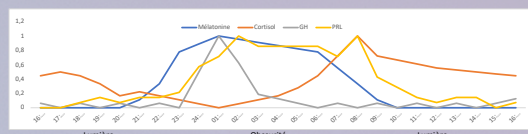
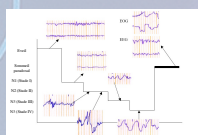
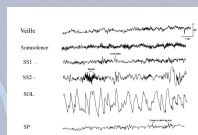


Modélisation computationnelle dynamique du sommeil

D. Cugy – NCEA – SUMS – UHCC – Bordeaux

Le sommeil : phénomène cyclique et multidimensionnel

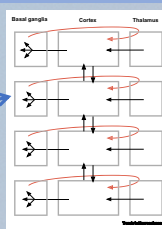
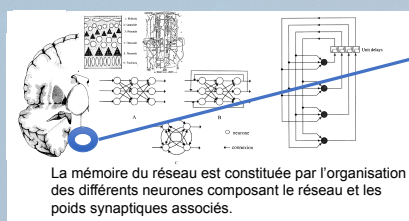
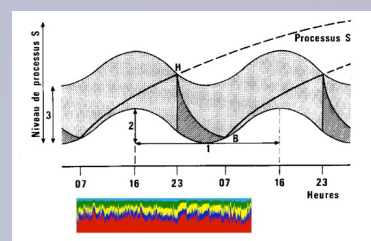
Le sommeil est un phénomène cyclique et multidimensionnel, essentiel à l'homéostasie cérébrale, à la consolidation mnésique et à la régulation émotionnelle. Il se décompose en plusieurs états — éveil, sommeil NREM (stades 1 à 3) et sommeil paradoxal (REM) — caractérisés par des motifs oscillatoires distincts enregistrables en EEG. La modélisation computationnelle vise à relier ces motifs aux mécanismes neuronaux sous-jacents et à comprendre les transitions dynamiques entre états.



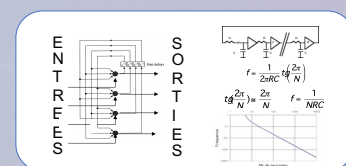
EEG – stades de sommeil – sécrétions neuro-endocriniennes

De la plasticité à l'économie synaptique

Le sommeil régule efficacement l'intense activité cérébrale et son coût énergétique élevé, essentiel à la consolidation mnésique. Selon le modèle de Borbély (S-C), l'équilibre dynamique entre la pression de sommeil (S) et l'oscillateur circadien (C) optimise ces coûts biologiques. Tononi et Cirelli proposent que le sommeil lent induit une dépotentiation synaptique globale, réduisant ainsi les dépenses métaboliques du réseau neuronal. Cette réinitialisation adaptative, modulée par une auto-oscillation non déterministe, équilibre plasticité synaptique liée aux apprentissages et économie énergétique durant le sommeil.



Transformers and cortical waves: encoders for pulling in context across time. [Lyle Muller & al, DOI: 10.1016/j.tins.2024.08.006](https://doi.org/10.1016/j.tins.2024.08.006)



La contrainte énergétique pivot des modèles intégrés

Le cerveau : organe à haut coût énergétique

20 % de la dépense énergétique pour 2 % du poids corporel
Activité continue, même en sommeil : rôle crucial de l'autorégulation

Le modèle S-C (Borbély) : un équilibre dynamique

Processus S : pression de sommeil liée à l'éveil et à l'activité neuronale

Processus C : oscillateur circadien modulant la propension au sommeil

➤ Ces deux processus visent à **optimiser les coûts biologiques** de la veille prolongée

De la plasticité à l'économie synaptique

Modèle de **Tononi et Cirelli** : le sommeil lent comme période de **dépotentiation synaptique globale**

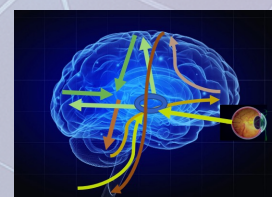
Fonction : réduire le coût métabolique du réseau → **compression synaptique**

➤ Le sommeil est vu comme une **réinitialisation adaptative** du réseau neuronal

Le sommeil n'est pas uniquement un traitement passif ou une consolidation

Il est **contraint par l'énergie disponible, le temps (circadien), et la charge cognitive**

➤ Vers une modélisation **multi-objectifs** : maintien de l'information, coût énergétique minimal, régularité temporelle



Modèle computationnel adaptatif séquentiel par les flux de données

Charge cognitive
(plasticité, apprentissages)

Sommeil
Attracteur
dynamique

Energie disponible
(coût synaptique,
régulation
métabolique)

Temps interne
(rythme circadien,
synchronisation sociale)

Références :

Borbély, A. A., et al. (2016). *Two-process model of sleep regulation*. Journal of Sleep Research.

Tononi, G., & Cirelli, C. (2014). *Sleep and synaptic homeostasis hypothesis*. Nature Neuroscience.

Muller, L. et al. (2024). *Transformers and cortical waves: encoders for pulling in context across time*. Trends in Neurosciences. DOI: 10.1016/j.tins.2024.08.006.



7^{èmes} Journées de
Neurophysiologie Clinique

SNBFL

1-3 JUILLET 2025
BORDEAUX