

Sommeil normal

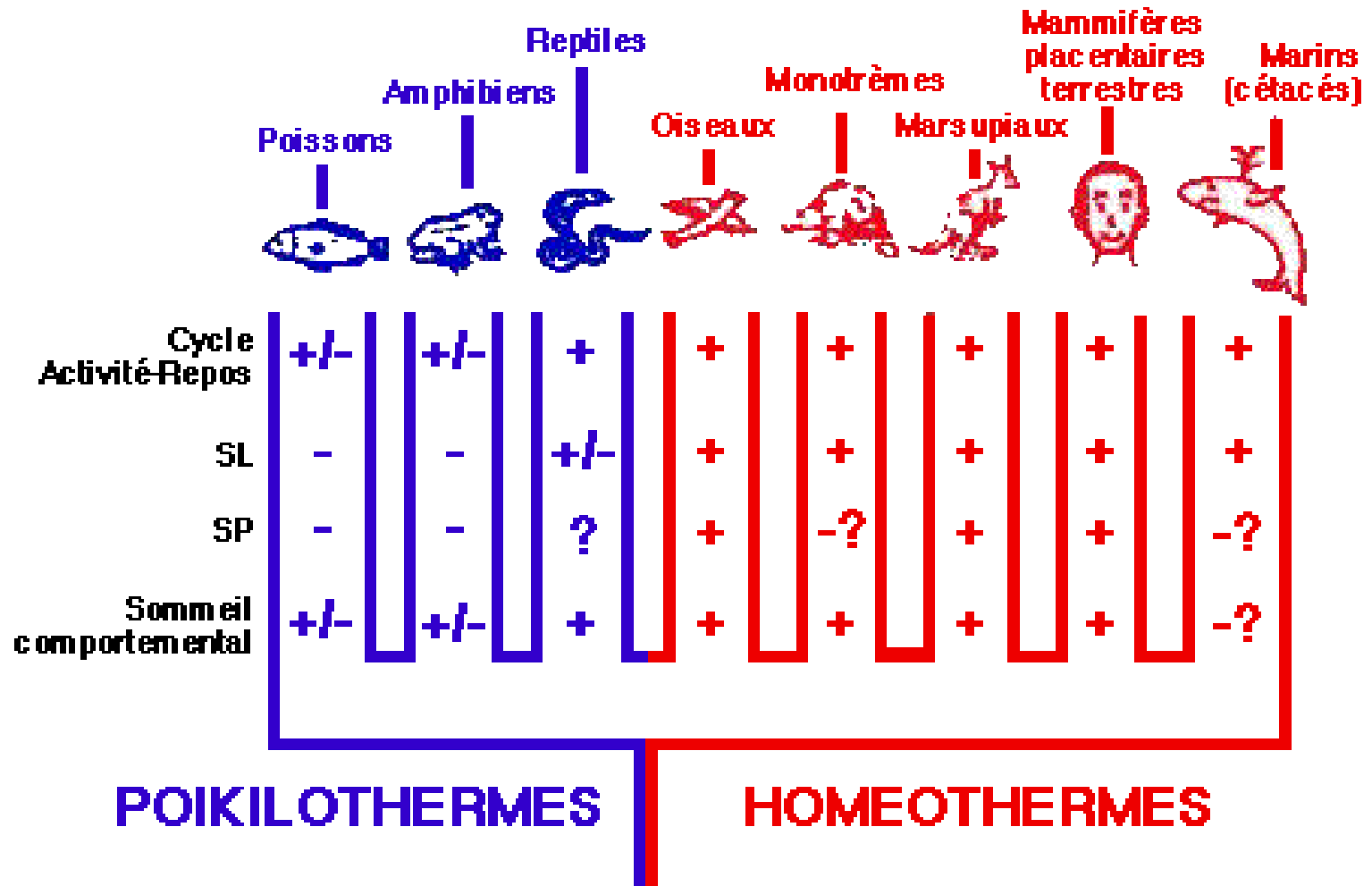
Isabelle Arnulf

*Unité des Pathologies du Sommeil
Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris*

*Centre de Recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle
épinrière*

UPMC-Paris6 ; Inserm UMR_S 975; CNRS UMR 7225

Phylogénèse du sommeil



Sommeil normal

Sommeil lent

75%

Sommeil paradoxal

17-23%

SL léger

(stade N1 et N2)

55 %

SL profond

(stade N3)

20 %

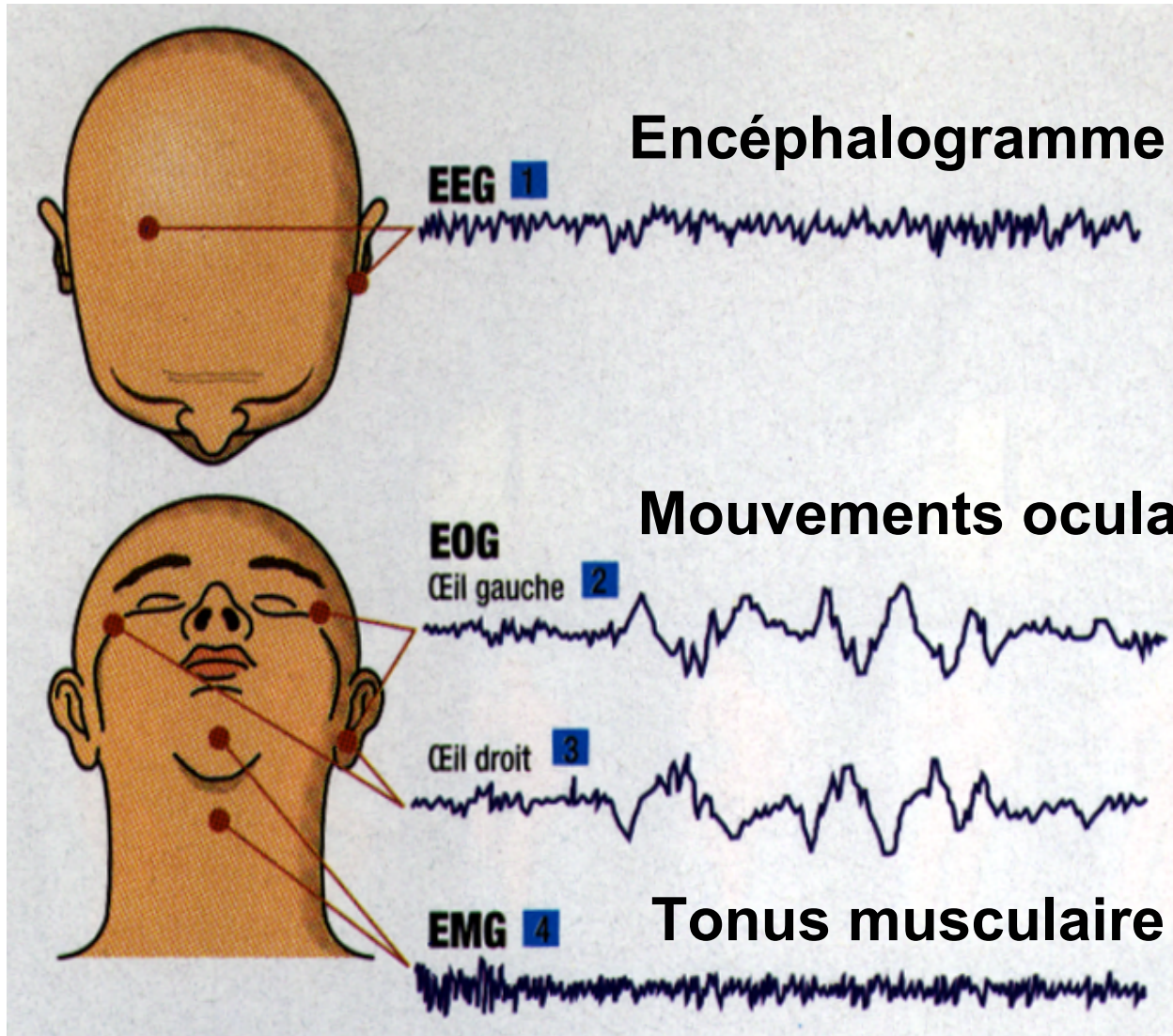
Le sommeil et le rêve

Sommeil = un état cérébral hétérogène, cyclique

- Sommeil lent : stades 1, 2, 3
 - Ralentissement et synchronisation corticale
 - Réduction du tonus musculaire axial
 - Réduction homogène du métabolisme cortical
- Sommeil paradoxal
 - Accélération et désynchronisation corticale
 - Abolition du tonus musculaire axial
 - Présence d'activités phasiques : mouvements des yeux, PGO, érection
 - Métabolisme cortical augmenté, hétérogène

A : enregistrer et scorer le
sommeil

Enregistrement polygraphique du sommeil



Durée et cotation des polysomnographies

- Enregistrement nocturne (≥ 8 heures) :
 - Du sommeil seul (pas de cotation)
 - De la ventilation seule (GLQP 007=103€)
 - Du sommeil et de la ventilation (AMQP014 = 173 €)
 - Du sommeil et des muscles jambiers (AMQP014 = 173 €)
 - Du sommeil et de la vidéo (AMQP015=173€)

- Enregistrement diurne :
 - Journée continue (AMQP012=162 €)
 - Sieste 4-8 heures (AMQP 010 =136 €)
 - Tests itératifs de latence d'endormissement (AMQP 006 = 98 €)
- => Uniquement suite à PSG de nuit, chez l'hypersomnolent
- Tests itératifs de maintien d'éveil (AMQP 006= 98 €)
- => But médico-légal (conduite professionnelle)

Déterminer les stades de sommeil

- EEG : électro encéphalogramme
- EOG : électro oculogramme
- EMG : électro myogramme

Pose des capteurs

- Par technicien-infirmier diplômé (DEMER ou IDE)
- Durée : 60 minutes
- Dépose des capteurs : 15 minutes
- Nettoyage des capteurs réutilisables

EEG

- Les ondes de sommeil sont diffuses et symétriques : peu de voies EEG sont nécessaires
- Au minimum 2 voies : dont C3-A2
 - Antérieure : fronto-centrale (par exemple Fp2-Cz)
 - Postérieure : occipito-centrale (par exemple O2-Cz)

Ten20
CONDUCTIVE

Protopharm
Pharmacie
PROLADION OFFICE
20 566 206
INFLAMMABLE

Acétone
Acetone
Aceton
Acetona
PROLABO

ESTABLISHED BY
CE 1100001 00
10 114790 00 1100001 00
A COUNTRY GROUP FOR 1100001





Vérification de la qualité de l'EEG

- Filtre haut 90 Hz
- Filtre bas ou constante de temps : 1,5 Hz (0,3)
- Amplitude : 50 microvolts/10 mm
- Impédance < 8 000 Ohms
- Voies bipolaires
- Fermer les yeux (alpha occipital)/ ouvrir les yeux
- Artéfacts :
 - 50 Hz
 - Pulsation artérielle ou ECG: déplacer l'électrodes
 - Sueurs (dermogramme)
 - Mouvements des yeux
 - Muscles
- Déroulement : périodes de 30 secondes

Electro-oculogramme

- Electrodes de contact fixées à la surface de la peau
- 1 à 3 voies bipolaires
- Placement épicanthe supérieur G-épicanthe inférieur droit (\pm Réf mastoïde)
- Lever/baisser les yeux, regard droit, regard gauche
- Filtre haut : 15 Hz
- Filtre bas (constante de temps) : 0,3 à 0,1
- Amplitude : 5-10 mm/50 microvolts

Electromyogramme du menton

- 1 à 2 voies bipolaires
- Electrodes de contact à la surface du muscle de la houppe du menton (mentonnier), séparées de 4 cm
- Filtre haut : 120 Hz
- Filtre bas, constante de temps: 0,03 (5 Hz)
- Amplitude : 15-20 mm/ 50 microvolts
- Vérification : faire la moue, mâchonner



Autres capteurs selon nécessité

- EMG jambier : deux électrodes (bipolaires) à la surface de chaque muscle jambier antérieur (face antéro-interne jambe)
- Autres EMG de surface selon besoin clinique : bruxisme, dysfonction diaphragme, trouble comportemental en SP
- Vidéo infra-rouge + audio
- Les capteurs végétatifs (respiration, ECG) seront décrits au chapitre SAS

Caractéristiques polygraphiques

Eveil

Sommeil lent

Sommeil paradoxal

EEG



EOG



EMG

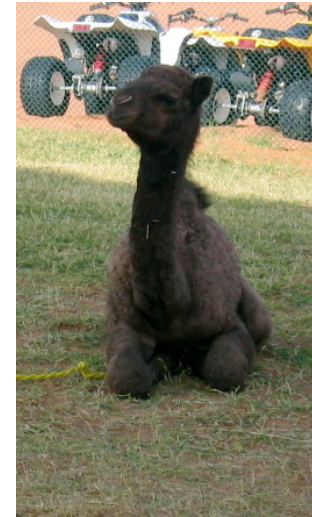




Eveil agité



Eveil calme



Sommeil lent



Sommeil paradoxal



Détermination des stades

- Référence : Rechstchaffen et Kales 1968, modifié AASM 2007
- On score par période de 30 sec
- Aucune analyse automatique n'est fiable

Fréquences EEG

- Alpha : 8-12 Hz
- Thêta : 3,5-8 Hz
- Delta : 0,5-3 Hz

Définition des stades

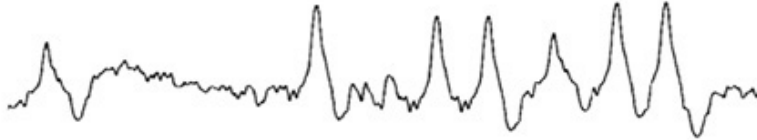
- Eveil : alpha si yeux fermés, sinon fréquences >12 Hz
- Sommeil lent
 - Stade N1 : thêta fond, mouvements oculaires lents
 - Stade N2 : thêta dominant au fond + figures : complexes K et fuseaux de sommeil
 - Stade N3 : ondes delta (<3 Hz, amplitude >75 mcV en C3-A2) $>20\%$ de la période

