

# Sommeil normal

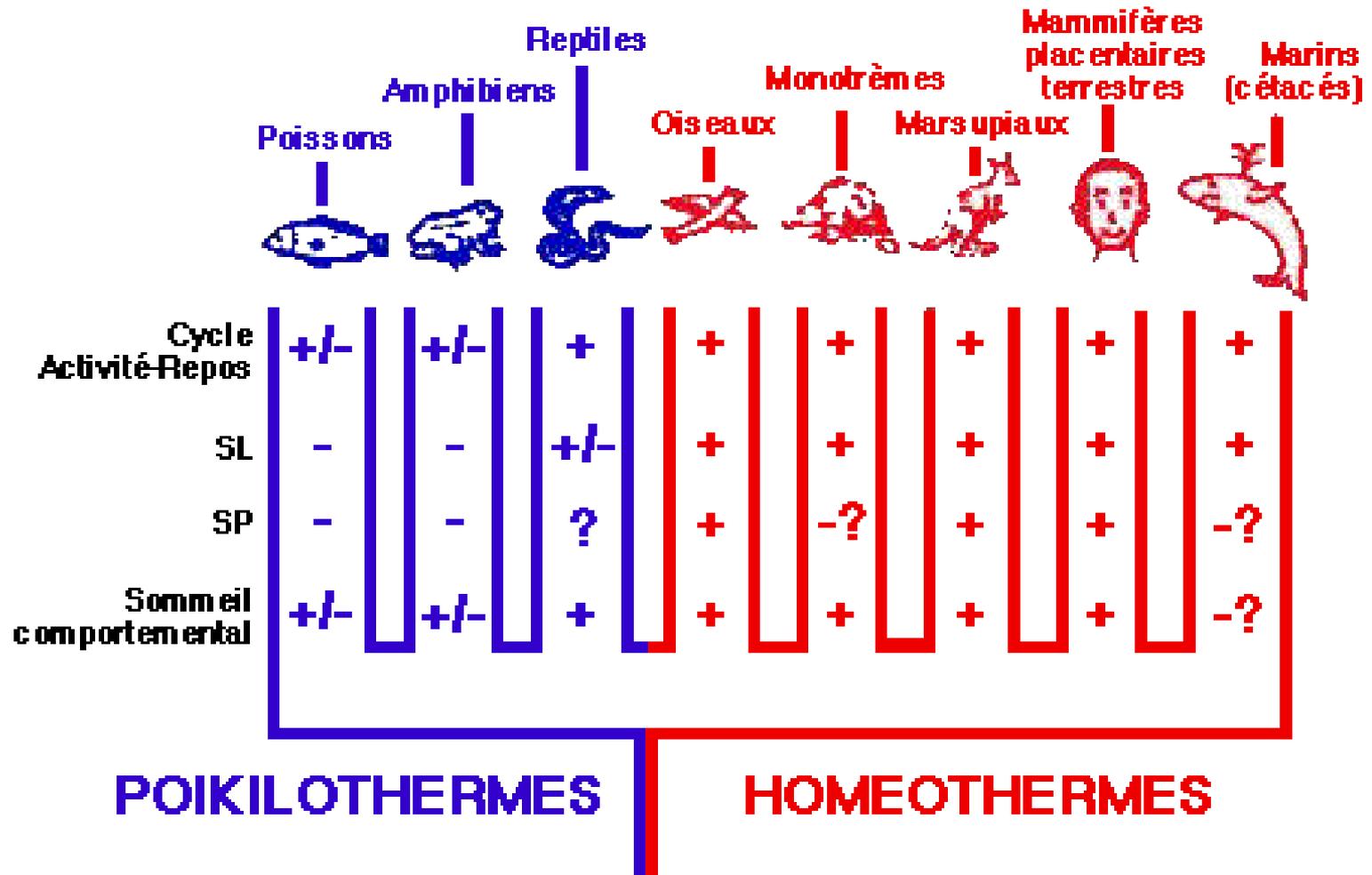
Isabelle Arnulf

*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 %

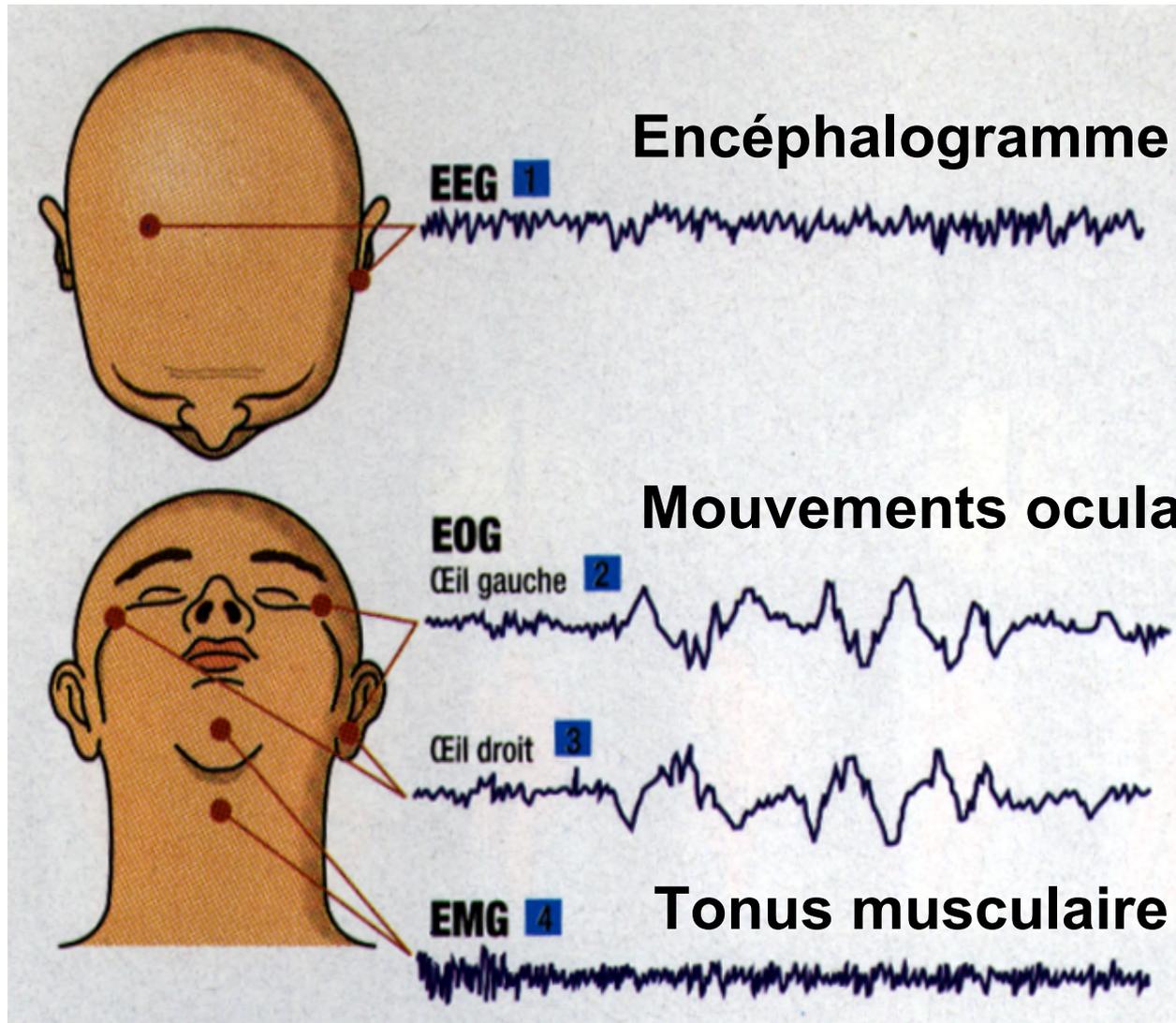
# Le sommeil et le rêve

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 ( $\geq 8$  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)





