



Sommeil et Apprentissages

Sciences cognitives et éducation

13 nov. 2014



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

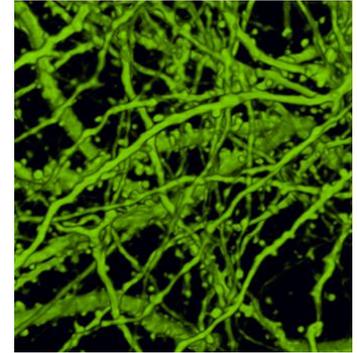
Mélanie Strauss

Neurologue, spécialiste des pathologies du sommeil

Hôpital de l'Hotel Dieu, Paris

& Unicog, Saclay

Introduction



L'apprentissage est possible grâce à la plasticité cérébrale.

La plasticité cérébrale est la capacité du cerveau à modifier sa structure et sa fonction au cours du temps et en réponse à l'environnement (aspect dynamique et adaptatif).

Elle est à la base

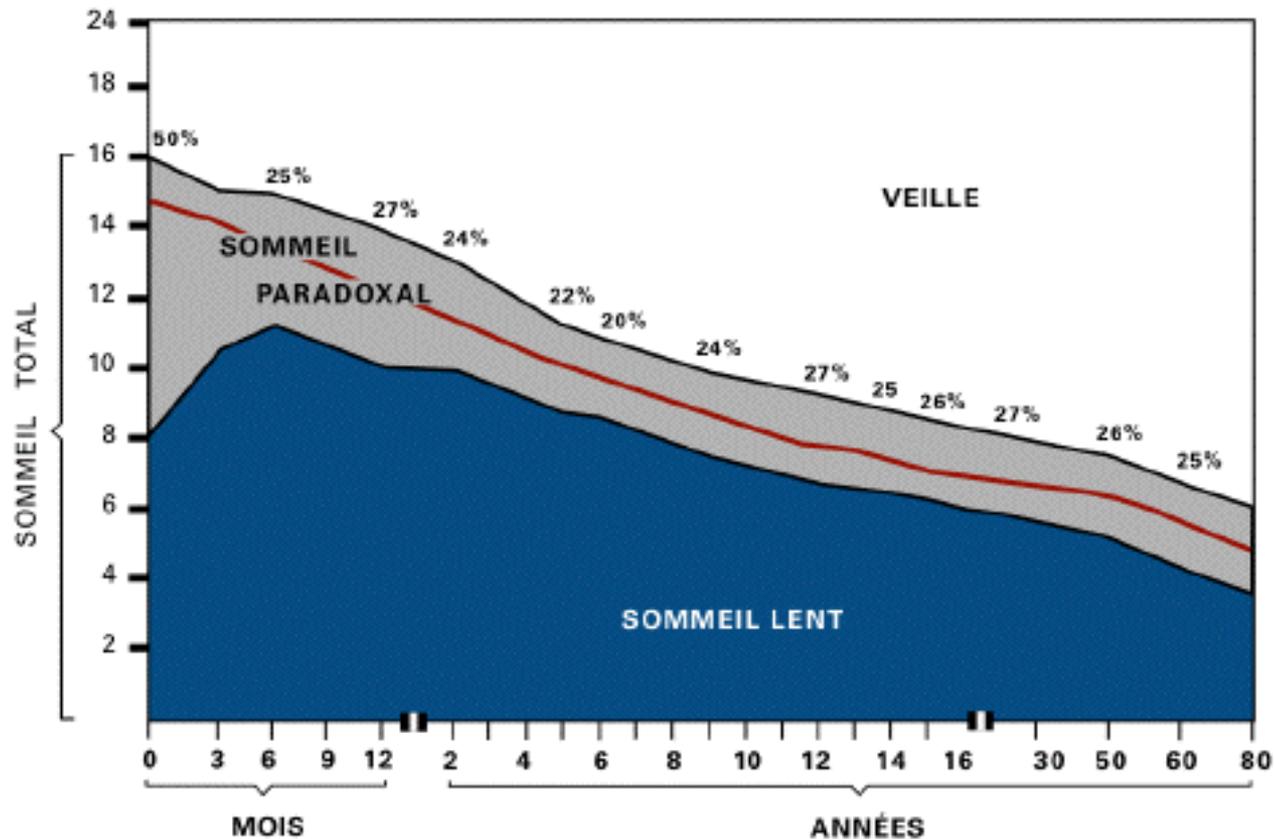
- des processus de mémorisation et plus généralement des apprentissages
- des processus de maturation cérébrale et du développement cognitif chez l'enfant.

Le sommeil est fondamental pour ces processus de développement et d'apprentissage.

Son impact est majeur en milieu scolaire.

