

SLEEP ON IT!

LE SOMMEIL ET LA CONSOLIDATION DES APPRENTISSAGES DE L'ENFANT À LA PERSONNE ÂGÉE

Stéphanie Mazza

Centre de recherches en neurosciences de Lyon - Université Lyon1

Membre du CSEN, Responsable du Groupe de travail "Bien-être à l'école"



Friedrich Kekulé



Paul McCartney

MINOR STUDIES FROM THE PSYCHOLOGICAL LABORATORY
OF CORNELL UNIVERSITY

Communicated by E. B. TITCHENER

LXXII. OBLIVISCENCE DURING SLEEP AND WAKING

By JOHN G. JENKINS and KARL M. DALLENBACH

**OBLIVISCENCE
AU COURS DE
L'ÉVEIL ET DU
SOMMEIL**

Ebbinghaus did not think the figures credible even under the plausible assumption that sleep—which formed the greater part of the 15 hr. interval and proportionately a much smaller part of the following 24 hrs.—materially retarded forgetting. He sought an explanation among the accidental errors of his experiments and thus neglected the investigation of obliviscence during sleep, the problem that was set by his results. Other experimenters⁶ who have traced the curve of forgetting have likewise, in spite of the fact that similar discrepancies were observed by them at the same points, disregarded this problem. We have consequently taken it as the object of the present Study. It is our purpose to compare the rate of forgetting during sleep and waking.

OBLIVISCIENCE AU COURS DE L'ÉVEIL ET DU SOMMEIL

Le sommeil joue un rôle protecteur contre l'oubli en réduisant les interférences causées par les activités.

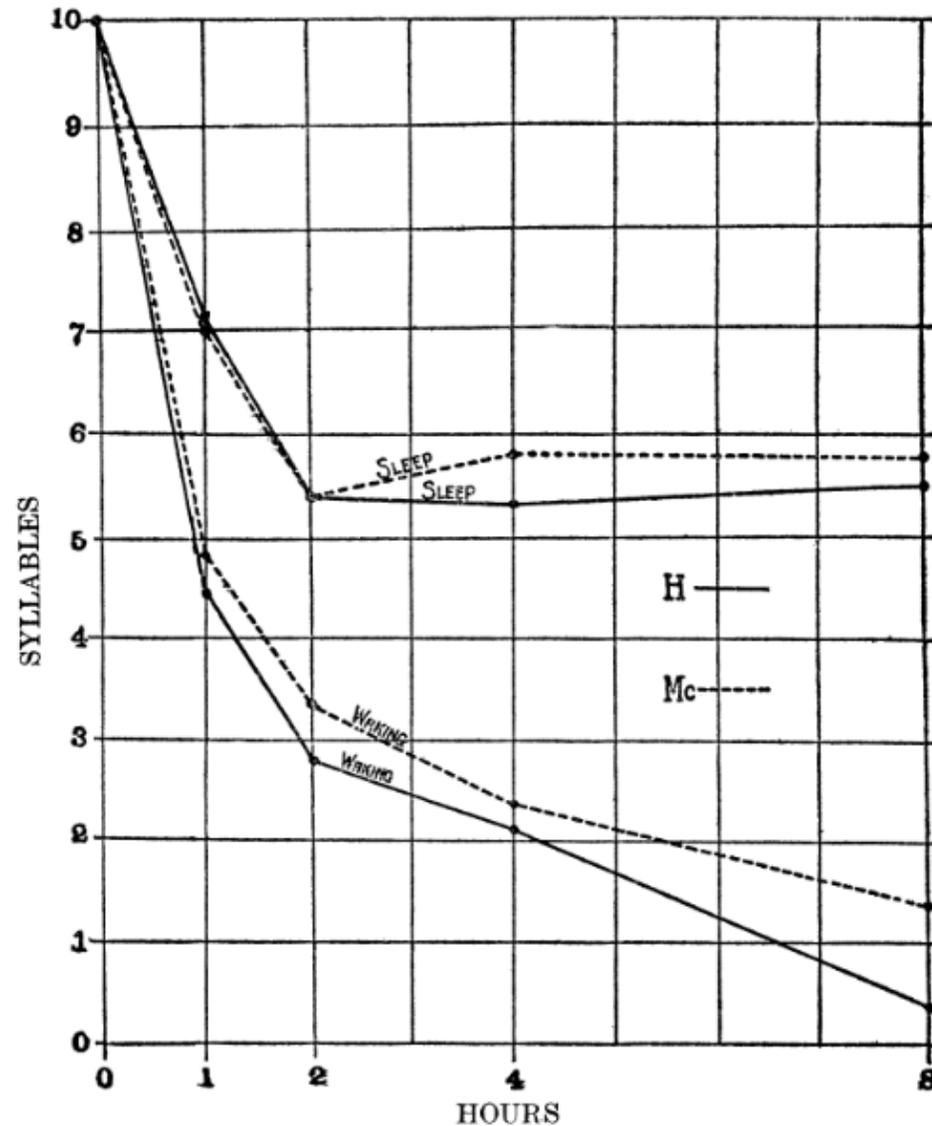
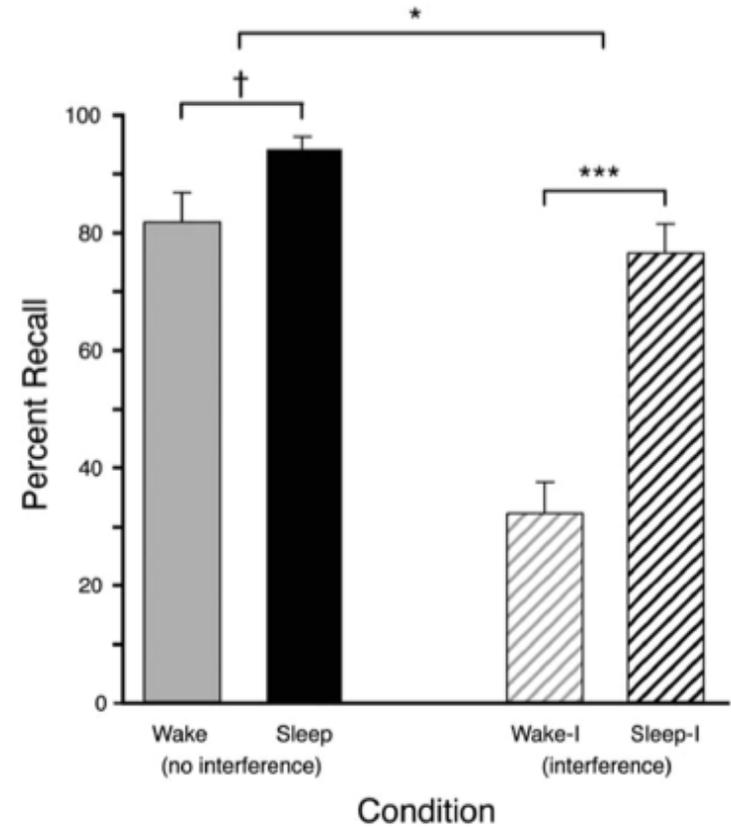
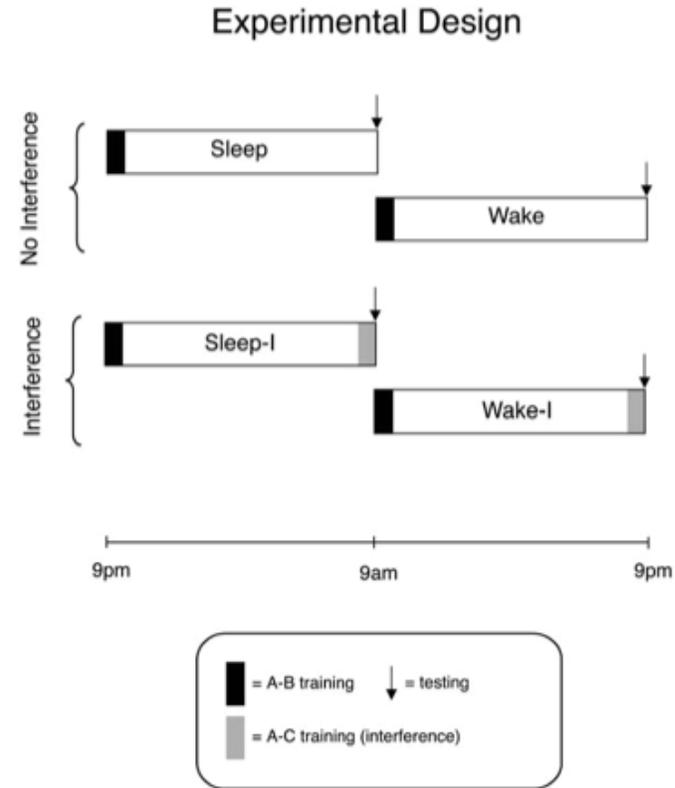


FIG. I. Average Number of Syllables Reproduced by each *O* after the Various Time-Intervals of Sleep and Waking

EFFET PROTECTEUR DU SOMMEIL



Le sommeil transforme la trace en mémoire et la rend moins sensible aux interférences rétroactives.

EFFET PROTECTEUR DU SOMMEIL

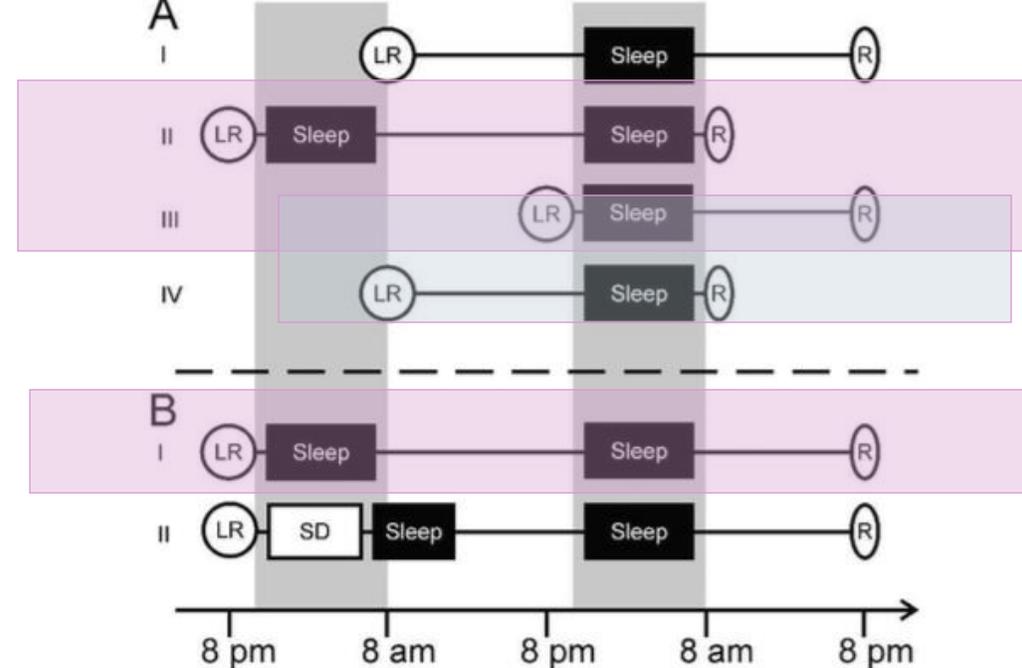


Table 1. Absolute number of words correctly remembered at testing directly after learning and at retesting after the retention interval

	Time of learning	Time of retest	Duration of retention interval	Time between learning and sleep	Words remembered at learning	Words remembered at retest	Change over retention interval
A							
I	Morning	Evening	36 h	15 h	16.2 ± 1.1	14.1 ± 1.1	-2.1 ± 0.9
II	Evening	Morning	36 h	3 h	17.3 ± 1.1	16.8 ± 1.3	-0.5 ± 0.4
III	Evening	Evening	24 h	3 h	15.2 ± 1.4	14.5 ± 1.4	-0.7 ± 0.6
IV	Morning	Morning	24 h	15 h	16.1 ± 1.4	14.0 ± 1.9	-2.1 ± 0.7
B							
I	Evening	Evening	48 h	3 h	15.6 ± 1.1	15.4 ± 1.2	-0.2 ± 0.6
II	Evening	Evening	48 h (SD)	10 h	15.9 ± 1.2	14.1 ± 1.7	-1.8 ± 0.6

(SD) Sleep deprivation during first night after learning.