# 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

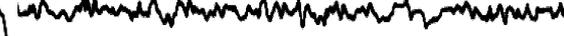
# Caractéristiques polygraphiques

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

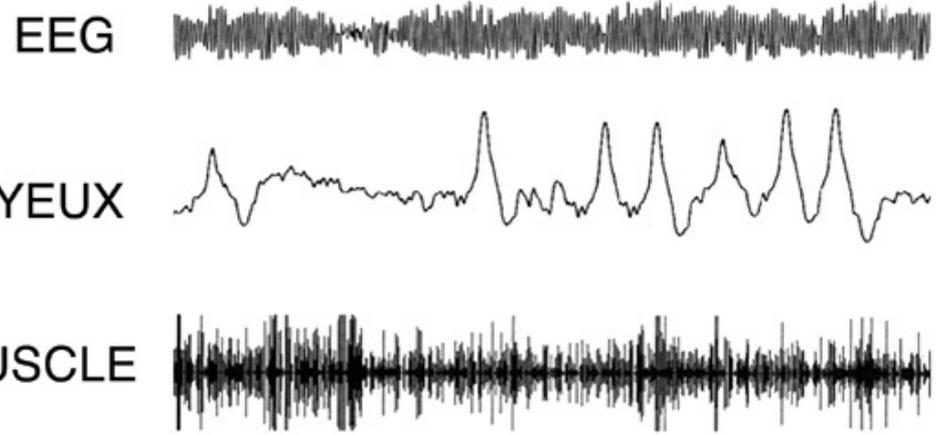
# Fréquences EEG

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

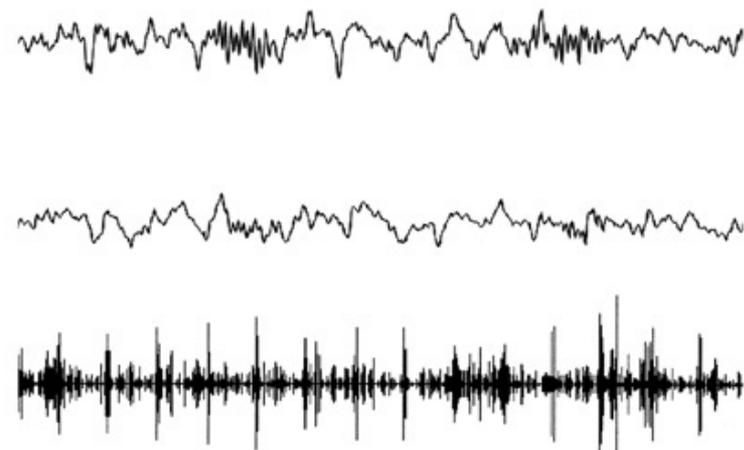
# Définition des stades

- 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

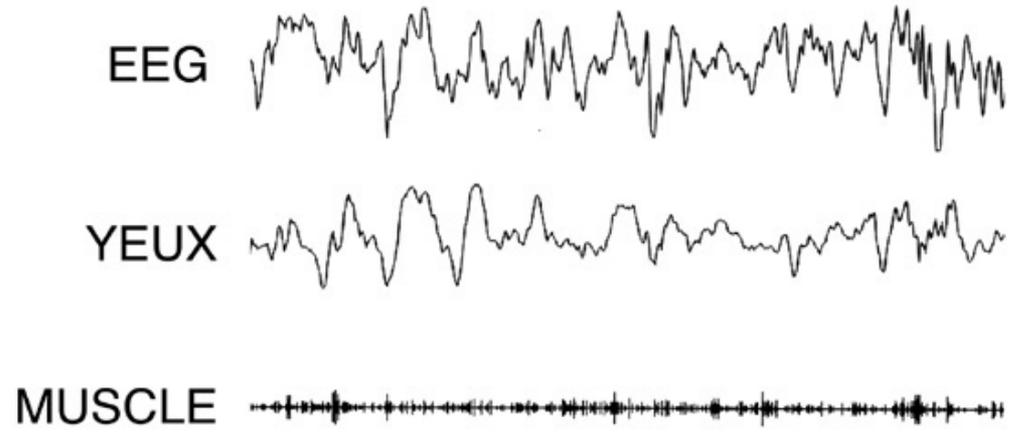
### EVEIL



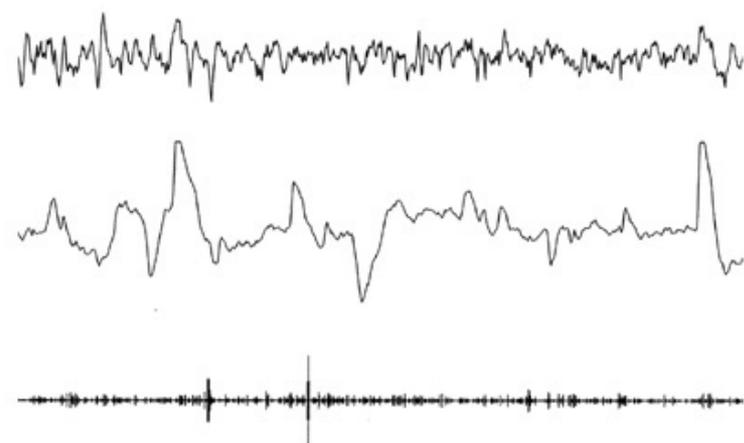
### SOMMEIL LENT LÉGER



### SOMMEIL LENT PROFOND



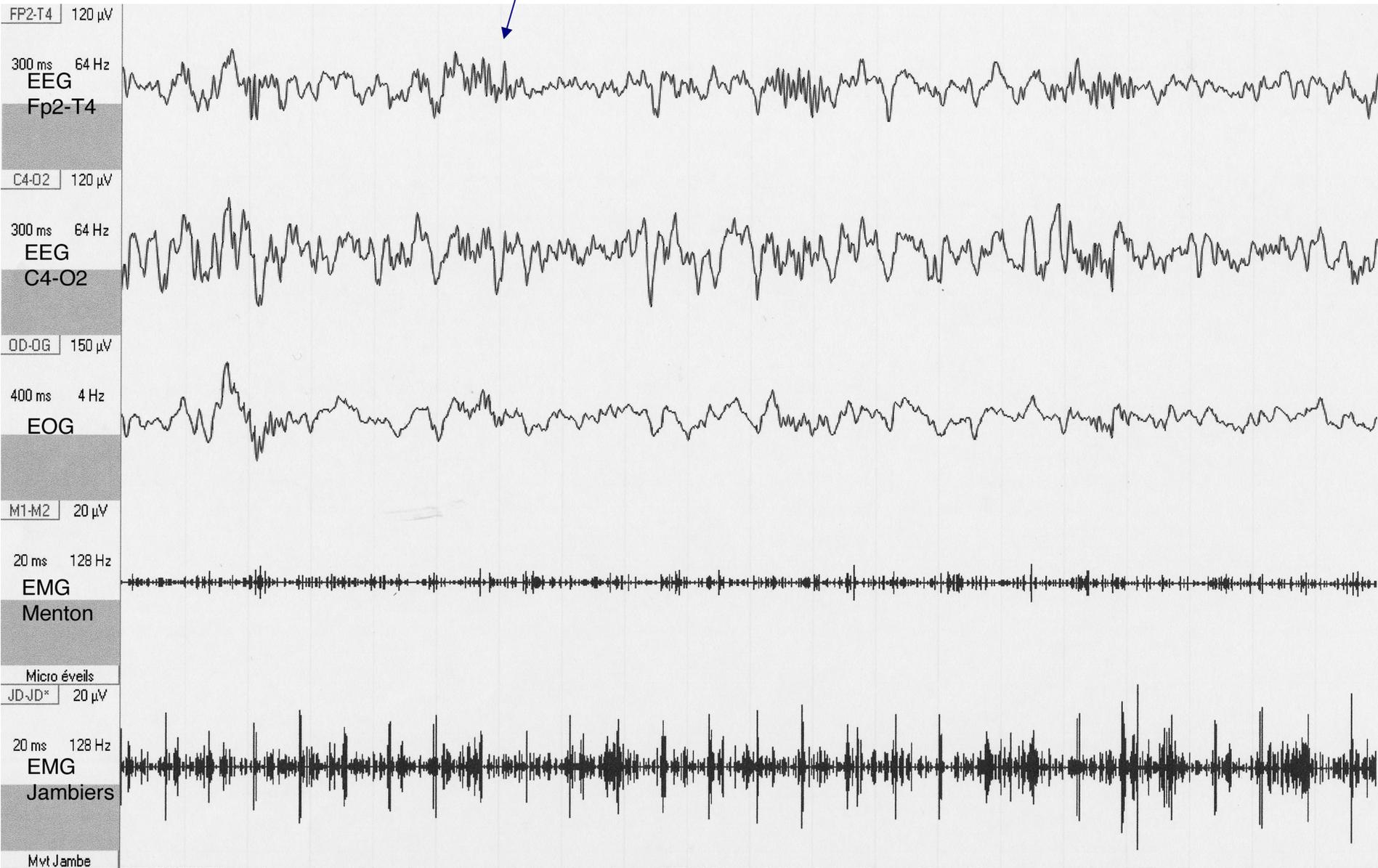
### SOMMEIL PARADOXAL



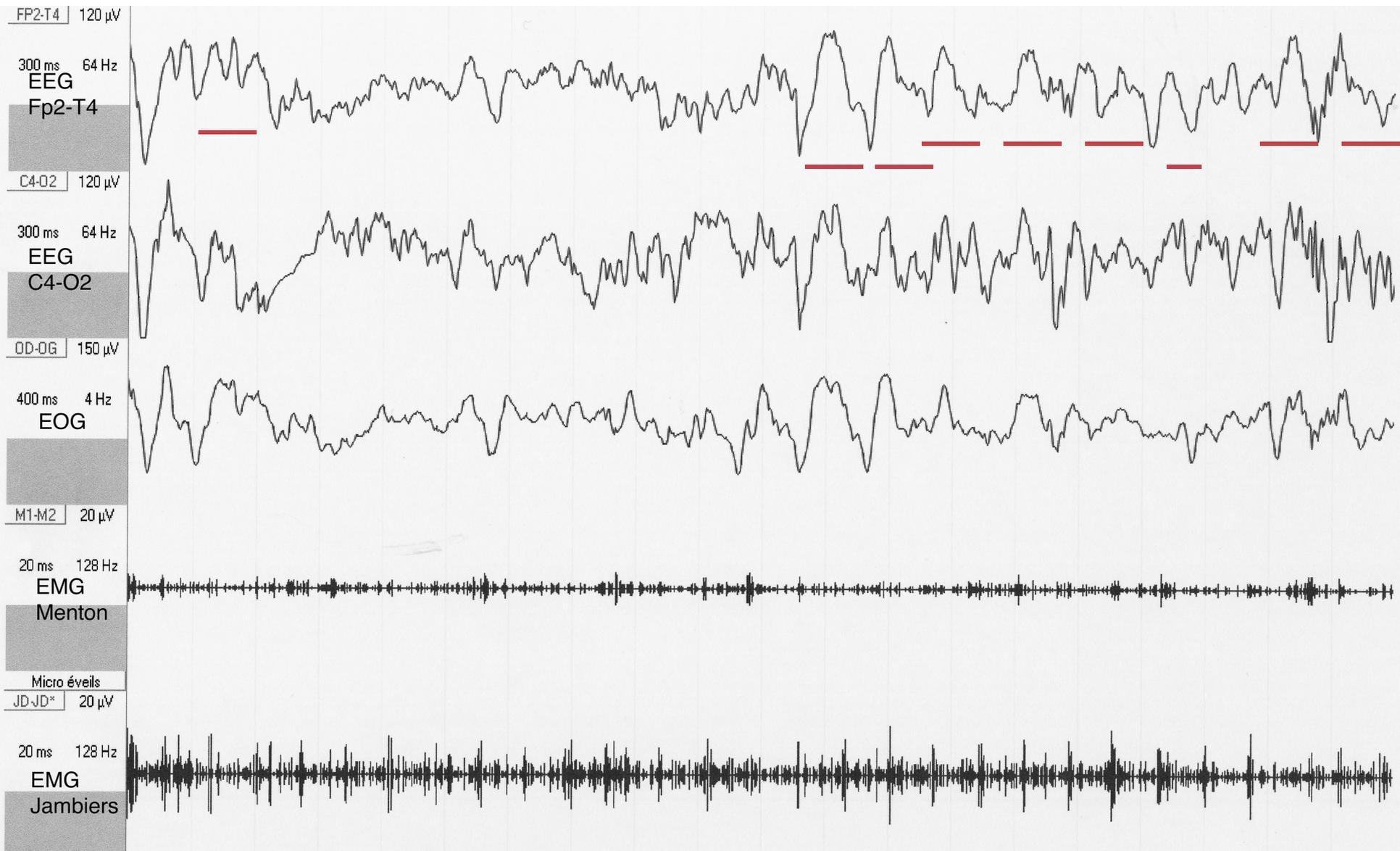
5 sec

# 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  $\mu$ V

300 ms 64 Hz

EEG  
Fp2-T4

C4-O2 | 120  $\mu$ V

300 ms 64 Hz

EEG  
C4-O2

OD-OG | 150  $\mu$ V

400 ms 4 Hz

EOG

M1-M2 | 20  $\mu$ V

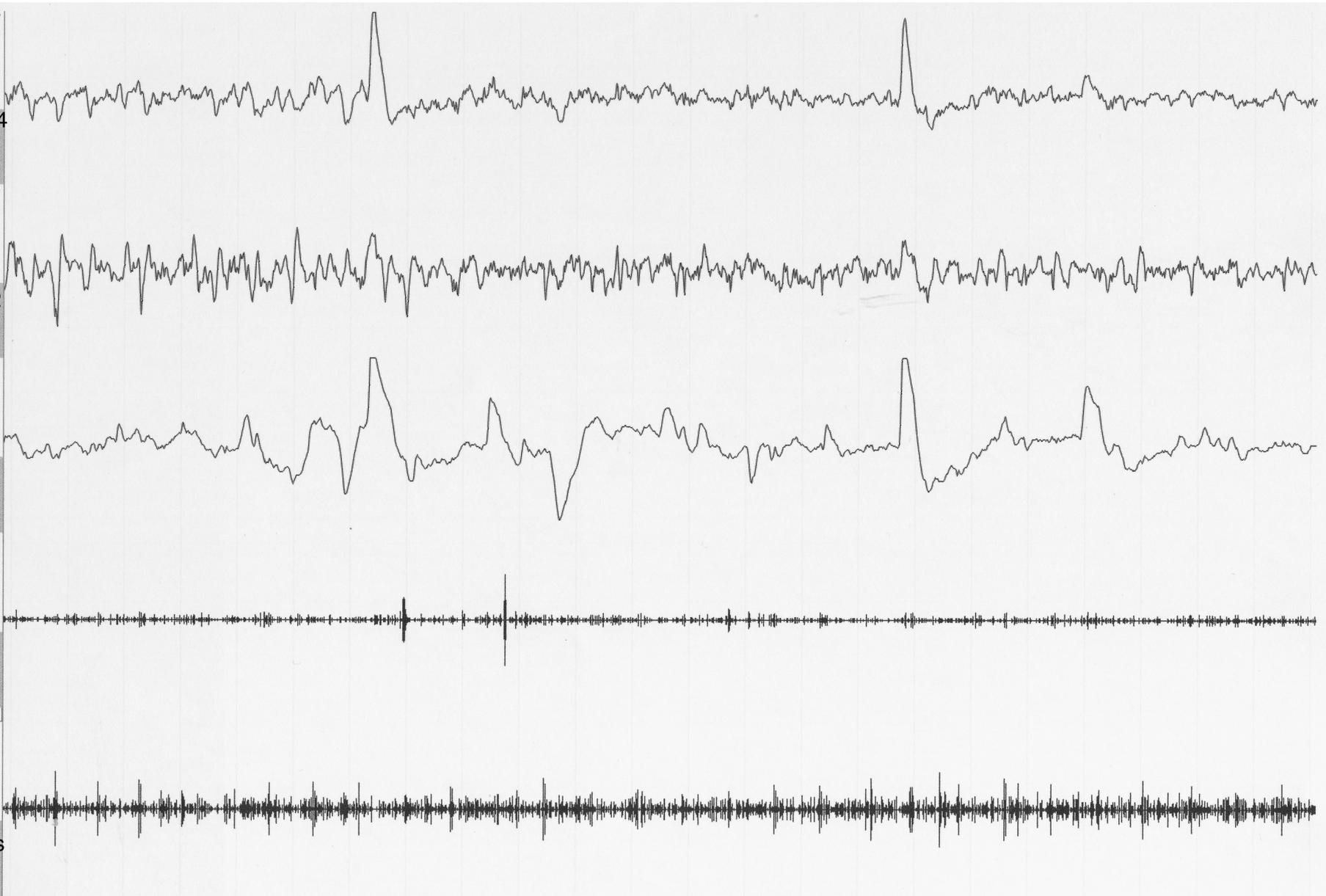
20 ms 128 Hz

EMG  
Menton

Micro éveils  
JD-JD\* | 20  $\mu$ V

20 ms 128 Hz

EMG  
Jambiers





# 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 CO<sub>2</sub>, 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 Sleep<sup>1</sup>

Eugene Aserinsky<sup>2</sup> 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 EOG<sup>3</sup> channels set at the longest

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

<sup>2</sup> 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.

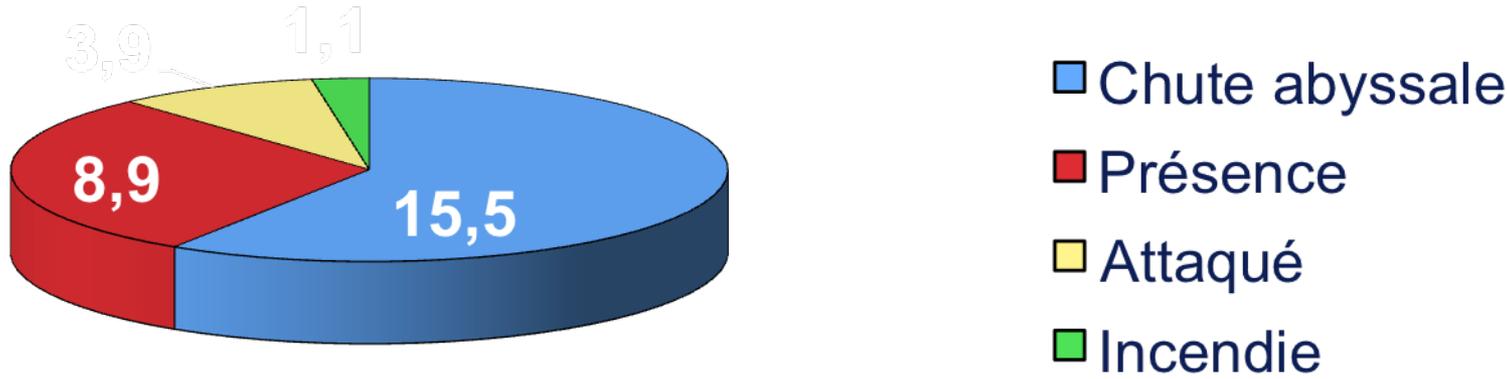
Twenty normal adult subjects were employed in several series of experiments although not all the subjects were involved in each series. To confirm the conjecture that this particular eye activity was associated with dreaming, 10 sleeping individuals in 14 experiments were awakened and interrogated during 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

