Pouget1997](#),
 - [Pouget2002](#),
 - [Fiser2010](#),
 - [Stewart2011](#),
 - [Boerlin2013](#).



De nombreuses **bibliothèques et environnements de simulation** ont par ailleurs été développés, de la cellule jusqu'aux populations de neurones à large échelle

- [Eliasmith2004](#),
- [BRETTE08](#),
- [Furber2013](#),



- [Leon2013](#)

1.3.4 Inférence statistique

Enfin, le domaine connaît actuellement une forte tentative d'unification autour de principes issus de l'inférence statistique.

- Le cerveau construirait une interprétation de son environnement perceptif à l'aide d'un petit nombre de variables explicatives, ou "émetteurs".
- Le calcul probabiliste sur les distributions multimodales complexes issues des capteurs
 - serait réalisé par échantillonnage [Buesing2011](#),
 - via des mécanismes d'optimisation fondés
 - sur la parcimonie (minimiser les causes)
 - et la vraisemblance (maximiser la justesse)
 - [Rao1999](#)
 - [Friston2009](#)

Même si ces principes apparaissent séduisants,



- avec des connexions intéressantes vers les algorithmes d'auto-encodage développés en apprentissage automatique [Hinton2006](#),
- leur réalisation matérielle dans le substrat neuronal reste à découvrir.
- Il manque également, même si des tentatives sont en cours*
 - [Sutskever2009](#)
 - [Perrinet2014](#)
 - [Huang2015](#),
- de nombreuses "briques" pour construire un modèle général de l'apprentissage des flux sensoriels et des transformations sensori-motrices, comme nous le verrons plus loin.

From:

<https://wiki.centrale-med.fr/informatique/> - **WiKi informatique**

Permanent link:

https://wiki.centrale-med.fr/informatique/public:ncom:principales_avancees

Last update: **2022/03/18 12:38**