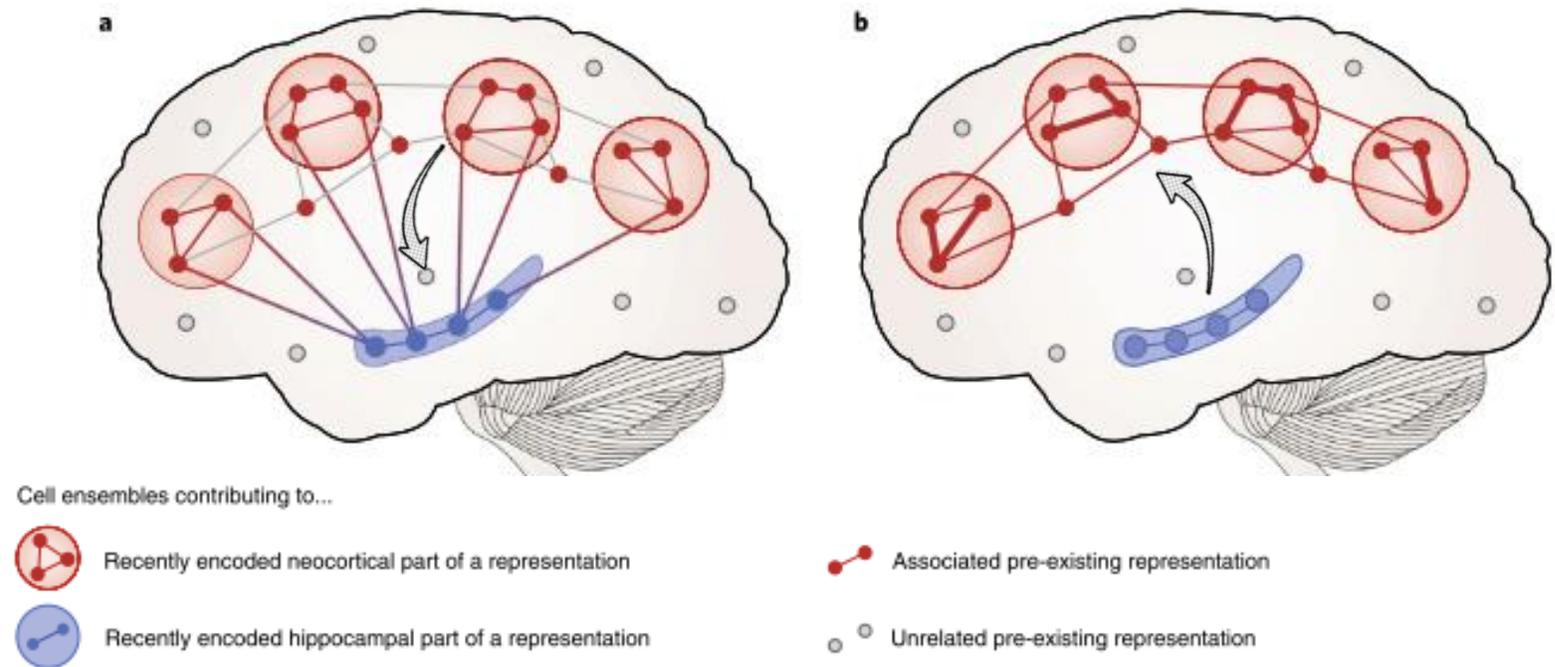
Le rappel d'information est facilité lorsqu'une période de sommeil suit rapidement l'apprentissage à quantité d'interférences identique entre apprentissage et rappel.

Une privation de sommeil a un effet néfaste sur la mémoire, même après une nuit de sommeil réparateur.

SYSTEME ACTIF DE CONSOLIDATION

Lors de l'encodage les activations des différents modules corticaux codant l'expérience sont intégrées en une trace mnésique unique et temporaire par l'hippocampe.

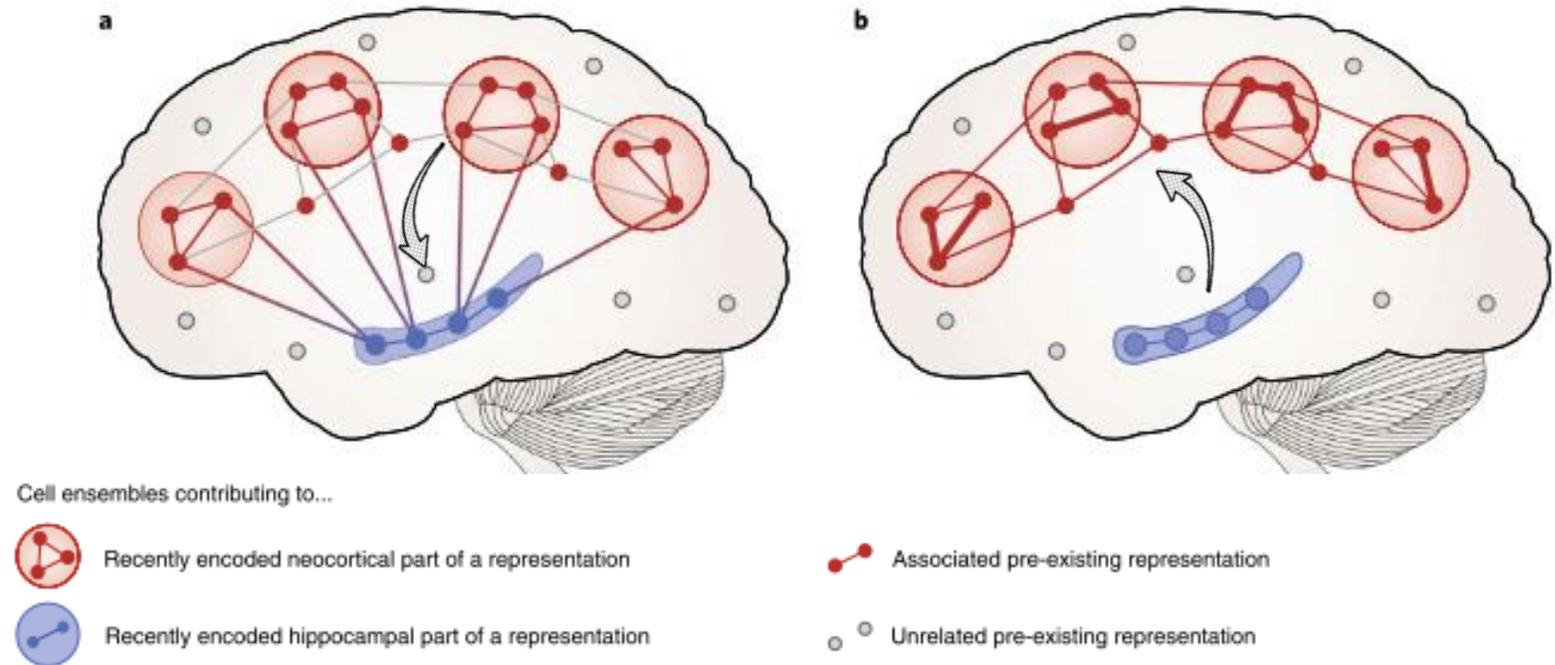
Chaque réactivation renforce cette trace mnésique.



La consolidation est le processus qui transforme les représentations nouvellement encodées, labiles et susceptibles de se dégrader, en traces mnésiques stables sur le long terme.

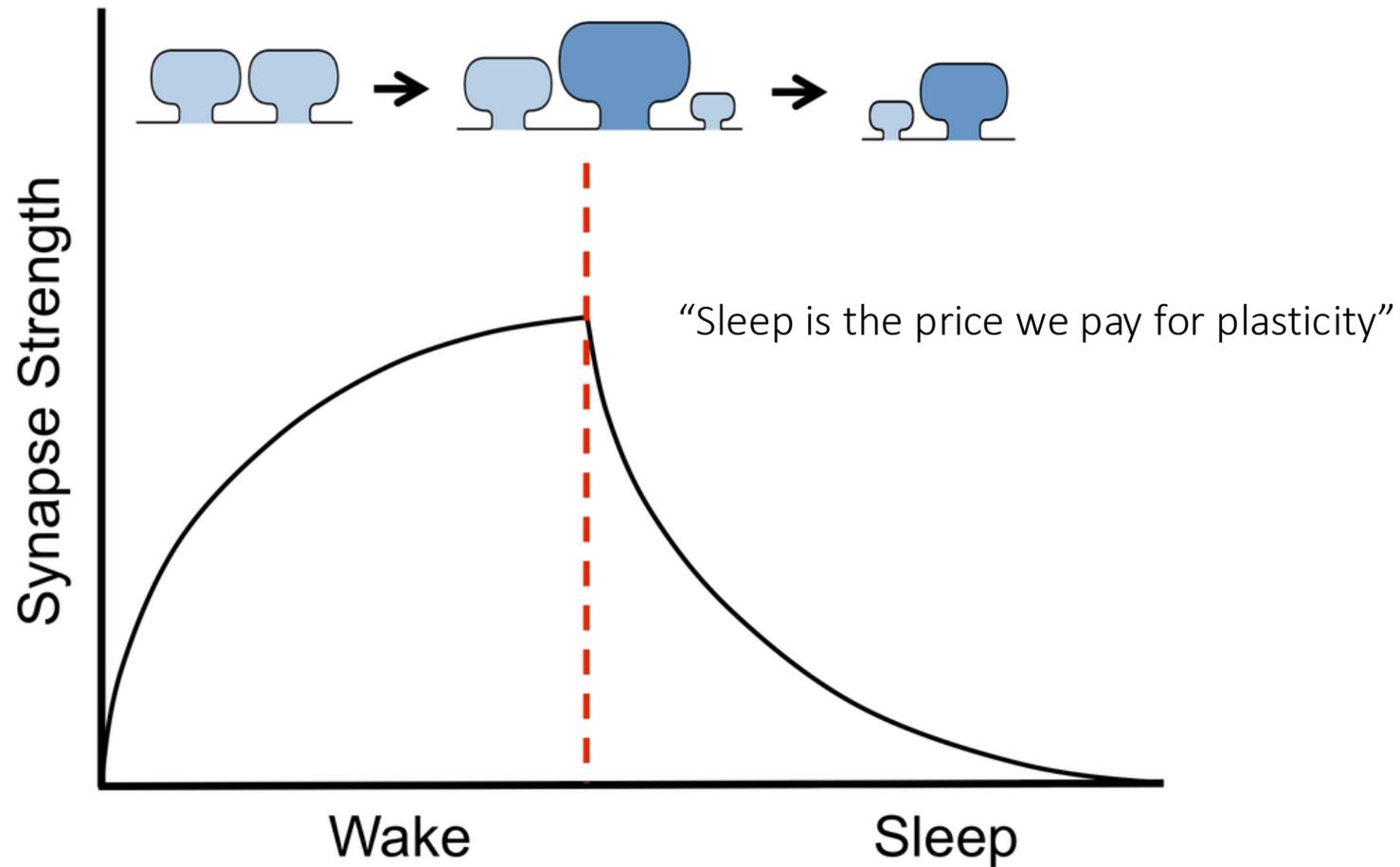
SYSTEME ACTIF DE CONSOLIDATION

Au cours du sommeil, les représentations neuronales hippocampiques se réactivent spontanément, réactivant simultanément les modules corticaux --> Replay