<sup>3</sup> 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



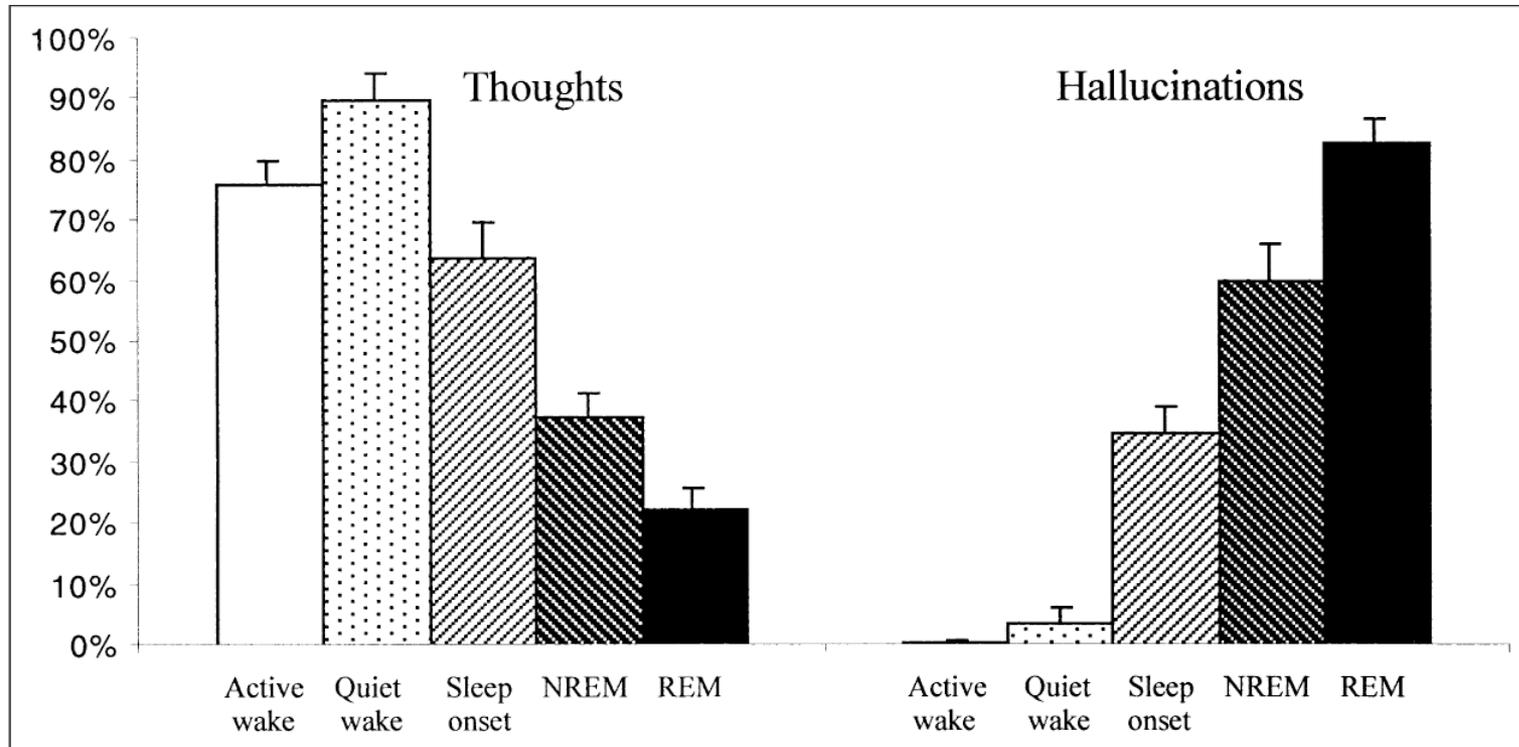
# Hallucinations hypnopompiques : 6,6 % de la population

N=13 057 sujets

Hallucinations au moins 1/mois

D'après Ohayon M, Psych Res 2000

# Activité mentale pendant le sommeil

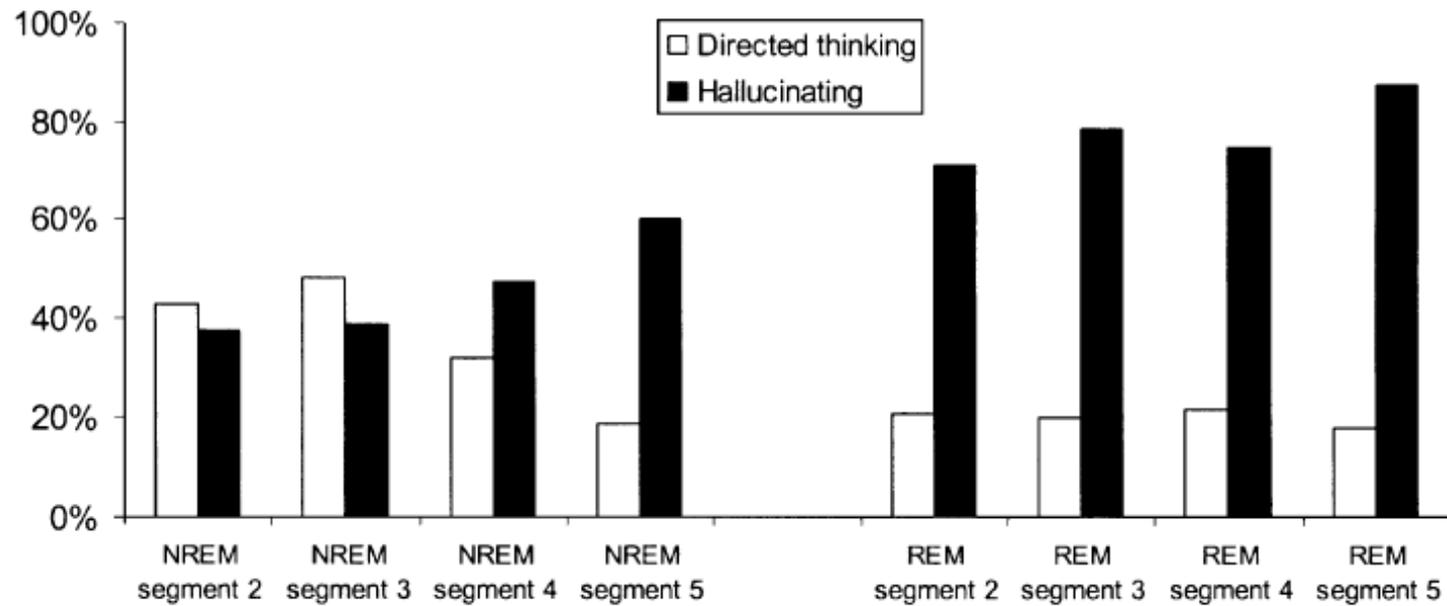




Même grand vide. Moi et ma classe  
sommes dans une sphère volante  
- comme une visite guidée -  
Nous approchons une étrange immense  
seul dans ce désert lumineux et plat -  
il grouille ; nous passons lentement,  
et s'agit en fait de milliers de  
Spidermans se superposant sur les  
façades. Nous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

↳

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



# Dormir les yeux ouverts

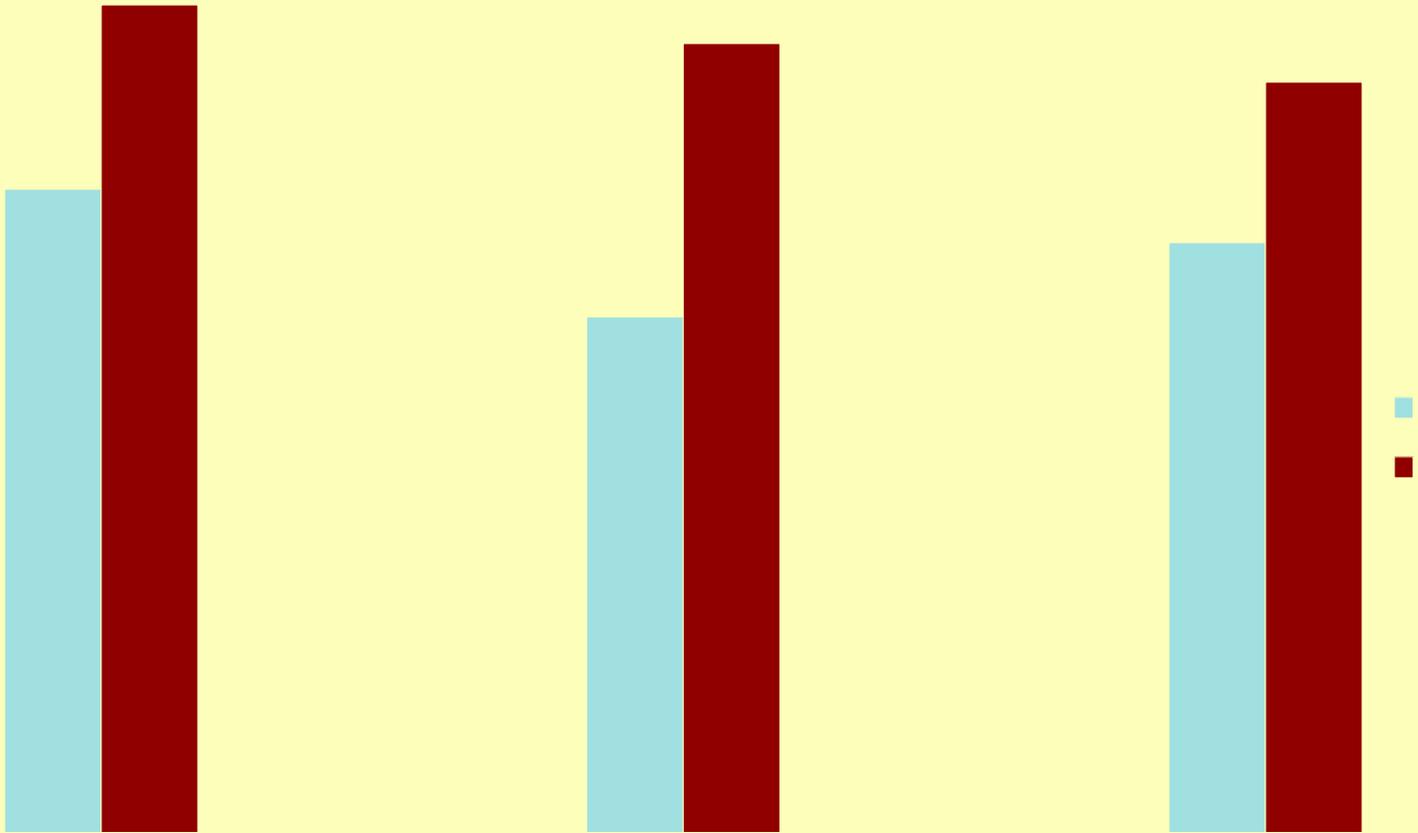
- Rechtschaffen et Foulkes 1965
- Sujets avec paupières bloquées, pupille dilatée
- Sommeil normal
- Présentation objets (cafetière, livre) pendant le SP
- Réveil des sujets 10 min après : récit de rêves
- Aucune relation avec les objets « vus » pendant le SP

# Les yeux suivent-ils les images du rêve ?

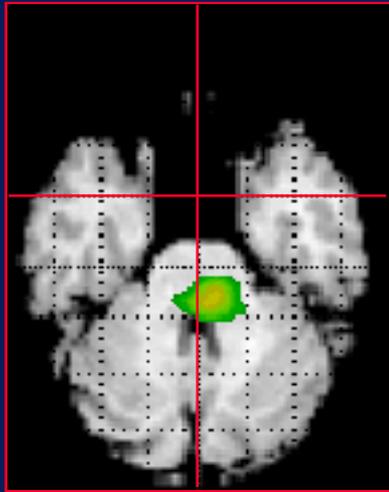


# Métabolisme cérébral et sommeil

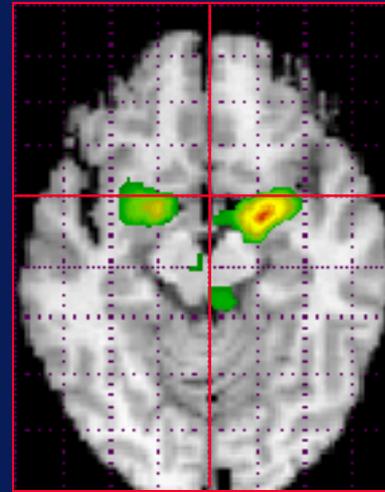
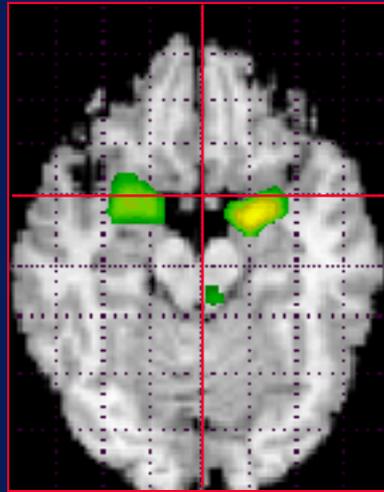
% valeur éveil