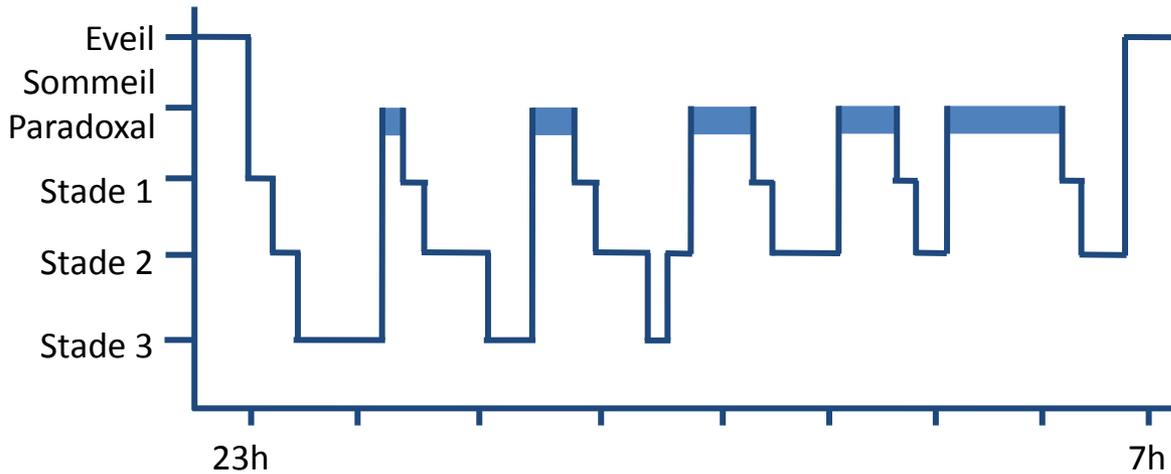
La physiologie du sommeil

L'évolution du sommeil à travers les âges



La physiologie du sommeil

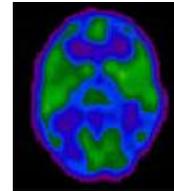
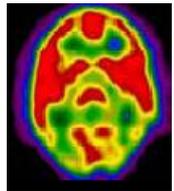
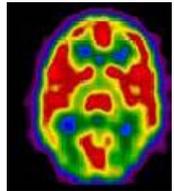
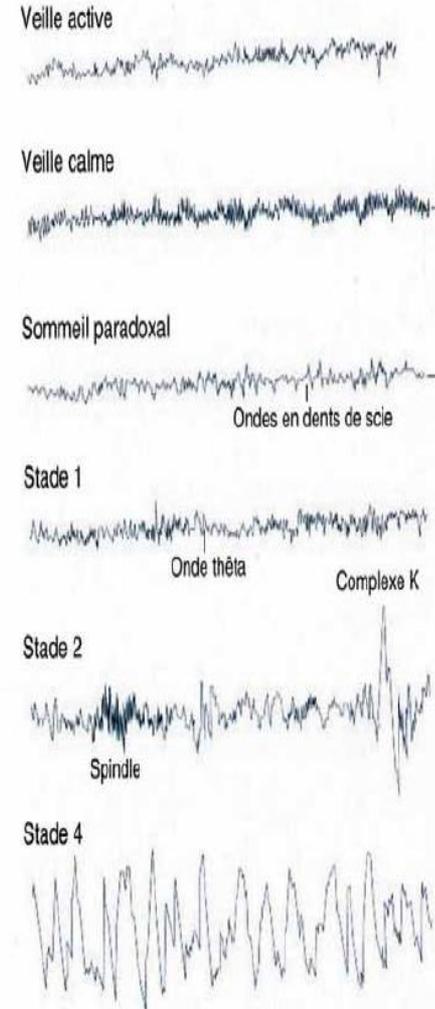
Les rythmes ultradiens (<24h)



Les rythmes circadiens (~24h)



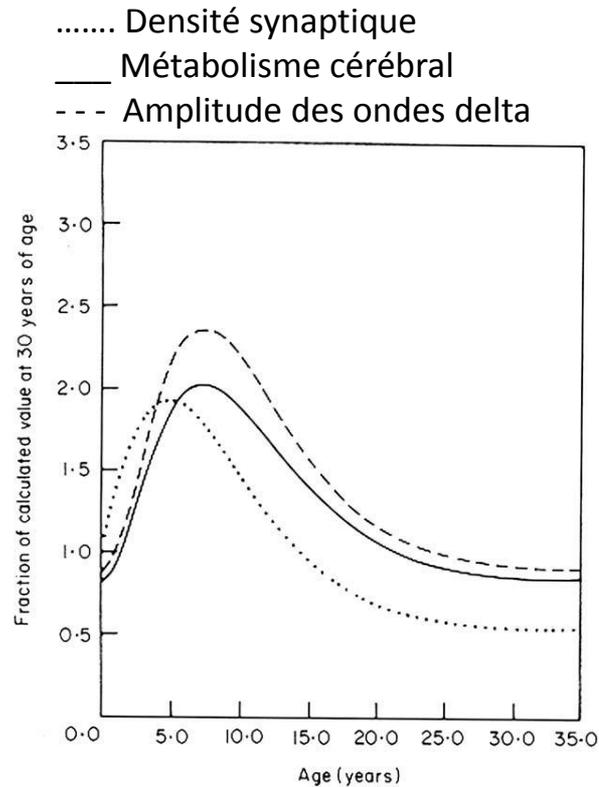
Les stades de sommeil



Sommeil et développement cérébral

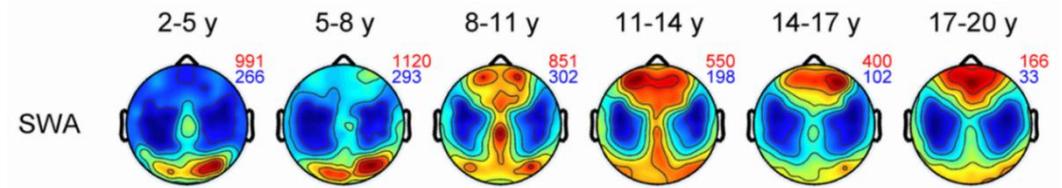
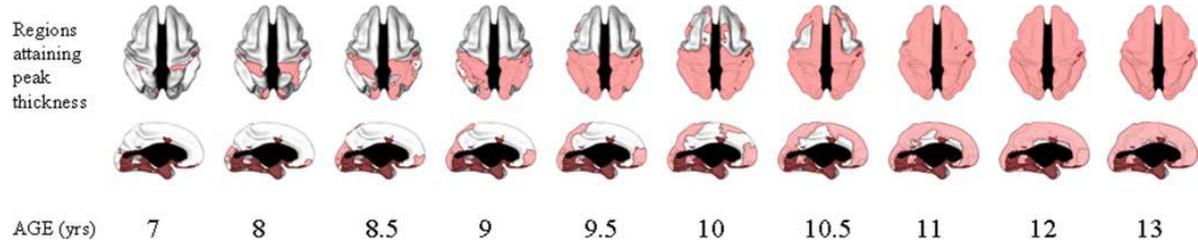
Décours temporel similaire entre l'évolution de l'activité à ondes lentes du sommeil (SWA) et de la densité synaptique cérébrale à travers les âges.

Les deux présentent un pic avant l'adolescence et évoluent selon un axe antéro-postérieur.

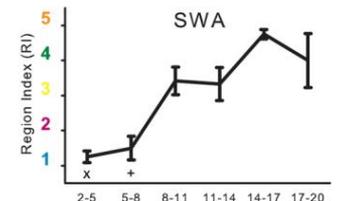
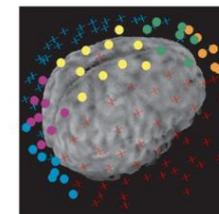
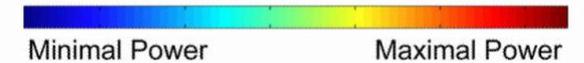


Feinberg, Thode et al.,
J. of Theoretical Biology 1990

Shaw et al., *J. Neurosc.* 2008



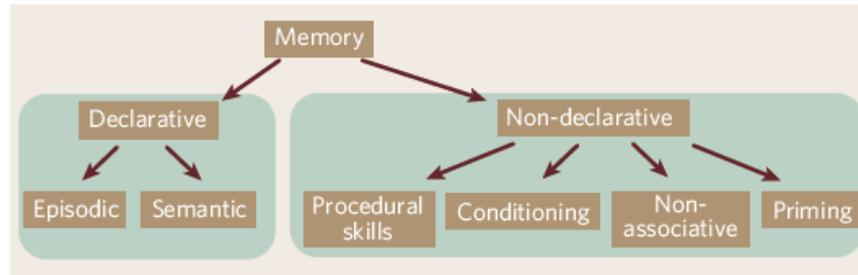
Kurth et al., *J. Neurosc.* 2010



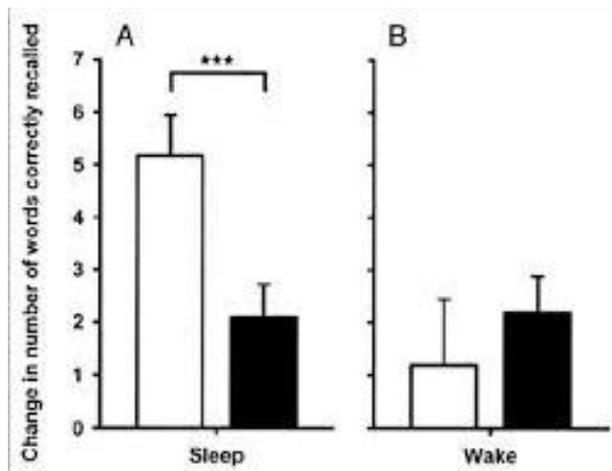
location of maximal power over all clusters

