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

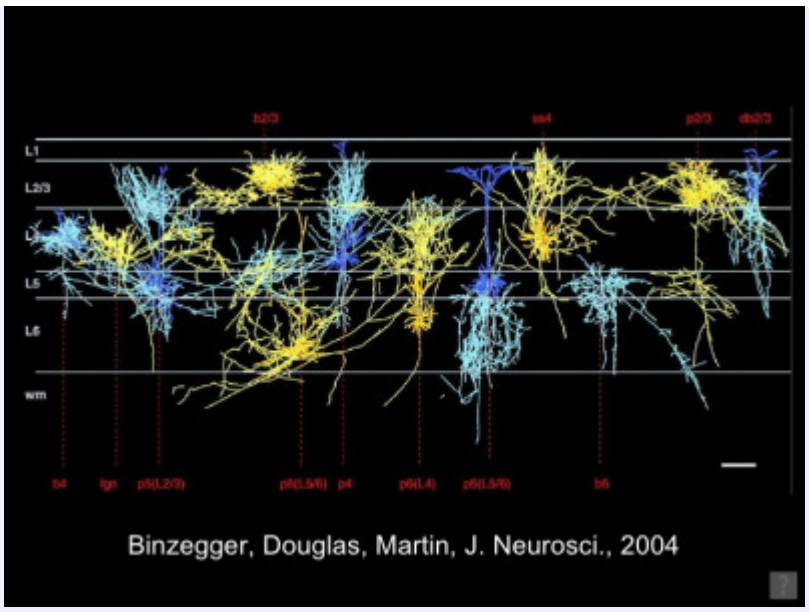
- (i) la structure de la cellule neuronale,
- (ii) les échanges entre la cellule et son milieu, via
  - les synapses
  - et l'émission de potentiels d'action,
- (iii) la plasticité et les changements de ces échanges au cours du temps.

Les principales avancées dans ce cadre sont~:

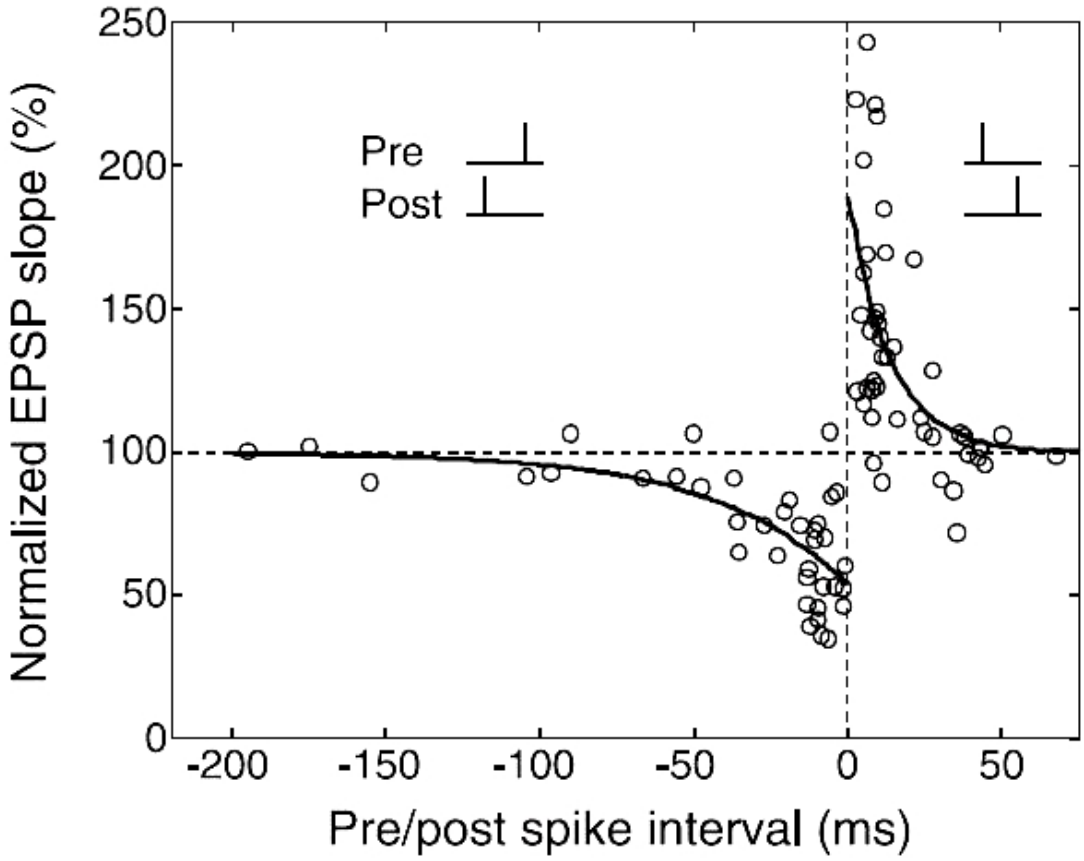
le modèle **Hodgkin et Huxley** (Hodgkin & Huxley, 1952) et les modèles à compartiments (Rall, 1959), qui servent encore à l'heure actuelle :

- 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 **librairies 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**