# Ce qui augmente d'activité en sommeil paradoxal

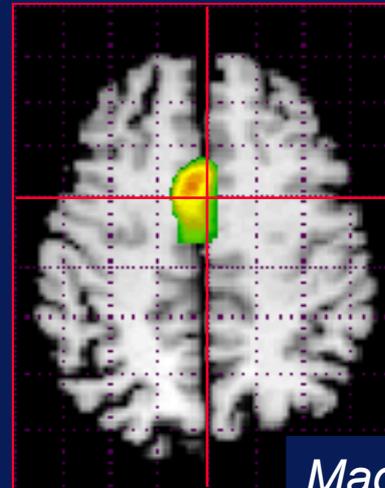
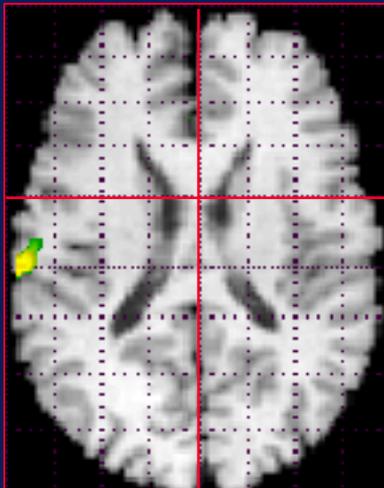
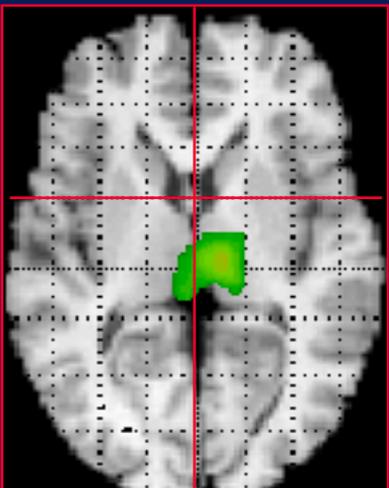


R L



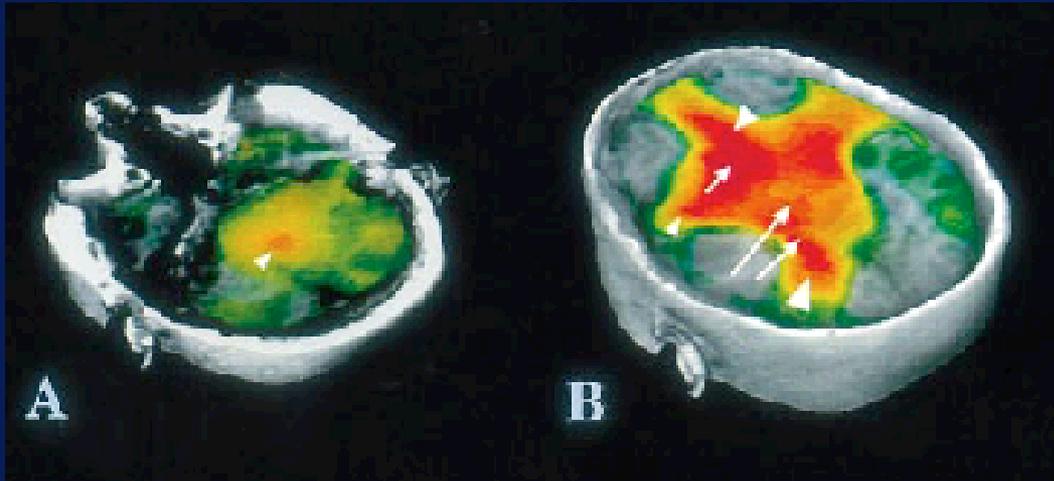
Différence  
entre SP et  
moyenne  
éveil-SL

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

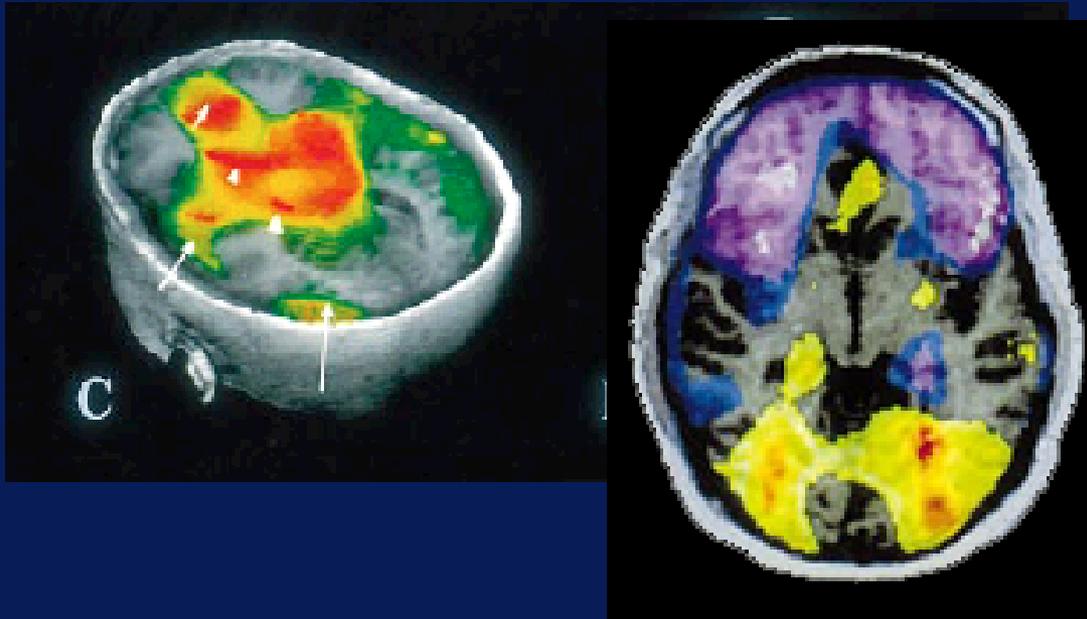


*Maquet, Nature 1996*

# Ce qui augmente en SP, par rapport au sommeil lent

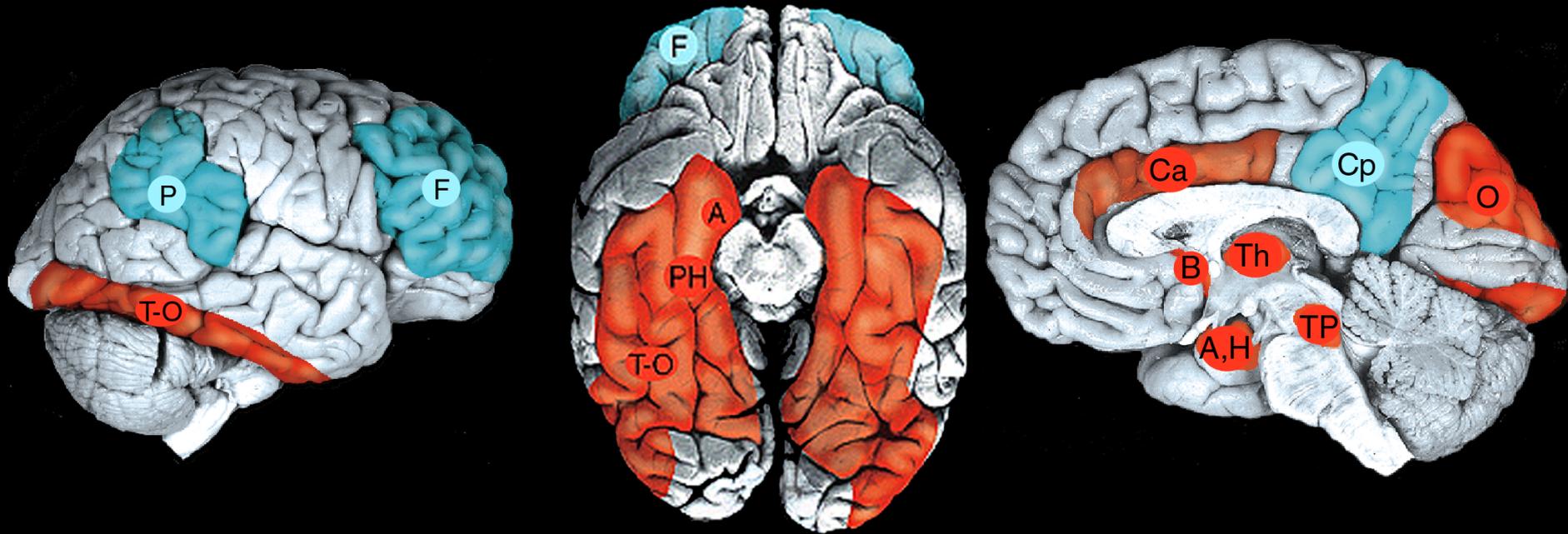


SP > SL



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

# Comment le cerveau fonctionne en SP



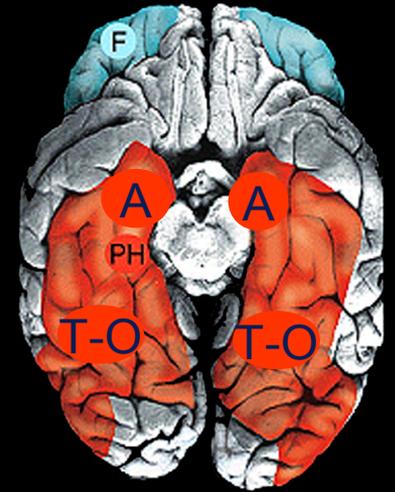
# Activité cérébrale et aspect des rêves

Visuel 56-100%

↑ **Temporo-Occipital**

Emotions 50.2% (peur)