Sommeil et fonctions cognitives

Le sommeil joue un rôle fondamental dans la consolidation mnésique

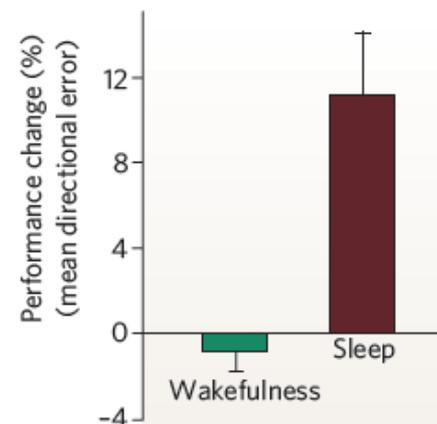


Majoration des performances mnésiques après sommeil
Mémoire déclarative Mémoire procédurale



(Gais and Born, PNAS 2004)

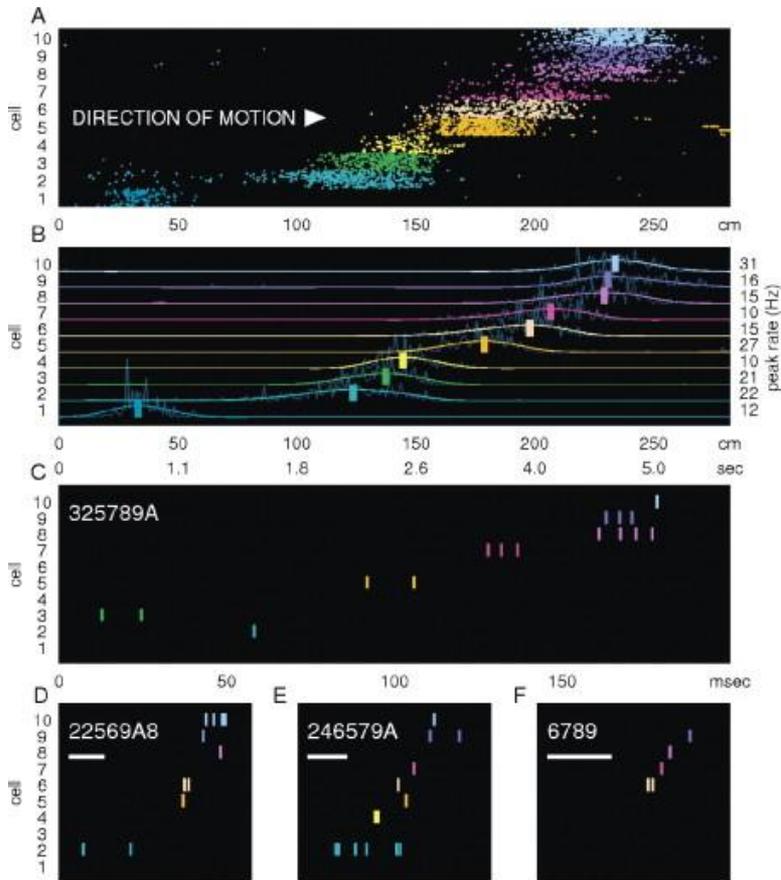
Motor adaption learning task
g Sleep versus wake



(Stickgold, Nature 2005)

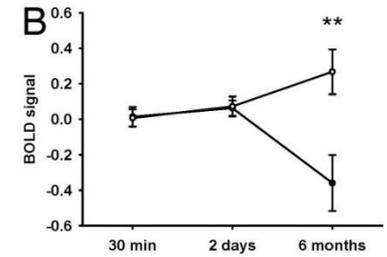
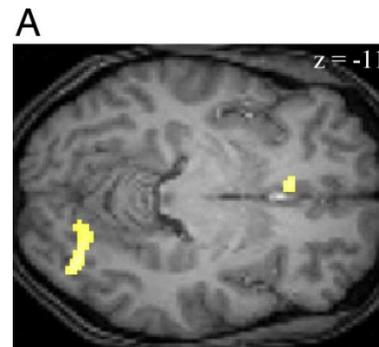
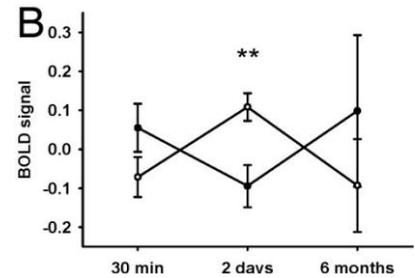
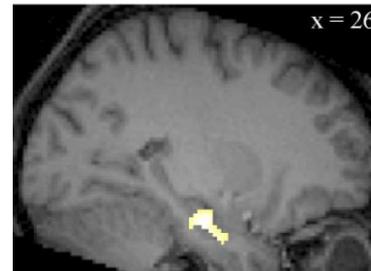
Réactivation hippocampique et consolidation à long terme des traces mnésiques

Réactivation hippocampique pendant le sommeil
(Busaki 1989, Lee and Wilson 2002)



(Lee and Wilson, Neuron 2002)

Consolidation à long terme
des traces mnésiques

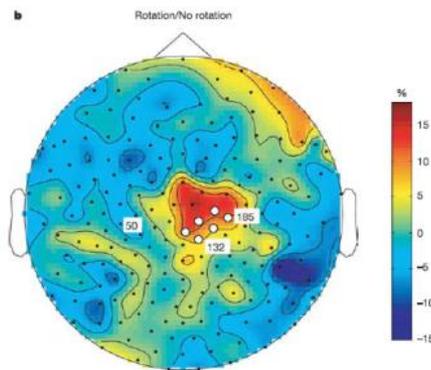


(Gais et al. PNAS 2007)

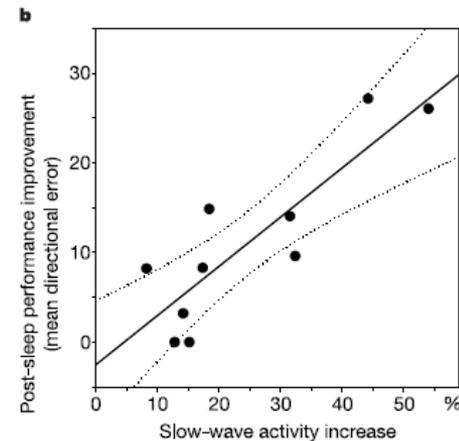
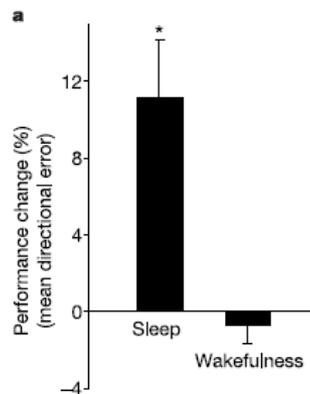
Les performance mnésiques sont corrélées à la densité des ondes lentes et des fuseaux de sommeil après apprentissage