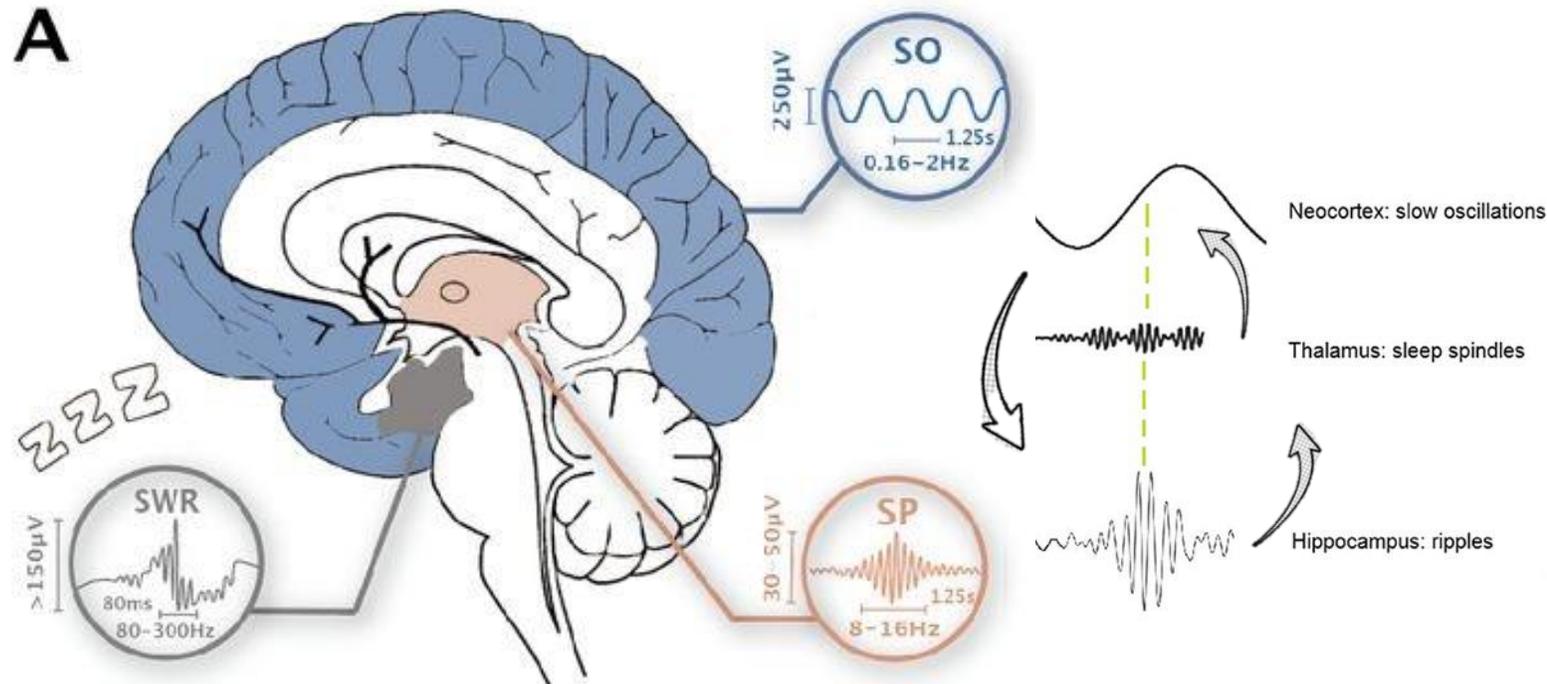
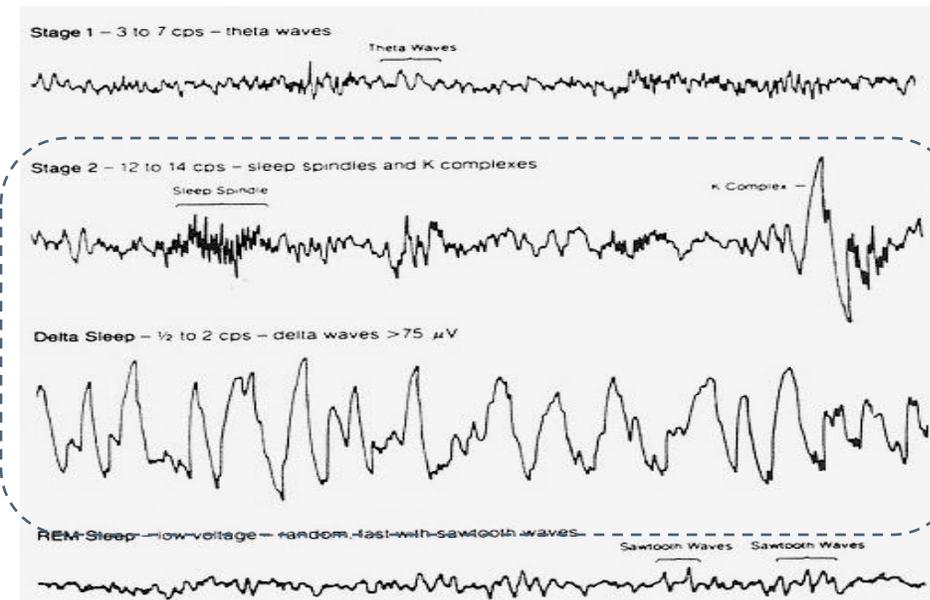
Les réactivations successives de ce réseau hippocampo-cortical entraînent un renforcement progressif des connexions cortico-corticales, permettant aux nouveaux souvenirs d'être progressivement consolidés et intégrés aux souvenirs corticaux préexistants --> stabilisation et intégration.

L'HYPOTHÈSE D'HOMÉOSTASIE SYNAPTICQUE



Après une période d'éveil, la force et le nombre de connexions synaptiques sont sensiblement augmentés. Le sommeil est nécessaire pour renormaliser le système, afin d'éviter un niveau de saturation en maintenant les traces mnésiques les plus solides et éliminant les plus faibles.

UN CADRE TEMPOREL IDÉAL...

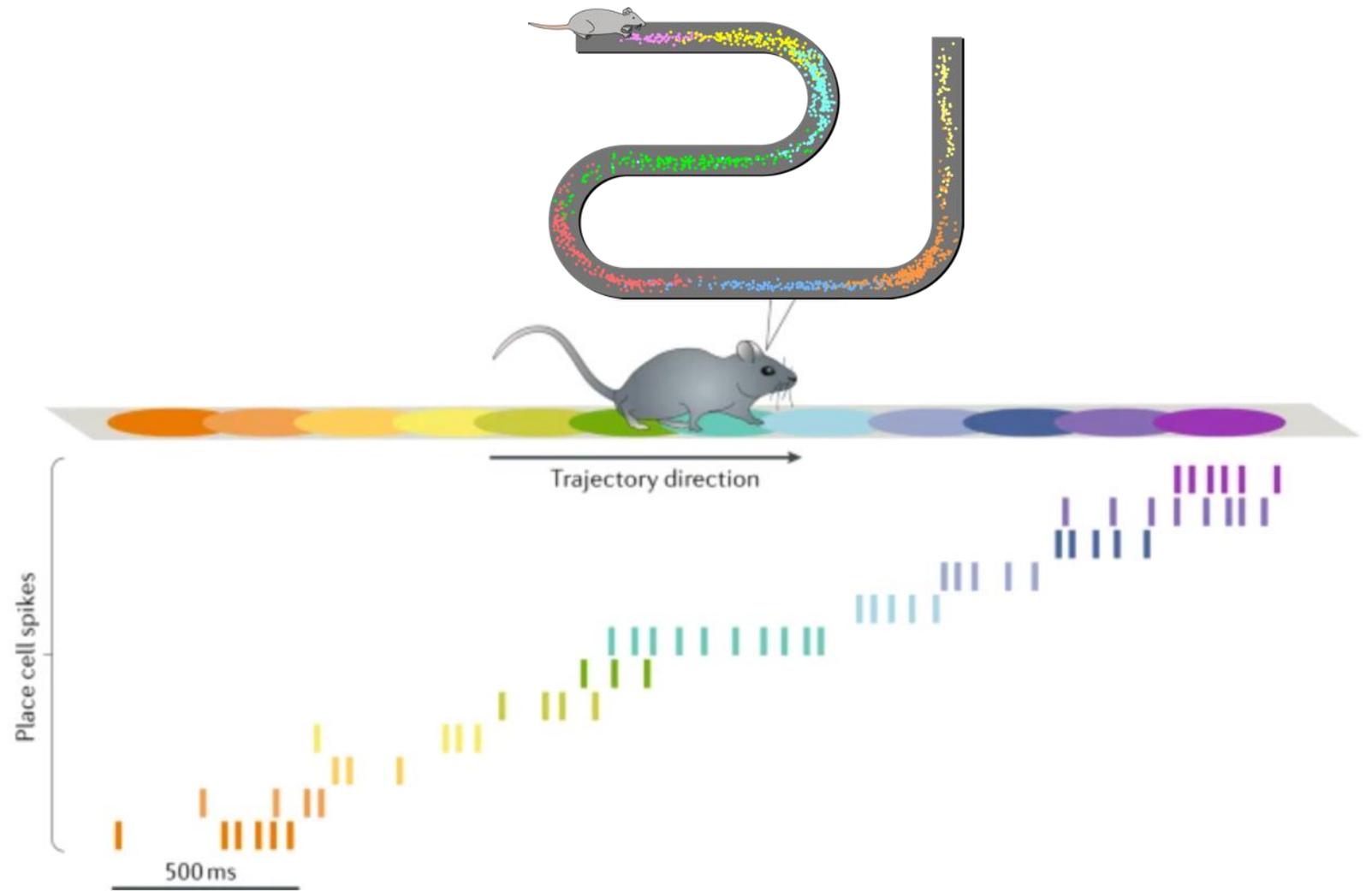


Le replay hippocampique est favorisé par l'activité à ondes lentes corticales.

Le transfert hippocampo-cortical dépend de la synchronisation des ripples hippocampiques avec les fuseaux thalamiques et plus spécifiquement lorsque les fuseaux atteignent le cortex pendant la phase de dépolarisation de l'onde lente favorisant la plasticité corticale.

Sommeil paradoxal participerait aux modifications synaptiques et à la consolidation des souvenirs émotionnels.

PEUT-ON OBSERVER CE REPLAY? CHEZ L'ANIMAL

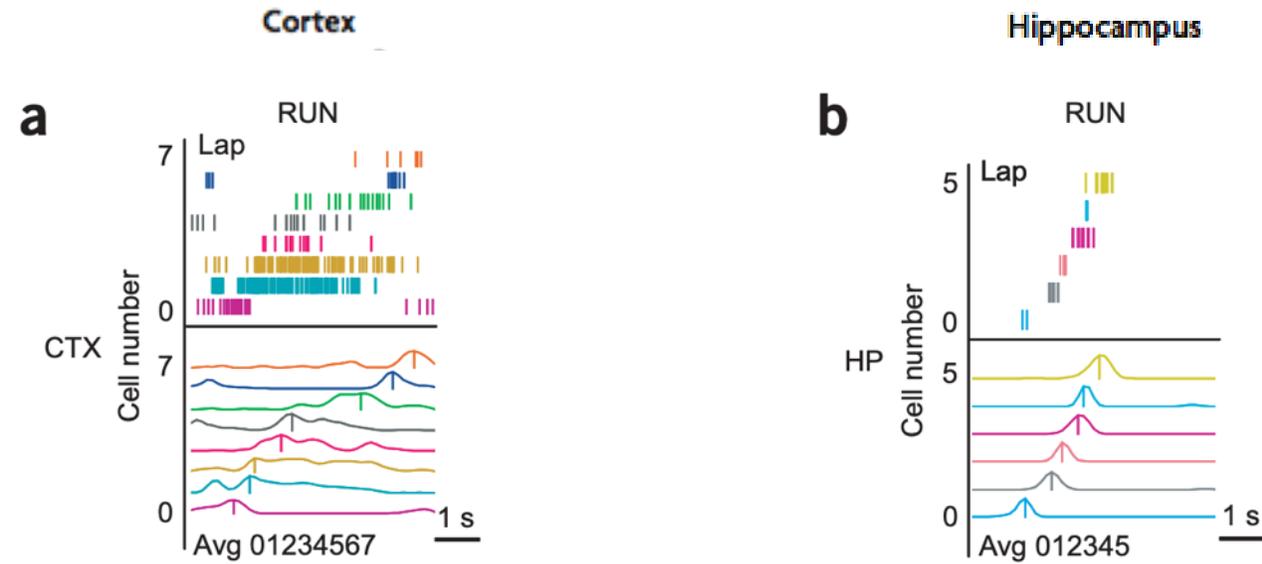


Les cellules de lieu sont des neurones de l'hippocampe dont le champ récepteur est défini par une zone spatiale donnée sur une carte mentale de l'environnement.

Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep

Daoyun Ji & Matthew A Wilson

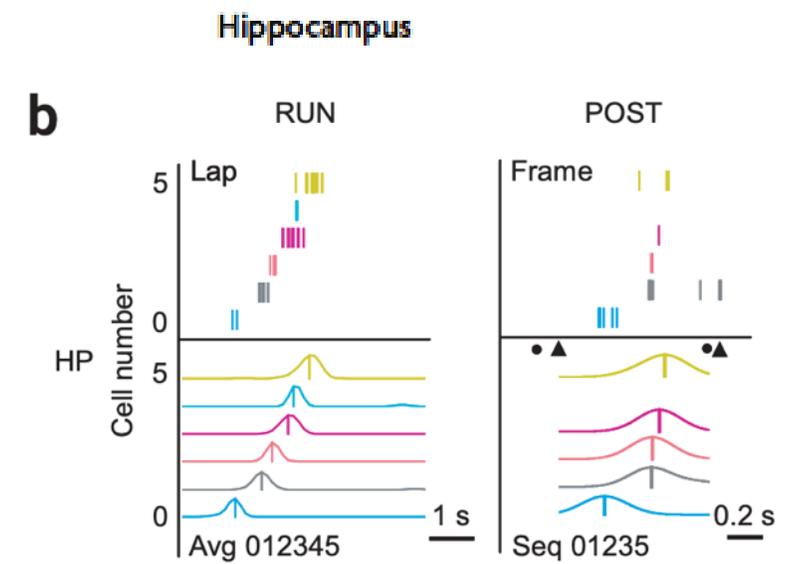
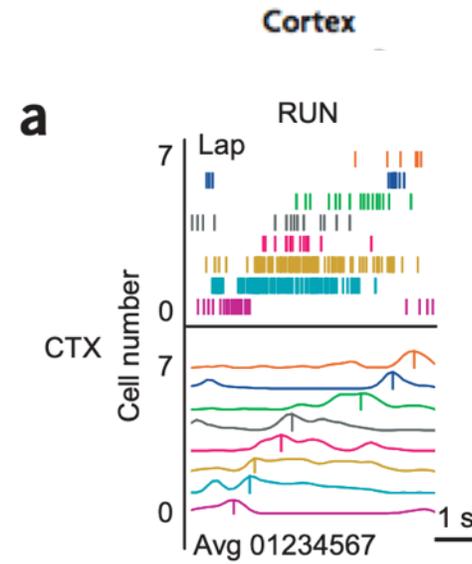
**PEUT-ON
OBSERVER CE
REPLAY?
CHEZ L'ANIMAL**



Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep

Daoyun Ji & Matthew A Wilson

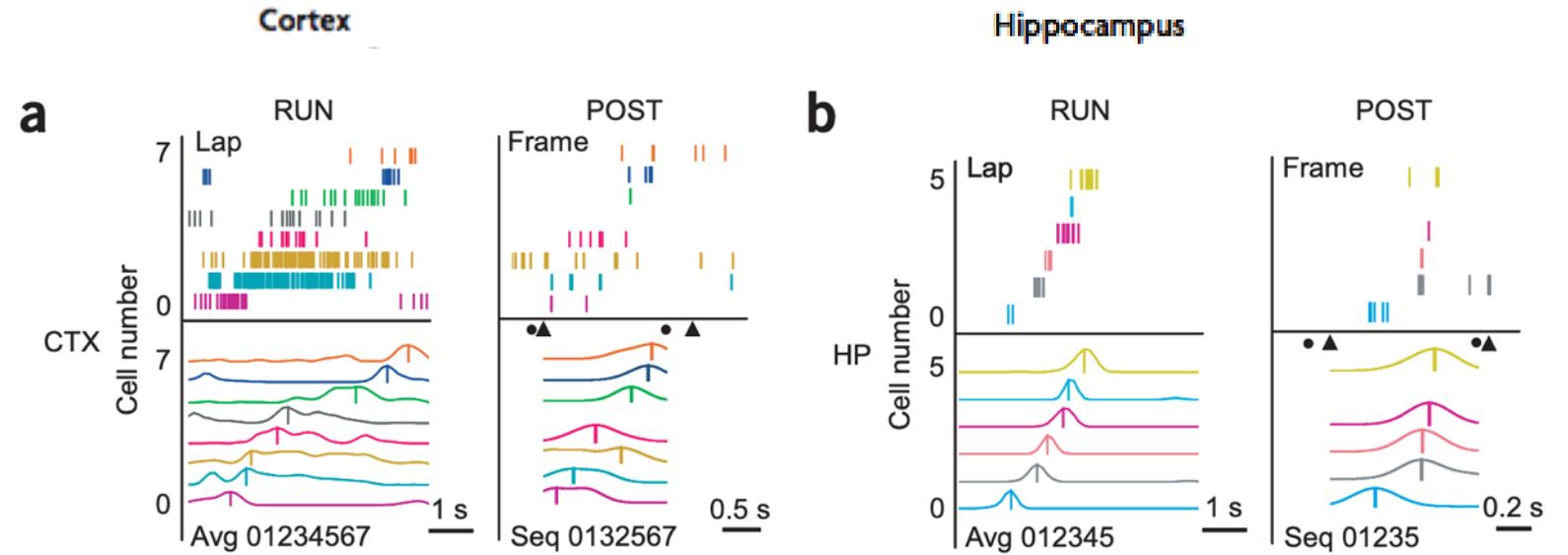
**PEUT-ON
OBSERVER CE
REPLAY?
CHEZ L'ANIMAL**



Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep

Daoyun Ji & Matthew A Wilson

PEUT-ON
OBSERVER CE
REPLAY?
CHEZ L'ANIMAL



Hippocampal replay of experience at real-world speeds

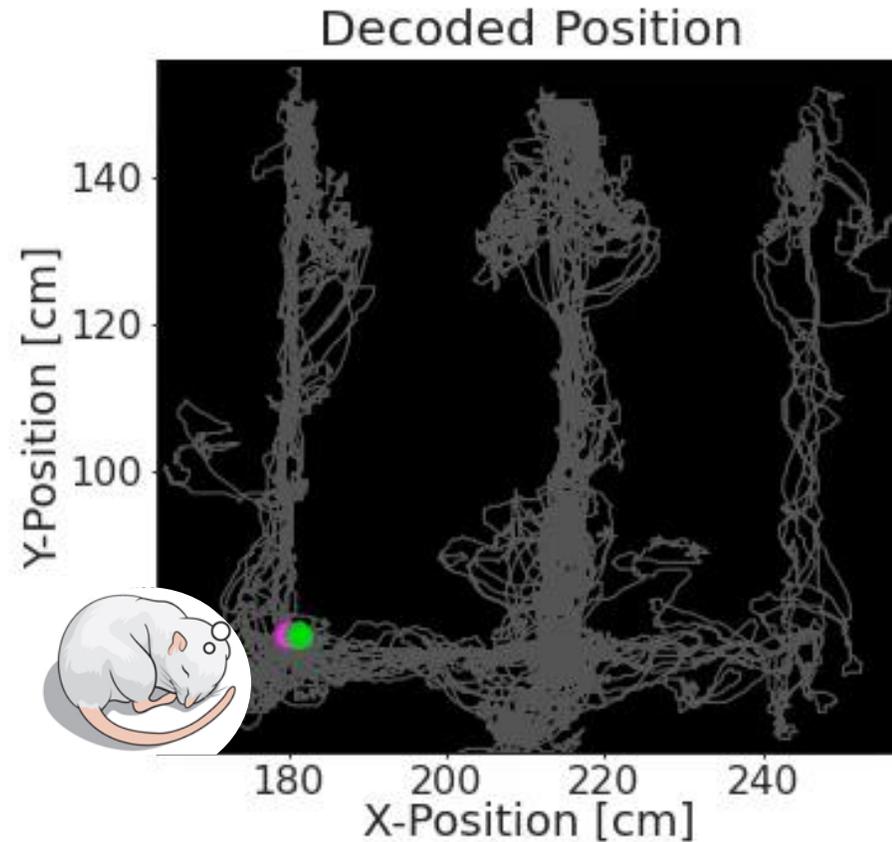
Eric L Denovellis^{1,2,3}, Anna K Gillespie^{2,3}, Michael E Coulter^{2,3}, Marielena Sosa⁴, Jason E Chung⁵, Uri T Eden⁶, Loren M Frank^{1,2,3*}

**PEUT-ON
OBSERVER CE
REPLAY?**

CHEZ L'ANIMAL

“la grande majorité des événements rejoués contiennent un contenu spatialement cohérent et interprétable.

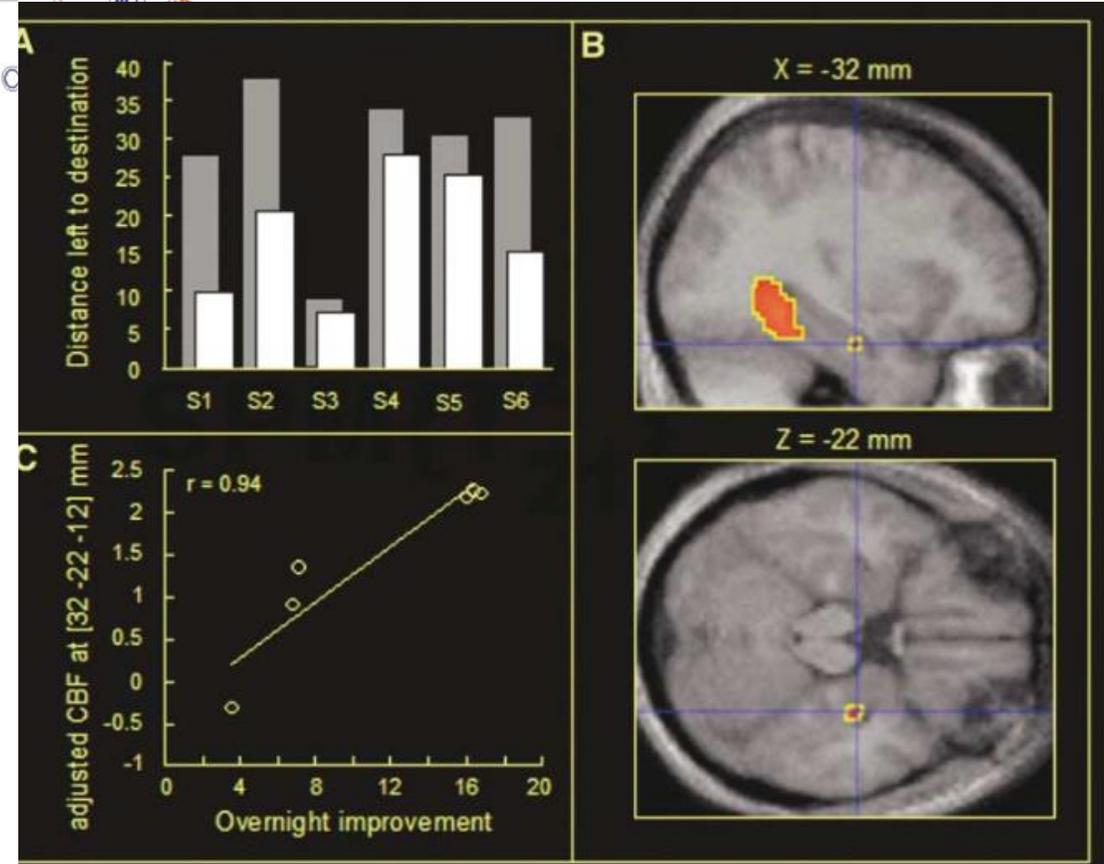
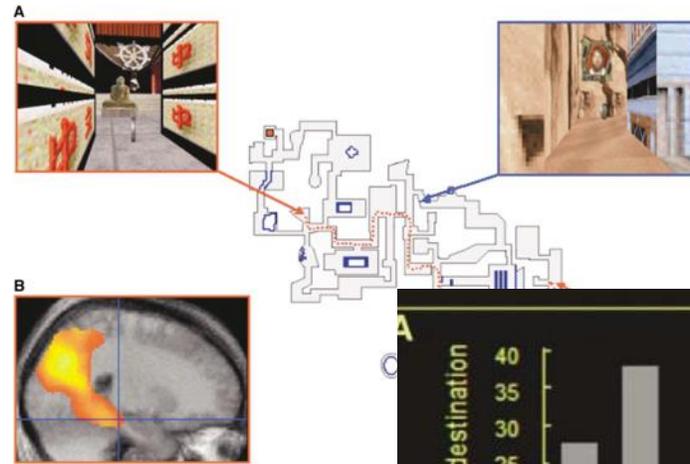
De nombreux événements se déroulent à des vitesses de mouvement réelles, d'autres sont accélérées”.



REPLAY CHEZ L'HOMME

Amélioration des performances après une période de sommeil.

Activation du gyrus parahippocampique droit pendant le sommeil à ondes lentes, corrélée avec l'amélioration des performances.



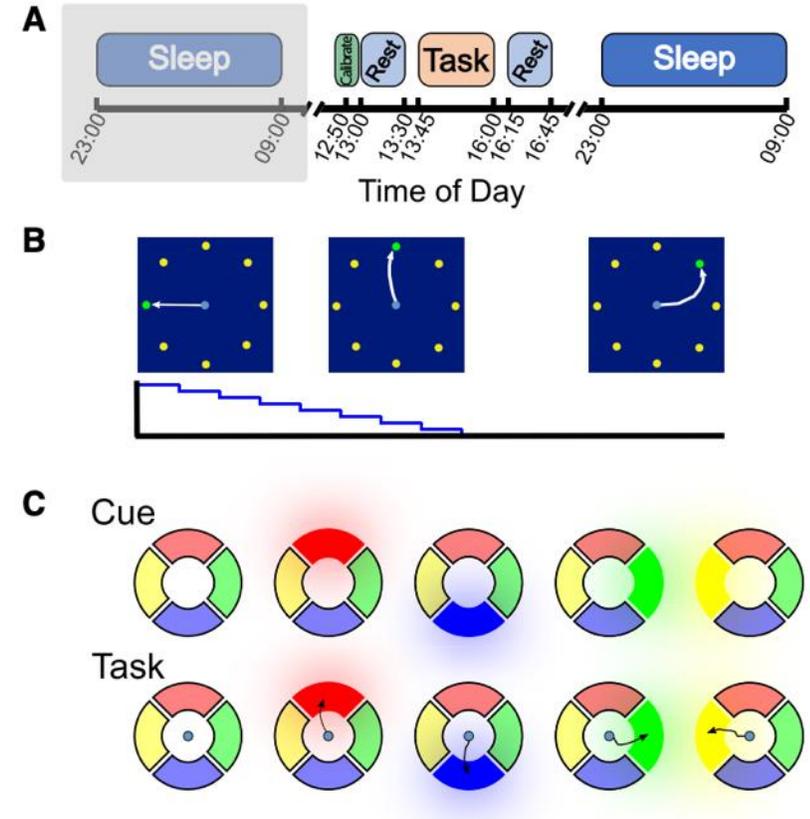
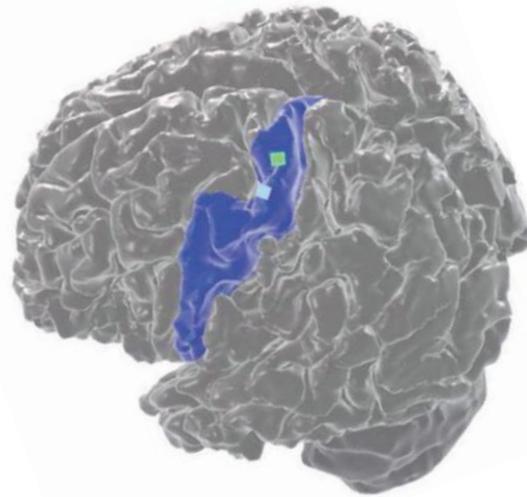
Learned Motor Patterns Are Replayed in Human Motor Cortex during Sleep

REPLAY CHEZ L'HOMME

Homme de 36 ans tétraplégique équipé d'un système d'interface neuronal.