↑ **Amygdale**



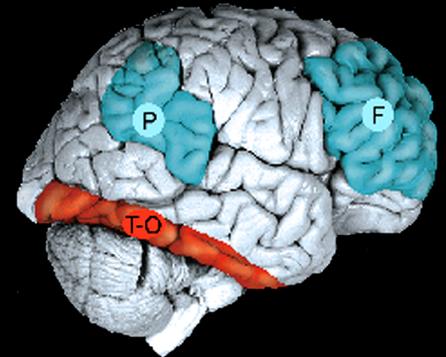
Attention et cognition

↓ **Préfrontal**

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

↓ **Pariétal**

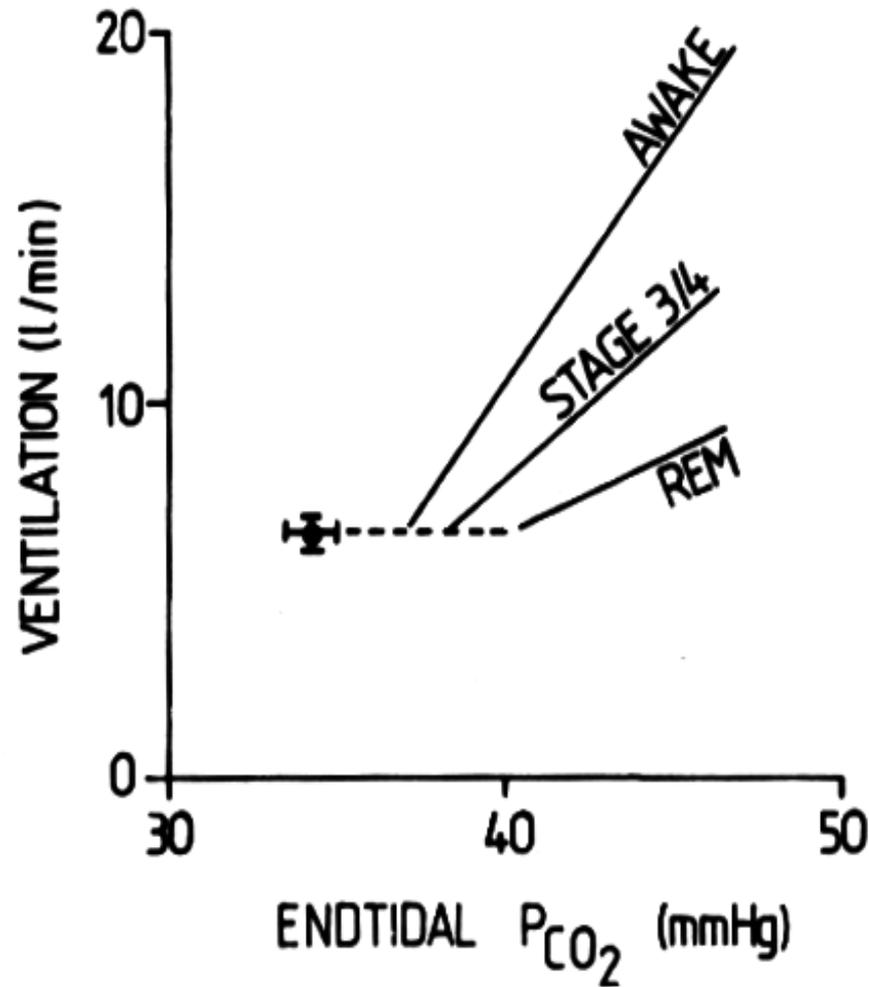
↓ **Post. Cing**



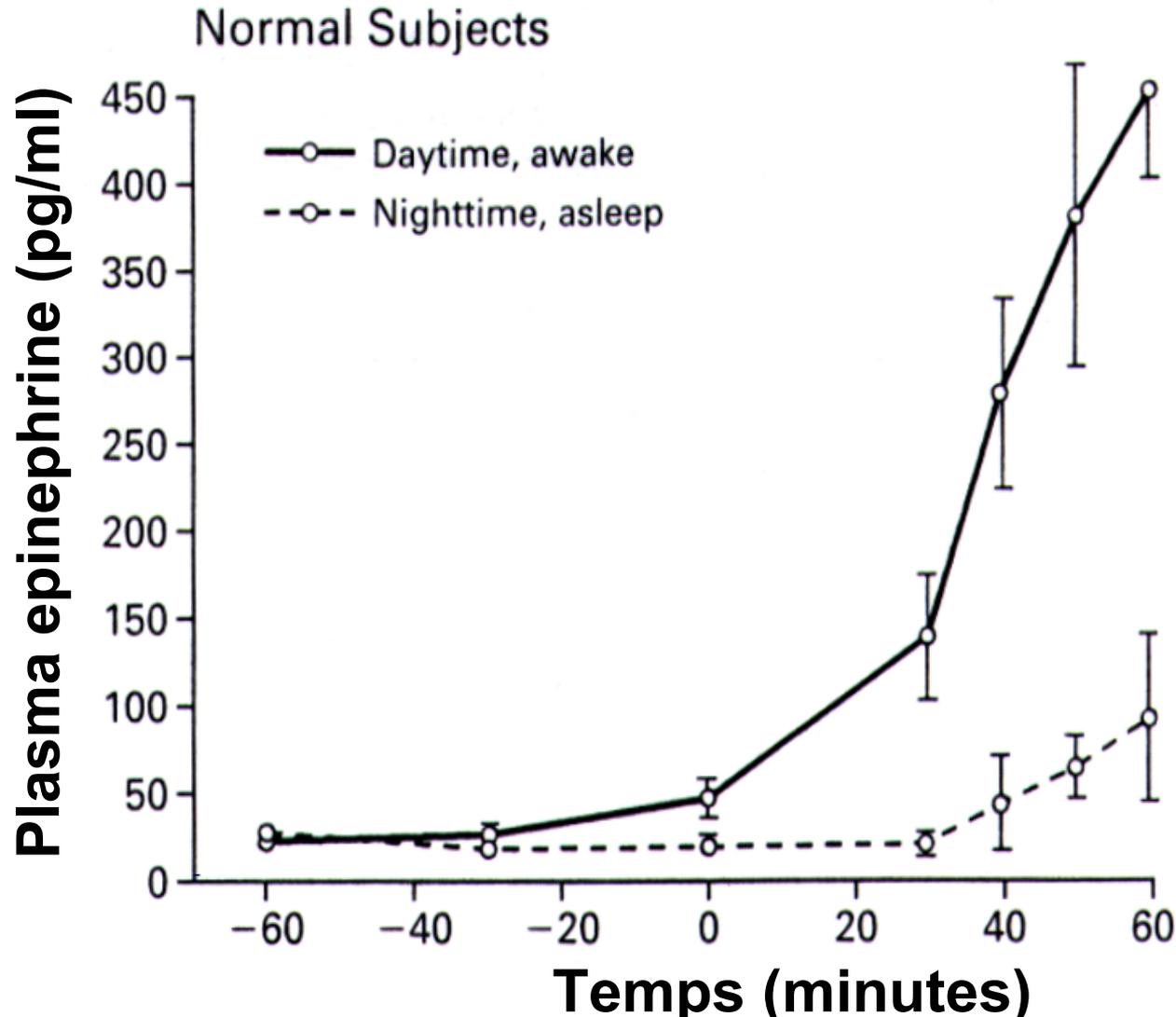
**C: réflexes vitaux et sommeil**

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

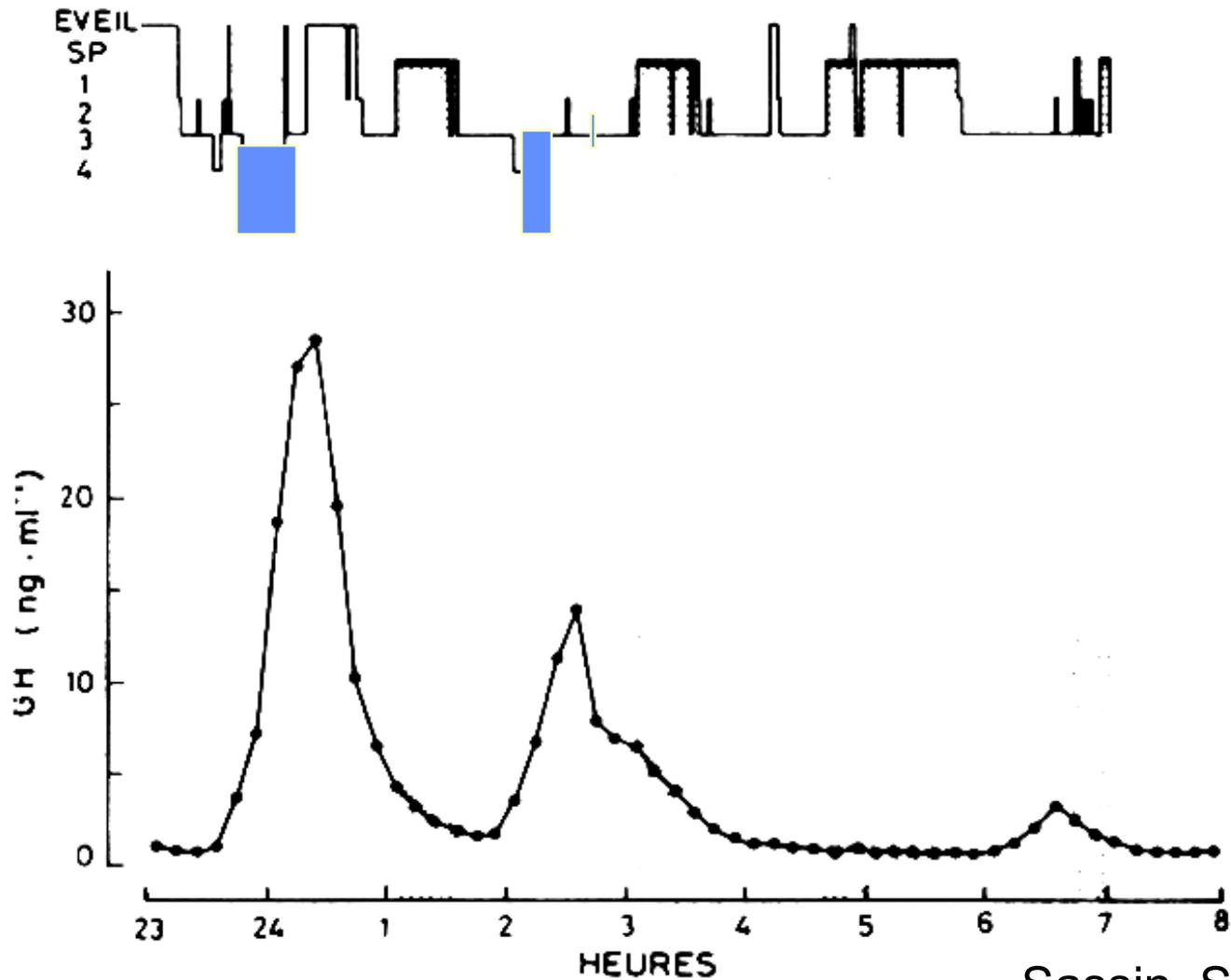
# Réponse au CO<sub>2</sub> pendant le sommeil