- Le nombre, l'amplitude et la pente des ondes lentes sont augmentées spécifiquement dans la région cérébrale impliquée par l'apprentissage (*Huber et al., 2004, Mölle et al 2004, 2009*)
- La densité des fuseaux de sommeil est également augmentée après un apprentissage (*Gais et al. 2002,...*)
- Ces augmentations des figures de sommeil sont corrélées aux performances comportementales après sommeil (*Huber et al. 2004, Nishida et al. 2007, Clemens et al. 2005, 2006*)

(*Huber et al. Nature 2004*)
Motor Target detection task



%change in SWA during
non-REM sleep

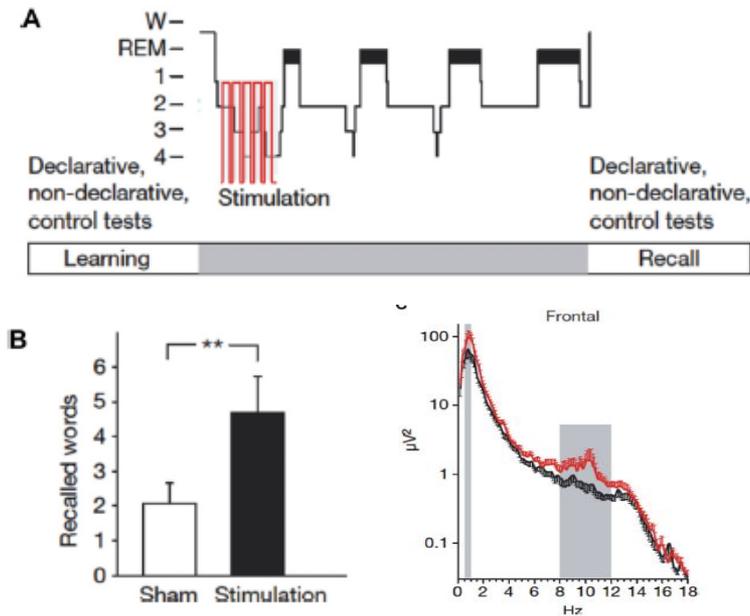


Correlation between
performance post sleep and
SWA increase

Lien causal entre ondes lentes, fuseaux de sommeil et consolidation mnésique

La stimulation des ondes lentes améliore l'apprentissage

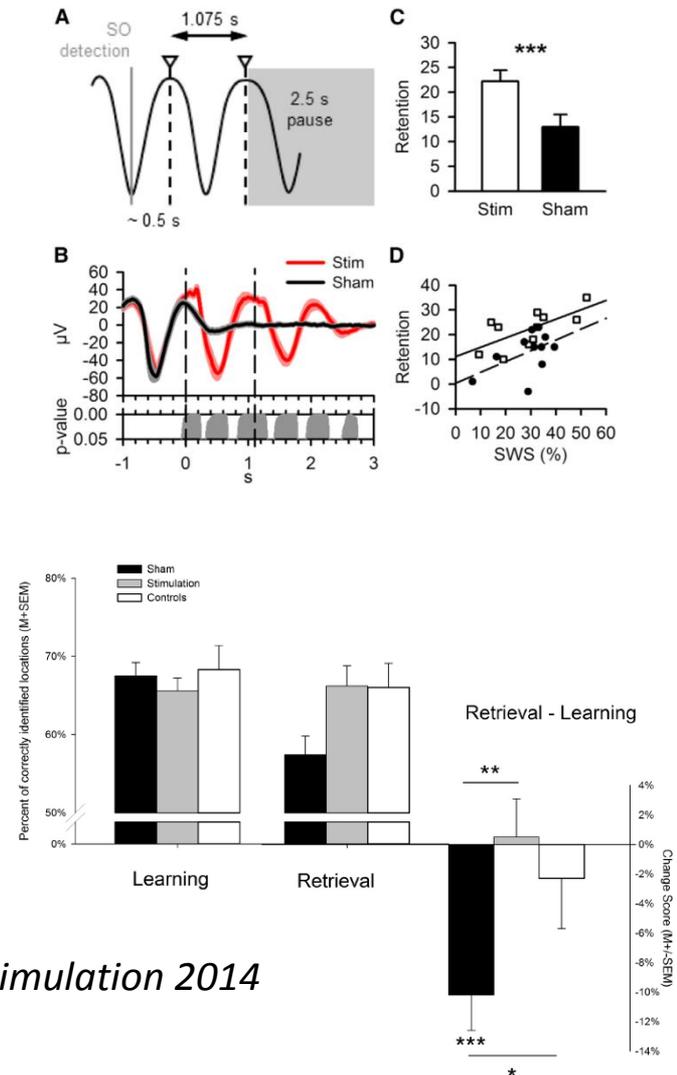
Marshall et al., Nature 2006



La consolidation mnésique par stimulation peut aussi être améliorée chez les enfants aux troubles de l'apprentissage (TADA)