EVEIL

EEG



YEUX



MUSCLE



SOMMEIL LENT LÉGER



SOMMEIL LENT PROFOND

EEG



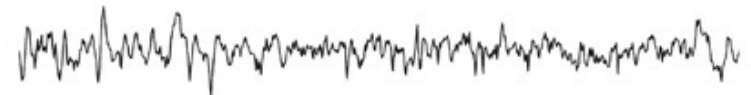
YEUX



MUSCLE



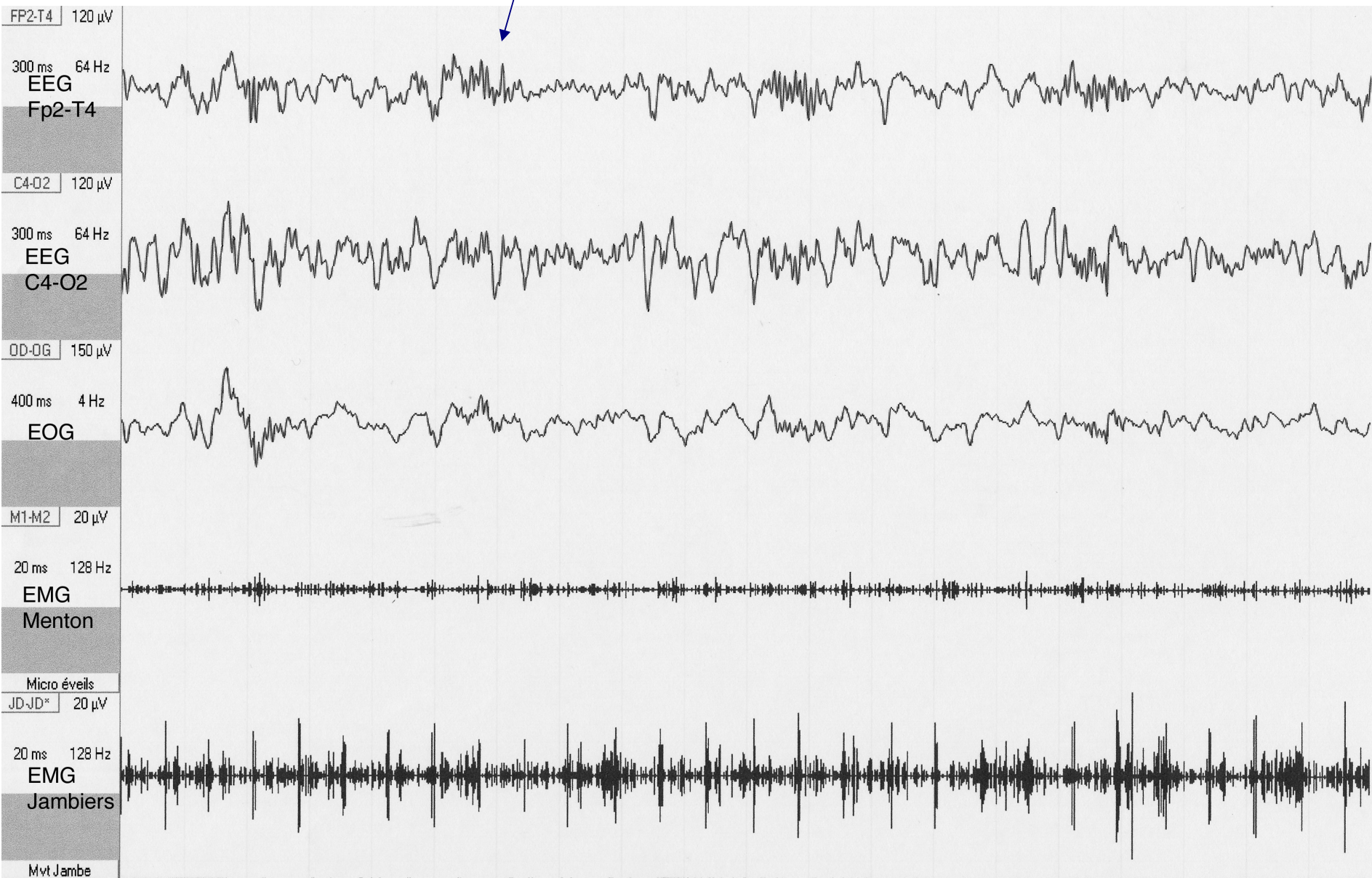
SOMMEIL PARADOXAL



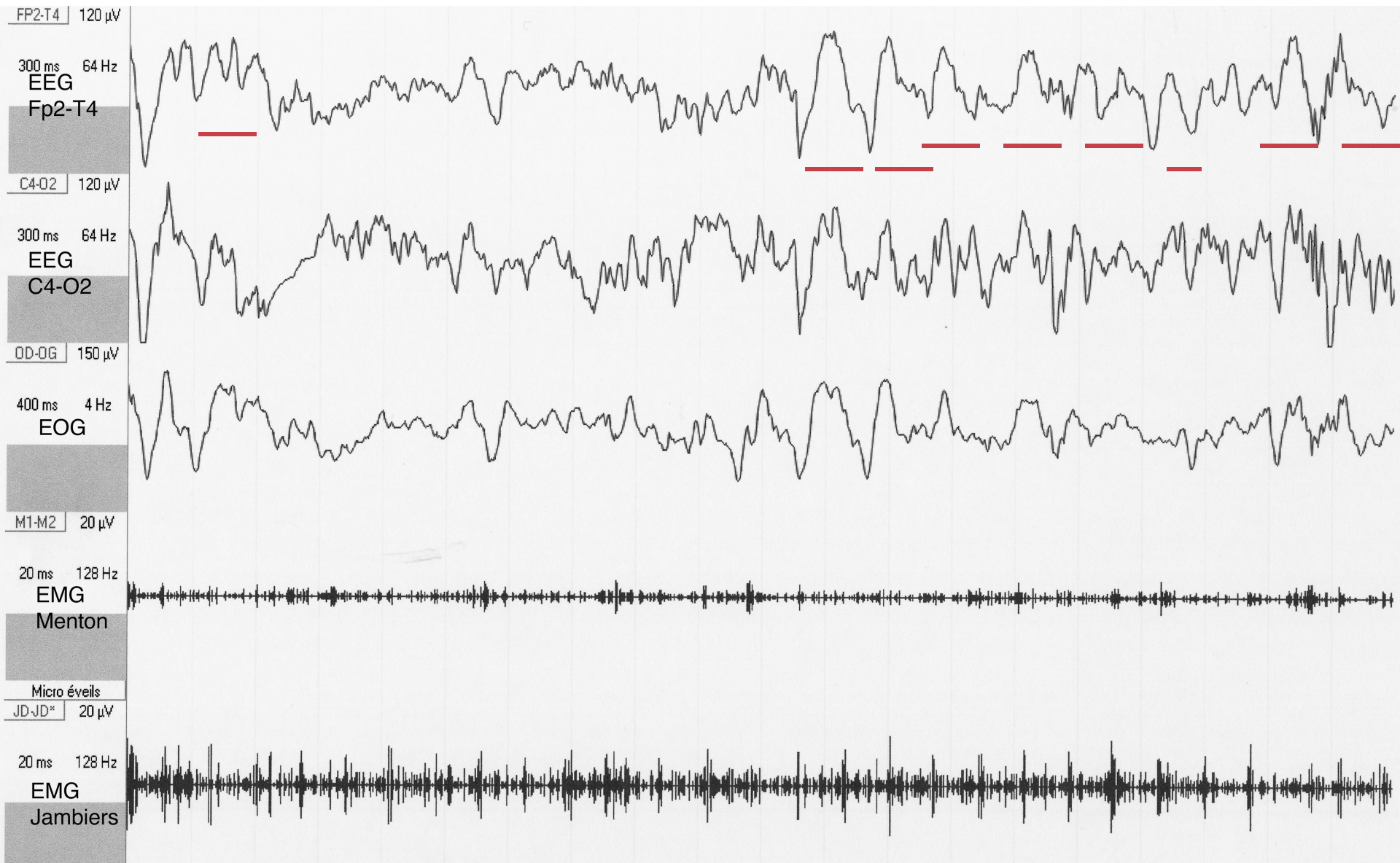
5 sec

Stade N2

Fuseaux de sommeil



Stade N3 (sommeil lent profond)



Sommeil paradoxal

(stade R pour REM sleep)

- EEG : fréquences de fond mixte, thêta rapide, alpha lent (6-7 Hz)
- Figures EEG : dents de scies
- EOG : Mouvements oculaires rapides
- EMG : Atonie musculaire dominante \pm twitches

FP2-T4 120 μ V

300 ms 64 Hz

EEG
Fp2-T4

C4-O2 120 μ V

300 ms 64 Hz

EEG
C4-O2

OD-OG 150 μ V

400 ms 4 Hz

EOG

M1-M2 20 μ V

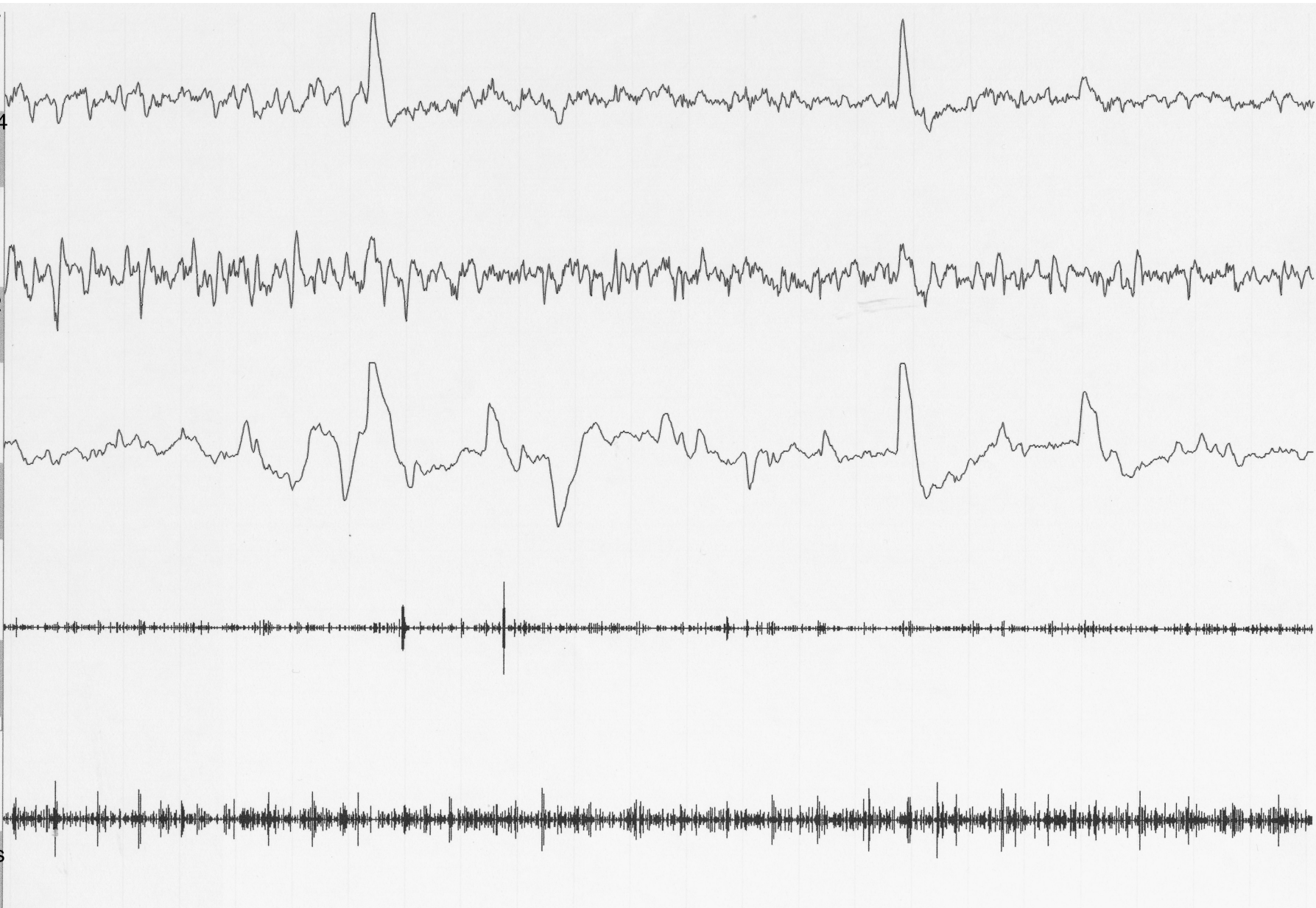
20 ms 128 Hz

EMG
Menton

Micro éveils
JD-JD* 20 μ V

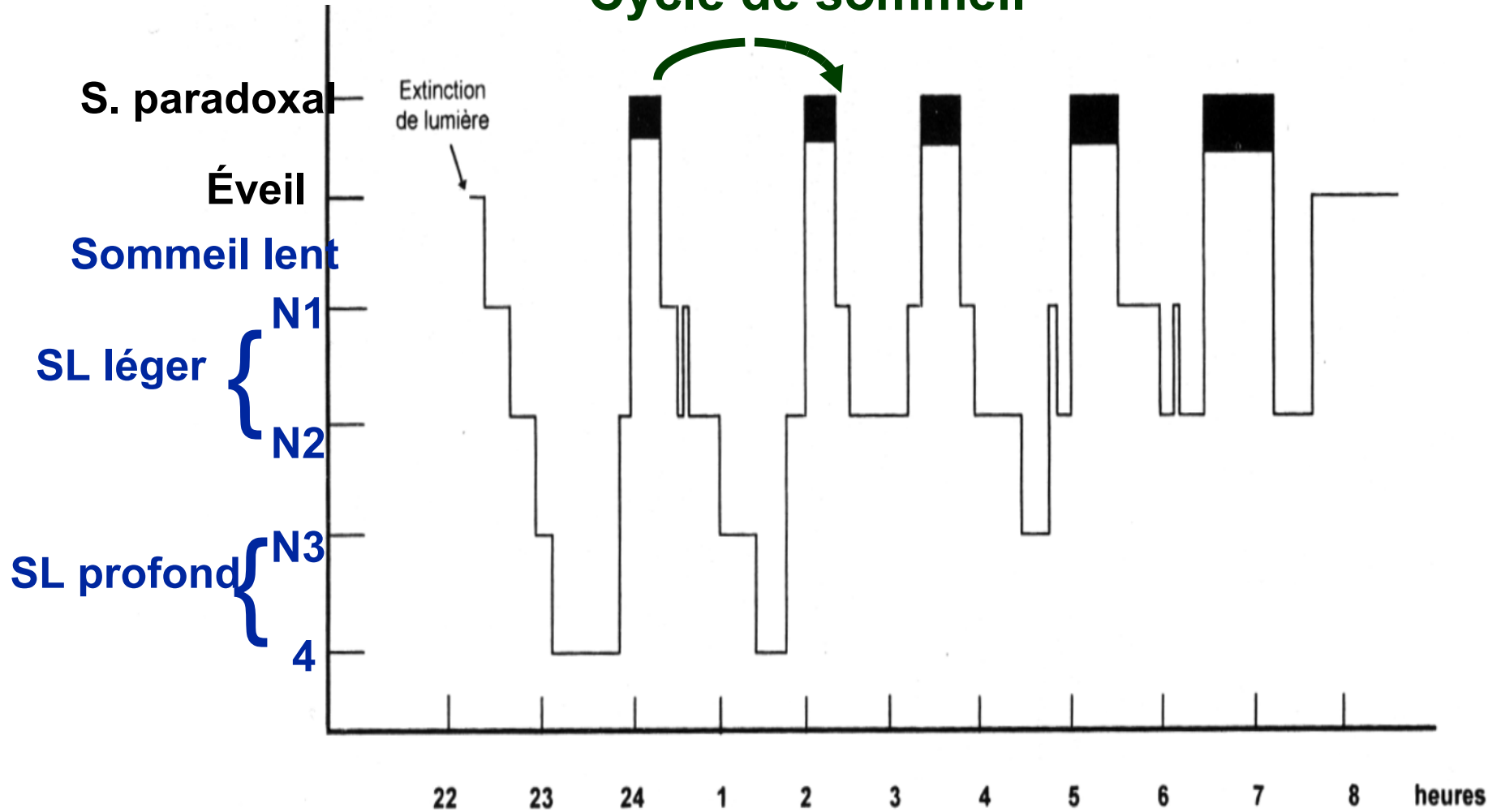
20 ms 128 Hz

EMG
Jambiers



Hypnogramme d'un sujet normal

Cycle de sommeil



Modifications physiologiques pendant le sommeil

Sommeil lent

- *Système végétatif et moteur :*
 - Réduction du métabolisme total, de la fréquence cardiaque, respiratoire, de la réponse ventilatoire au CO₂, du tonus musculaire strié et lisse, de la pression artérielle systolique, de la température, de la motricité intestinale. Réduction du point de réglage de la température.
- *Fonctions endocrines :*
 - Réduction de la sécrétion de cortisol et TSH
 - Augmentation de la sécrétion de GH, aldostérone, testostérone, prolactine, insuline
 - Augmentation de la glycémie
- *Fonctions cérébrales :*
 - Activité mentale réduite ou absente, vague, errante
 - Hyperpolarisation des neurones thalamocorticaux, pattern de décharge en bouffées-pause des neurones corticaux
 - Neurones actifs (hypothalamus antérieur, région frontobasale, amygdale et NTS)
 - Réduction du métabolisme et du débit sanguin et de la température cérébrale.