# Effet du sommeil sur la réponse à l'hypoglycémie



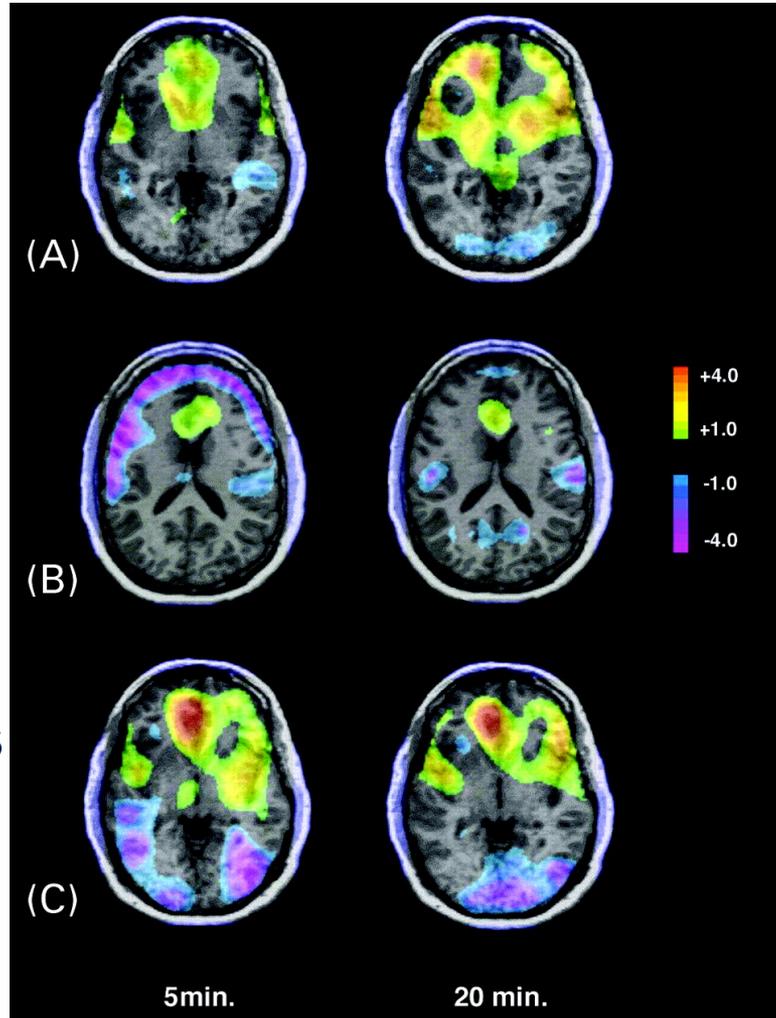
# Hormone de croissance et sommeil



Sassin, Science 1969

# Débit sanguin cérébral 5 min et 20 min après le réveil

Noyau caudé



Régions frontales

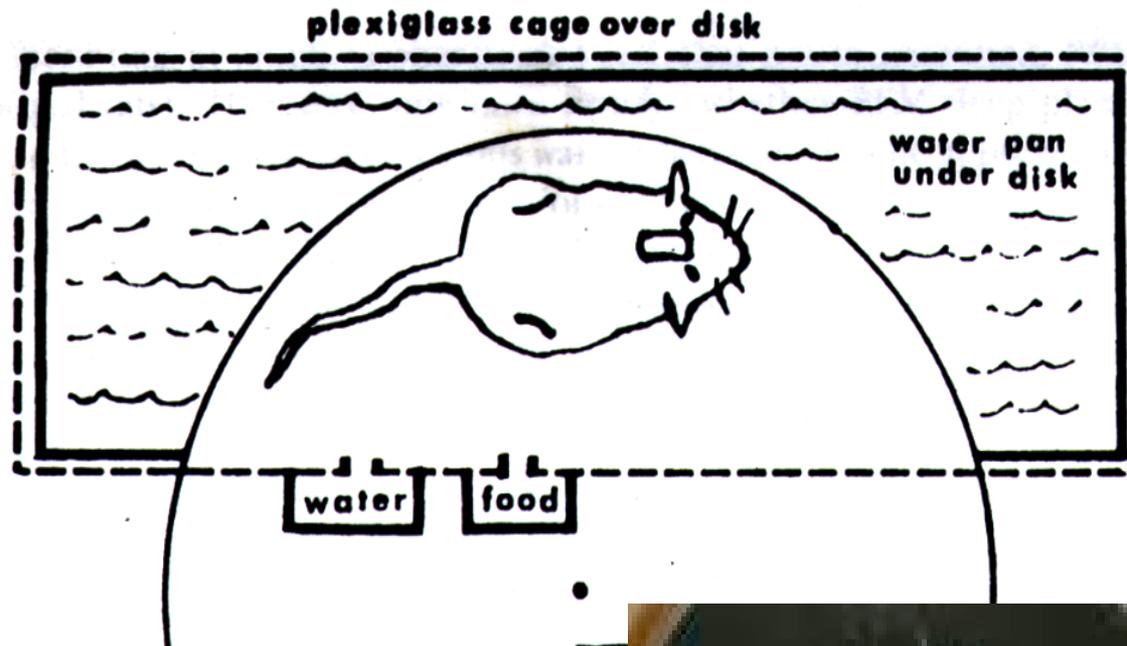
# Le réveil

- 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

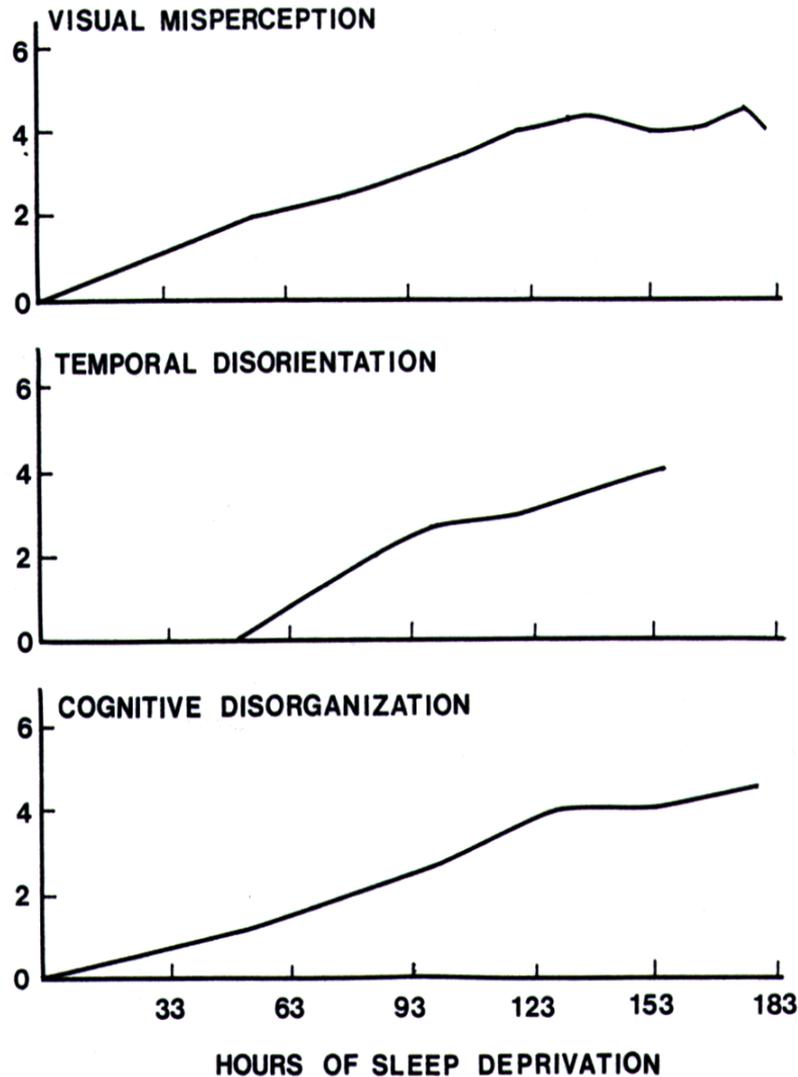


# Privation de sommeil : délai de survie

# Maladies neurologiques avec insomnie totale prolongée

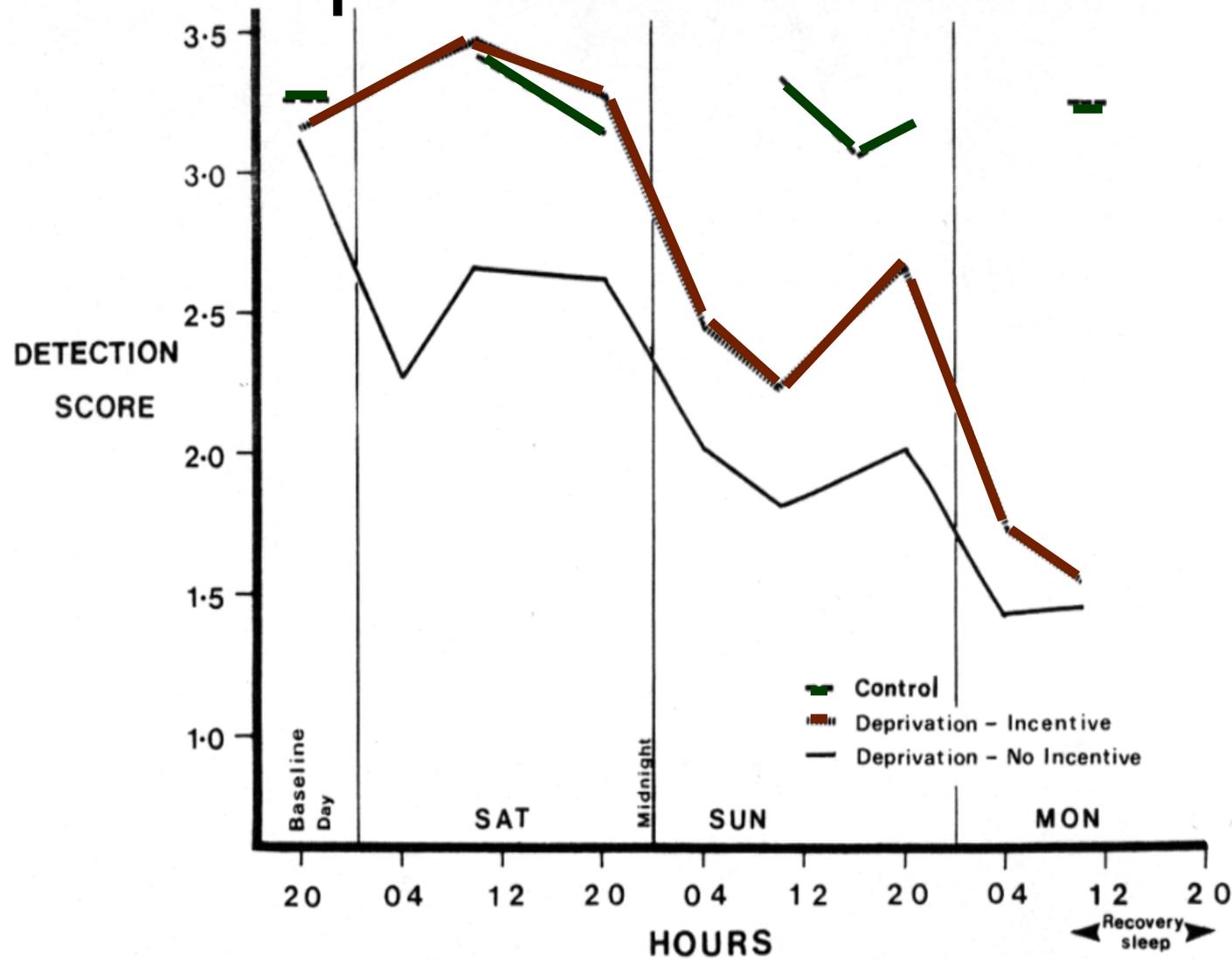
- Insomnie familiale fatale
- Chorée fibrillaire de Morvan

# Effets cognitifs de la privation de sommeil chez l'homme



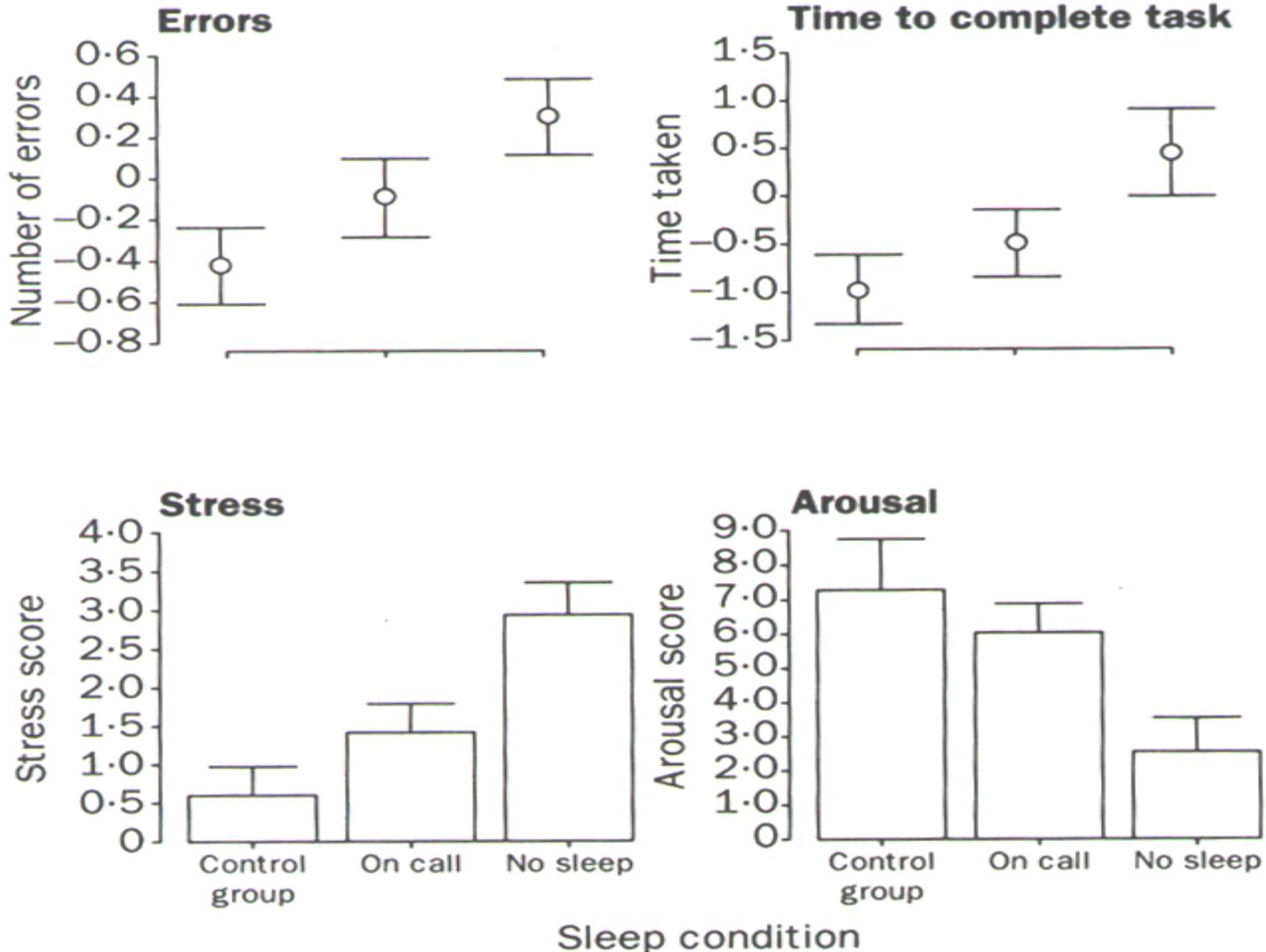
Pasnau  
Arch Gen Psy 1968

# Effet de la motivation sur la privation de sommeil



Horne,  
Acta Psych  
1985

# Chirurgiens et manque de sommeil

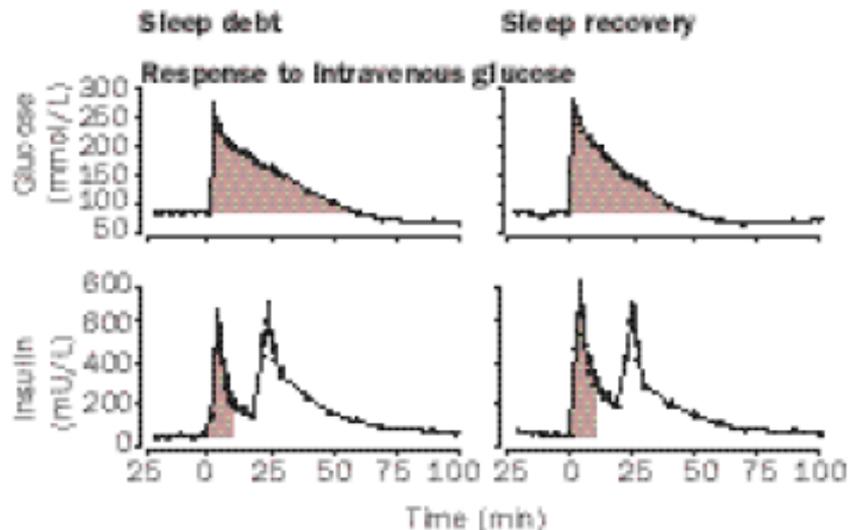


# Troubles cognitifs si privation ou fragmentation du sommeil

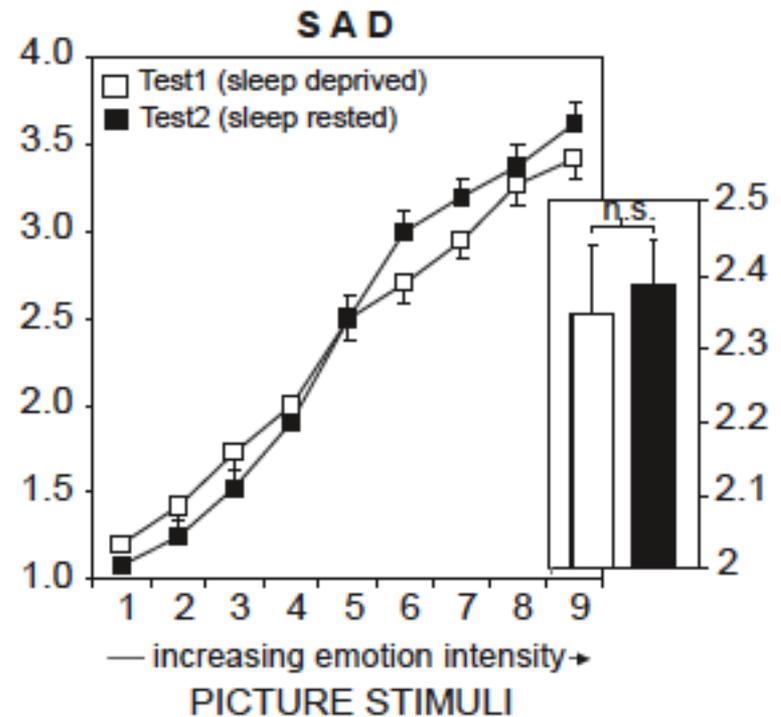
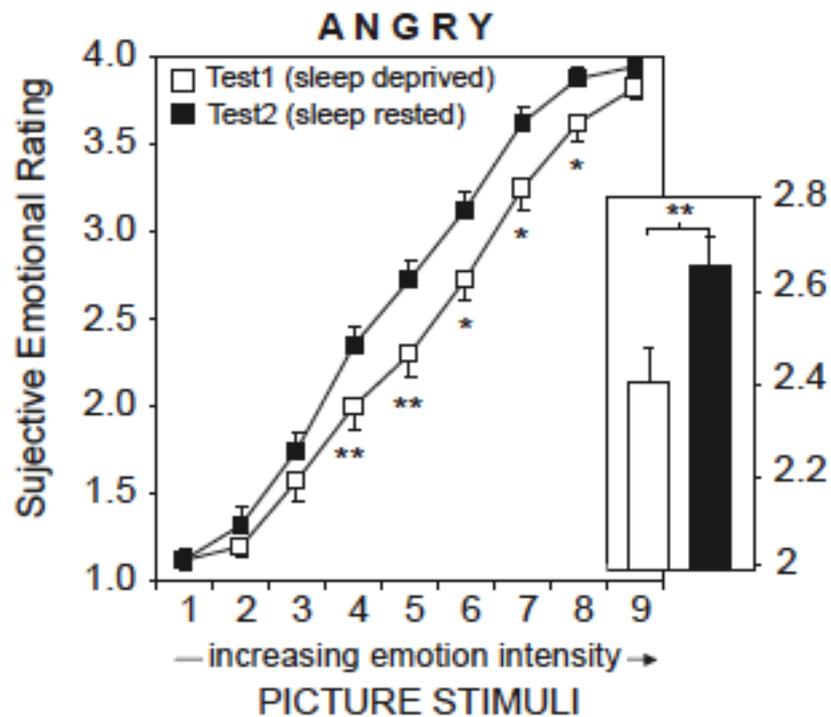
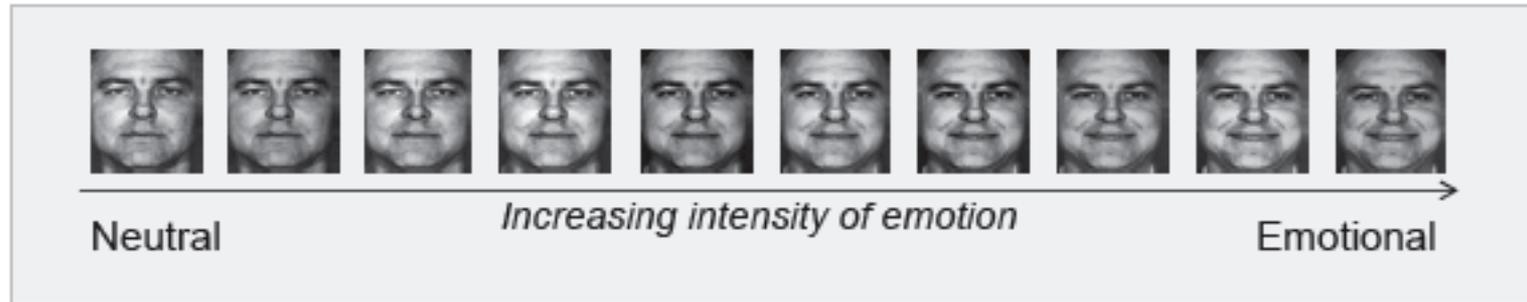
- Allongement du temps de réaction
- Augmentation des erreurs
- Hémianopsie bitemporale fonctionnelle
- Troubles des fonctions exécutives
  - Sélection de la réponse
  - Trouble du jugement
  - Capacité à prendre des décisions, viscosité
  - Persévérations