A. Prehn-Kristensen et al., Brain Stimulation 2014

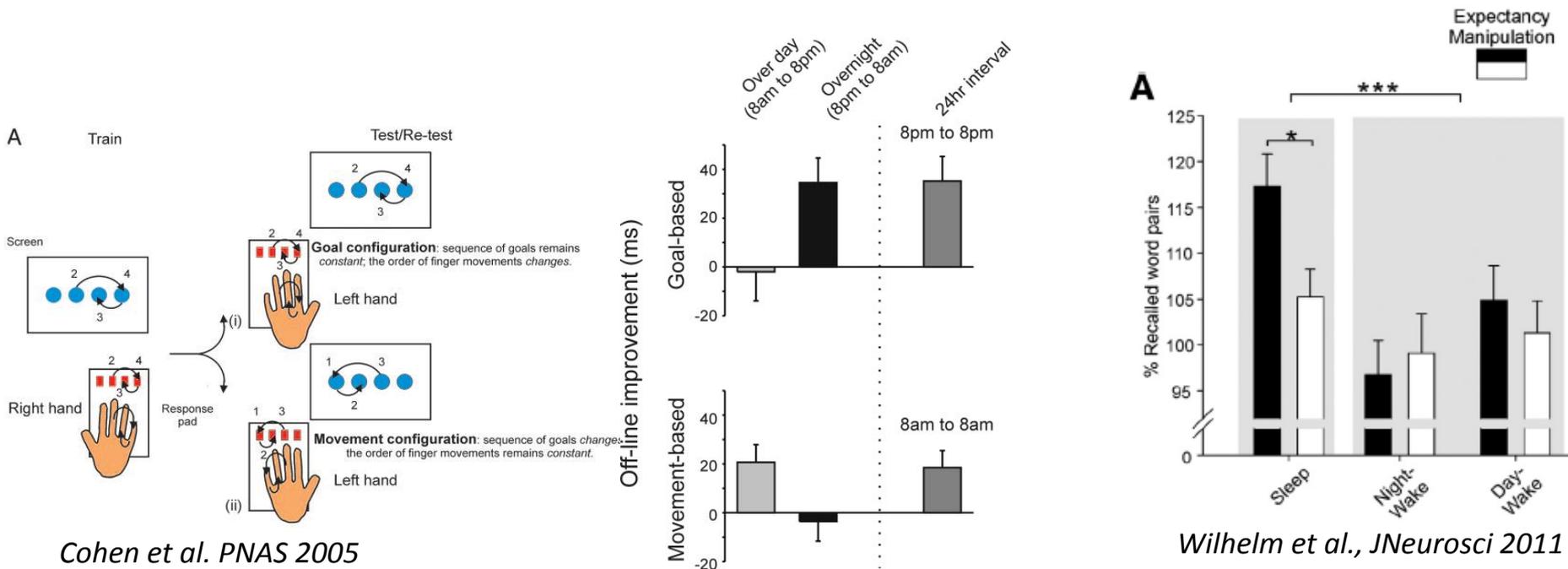
Ngo et al., Neuron 2013



Rétention sélective des informations pertinentes pour le futur

Le bénéfice du sommeil sur les apprentissages est fortement influencé par nos buts et les attentes que nous avons sur leur utilité future

- Mémoire procédurale (*Cohen et al. PNAS 2005, Wilhelm et al., JNeurosci 2011*)
- Mémoire déclarative et visuo-spatiale (*Wilhelm et al., JNeurosci 2011*)
- Réalisation d'une intention future (*Diekelmann et al. Sleep 2013*)



Sommeil, mémoire et autres fonctions cognitives

- **Fonctions exécutives**

Effets de la privation de sommeil : comportements de persévération (*Retey et al., 2006*) diminution de l'attention sélective (*Thomas et al., 2000*), troubles du jugement (*Killgore et al., 2006*), de la planification stratégique (*Harrison and Horne, 1999*)

- **Langage**

(*Harrison and Horne, 1998; Fenn et al. 2003; Gaskell et al. 2014*)

- **Emotions** (Yoo et al. 2007)

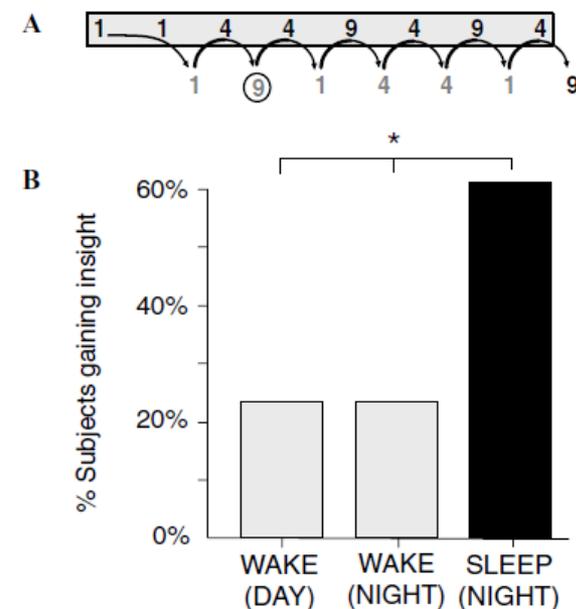
- **Abstraction, Insight**

(*Stickgold 2009, 2013; Wagner et al., 2004*)

- **Transfert des apprentissages implicites vers une connaissance explicite**

(*Wagner et al., Nature 2004; Yordanova, J. et al. Learn. Mem. 2008; Fischer et al., J. Cogn. Neurosci. 2006; Payne et al. Neurobiol. Learn. Mem. 2009*)

Wagner et al., Nature 2004
Tâche d'élaboration d'une
séquence numérique présentant
une règle cachée



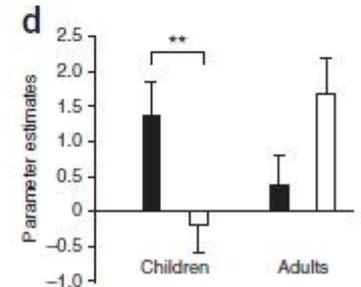
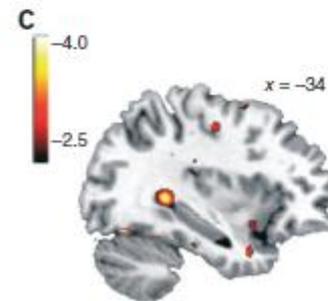
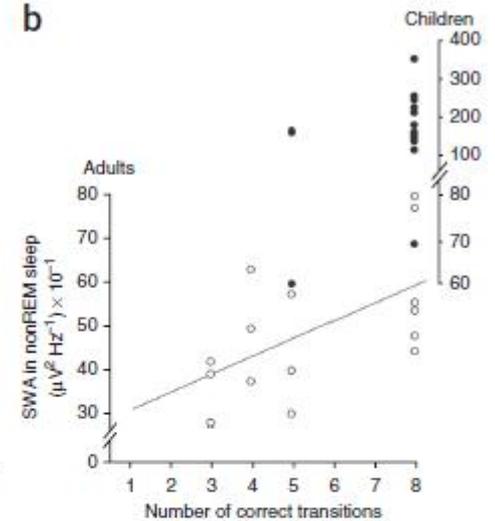
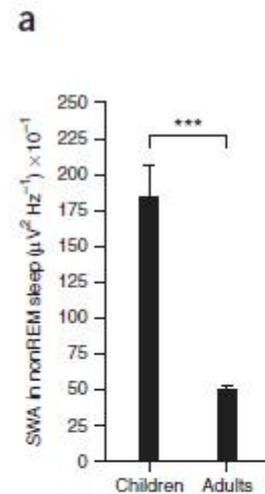
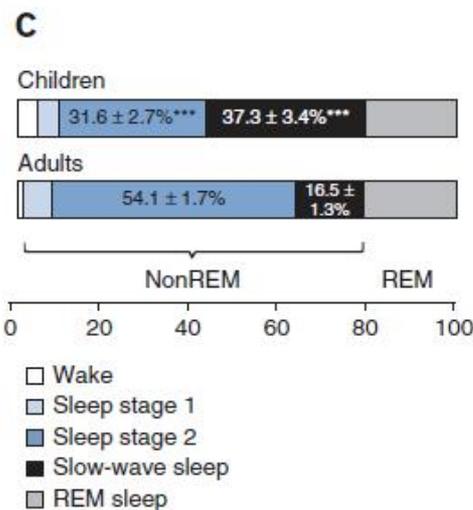
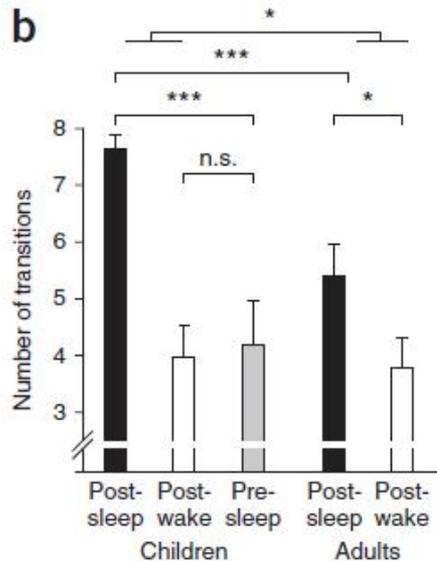
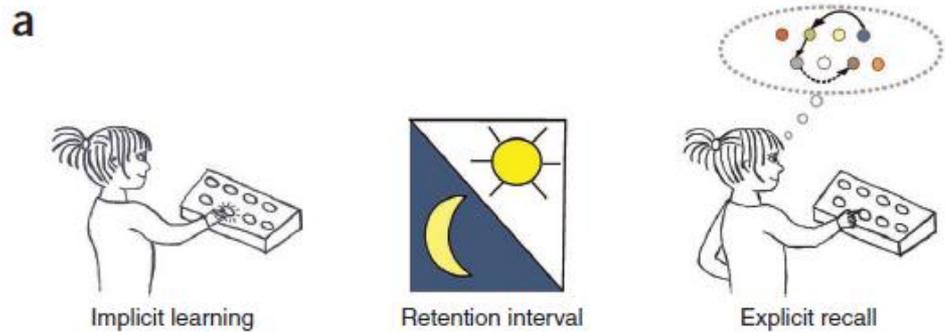
Les capacités de conversion d'un apprentissage implicite en connaissance explicite après une nuit de sommeil sont supérieures chez l'enfant