Sommeil paradoxal

- *Système végétatif et moteur :*
 - Réduction des baro-réflexes
 - Irrégularité de la fréquence respiratoire, cardiaque, de la pression artérielle. Diminution de la thermorégulation, myosis tonique, mydriase phasique
 - Érection du pénis
 - Inhibition motrice induite
 - Vasodilatation tonique, constriction phasique
- *Fonctions cérébrales :*
 - Rêves abondants
 - Augmentation du métabolisme, du débit sanguin, de la pression intracrânienne, de la température,
 - Activité synchrone hippocampique (6-8 Hz)
 - Augmentation de l'activité cérébrale du cortex pyramidal, visuel, des neurones pédonculopontins ; Pointes ponto-géniculo-occipitales
 - Diminution de l'activité du raphé dorsal et du locus coeruleus

**B : Activité cérébrale et
mentale pendant le sommeil**

Regularly Occurring Periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, During Sleep¹

Eugene Aserinsky² and Nathaniel Kleitman

Department of Physiology, University of Chicago, Chicago, Illinois

Slow, rolling or pendular eye movements such as have been observed in sleeping children or adults by Pietrusky (1), De Toni (2), Fuchs and Wu (3), and Andreev (4), and in sleep and anesthesia by Burford (5) have also been noted by us. However, this report deals with a different type of eye movement—rapid, jerky, and binocularly symmetrical—which was briefly described elsewhere (6).

The eye movements were recorded quantitatively as electrooculograms by employing one pair of leads on the superior and inferior orbital ridges of one eye to detect changes of the corneo-retinal potential in a vertical plane, and another pair of leads on the internal and external canthi of the same eye to pick up mainly the horizontal component of eye movement. The potentials were led into a Grass Electroencephalograph with the EOG³ channels set at the longest

¹ Aided by a grant from the Wallace C. and Clara A. Abbott Memorial Fund of the University of Chicago.

² Public Health Service Research Fellow of the National Institute of Mental Health.

greater on the latter recording. Note that the gain settings (Fig. 1) for the bipolar recording (RV) and monopolar recording (RF) were adjusted so that an equal excursion of both pens signified that the bipolar potential was actually 4 times greater than the monopolar potential. The criterion for identification of eye movement was confirmed by direct observation of several subjects under both weak and gradually intensified illumination. Under the latter condition, motion pictures were taken of 2 subjects without awakening them, thereby further confirming the validity of our recording method and also the synchronicity of eye movements.

Twenty normal adult subjects were employed in several series of experiments although not all the subjects were involved in each series. To confirm the conjecture that this particular eye activity was associated with dreaming, 10 sleeping individuals in 14 experiments were awakened and interrogated during the occurrence of this eye motility and also after a period of at least 30 min to 3 hr of ocular quiescence. The period of ocular inactivity was selected on the basis of the EEG pattern to represent, as closely as possible, a depth of sleep comparable to that present during ocular motility. Of 27 interrogations during ocular motility, 20 revealed detailed dreams usually involving visual imagery; the replies to the remaining 7 queries included complete failure of recall, or else, "the feeling of having dreamed," but with inability to

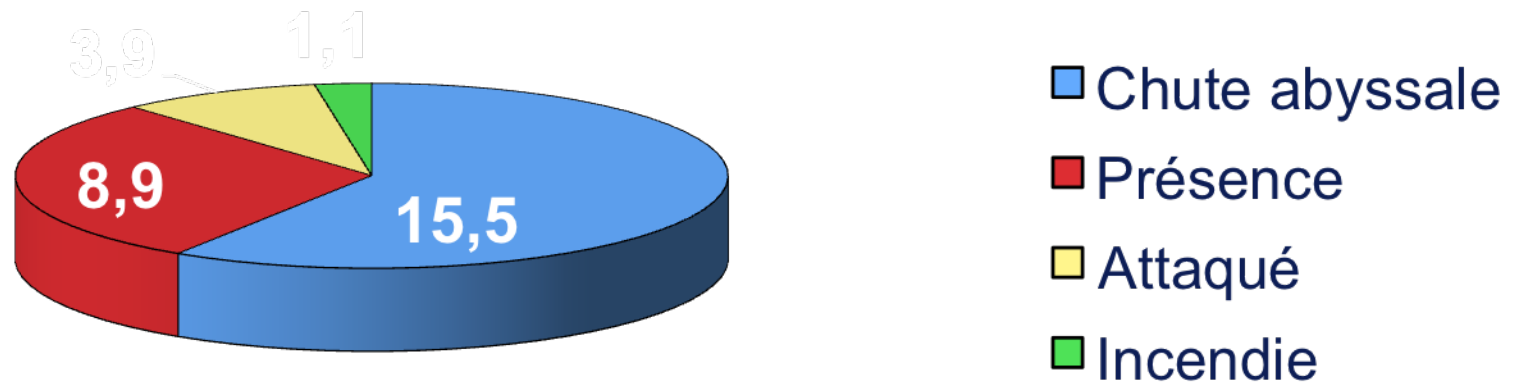
³ Electrooculogram.

Activité mentale

- A l'endormissement : les hallucinations hypnagogiques
- Réveils en sommeil lent : 50 % de récits
- Réveils en SP : 80 % de récits

- Sujets sans jamais aucun souvenir, même si réveil en SP : 0,03%.

Hallucinations hypnagogiques : 24,8 % de la population



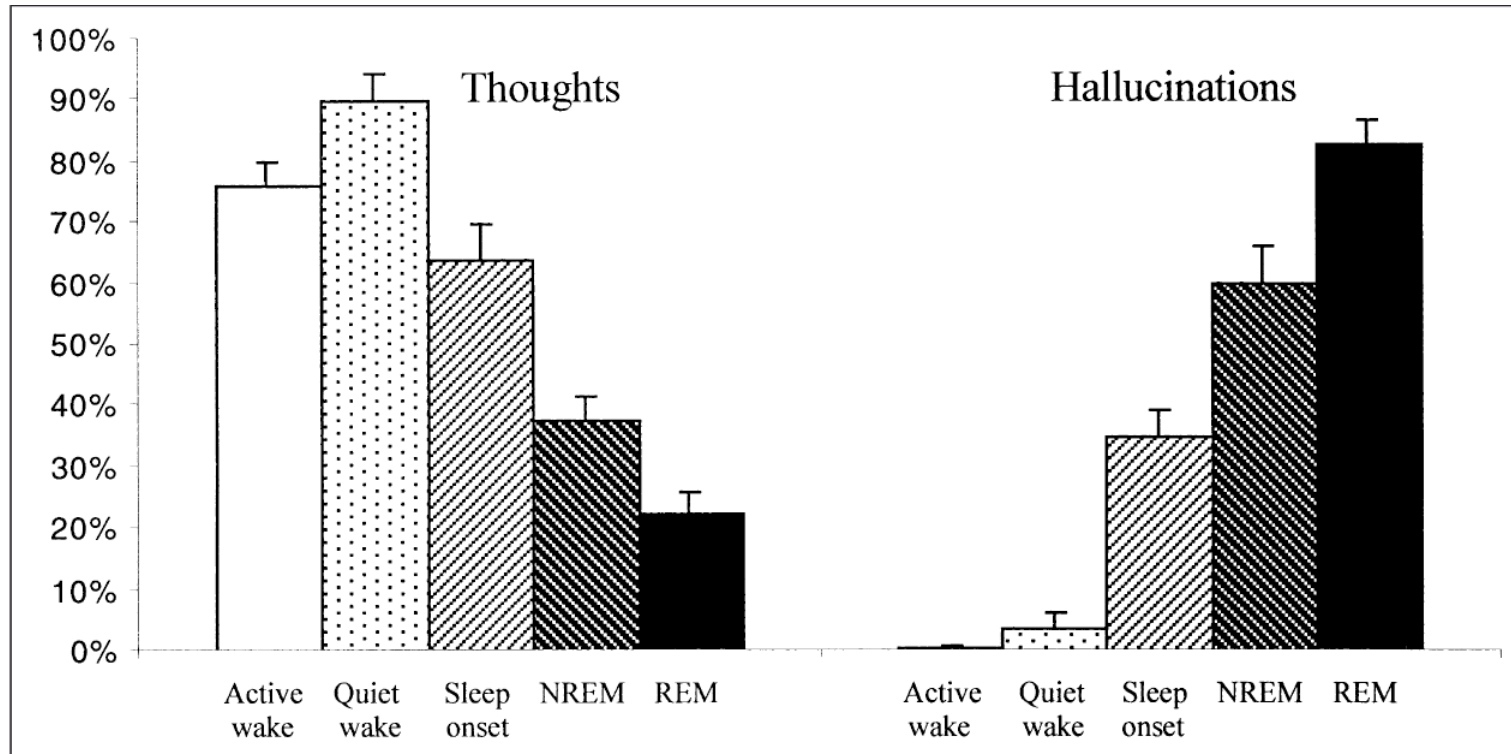
Hallucinations hypnopompiques : 6,6 % de la population

N=13 057 sujets

Hallucinations au moins 1/mois

D'après Ohayon M, Psych Res 2000

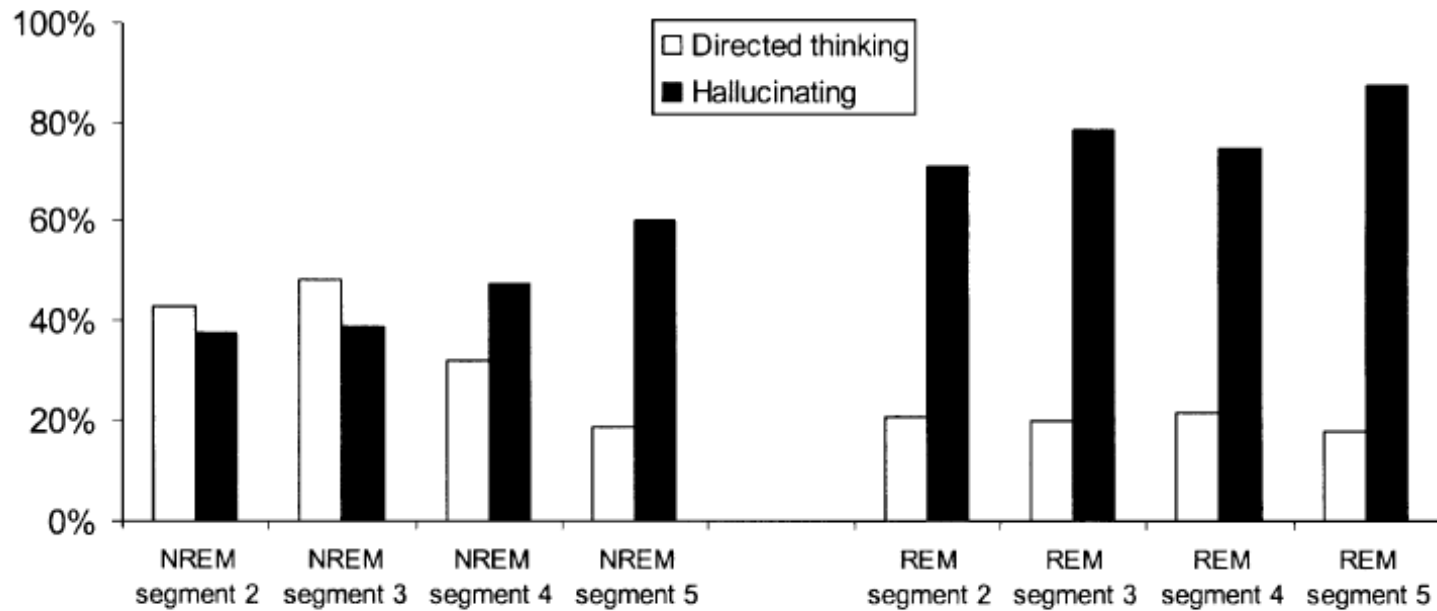
Activité mentale pendant le sommeil





Même grand vide. Moi et ma classe
sommes dans une sphère volante
- comme une visite guidée -
Nous approchons une étrange immense
seul dans ce désert lumineux et plat -
il grouille ; nous passons lentement,
et s'agit en fait de milliers de
Spidermans se superposant sur les
façades. Nous nous penchons, curieux.

Contenu mental selon l'heure de la nuit et le stade



Dormir les yeux ouverts

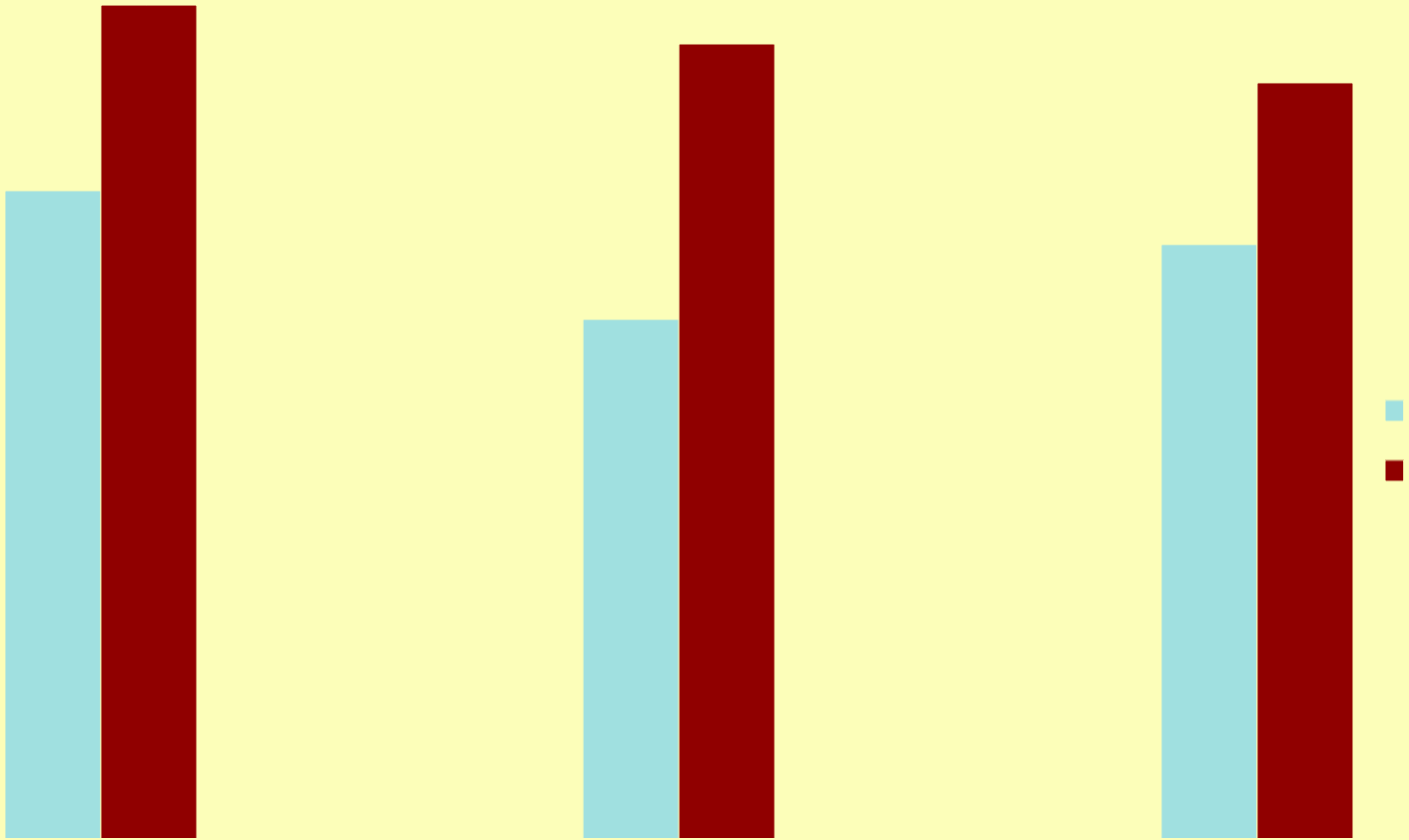
- Rechtschaffen et Foulkes 1965
- Sujets avec paupières bloquées, pupille dilatée
- Sommeil normal
- Présentation objets (cafetière, livre) pendant le SP
- Réveil des sujets 10 min après : récit de rêves
- Aucune relation avec les objets « vus » pendant le SP

Les yeux suivent-ils les images du rêve ?