# Effets de la privation partielle de sommeil sur le métabolisme

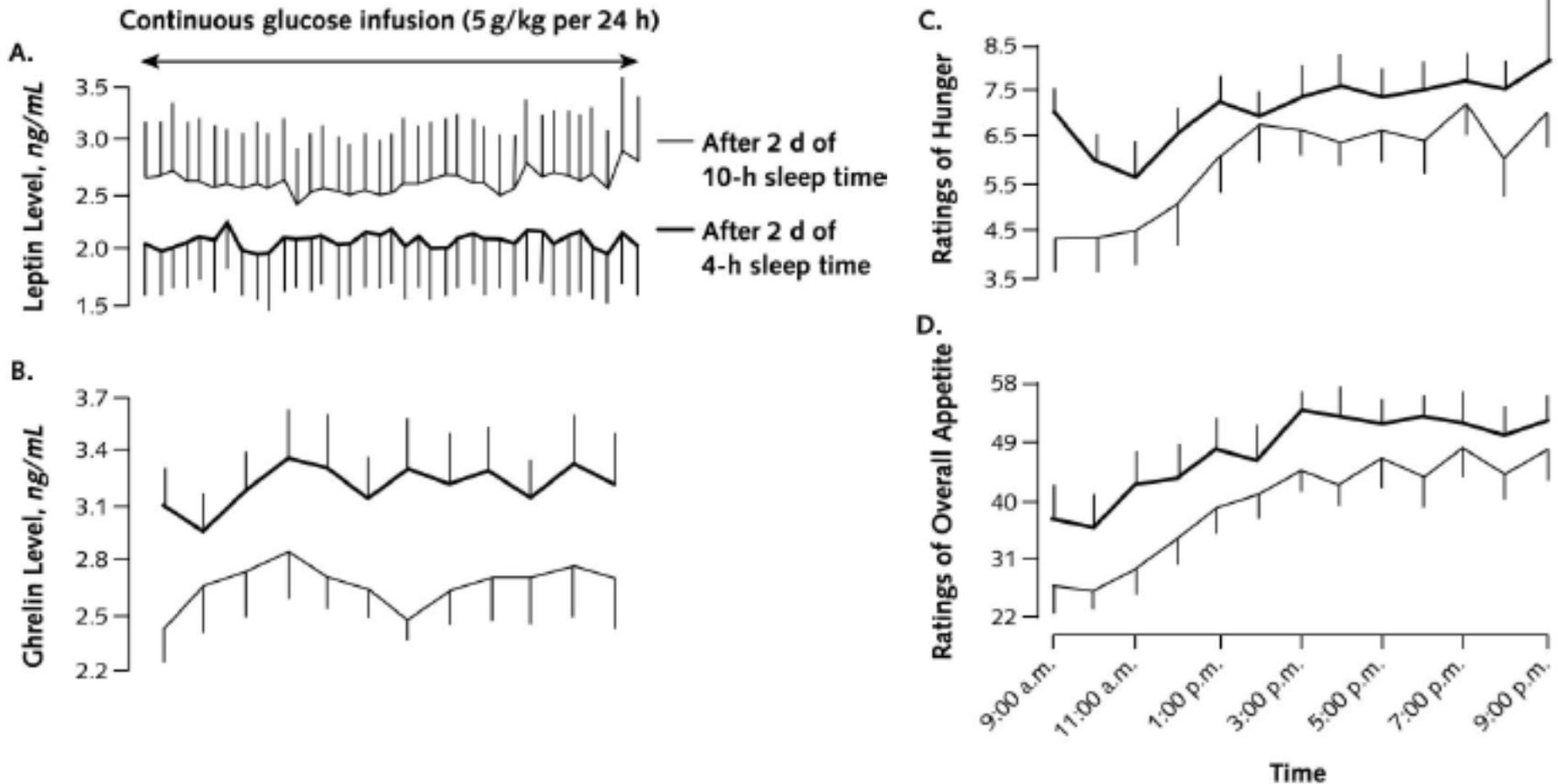
- Sommeil de 4 heures pendant 5 jours
- => Baisse de la tolérance au glucose (pré-diabète)
- => Augmentation du cortisol
- => Augmentation de l'adrénaline



# Le manque de sommeil rend parano



# Dormir moins augmente l'appétit



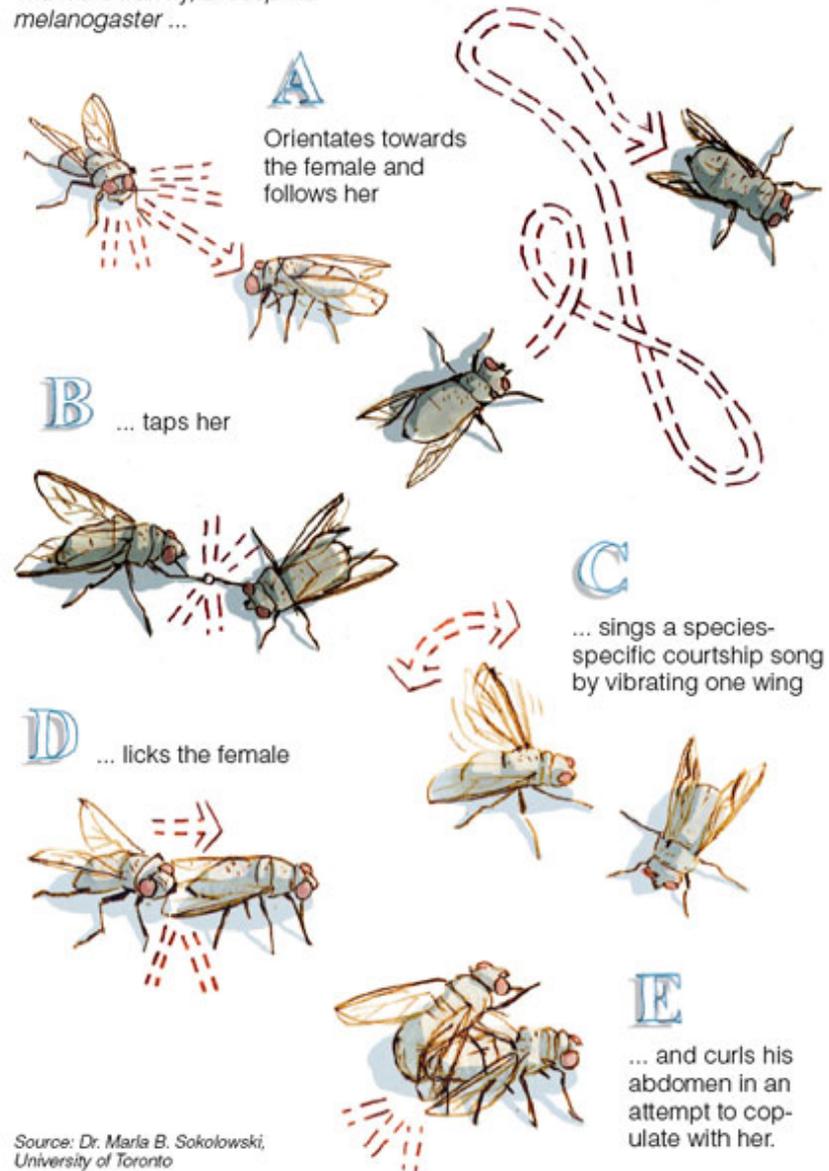
Food Category*	Ratings for 10 h in Bed (n = 12)	Ratings for 4 h in Bed (n = 12)	P Value	Change, %
Sweets (cake, candy, cookies, ice cream, and pastry)	5.4	6.6	0.03	33
Salty food (chips, salted nuts, pickles, and olives)	5.0	6.7	0.02	45
Starchy food (bread, pasta, cereal, and potatoes)	5.9	7.4	0.03	33
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 ?