(Wilhelm et al., *Nature Neuroscience* 2013)

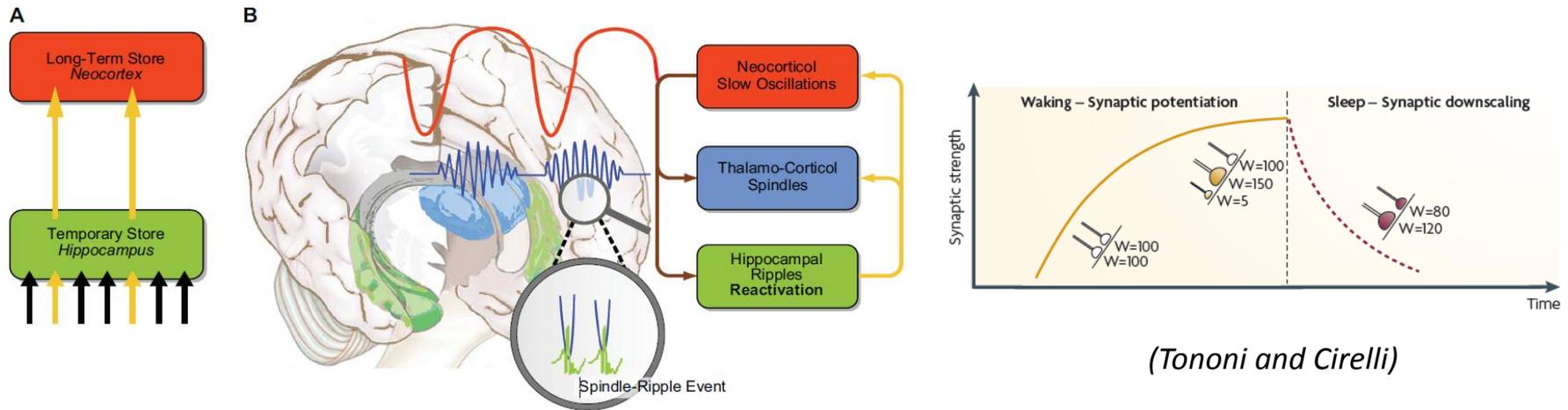
La séquence motrice apprise implicitement (en association à des indices lumineux) est mieux rappelée explicitement après le sommeil par les enfants que par les adultes.

Les enfants ont plus de sommeil profond et la puissance des ondes lentes est supérieure.

L'activité hippocampique au moment du rappel est majorée chez les enfants.



Les modèles de la consolidation mnésique au cours du sommeil



(Rasch and Born *Physiol. Rev.* 2013)

- Sélection et renforcement des informations acquises pertinentes : réactivations hippocampiques des traces mnésiques (sommeil lent)
- Intégration des événements rejoués dans les réseaux préexistants au niveau cortical, extraction des règles et invariants, généralisation des apprentissages et consolidation à long terme (sommeil paradoxal)
- Homéostasie synaptique : renforcement synaptique à l'éveil et élagage dans le sommeil

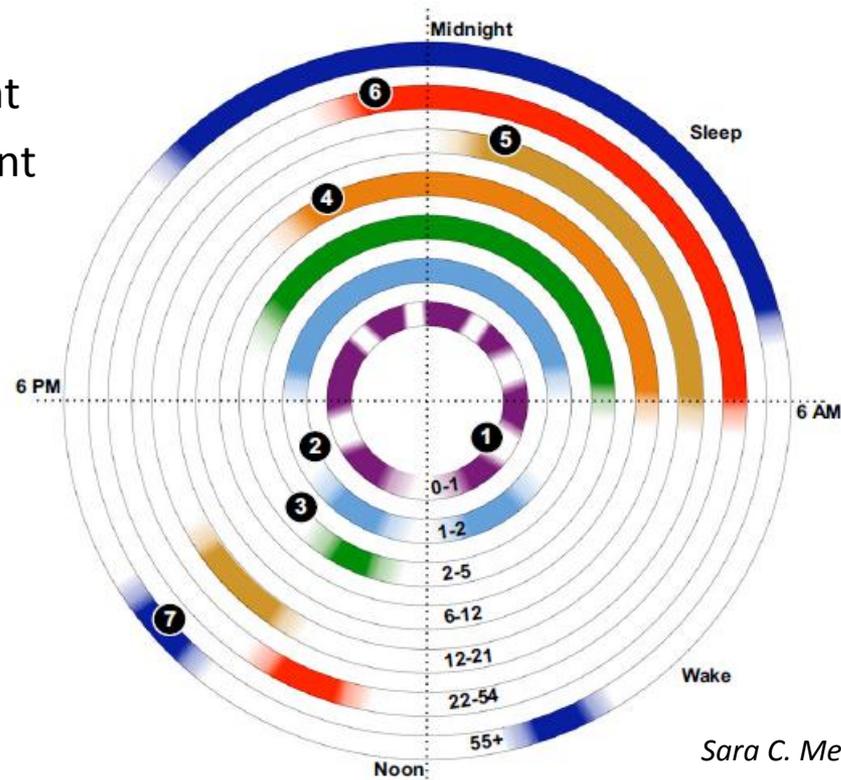
Influence des rythmes circadiens sur les apprentissages

L'organisation circadienne du sommeil évolue avec l'âge.