--> microélectrodes intra-corticales dans le gyrus pré-central permettant le mouvement d'un curseur sur l'écran d'un ordinateur (Brain gate project)

A



REPLAY CHEZ L'HOMME

Reconnaissance de séquences neuronales jouant le déplacement du curseur pendant le sommeil lent.

Learned motor patterns are replayed in human motor cortex during sleep

Daniel B. Rubin, Tommy Hosman, Jessica N. Kelemen, Anastasia Kapitonava, Francis R. Willett, Brian F. Coughlin, Eric Halgren, Eyal Y. Kimchi, John D. Simeral, Leigh R. Hochberg*, Sydney S. Cash*

Movie 2: Neural activity driving cursor movement during sleep (1/2x speed)

BRAINGATE
TURNING THOUGHT INTO ACTION

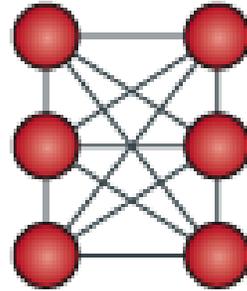
LES FONCTIONS MNÉSQUES DU SOMMEIL

Walker, M. P., & Stickgold, R. (2010). Overnight alchemy: sleep-dependent memory evolution. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 218-218.

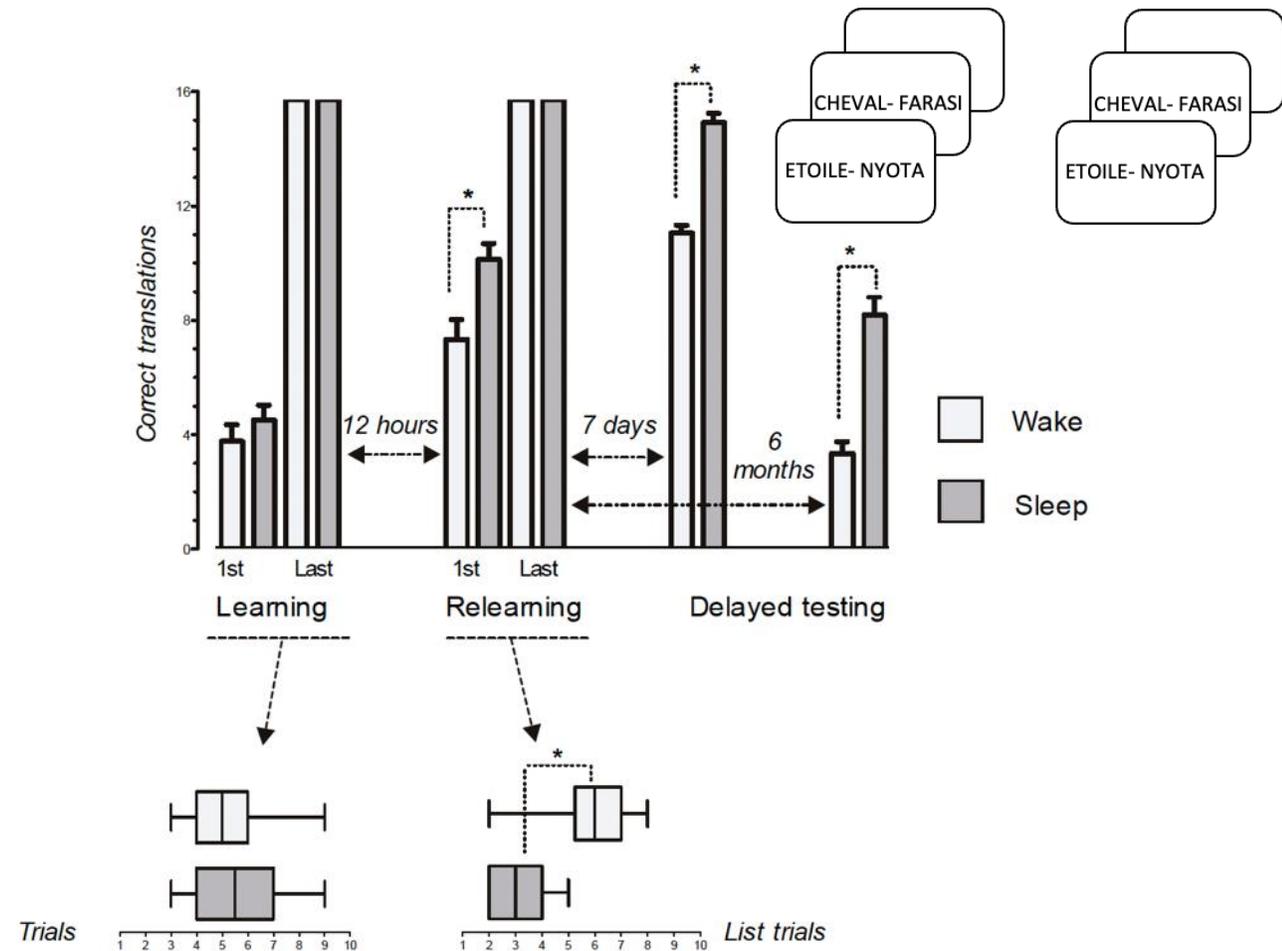
Mazza, S., Gerbier, E., Gustin, M. P., Kasikci, Z., Koenig, O., Toppino, T. C., & Magnin, M. (2016). Relearn faster and retain longer: Along with practice, sleep makes perfect. *Psychological science*, 27(10), 1321-1330.

LES FONCTIONS MNÉSIQUES DU SOMMEIL

b Unitized cortico-cortical bound representation



- Stockage à long terme: Permet une économie lors du réapprentissage. Meilleures performances 6 mois plus tard.



Walker, M. P., & Stickgold, R. (2010). Overnight alchemy: sleep-dependent memory evolution. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 218-218.

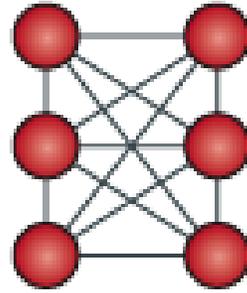
Mazza, S., Gerbier, E., Gustin, M. P., Kasikci, Z., Koenig, O., Toppino, T. C., & Magnin, M. (2016). Relearn faster and retain longer: Along with practice, sleep makes perfect. *Psychological science*, 27(10), 1321-1330.

LES FONCTIONS MNÉSIQUES DU SOMMEIL

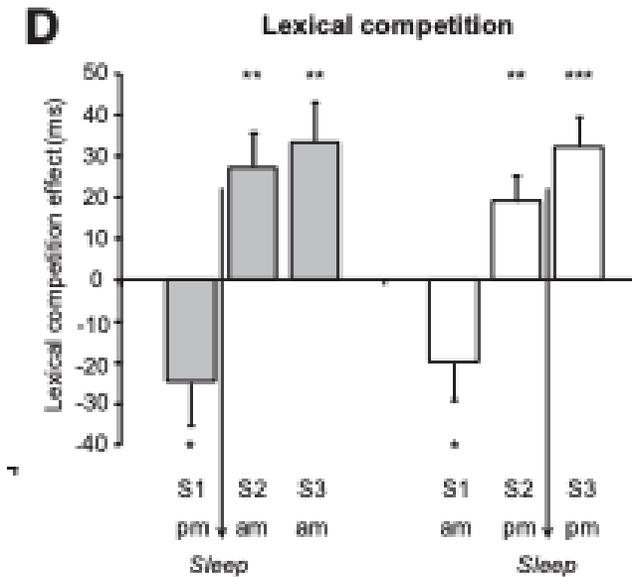
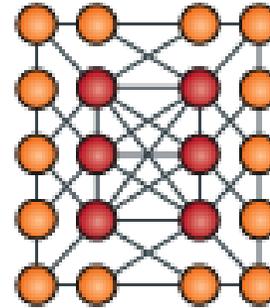
- Intégration de nouveaux souvenirs à des connaissances préexistantes.

Effet d'interférence provoqué par l'apprentissage d'un nouveau mot (Cathedruke) sur la reconnaissance d'un mot connu mais proche (Cathedrale)

b Unitized cortico-cortical bound representation



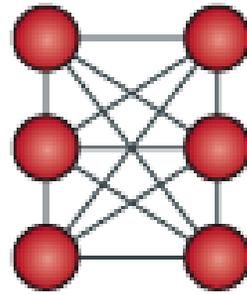
c Cortical assimilation with pre-existing representations



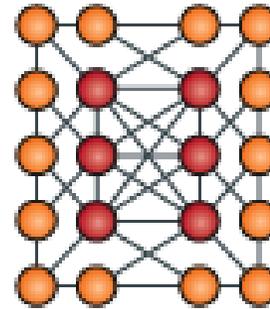
LES FONCTIONS MNÉSQUES DU SOMMEIL

- Émergence et abstraction de régularités

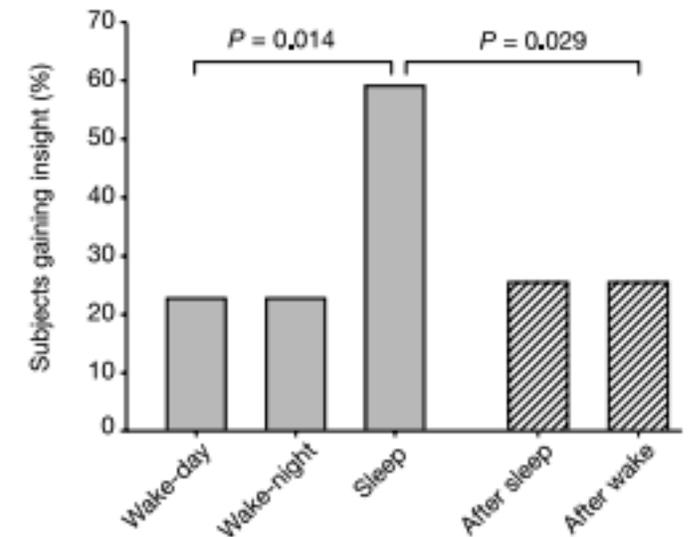
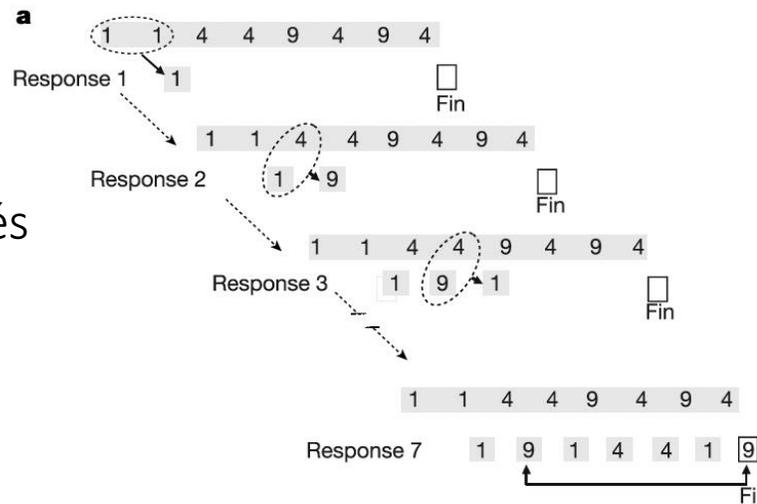
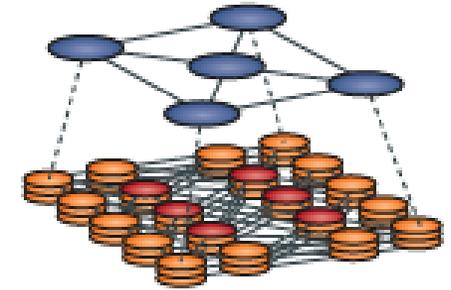
b Unitized cortico-cortical bound representation