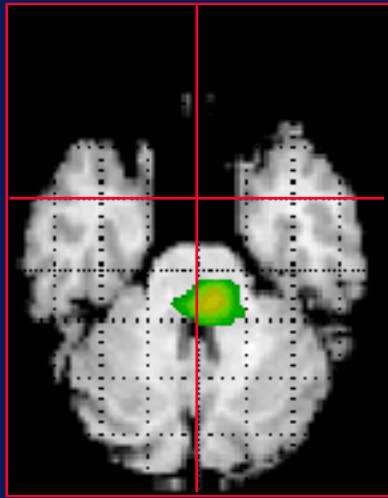


Métabolisme cérébral et sommeil

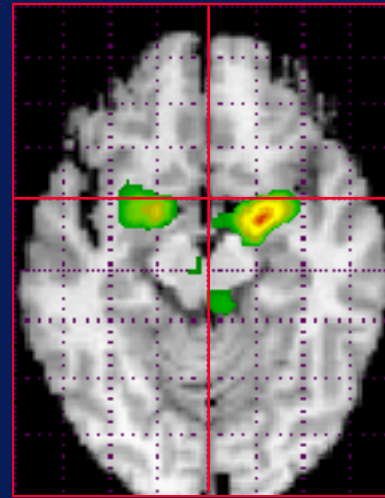
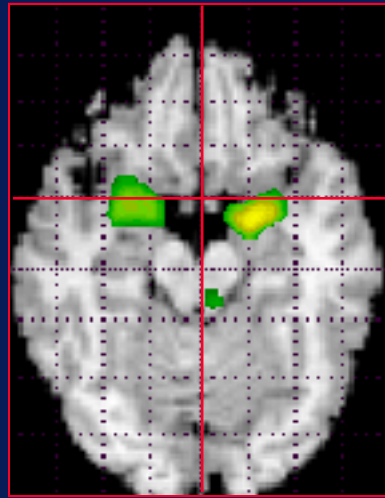
% valeur éveil



Ce qui augmente d'activité en sommeil paradoxal

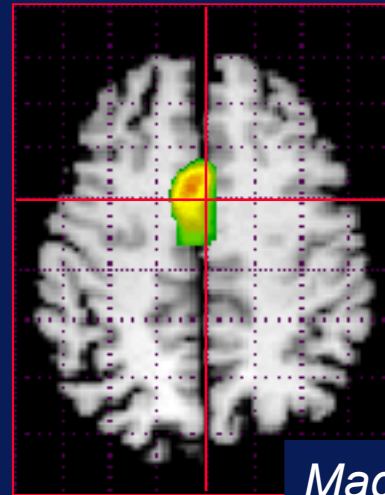
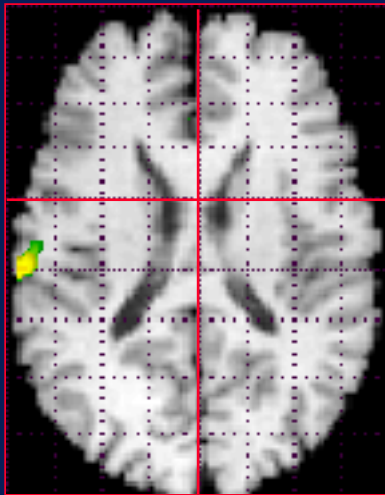
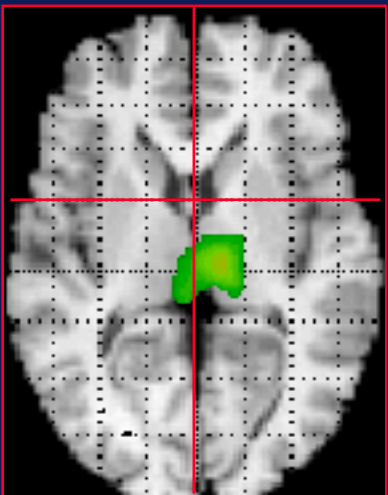


R L



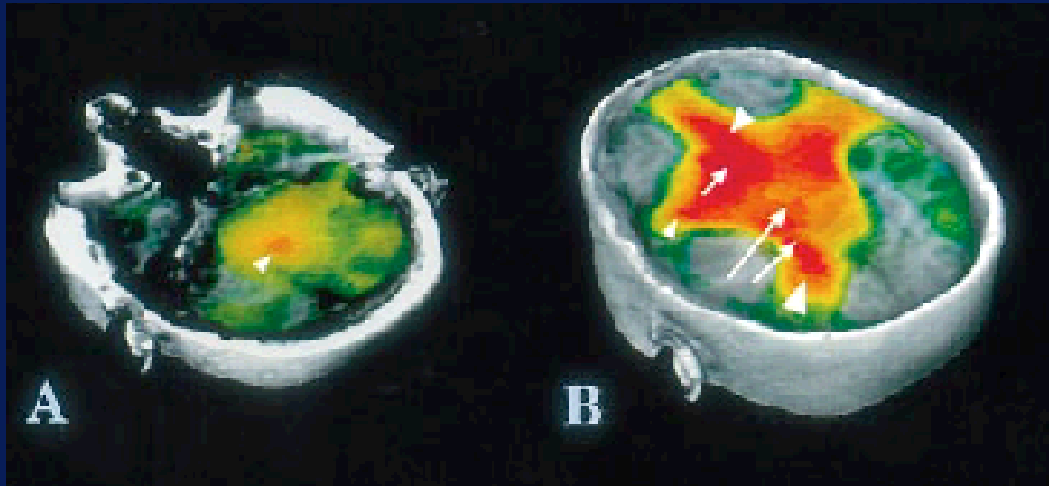
Différence
entre SP et
moyenne
éveil-SL

- tronc cérébral
- S. limbique (amygdale)
- thalamus
- région paraoperculaire
- Cingulum antérieur

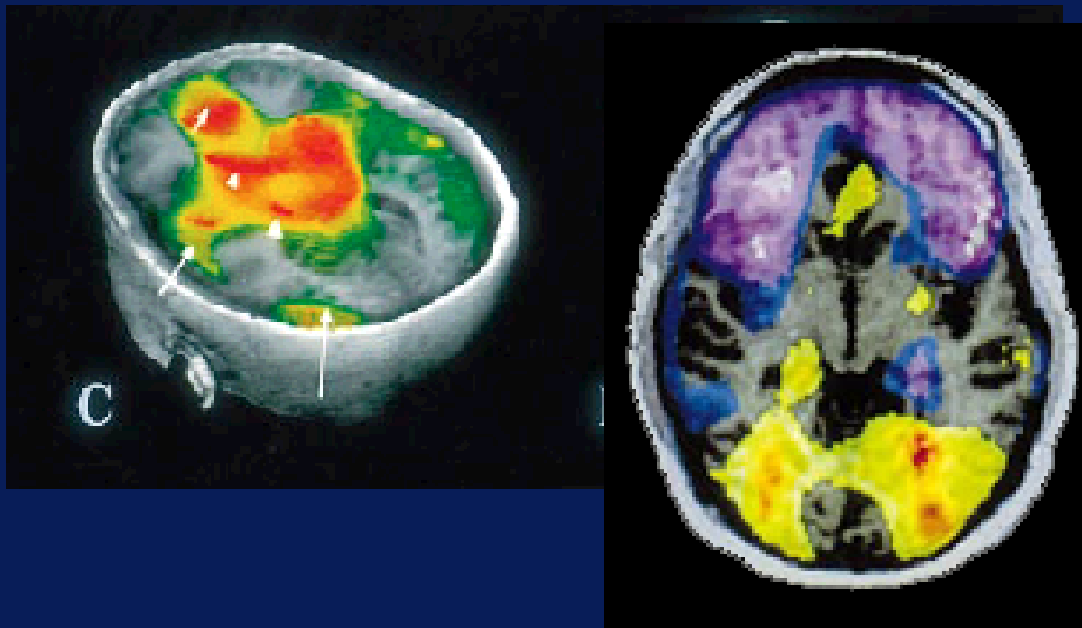


Maquet, Nature 1996

Ce qui augmente en SP, par rapport au sommeil lent

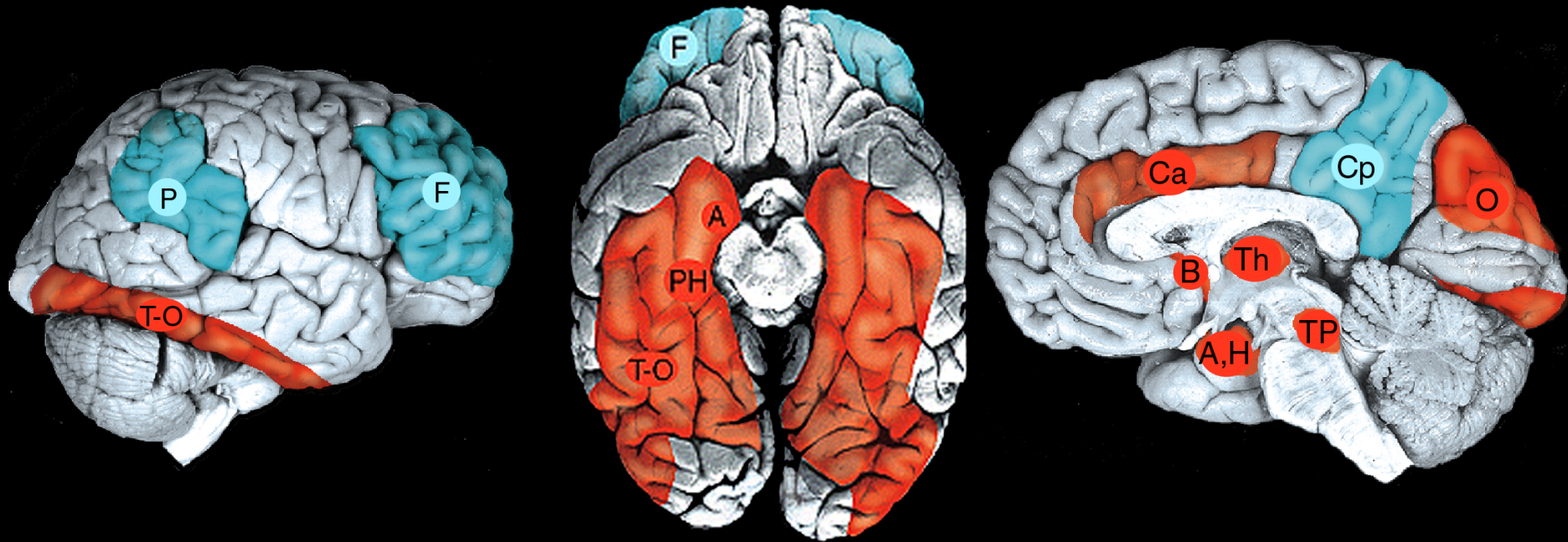


SP > SL



- TC
- thalamus
- parahippoc.
- ant. cingulate
- med. prefrontal
- Aires visuelles associatives
- lat. occipital

Comment le cerveau fonctionne en SP



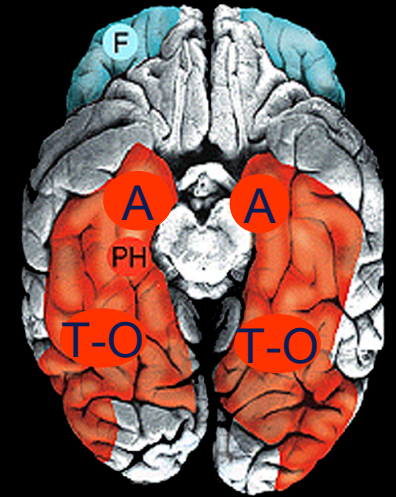
Activité cérébrale et aspect des rêves

Visuel 56-100%

↑ **Temporo-Occipital**

Emotions 50.2% (peur)

↑ **Amygdale**



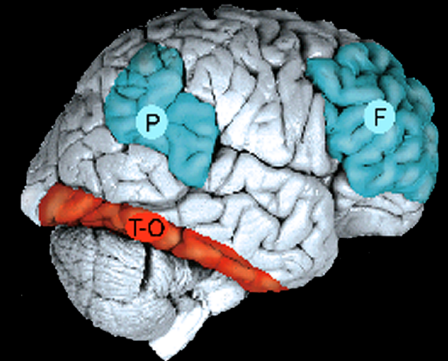
Attention et cognition

↓ **Préfrontal**

- Perte de la conscience de soi
- Distortion du temps
- Amnésie au réveil
- Contrôle attentionnel réduit
- Alexie