Cycle polyphasique vers monophasique.

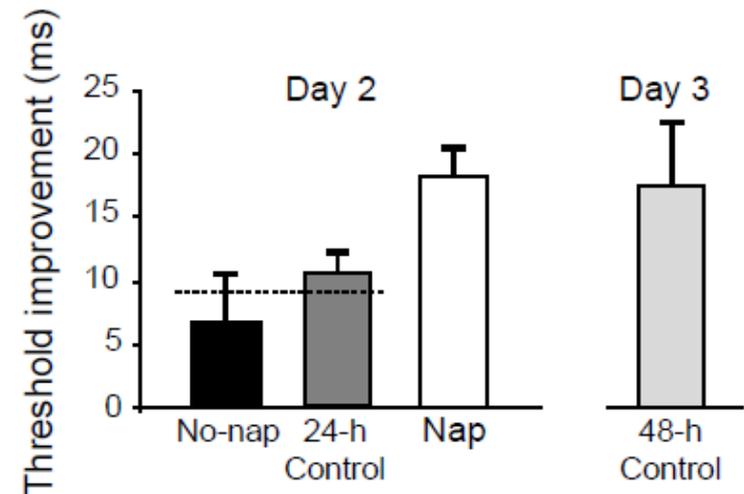
Deux étapes critiques ont un impact sur les apprentissages dans le cadre scolaire:

- Le sevrage de la sieste chez l'enfant
- Le retard de phase chez l'adolescent



Le bénéfice de la sieste

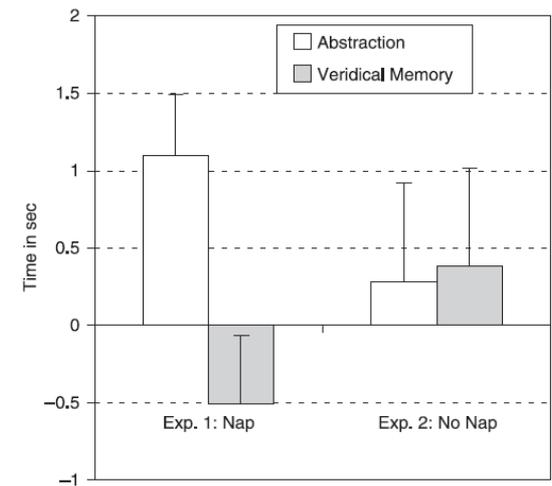
La sieste a montré un bénéfice sur la consolidation mnésique chez l'adulte



Mednick et al., Nat. Neurosci. 2003

Chez l'enfant, elle a également montré son bénéfice

- En mémoire déclarative (Prehn-Kristensen et al., J. of Exp. Child Psychol. 2009; Wilhelm et al., Learn. Mem 2008)
- Dans l'abstraction et la généralisation d'apprentissages grammaticaux (Gomez et al., Psychol. Science 2006; Hupbach et al., Developm. Science 2009)



Différence des temps de fixation oculaire chez des enfants de 15 mois

Hupbach et al., Developm. Science 2009

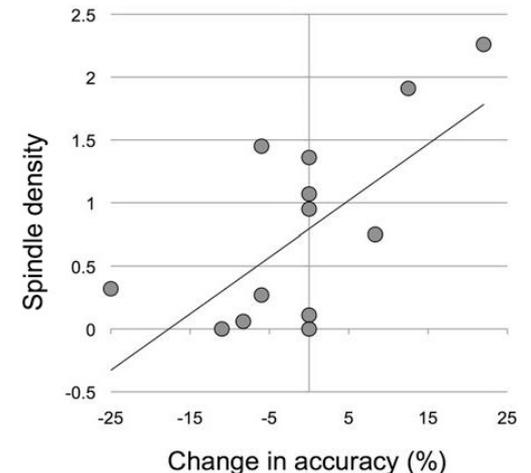
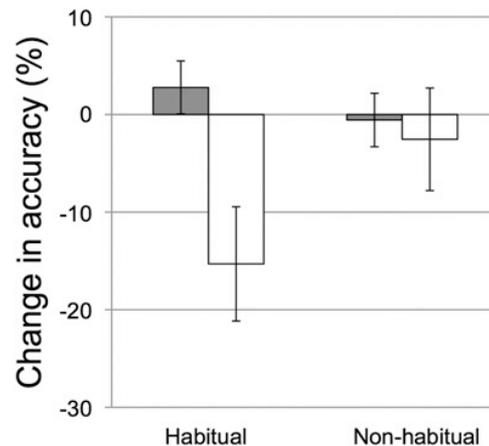
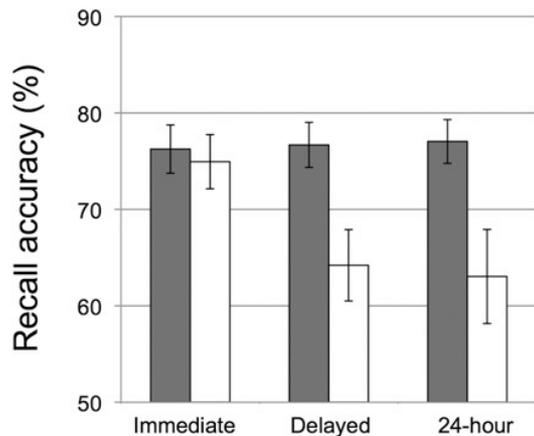
La sieste chez l'enfant, reflet de la maturation cérébrale

Kurdziel et al. PNAS 2013

Chez des enfants de 3 à 6 ans, la sieste après un apprentissage de mémoire visuo-spatiale permet la mémorisation à long terme (barres grises = condition sieste) .

Les performances chutent en cas d'absence de sieste, surtout chez les enfants qui ont encore l'habitude de faire des siestes (>4 siestes/semaines).