c Cortical assimilation with pre-existing representations



d Cortical schema abstraction from pre-existing representations

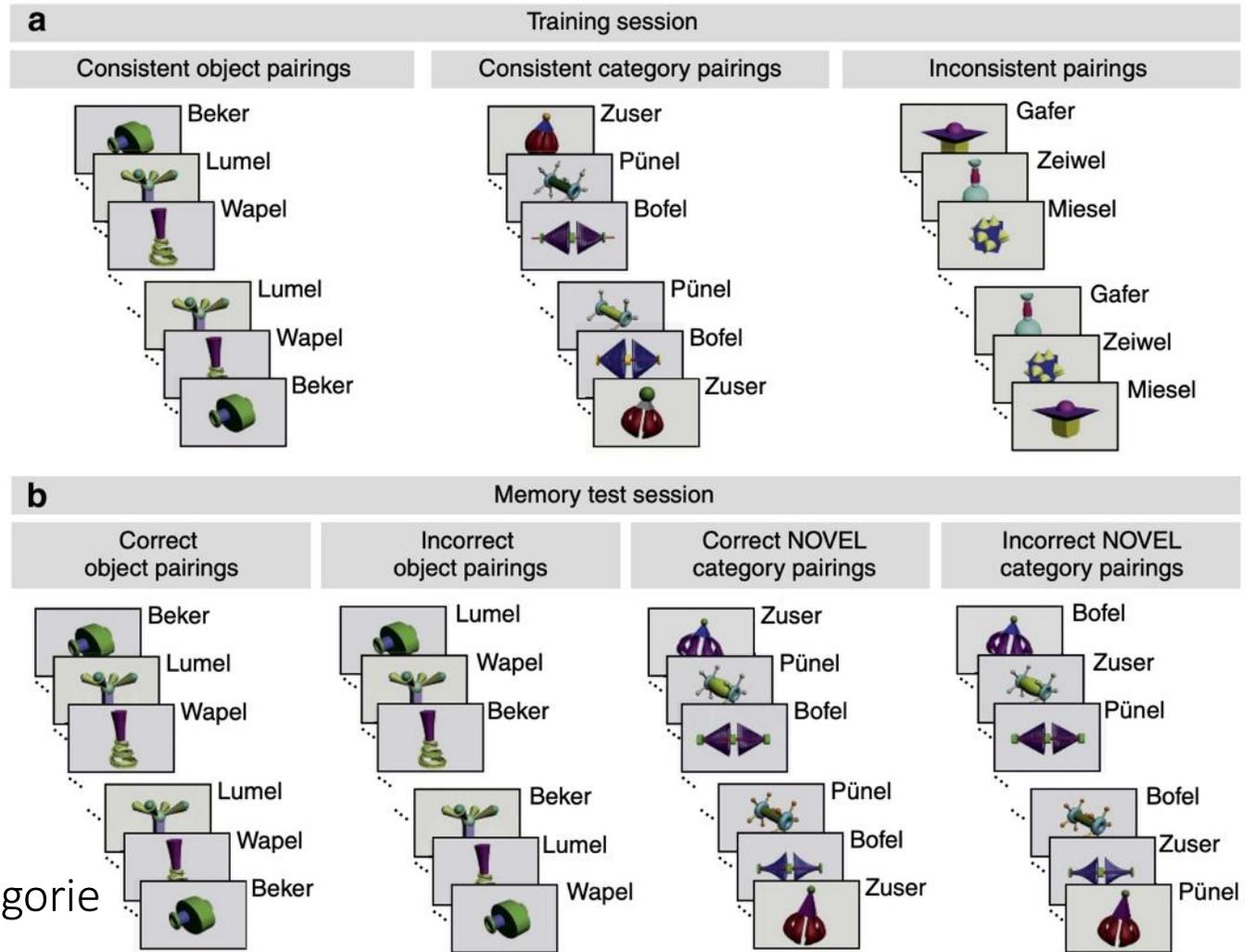


SOMMEIL ET CONSOLIDATION CHEZ LE NOURRISSON

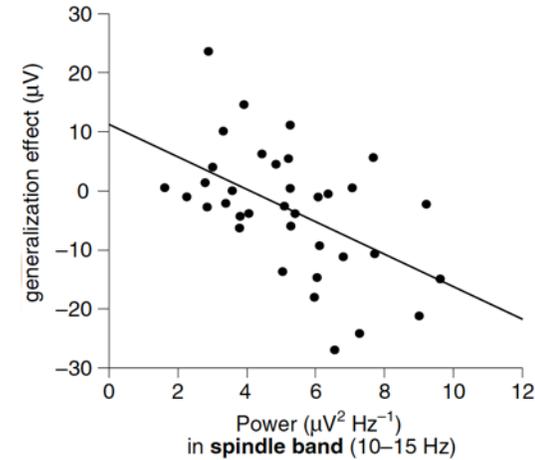
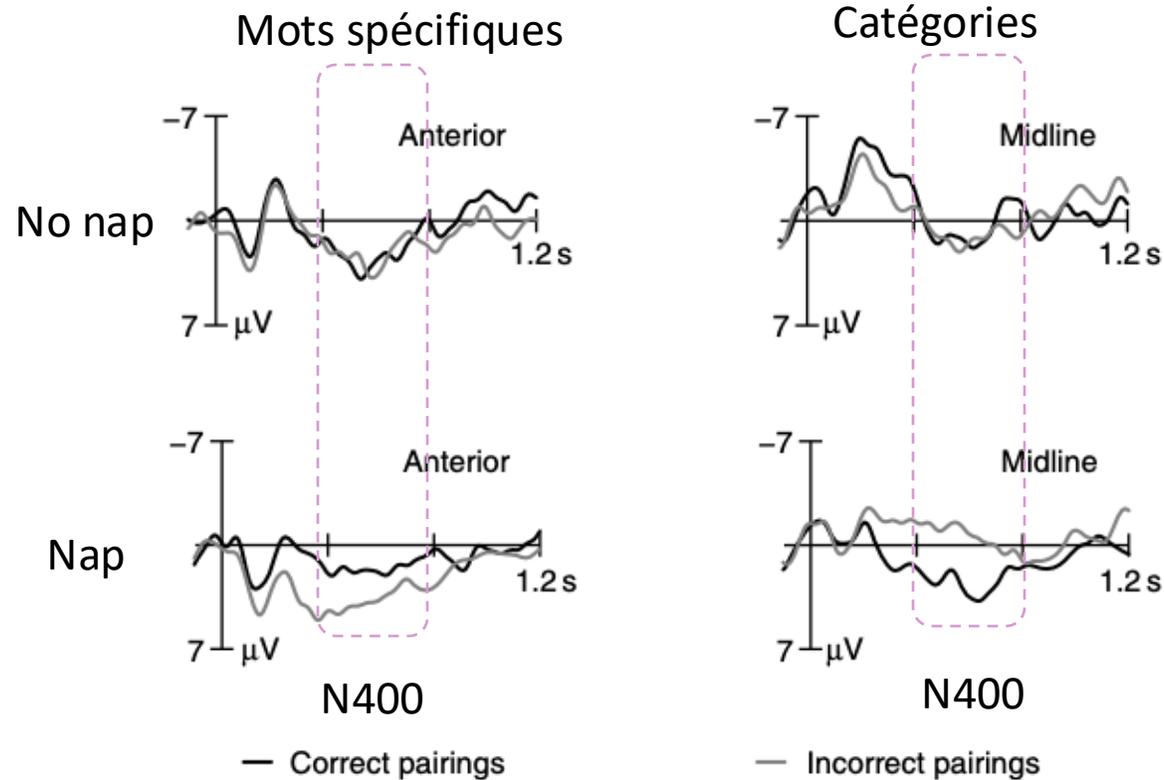
Nourrissons âgés de 9 à 16 mois

Apprentissages de mots de
vocabulaire spécifique: Objet/Mot

vocabulaire de classe sémantique: Objets/Catégorie



SOMMEIL ET CONSOLIDATION CHEZ LE NOURRISSON

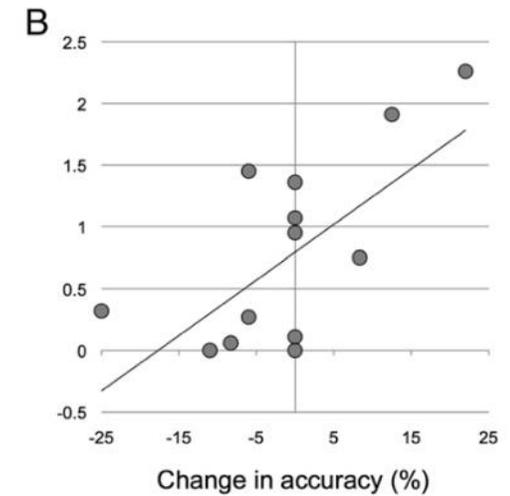
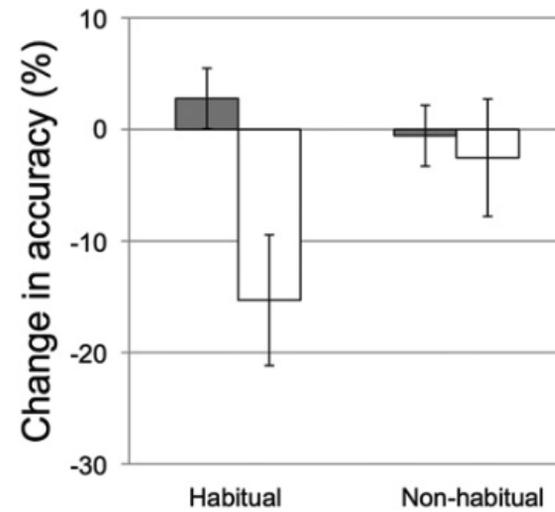
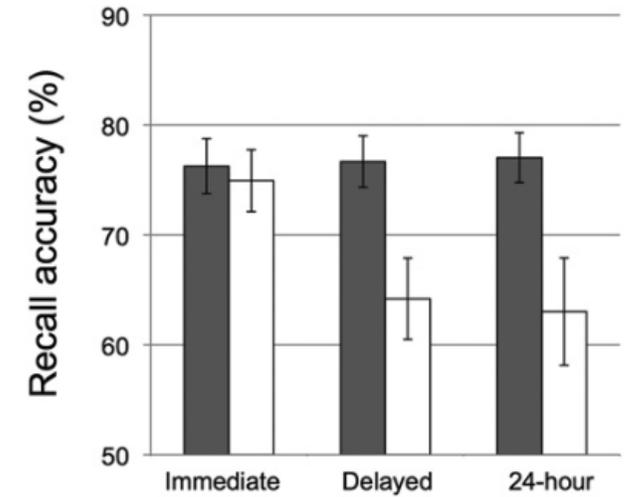
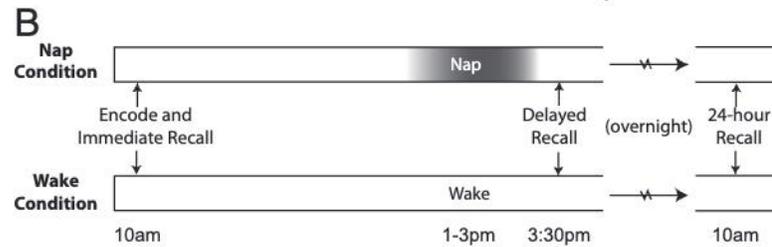
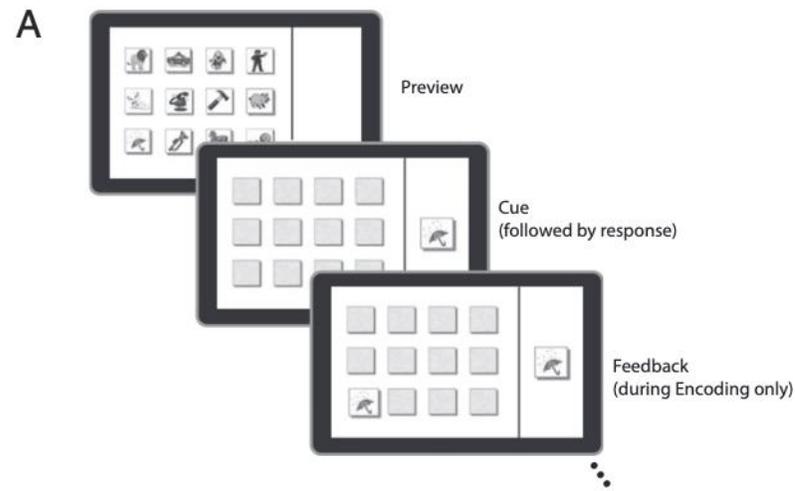


Après une sieste, les nourrissons se souviennent mieux des noms spécifiques des objets et généralisent mieux de nouveaux objets aux catégories apprises.