↓ **Pariétal**

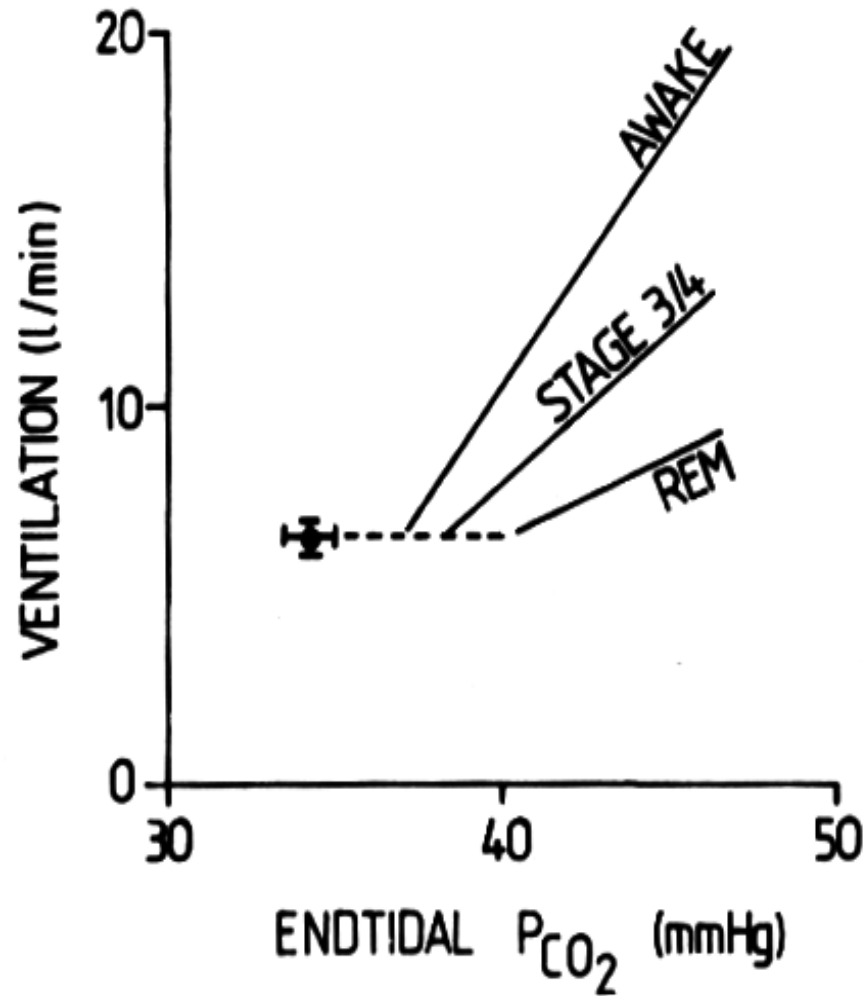
↓ **Post. Cing**



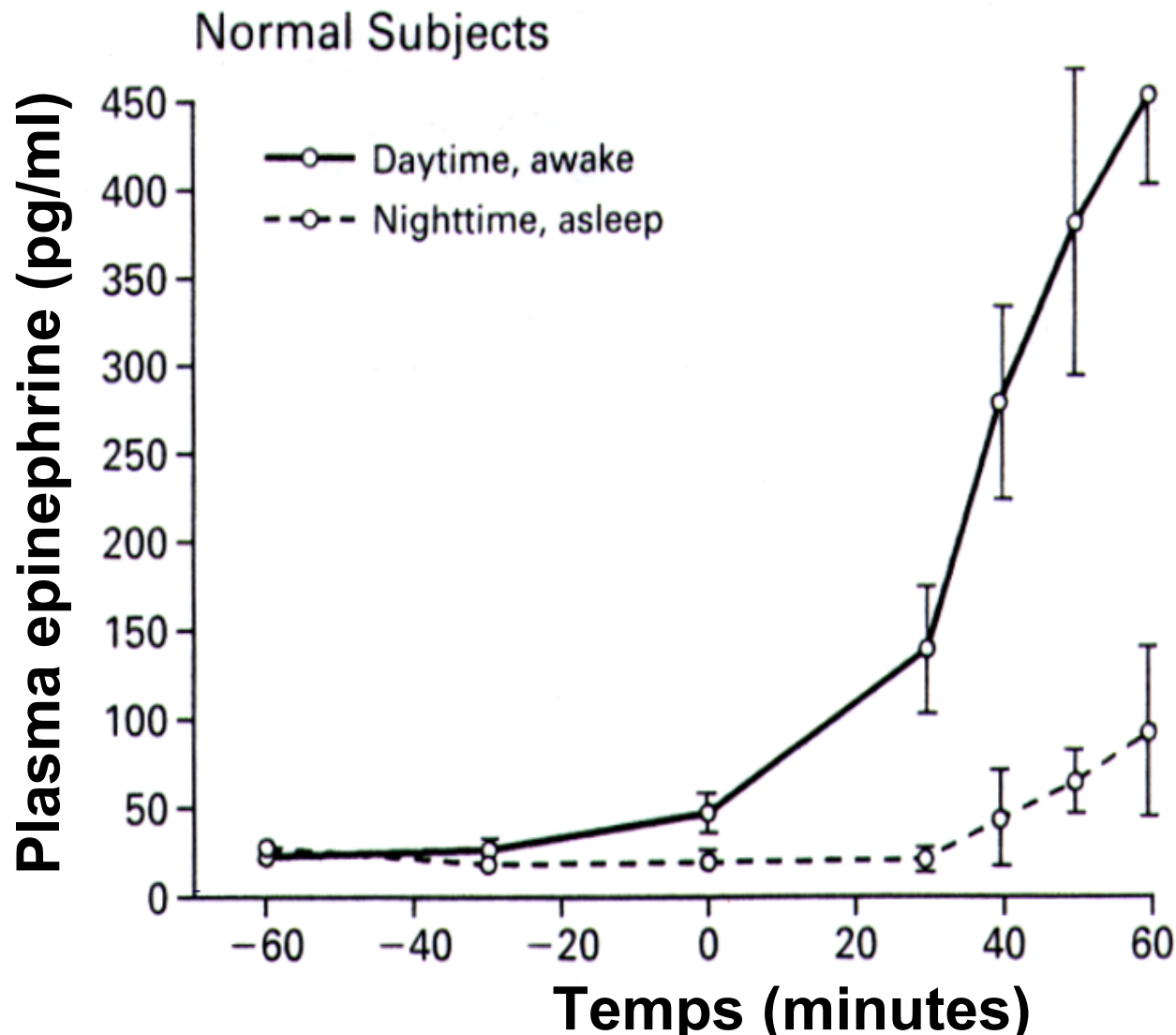
C: réflexes vitaux et sommeil

**Les réflexes vitaux sont
émoussés pendant le
sommeil**

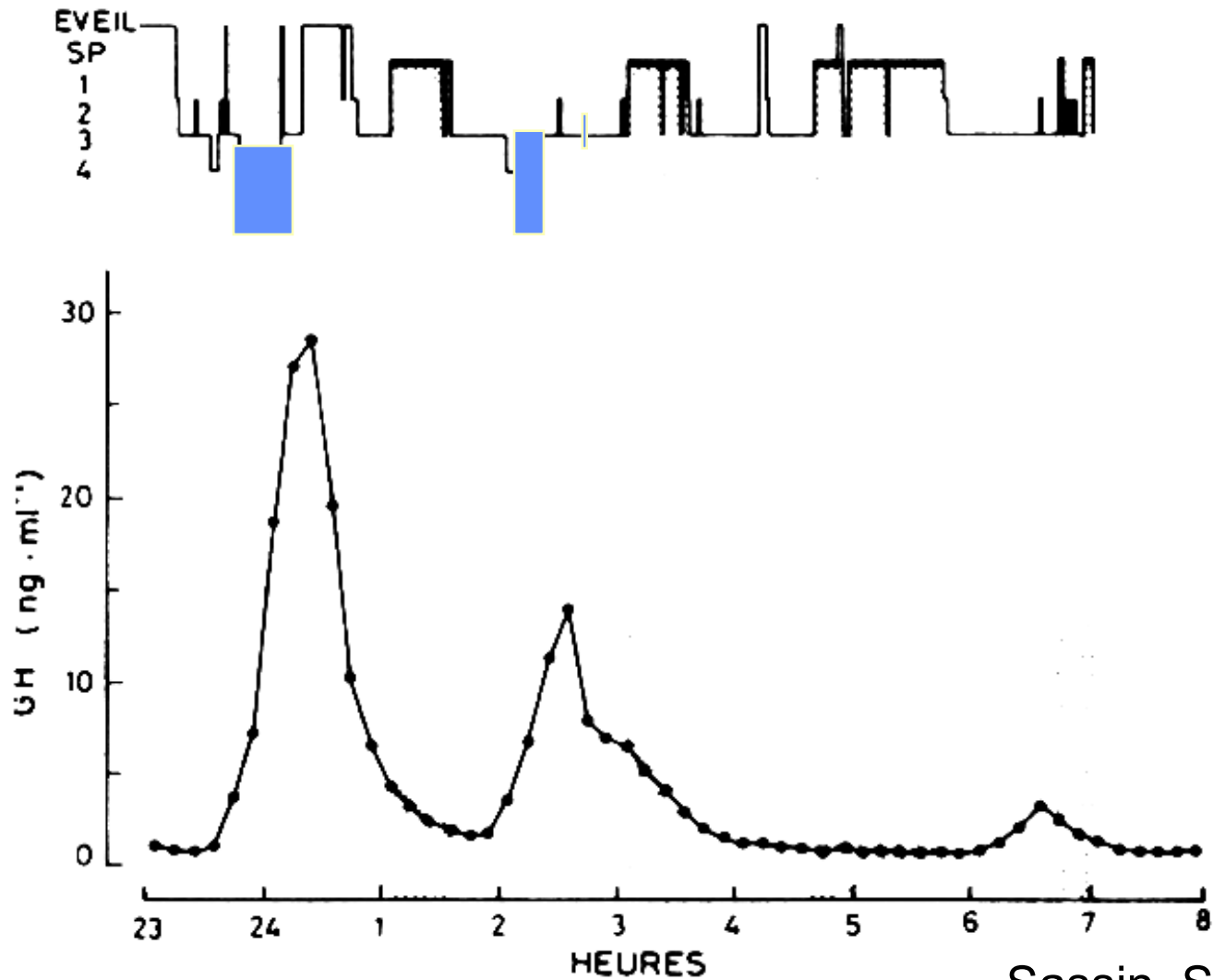
Réponse au CO₂ pendant le sommeil



Effet du sommeil sur la réponse à l'hypoglycémie



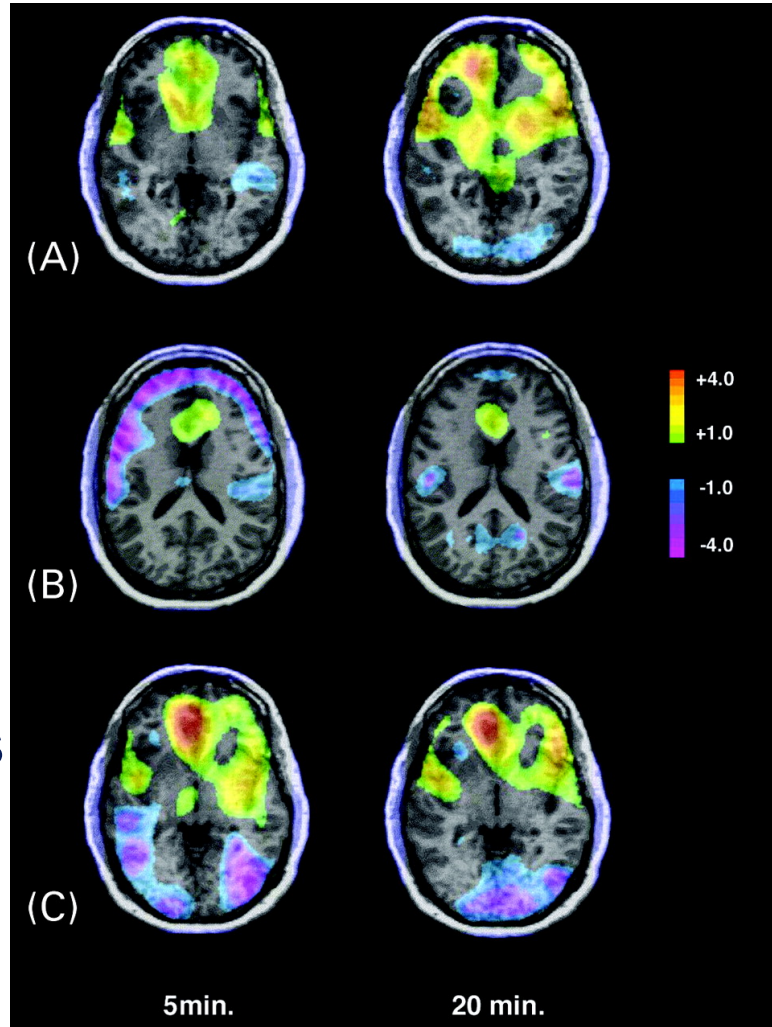
Hormone de croissance et sommeil



Sassin, Science 1969

Débit sanguin cérébral 5 min et 20 min après le réveil

Noyau caudé



Régions frontales

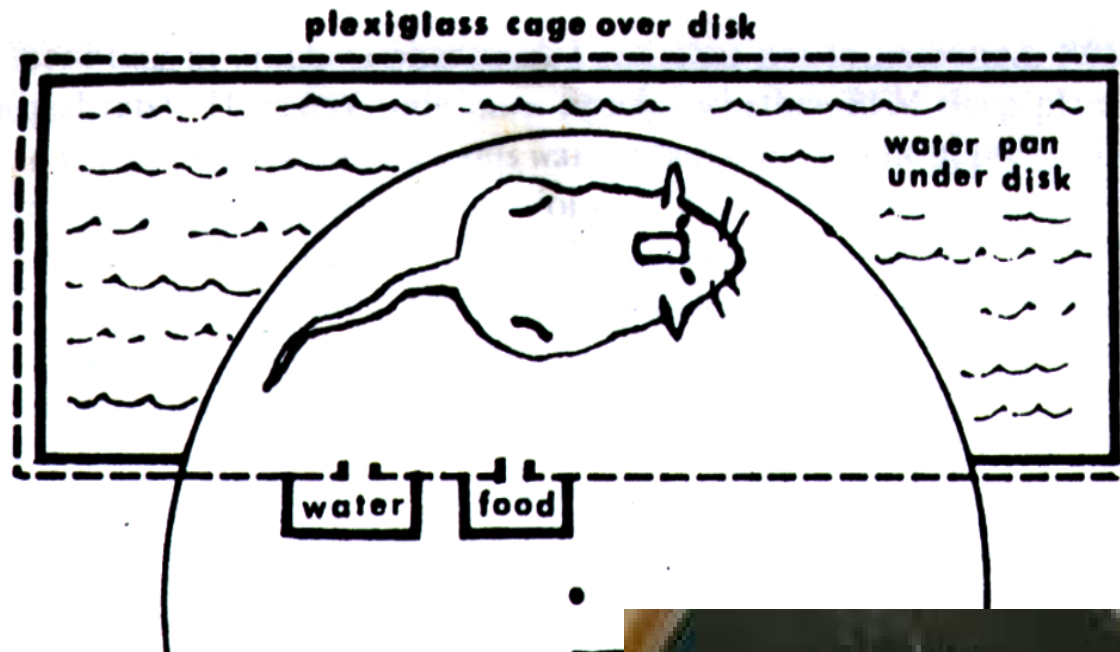
Le réveil

- En sommeil lent léger : rapide, sans confusion
- En sommeil lent profond : lent, confusion++
- En sommeil paradoxal : lent, sans confusion
- Selon la durée de sommeil préalable écoulee : inertie de sommeil