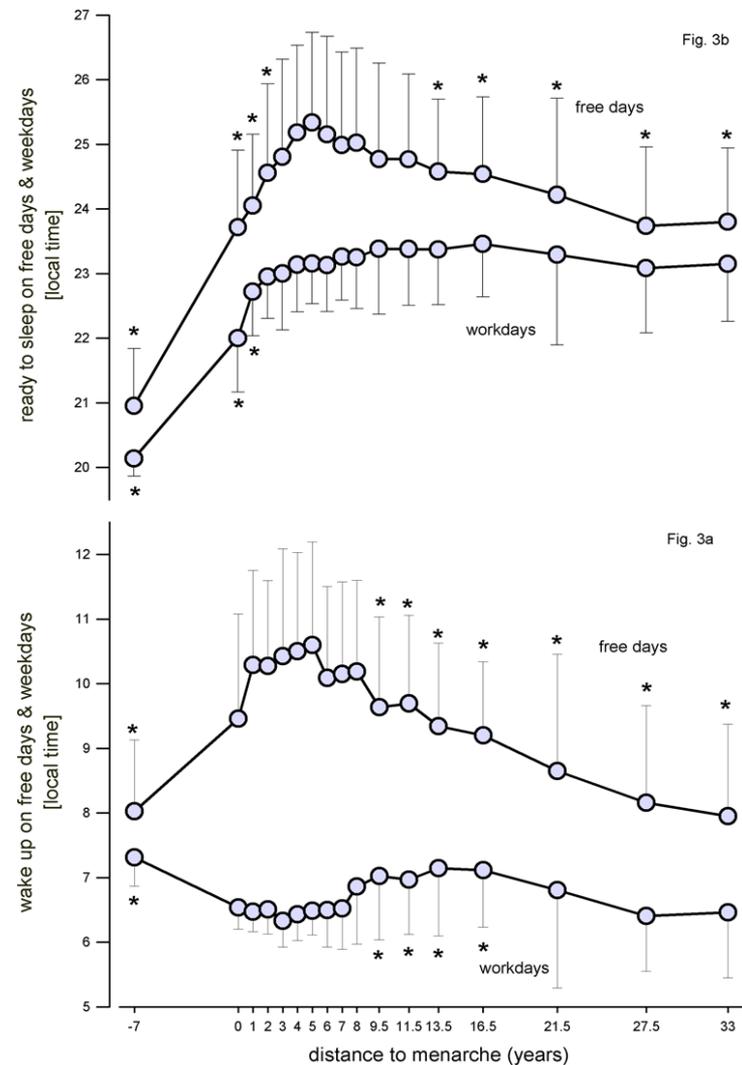
Cette majoration des performances est accompagnée d'une augmentation de la densité des fuseaux de sommeil la nuit après l'apprentissage.



Sommeil et apprentissages chez l'adolescent

A l'adolescence, les rythmes de sommeil se modifient

- Retard de phase
 - L'adolescent se couche plus tard, pour un besoin de sommeil encore conséquent (8,5 à 9,5h entre 23h-8h, *National Sleep Foundation*)
 - décalage de 2 h par rapport à la pré-adolescence, *Frey et al., Plos One 2009*)
- Le coucher tardif est aggravé par les changements de mode de vie, le travail le soir et l'utilisation des outils numériques (tablettes, écrans,...)
- Le lever reste précoce en semaine
- Diminution du temps de sommeil (*Carskadon et al., Sleep 1998; Léger et al., PLoSOne 2012*)
- Dette chronique de sommeil (jusqu'à 87% des lycéens, *National Sleep Foundation 2006*).
- Récupération le week-end insuffisante, qui peut aggraver le décalage de phase (*Carskadon, Arch Ital Biol, 2001*)



Trop peu de sommeil à la mauvaise période circadienne : Les conséquences sont nombreuses :

(Rapport de l'académie américaine de pédiatrie
Au et al., Pediatrics, aout 2014)

Un moyen efficace (et peu couteux) pour lutter contre
la dette de sommeil chez les adolescents :

Retarder l'heure de début des cours!

(*Ribeiro and Stickgold, Trends Neurosc. Educ., in press; Au et al., Pediatrics, aout 2014*)

➤ mesure efficace pour lutter contre la dette de
sommeil

(*Wahlstrom, NASSP Bull. 2002; Danner et al., J Clin Sleep Med. 2008;
Owens et al., Arch Pediatr Adolesc Med. 2010; Htwe et al., J Sleep
Disord Res. 2008*)

➤ permet d'améliorer la santé mentale et physique
des étudiants, de diminuer le risque d'accident et
d'augmenter les performances scolaires

(*Wolfson et al., Behav Sleep Med. 2007; Epstein et al., Sleep 1998; Lufi
et al., Clin Sleep Med. 2011*).

TABLE 1 Impact of Chronic Sleep Loss in
Adolescents

Physical health and safety

Increased obesity risk
Metabolic dysfunction (hypercholesterolemia,
type 2 diabetes mellitus)
Increased cardiovascular morbidity
(hypertension, increased risk of stroke)
Increased rates of motor vehicle crashes
("drowsy driving")
Higher rates of caffeine consumption; increased
risk of toxicity/overdose
Nonmedical use of stimulant medications;
diversion
Lower levels of physical activity

Mental health and behavior

Increased risk for anxiety, depression, suicidal
ideation
Poor impulse control and self-regulation;
increased risk-taking behaviors
Emotional dysregulation; decreased positive
affect
Impaired interpretation of social/emotional
cues in self and others
Decreased motivation
Increased vulnerability to stress

Academics and school performance

Cognitive deficits, especially with more complex
tasks
Impairments in executive function (working
memory, organization, time management,
sustained effort)
Impairments in attention and memory
Deficits in abstract thinking, verbal creativity
Decreased performance efficiency and output
Lower academic achievement
Poor school attendance
Increased dropout rates

Conclusions du rapport de l'Académie Américaine de Pédiatrie (AAP) sur l'heure de début des cours à l'école (*Au et al., Pediatrics, aout 2014*):

- L'AAP reconnaît le déficit de sommeil chez les adolescent comme un **problème majeur de santé publique**
- Elle se fait la porte parole du **rationnel scientifique pour un début des cours plus tardif (>8h30)**, en reconnaissant ses bénéfices potentiels sur la santé mentale et physique, la sécurité et les performances académiques
- Elle supporte fortement les écoles pratiquant déjà ces mesures et **encourage tous les responsables d'écoles et autres acteurs de l'enseignement à prendre connaissance des preuves scientifiques** relatives aux heures de début des cours, **d'initier des discussions** sur cette question, et **d'évaluer systématiquement** l'impact de changements effectués.

Conclusion

- Le sommeil est crucial pour le développement cérébral et sa maturation.
- Le sommeil joue un rôle fondamental dans tous les types d'apprentissages, de la consolidation mnésique aux capacités d'abstraction et d'introspection.
- Le bénéfice du sommeil sur les apprentissages est fonction du temps de sommeil total, du sommeil précédent et du sommeil suivant les apprentissages.
Le sommeil de sieste est également bénéfique.
- Le bénéfice sur les apprentissages est plus fort chez l'enfant.
- Les rythmes chronobiologiques du sommeil et de la vigilance évoluent avec l'âge et influencent les apprentissages. Ils peuvent être en contradiction avec les rythmes scolaires, avec pour conséquence un impact majeur sur les performances.

En pratique

- Promouvoir un temps de sommeil suffisant
- Préserver la sieste, a fortiori chez les enfants qui en ont encore besoin, voire la réintroduire
- Respecter les rythmes biologiques en adaptant les rythmes scolaires (horaires de cours)
- Au moment de l'enseignement, faire ressortir les informations importantes de façon à permettre à l'enfant d'anticiper leur utilité future
- Utiliser des méthodes d'indicage des apprentissages pendant le sommeil et favoriser le sommeil profond

Merci de votre attention