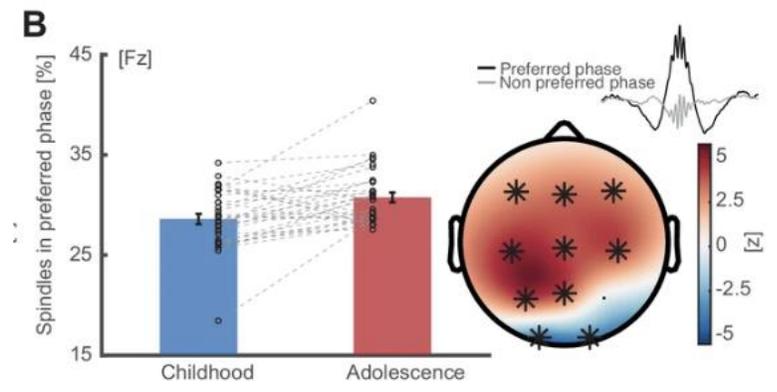
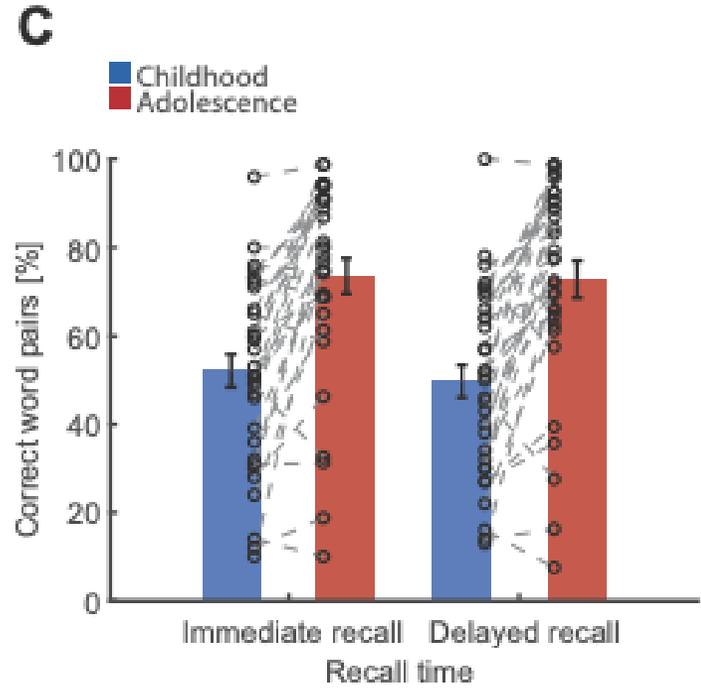
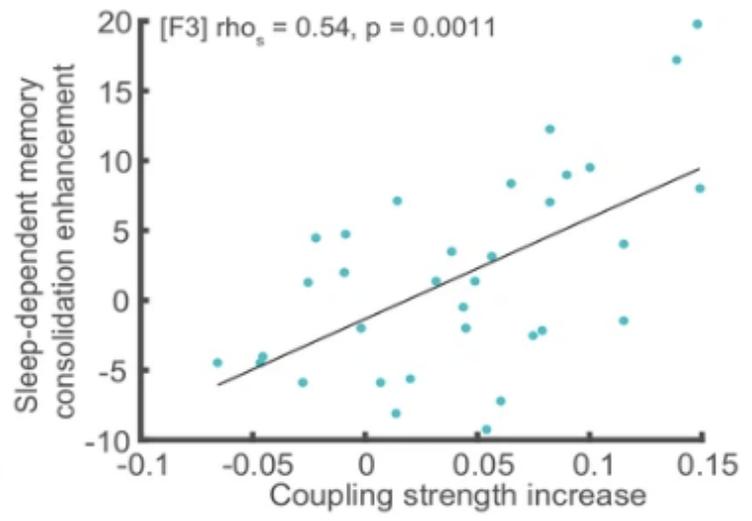
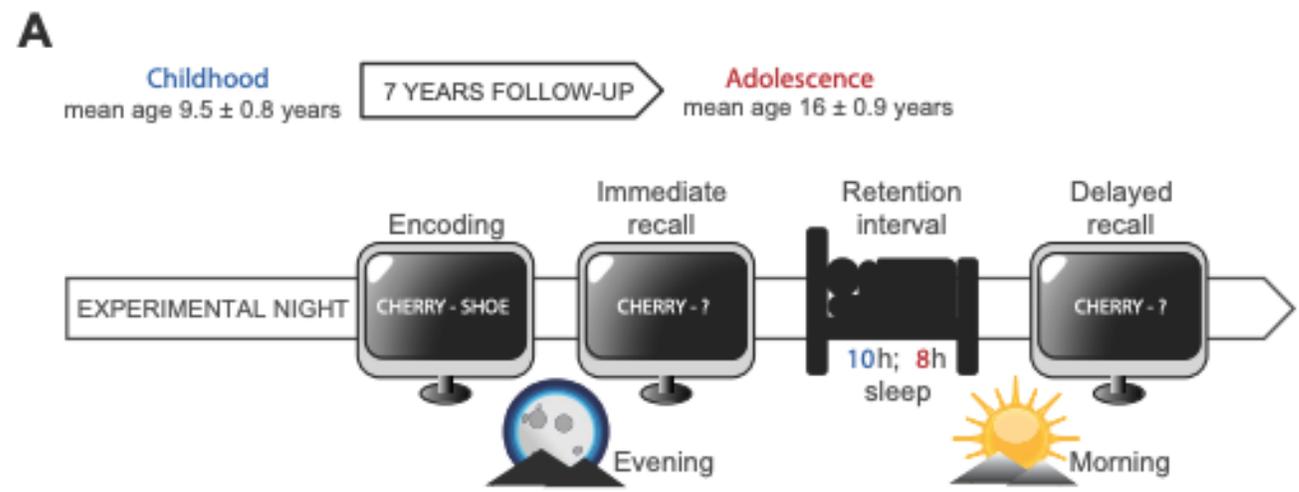
Le sommeil permet la consolidation et la réorganisation des apprentissages.

Cet effet de généralisation sémantique est corrélé à l'activité des fuseaux du sommeil, suggérant que les fuseaux seraient impliqués dans la plasticité cérébrale dépendante du sommeil dès le plus jeune âge.

SIESTE ET CONSOLIDATION CHEZ ENFANT



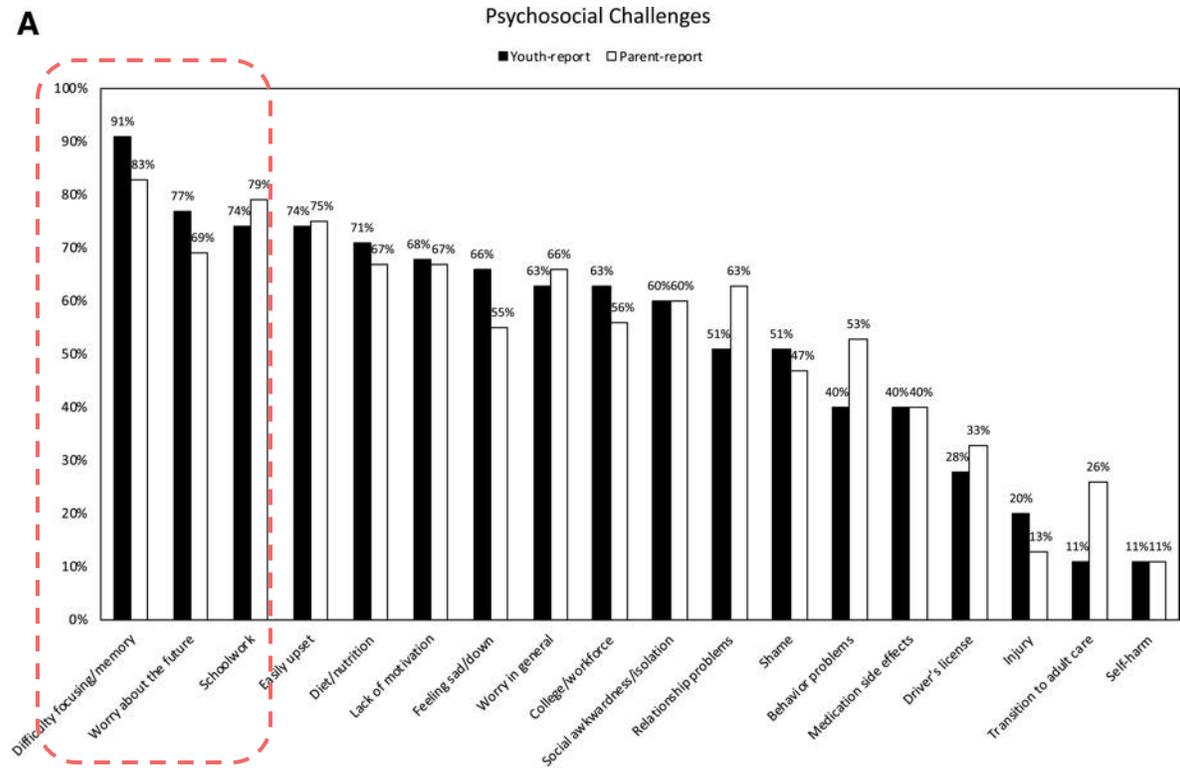
SOMMEIL ET CONSOLIDATION CHEZ L'ADO



L'augmentation de cette précision entre l'enfance et l'adolescence est corrélée à l'amélioration du processus de consolidation.

Hahn, M. A., Heib, D., Schabus, M., Hoedlmoser, K., & Helfrich, R. F. (2020). Slow oscillation-spindle coupling predicts enhanced memory formation from childhood to adolescence. *elife*, 9, e53730.

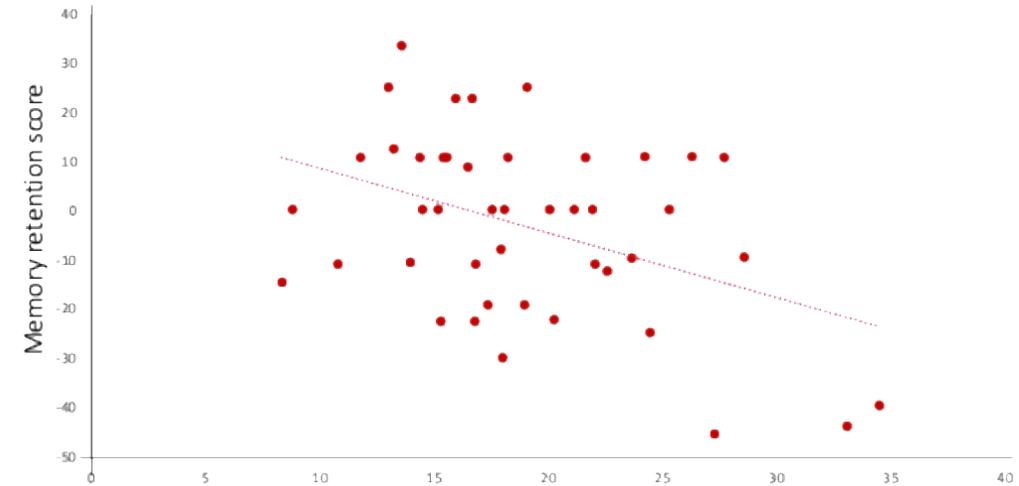
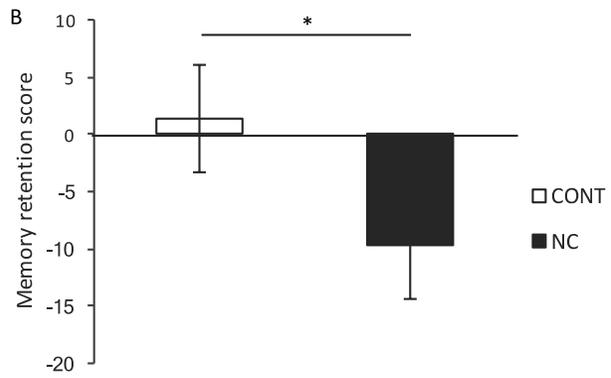
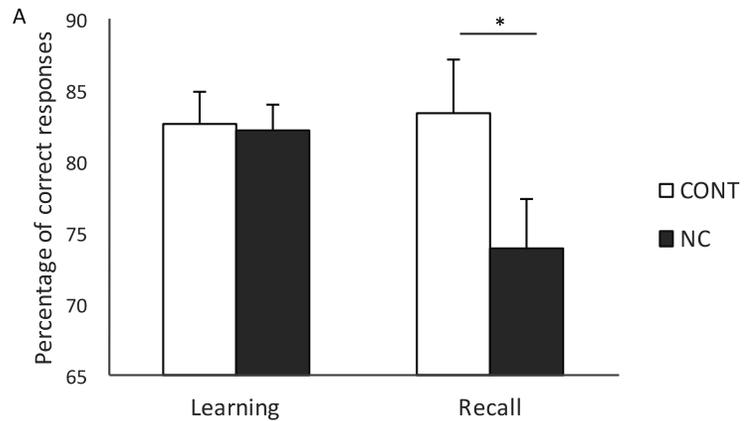
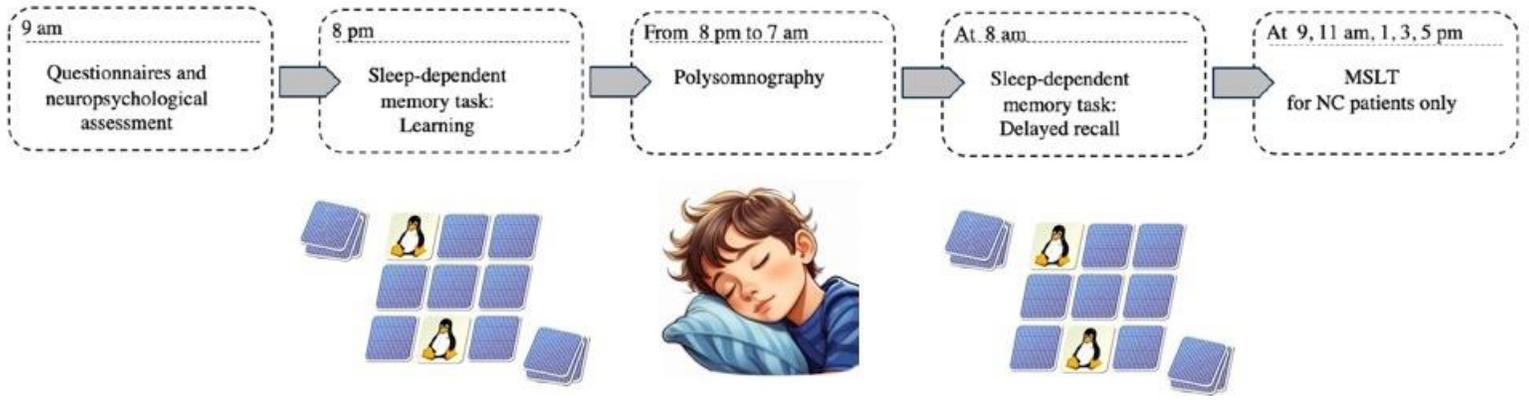
CONSOLIDATION ET NARCOLEPSIE