**D: homéostasie du
sommeil**

Privations de sommeil

Privation de sommeil : modèle

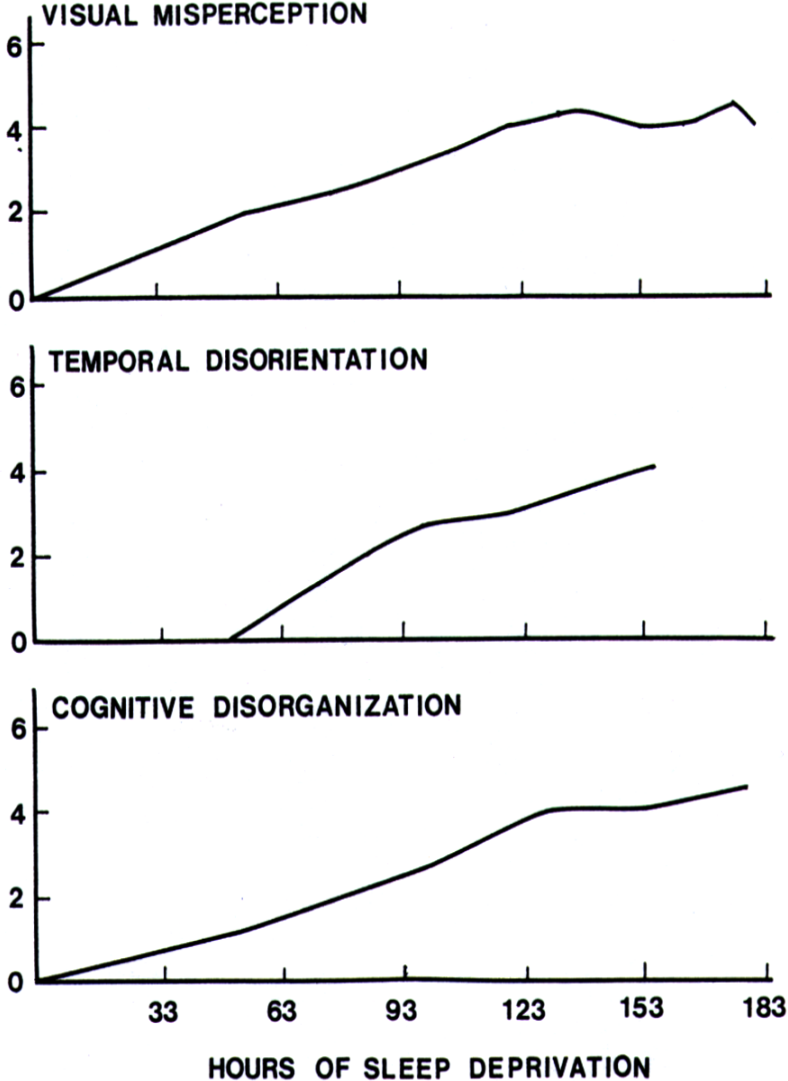


Privation de sommeil : délai de survie

Maladies neurologiques avec insomnie totale prolongée

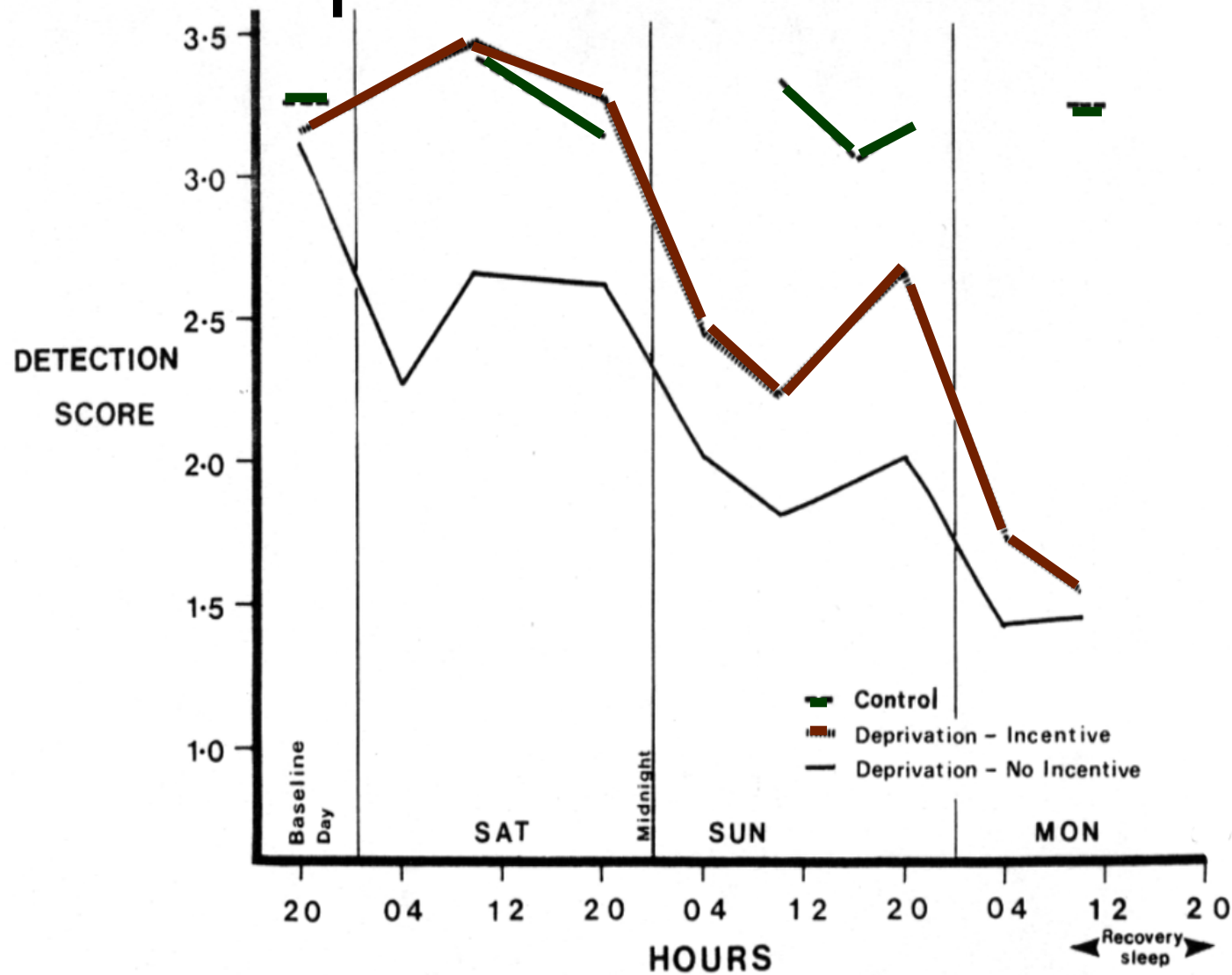
- Insomnie familiale fatale
- Chorée fibrillaire de Morvan

Effets cognitifs de la privation de sommeil chez l'homme



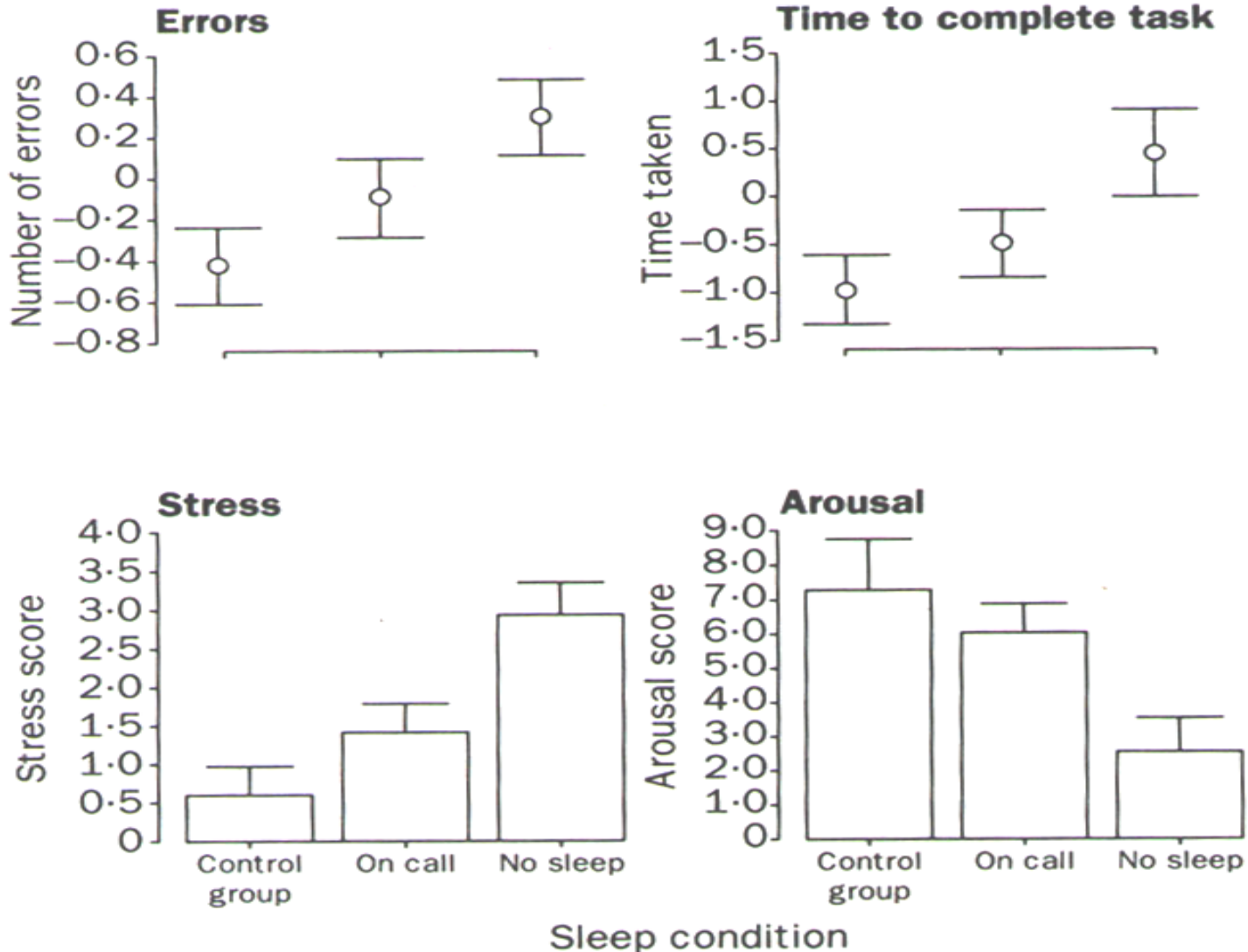
Pasnau
Arch Gen Psy 1968

Effet de la motivation sur la privation de sommeil



Horne,
Acta Psych
1985

Chirurgiens et manque de sommeil

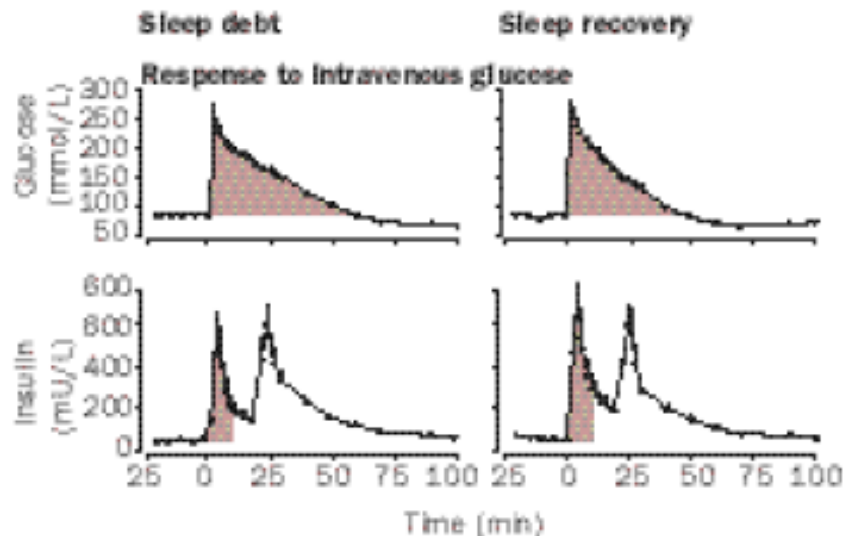


Troubles cognitifs si privation ou fragmentation du sommeil

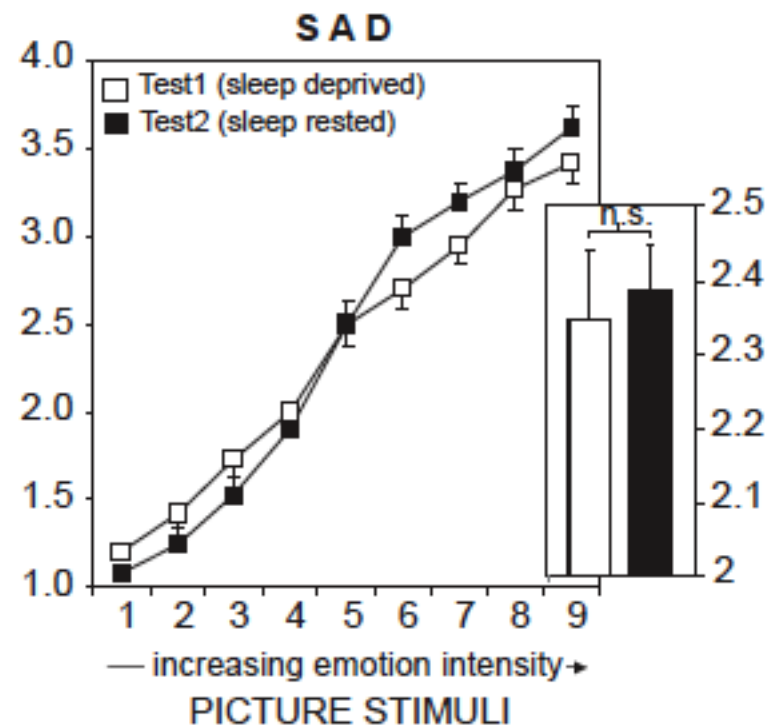
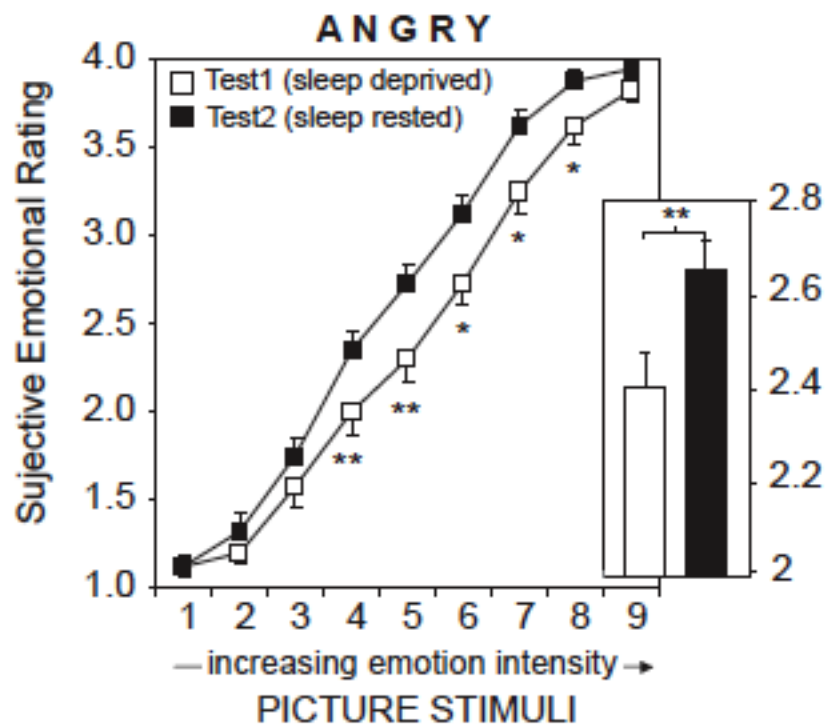
- Allongement du temps de réaction
- Augmentation des erreurs
- Hémianopsie bitemporale fonctionnelle
- Troubles des fonctions exécutives
 - Sélection de la réponse
 - Trouble du jugement
 - Capacité à prendre des décisions, viscosité
 - Persévérations

Effets de la privation partielle de sommeil sur le métabolisme

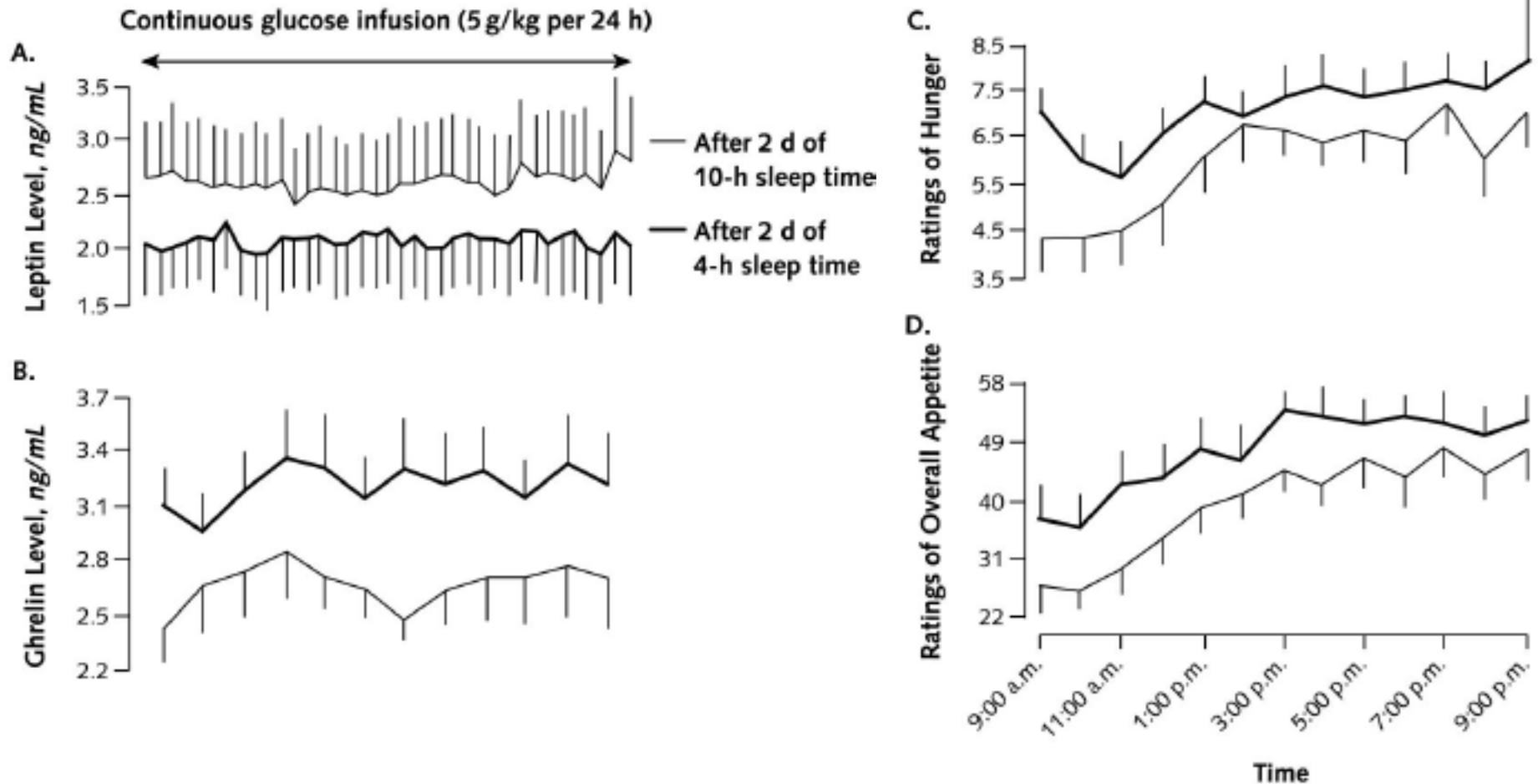
- Sommeil de 4 heures pendant 5 jours
- => Baisse de la tolérance au glucose (pré-diabète)
- => Augmentation du cortisol
- => Augmentation de l'adrénaline



Le manque de sommeil rend parano



Dormir moins augmente l'appétit



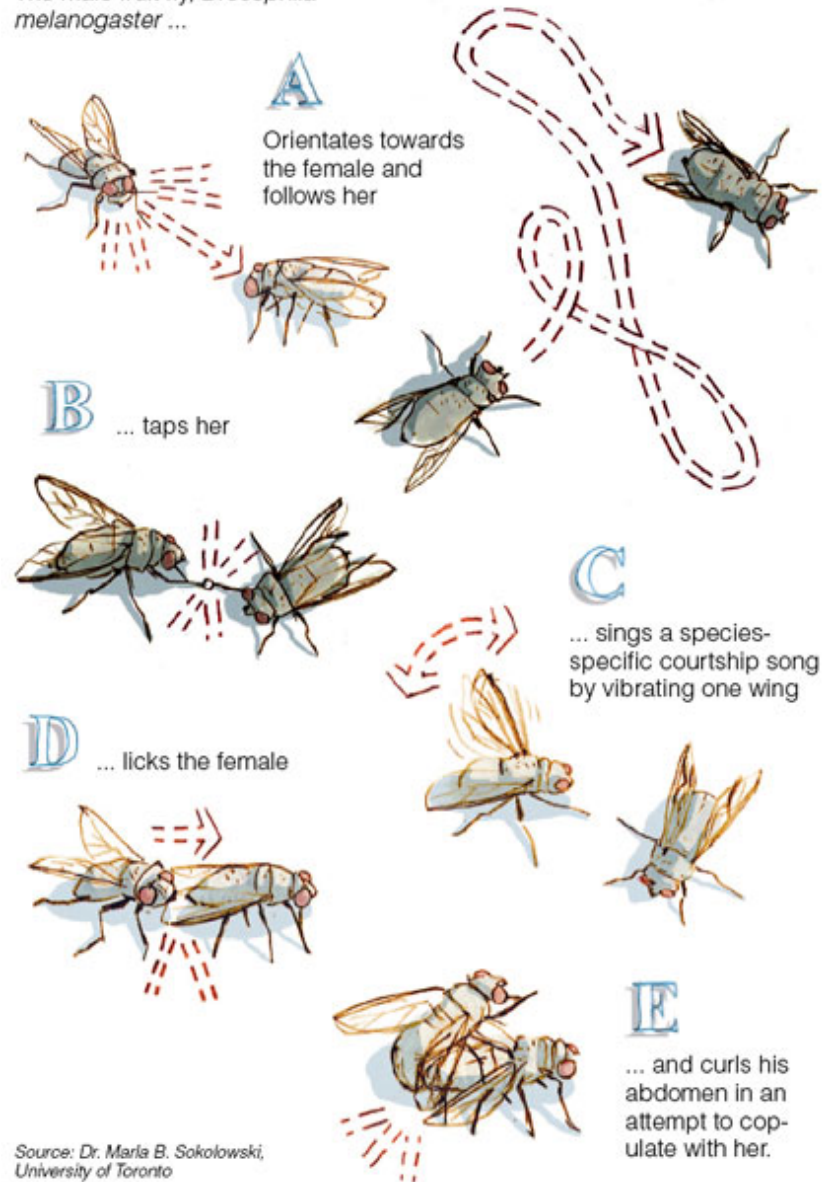
Food Category*	Ratings for 10 h in Bed (n = 12)	Ratings for 4 h in Bed (n = 12)	P Value	Change, %
Sweets (cake, candy, cookies, ice cream, and pastry)	5.4	6.6	0.03	33
Salty food (chips, salted nuts, pickles, and olives)	5.0	6.7	0.02	45
Starchy food (bread, pasta, cereal, and potatoes)	5.9	7.4	0.03	33
Fruits and fruit juices	6.4	7.2	0.07	17
Vegetables	5.6	6.6	0.02	21
Meat, poultry, fish, and eggs	5.9	6.9	0.11	21
Dairy (milk, cheese, and yogurt)	5.5	6.4	>0.2	19
Overall appetit†	39.7	47.7	0.01	23



Et le sexe, dans tout ça ?

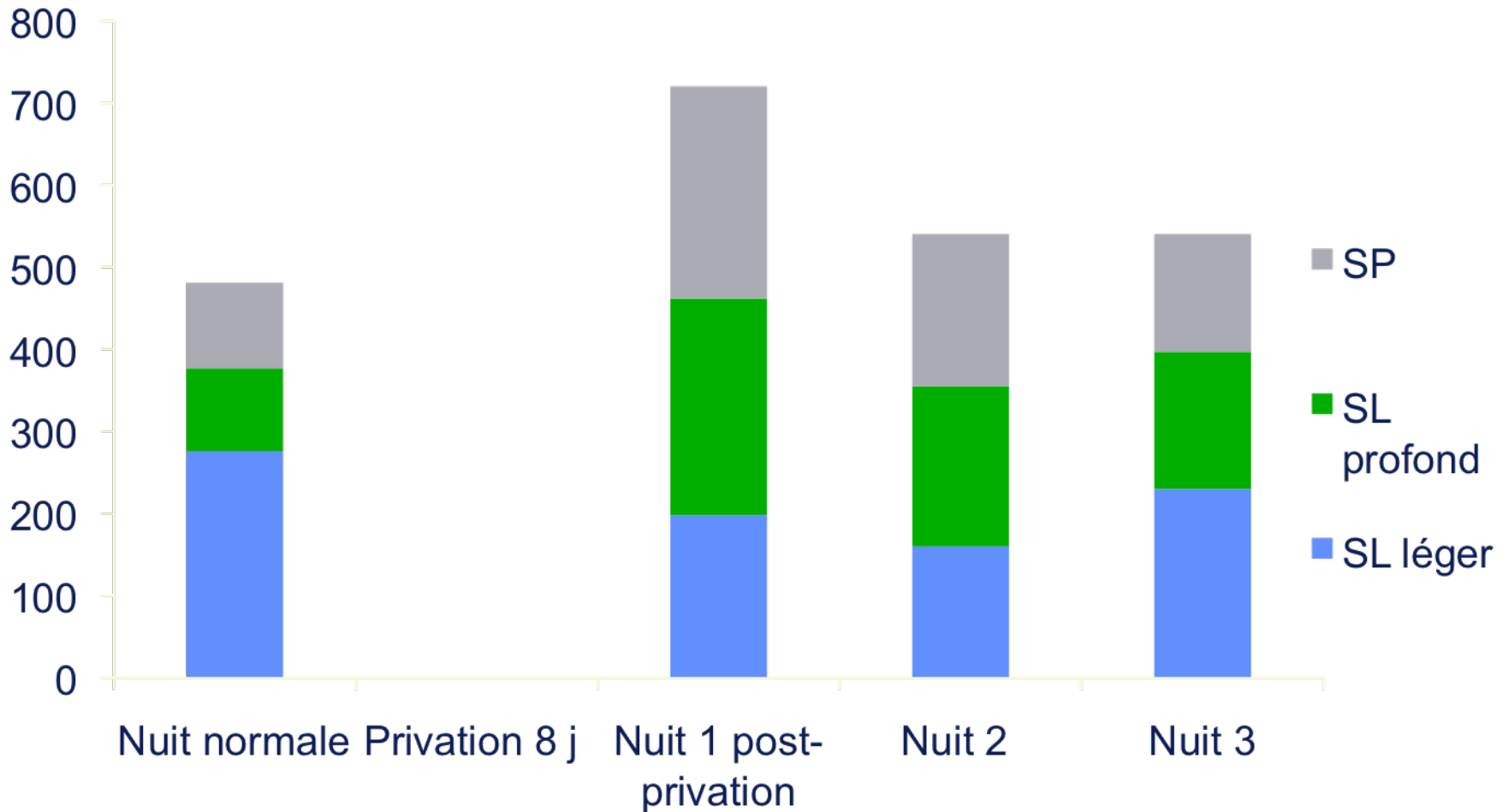
The Mating Dance of the Fruit Fly

The male fruit fly, *Drosophila melanogaster* ...



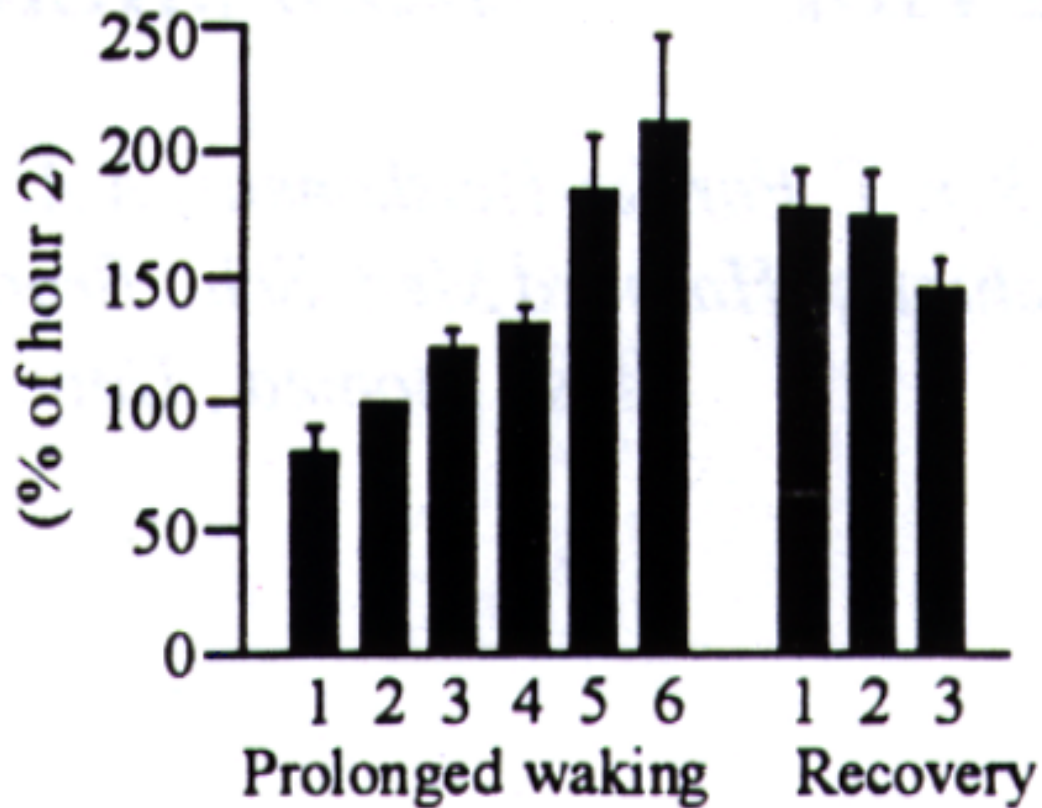
Source: Dr. Marla B. Sokolowski,
University of Toronto

Rebond après privation de sommeil



D'après Kales , Psychosom Med 1970

Adénosine : facteur de sommeil physiologique ?