Maladie rare du sommeil (< 1/ 100.000) atteinte du système à hypocrétine responsable de l'éveil

- Hypersomnolence
- Accès de sommeil incoercibles
- Cataplexies (pertes brutales du tonus musculaire)
- Mauvaise qualité du sommeil avec de multiples éveils nocturnes
- Répercussions importantes sur le parcours scolaire
- Plaintes mnésiques non objectivées

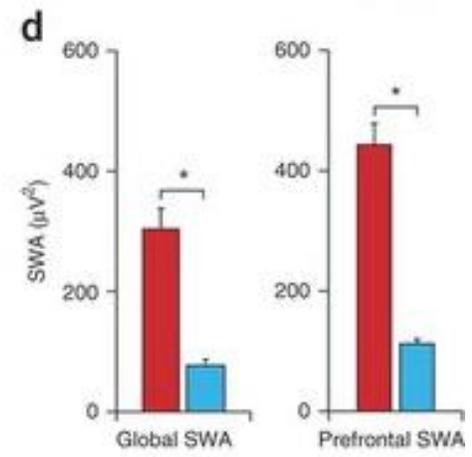
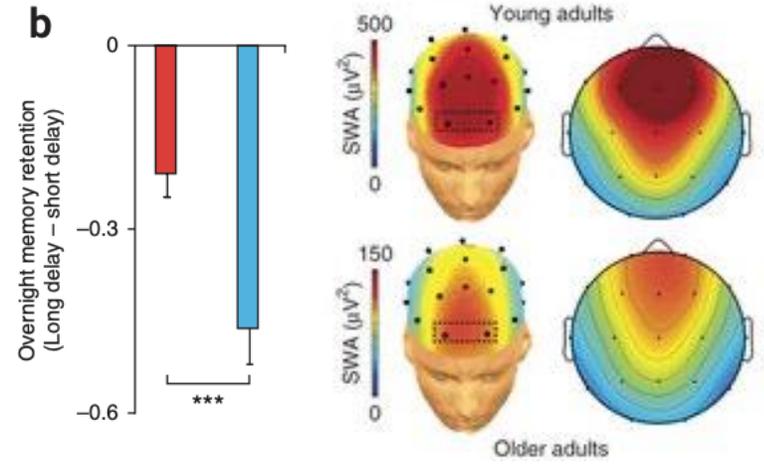
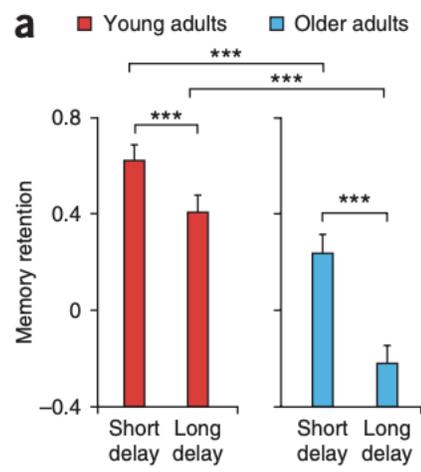
CONSOLIDATION ET NARCOLEPSIE



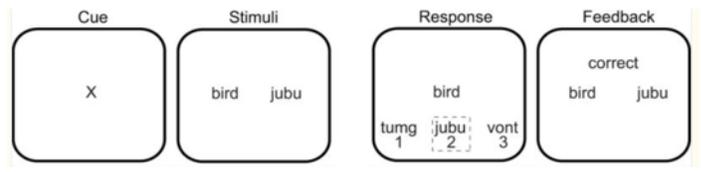
Malgré des performances d'apprentissage identiques au coucher, les performances au lever sont dégradées chez les enfants narcoleptiques. Plus le sommeil est instable, moins la consolidation dépendante du sommeil est efficace.

Gagnon, K., Rey, A. E., Guignard-Perret, A., Guyon, A., Reynaud, E., Herbillon, V., Lina, J. M., Carrier, J., Franco, P., & Mazza, S. (2023). Sleep Stage Transitions and Sleep-Dependent Memory Consolidation in Children with Narcolepsy-Cataplexy. *Children*, 10(10), 1702.

CONSOLIDATION CHEZ L'ADULTES

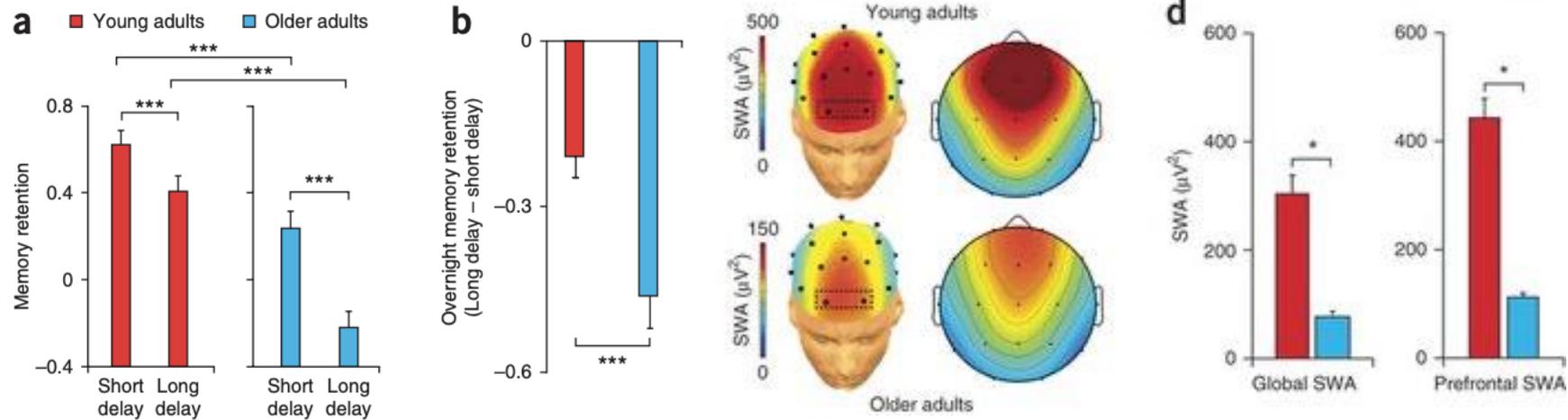


Réduction de l'activité à ondes lentes dans les régions frontales chez les seniors.

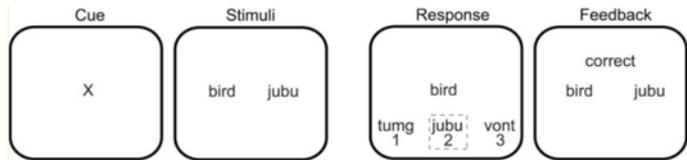


Cherdiou, M., Reynaud, E., Uhlrich, J., Versace, R., & Mazza, S. (2014). Does age worsen sleep-dependent memory consolidation?. *Journal of sleep research*, 23(1), 53-60.
Mander, B. A., et al. (2013). Prefrontal atrophy, disrupted NREM slow waves and impaired hippocampal-dependent memory in aging. *Nature neuroscience*, 16(3), 357-364.

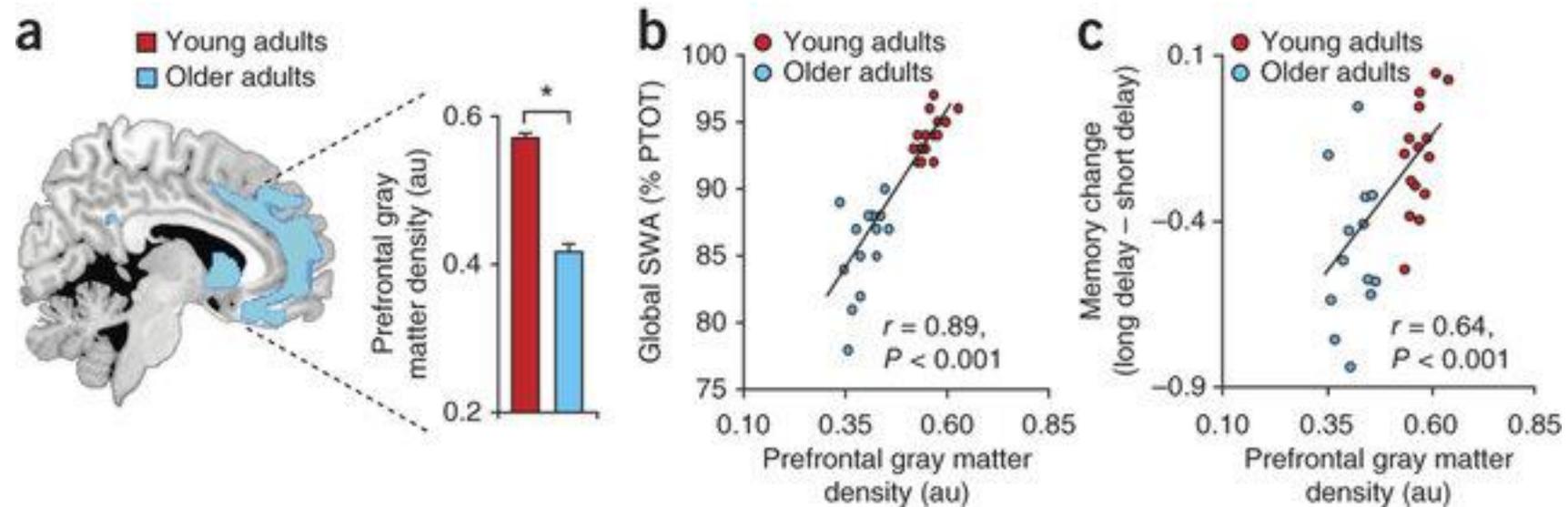
CONSOLIDATION CHEZ L'ADULTES



Réduction de l'activité à ondes lentes dans les régions frontales chez les seniors.

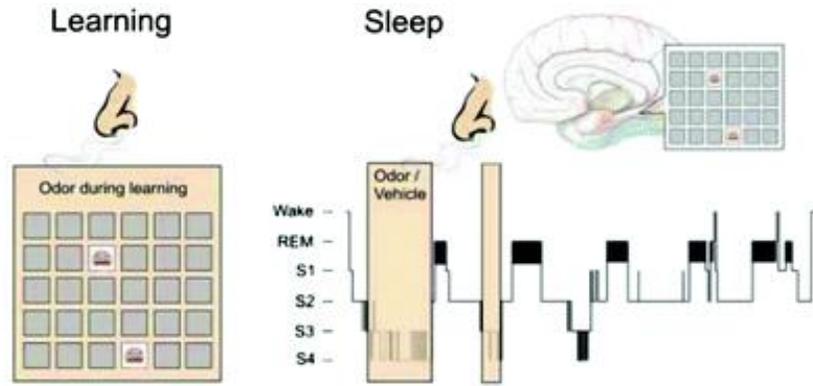


La réduction de matière grise frontale pourrait réduire l'activité à ondes lentes nécessaires à la consolidation des apprentissages.

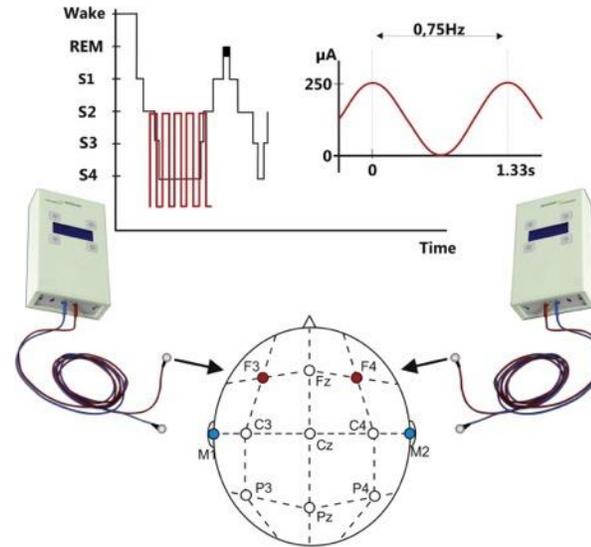


PEUT-ON BOOSTER NOTRE CONSOLIDATION?

(a)



En réactivant le souvenir avec des odeurs ou des sons pendant le sommeil.



En augmentant les ondes lentes avec des stimulations magnétiques transcrâniennes ou des sons.



En améliorant le sommeil par des programmes d'éducation...

Leminen, M. M. et al. (2017). Enhanced memory consolidation via automatic sound stimulation during non-REM sleep. *Sleep*, 40(3), zsx003.

Prehn-Kristensen A. et al. (2014). Transcranial oscillatory direct current stimulation during sleep improves declarative memory consolidation in children with attention-deficit/hyperactivity disorder to a level comparable to healthy controls. *Brain stimulation*, 7(6), 793-799.



SLEEP ON IT!

Le sommeil est bien plus qu'une période d'inactivité ou qu'un repos passif.
Dormir permet de mieux encoder mais également de mieux consolider.
Bien dormir est essentiel à tous les moments de la vie.

Merci à mes collaborateurs...