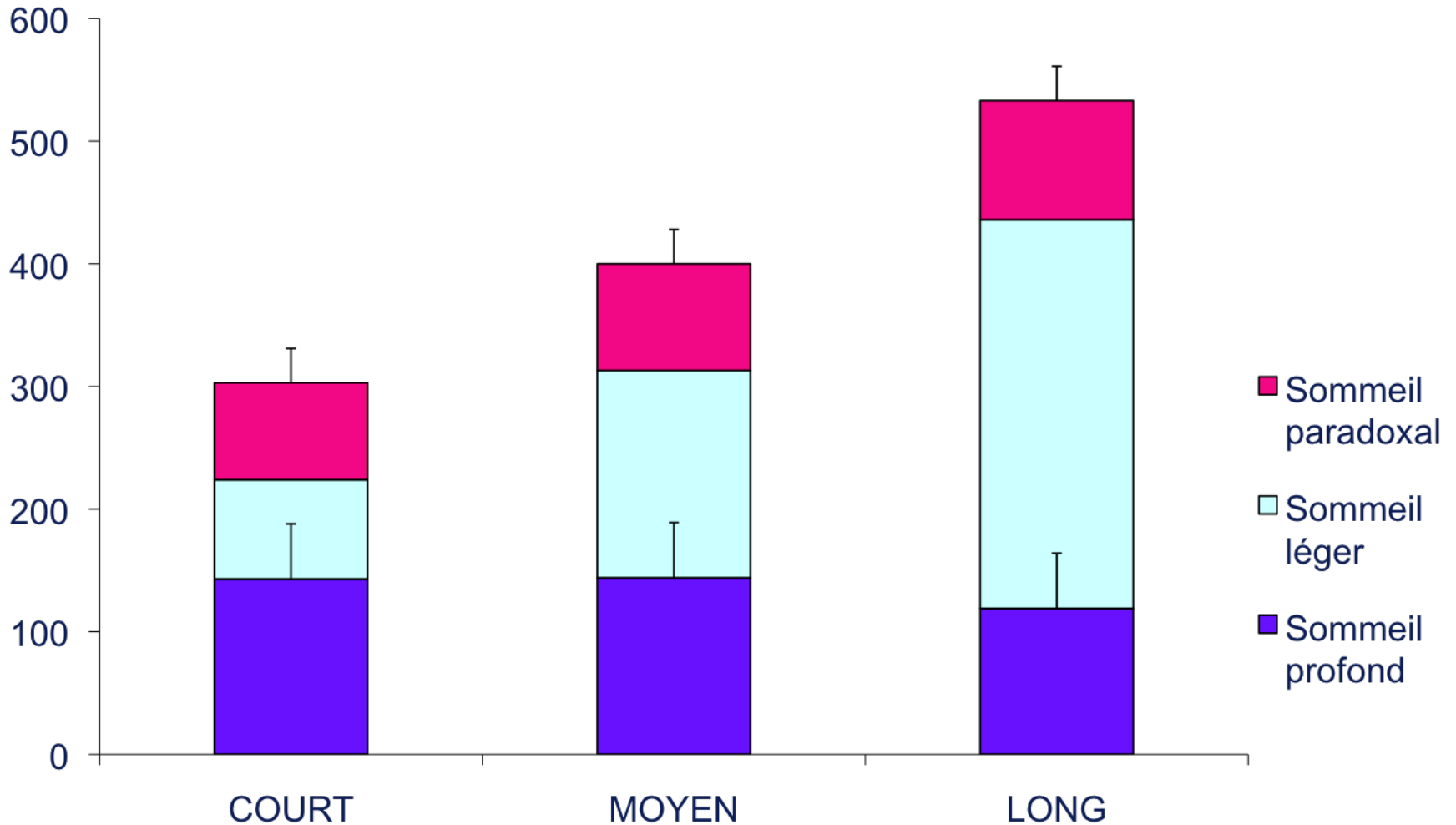


**E : Variations
interindividuelles de la durée
du sommeil**

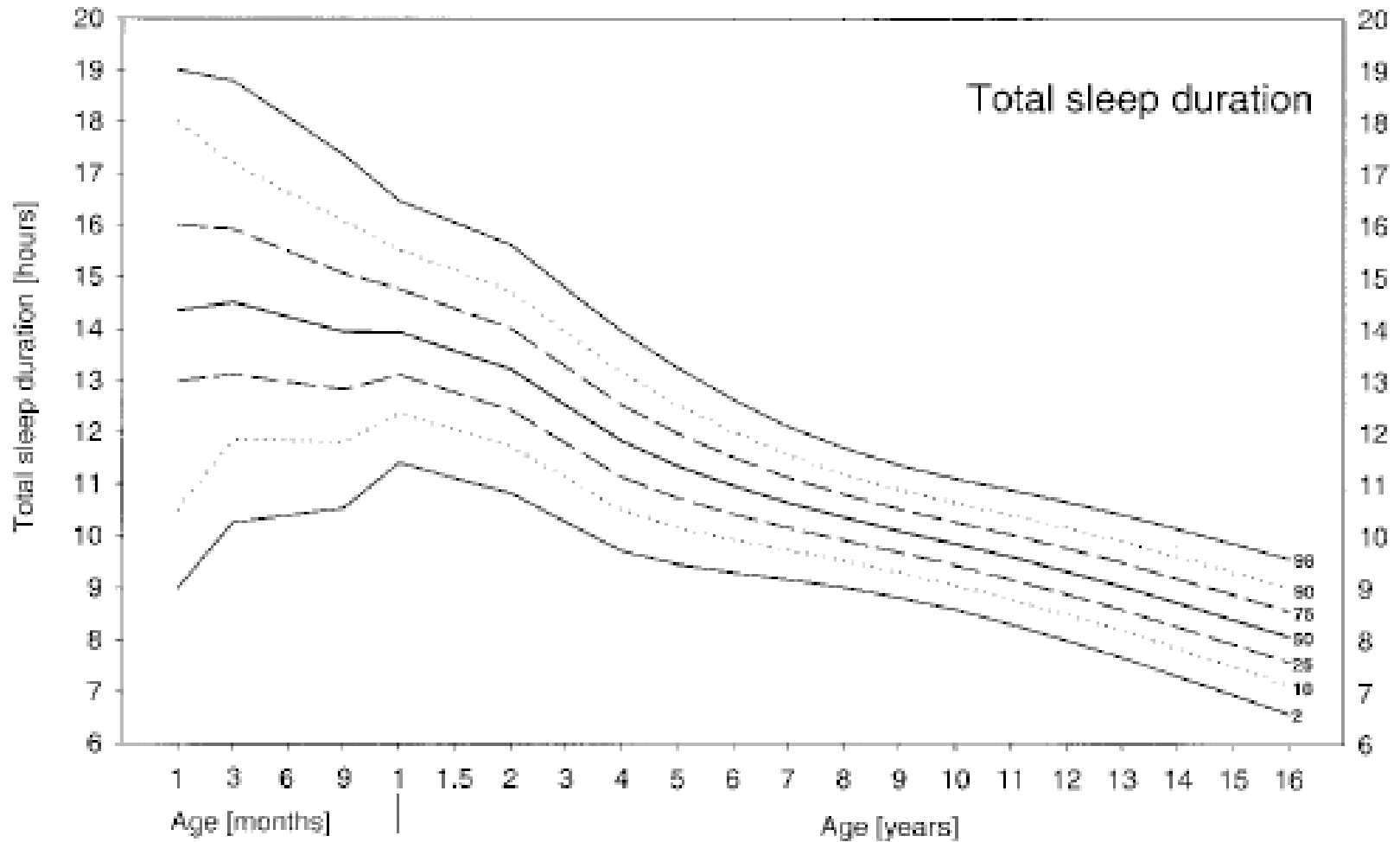
Durée du sommeil

- Pas d 'idéal
- Fort héritage génétique
- Moyenne 7.5 h
- Ecart-type 1 h
- Courbe asymétrique
- Long dormeur $> 9,5$ h (> 2 SD)
- Court dormeur < 6.5 h
- Rares exceptions de 2 et 3 h par nuit

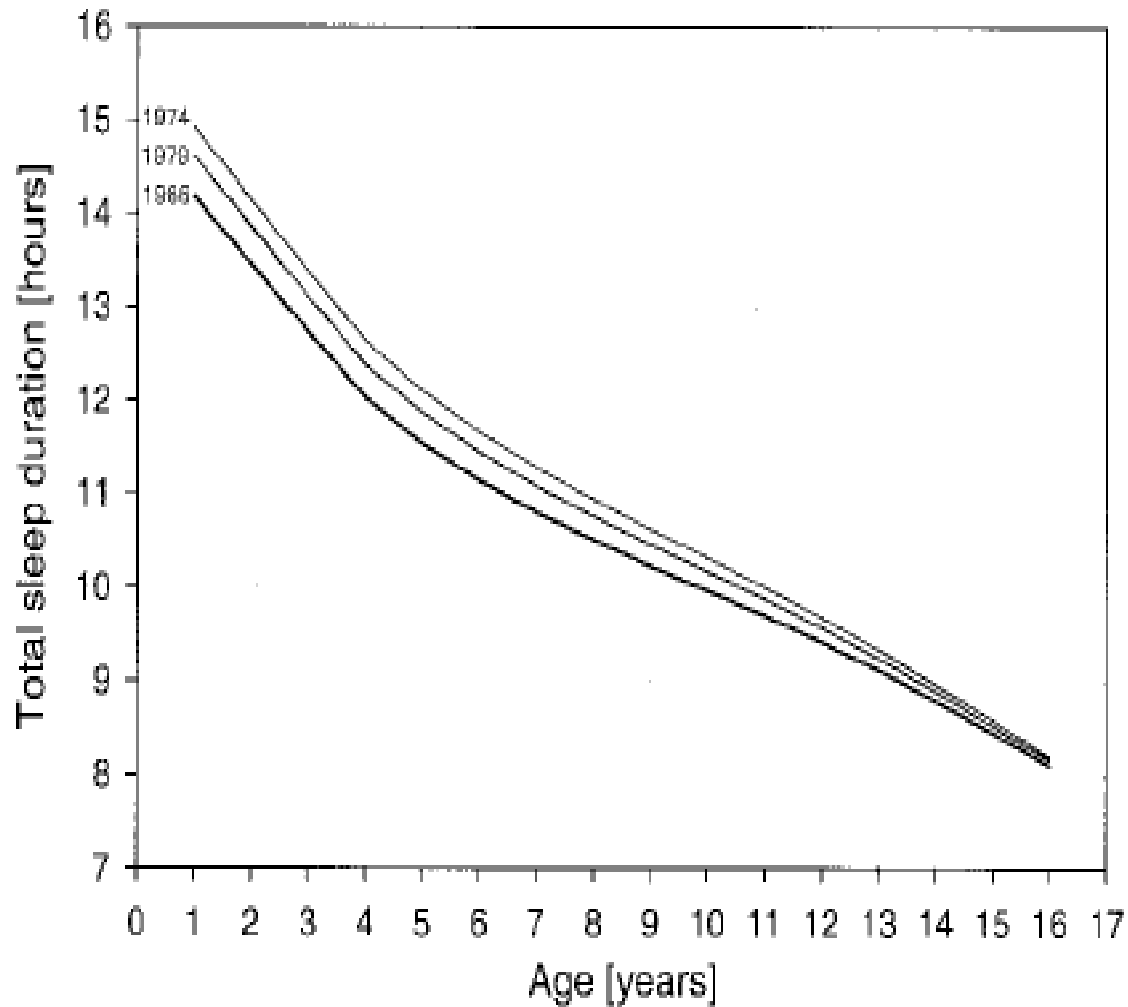
Durée du sommeil nocturne



Variations du sommeil avec l'âge



Variations du sommeil avec l'âge, depuis 1974

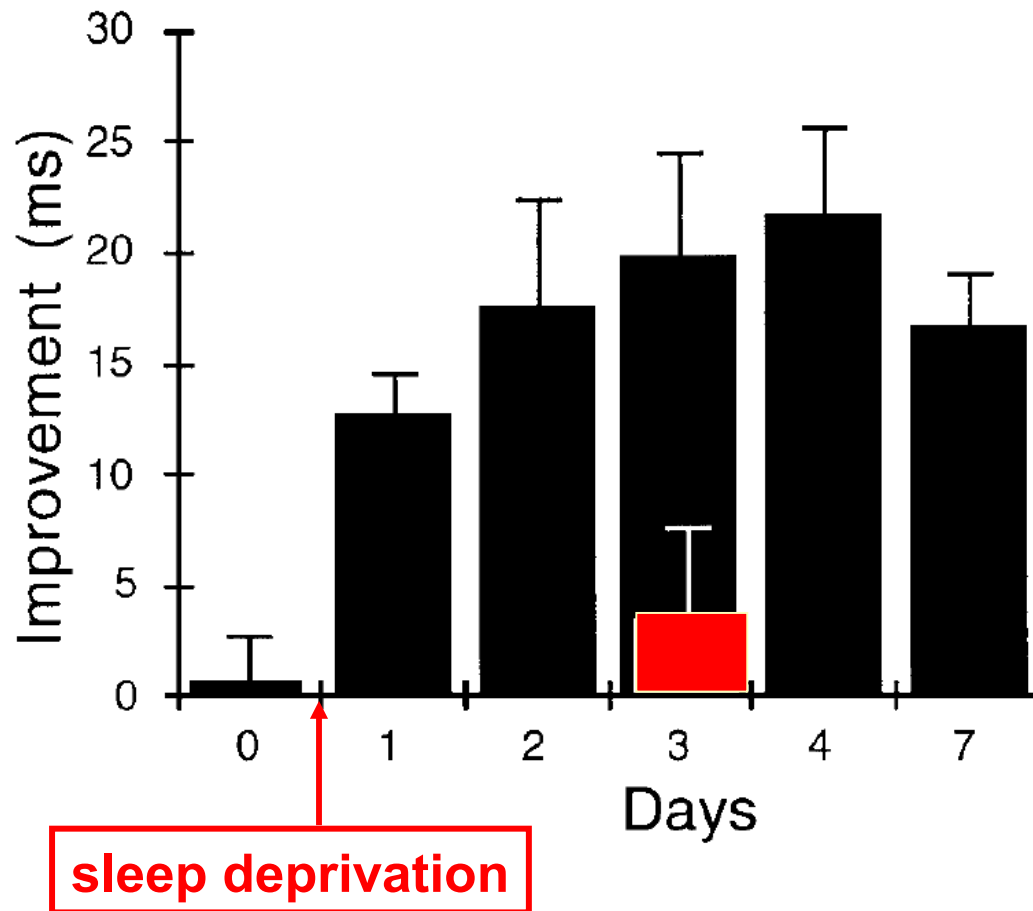


Variations du sommeil avec l'âge

- Durée : de 18 h/24 à la naissance à 7h30 à l'âge adulte
- Horaires : d'un rythme ultradien à la naissance à un rythme circadien, puis légère avance de phase avec le vieillissement
- Composition :
 - de 50 % de SP à la naissance à 17-22% à l'âge adulte
 - Nette réduction du sommeil lent profond après 40 ans

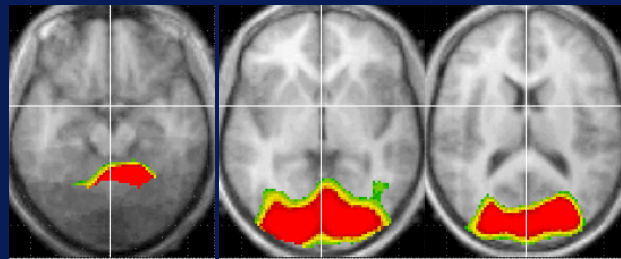
F : Sommeil et mémoire

Apprentissage d'une tâche de reconnaissance visuelle, dépendante du sommeil

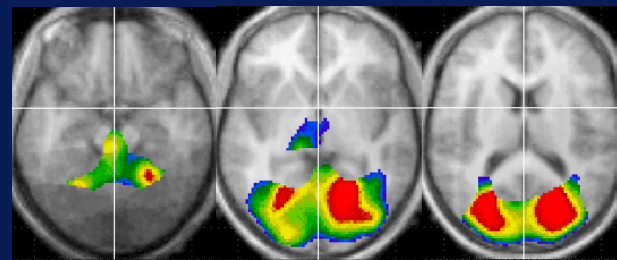


"Replay" en sommeil paradoxal ?

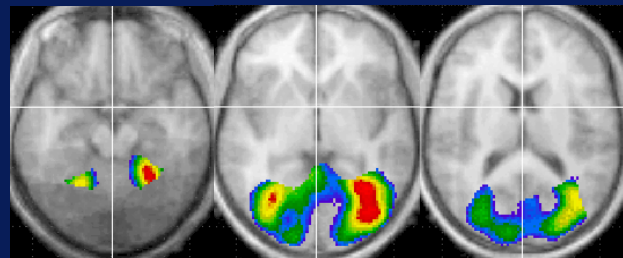
-16 mm 0 mm 16 mm



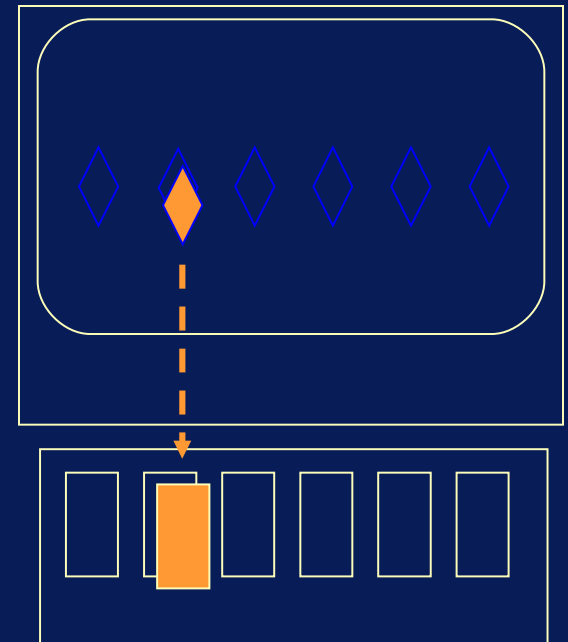
Pendant la tâche >
repos



Pendant le SP >
éveil
(sujets entraînés)



Pendant le SP > éveil
(sujets non entraînés)



G : Adaptations du sommeil (Pathologies)

Classification internationale des troubles du sommeil (2005)

I-Insomnies

Insomnie psychophysiologique
Insomnie paradoxale
Insomnie aiguë
Insomnie idiopathique
Mauvaise hygiène du sommeil
Insomnie familiale fatale
Insomnie secondaire à une substance

II-Troubles respiratoires du sommeil

Apnées centrales du sommeil
Respiration périodique
Respiration périodique d'altitude
Syndromes d'apnées secondaires
Apnées obstructives du sommeil
Hypoventilation alvéolaire nocturne
Apnée primaire du nouveau-né

III- Hypersomnies non respiratoires

Narcolepsie avec cataplexie
Narcolepsie sans cataplexie
Narcolepsie secondaire
Hypersomnie récurrente
Hypersomnie idiopathique à long sommeil
Hypersomnie idiopathique sans long sommeil
Syndrome d'insuffisance du sommeil
Hypersomnie post-traumatique
Hypersomnie secondaire

IV- Troubles du rythme circadien du sommeil

Jet lag
Travail posté
Irrégularité du sommeil et de la veille
Syndrome de retard de phase
Syndrome d'avance de phase
Syndrome hypertyctéméral

V-Parasomnies

Éveils confusionnels
Somnambulisme
Terreurs nocturnes
Somniloquie
Cauchemars
Paralysies du sommeil
Erections douloureuses liées au sommeil
Comportements oniriques
Etats dissociés nocturnes
Enurésie
Grognement expiratoire
Syndrome de la tête qui explose
Trouble alimentaire du sommeil

VI-Troubles moteurs du sommeil

Syndrome des jambes sans repos
Syndrome des mouvements périodiques de jambe
Crampes nocturnes des membres inférieurs
Bruxisme
Rythmies du sommeil

VII-Autres troubles du sommeil

Epilepsies morphéiques
Céphalées du sommeil
RGO du sommeil
Angor du sommeil
Syndrome de déglutition anormale
Choc du sommeil
Laryngospasme du sommeil
Arrêt sinusal lié au sommeil

VIII- Symptômes isolés, variantes de la normale, problèmes non résolus

Long dormeur
Court dormeur
Ronfleur
Sursauts du sommeil
Myoclonie bénigne du sommeil de l'enfant
Tremblement hypnagogique du pied
Myoclonie fragmentaire
Myoclonie propriospinale à l'endormissement
Dystonie du sommeil
Intrusions d'alpha
Pattern alternant cyclique
Activation alternative des jambes pendant le sommeil

Ces pathologies peuvent être liées

- soit à l'altération des mécanismes du sommeil (ex : narcolepsie) ou de l'horloge interne
- soit à la décompensation pendant le sommeil de fonctions contrôlées par des réflexes au cours de l'éveil (ex : apnées)
- soit secondaires à d'autres pathologies (ex: insomnies psychiatriques, jambes sans repos)

Conclusion

- Le sommeil est une fonction vitale, mais aussi plastique, qui peut être optimisée chez le sujet sain (génétique, motivation)
- Son contrôle est mixte : circadien et homéostatique
- En pathologie, son adaptation traduit des voies de compensation différentes.