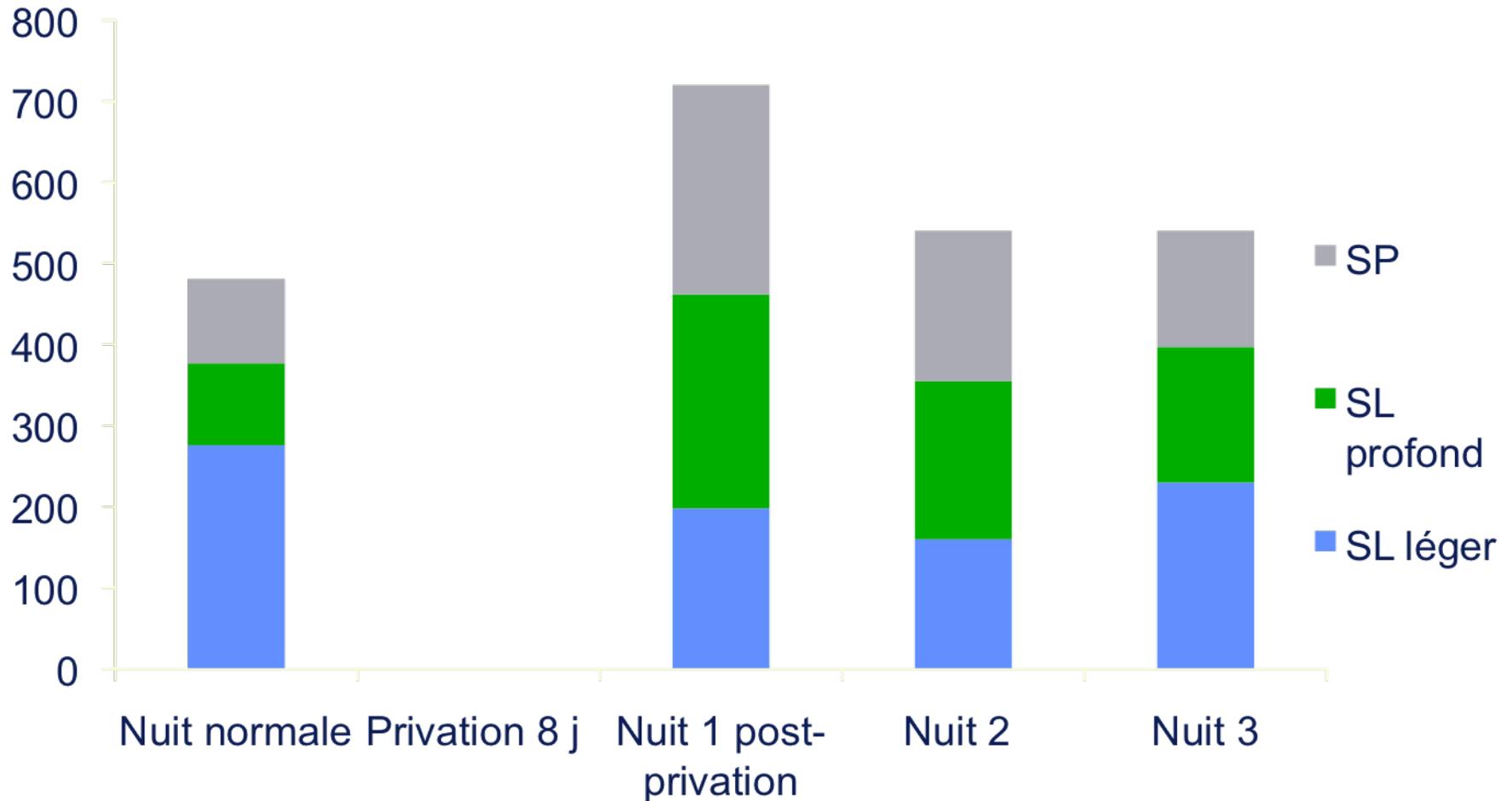
## The Mating Dance of the Fruit Fly

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



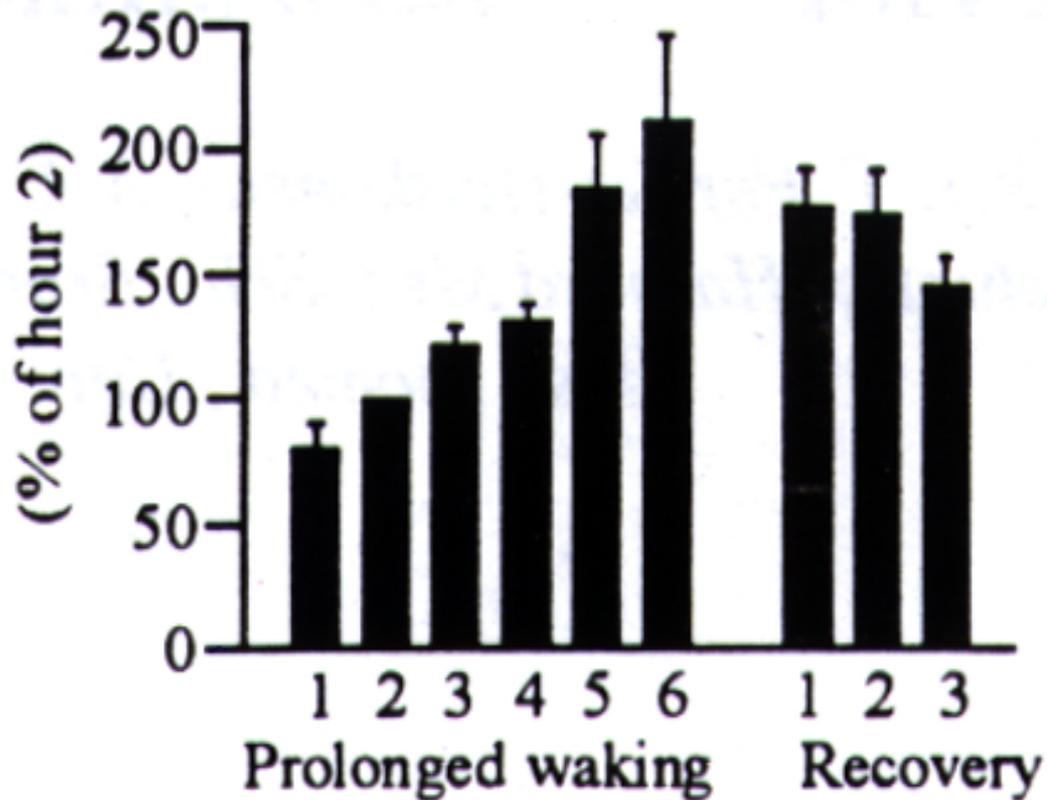
Source: Dr. Marla B. Sokolowski,  
University of Toronto

# Rebond après privation de sommeil



D'après Kales , Psychosom Med 1970

# Adénosine : facteur de sommeil physiologique ?



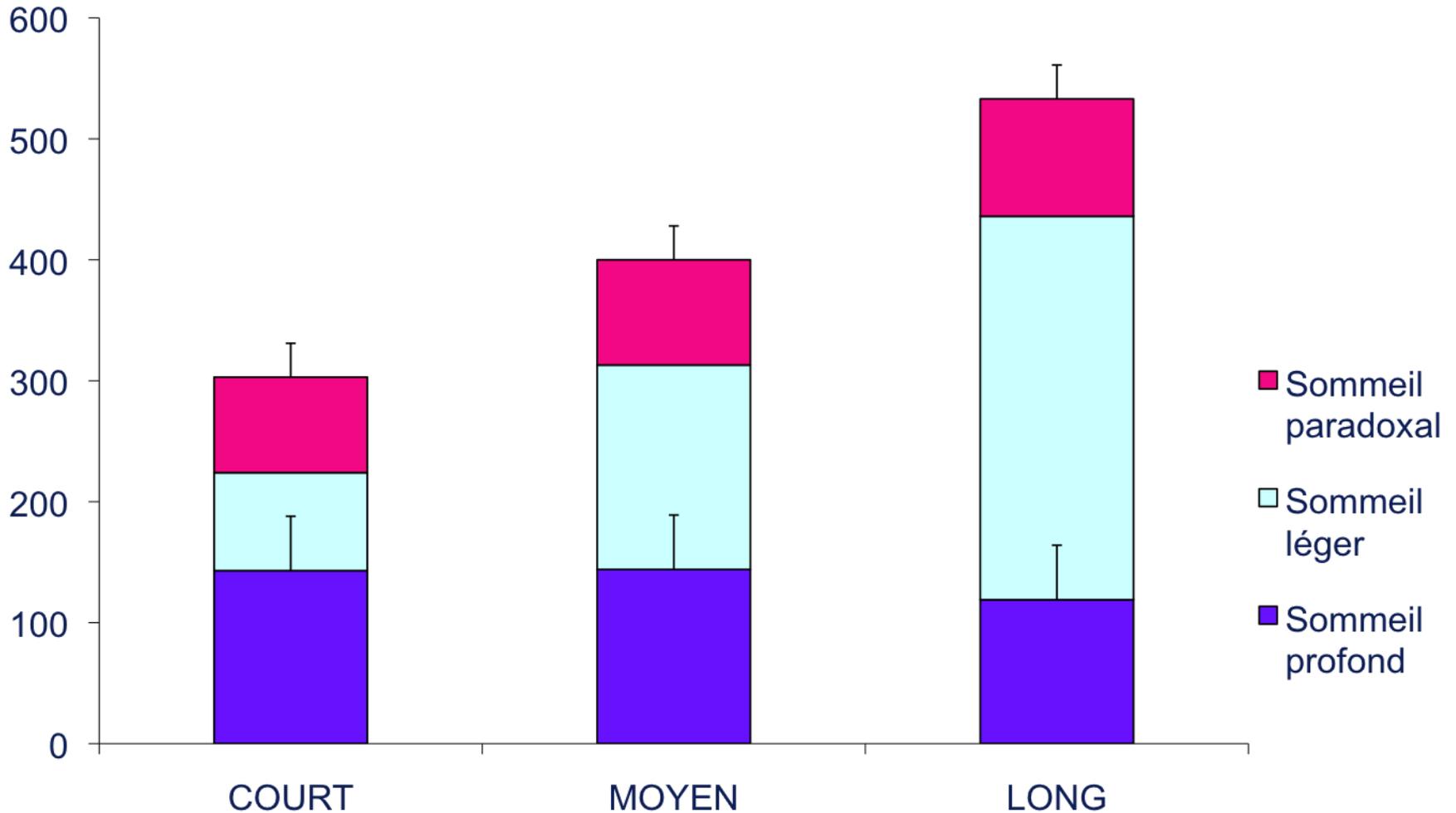


**E : Variations  
interindividuelles de la durée  
du sommeil**

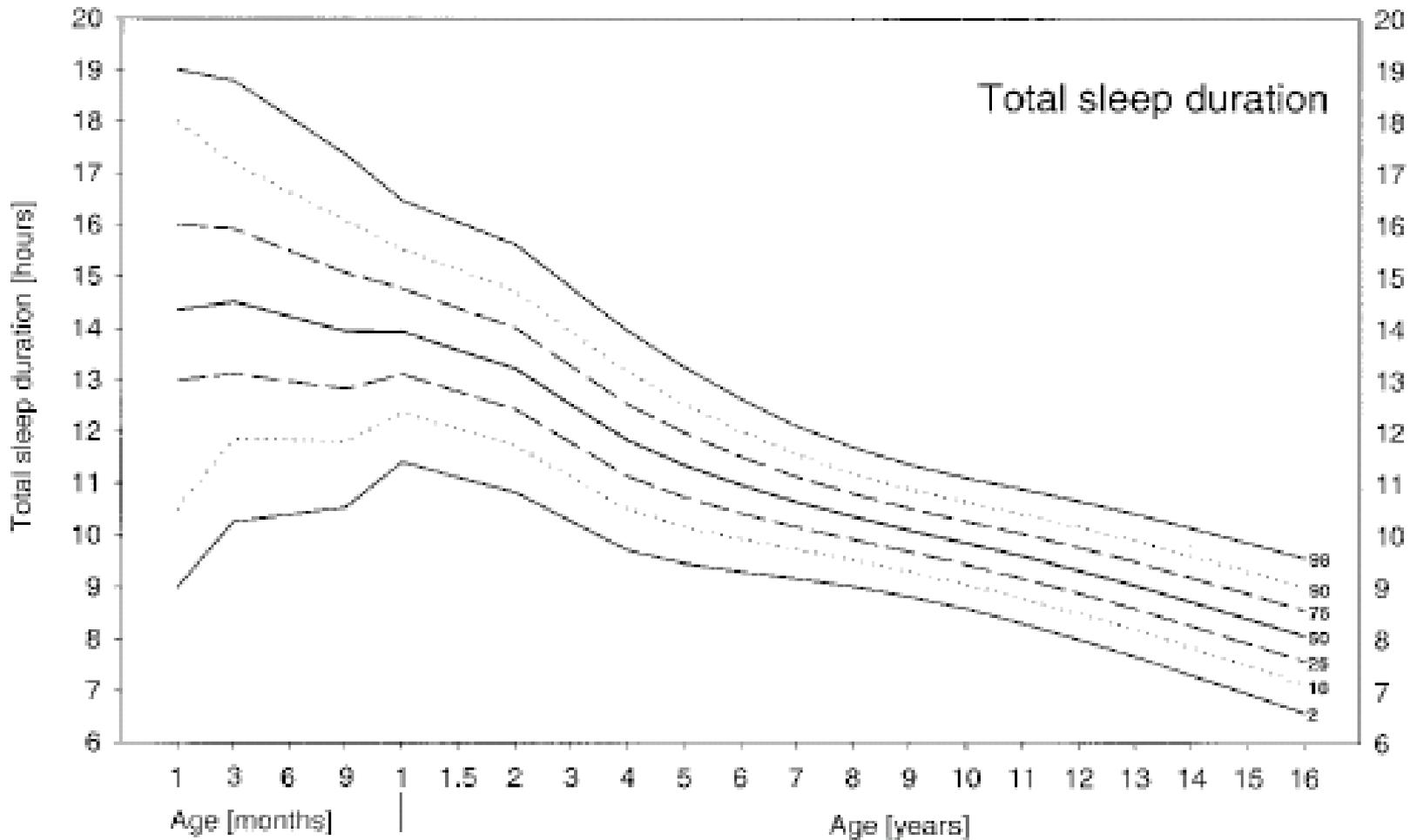
# Durée du sommeil

- 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

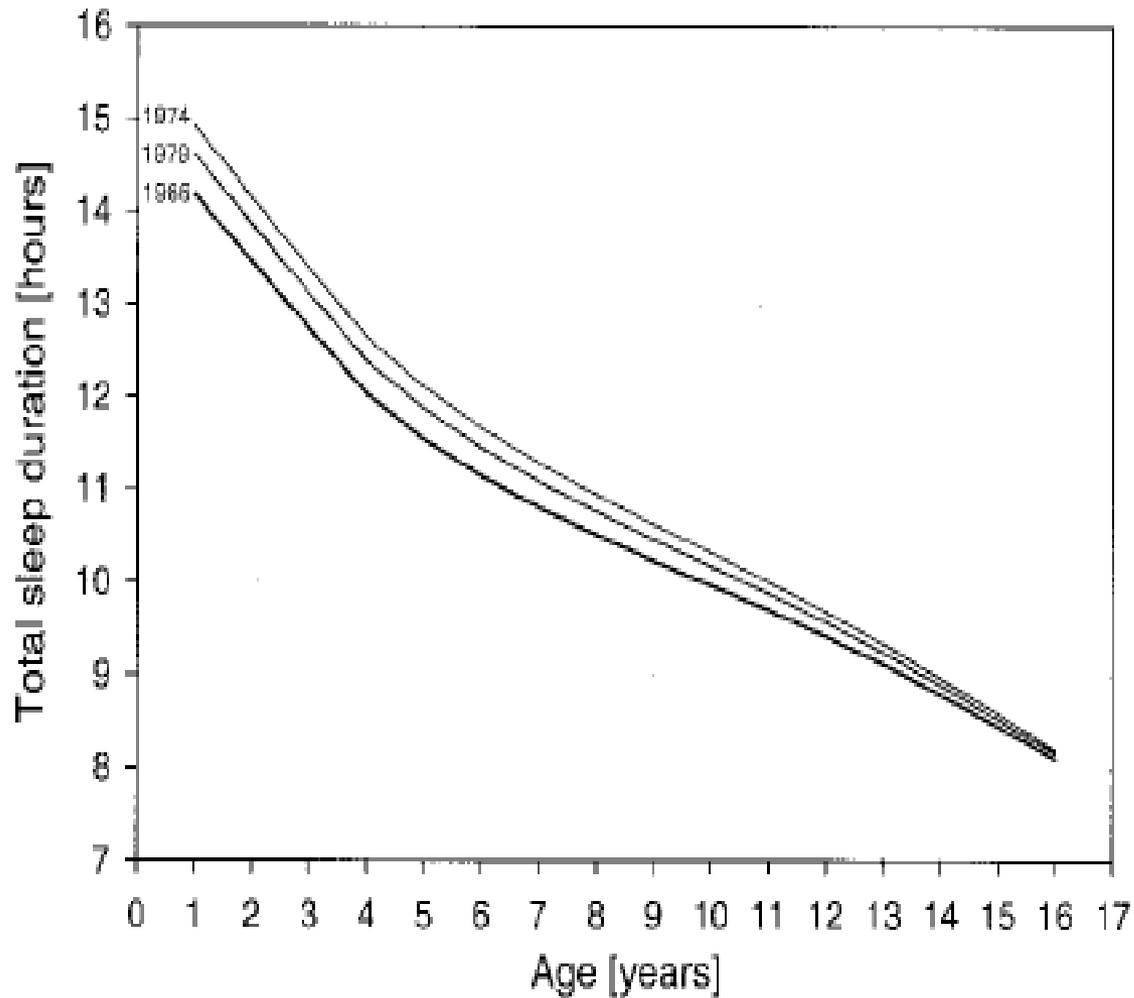
# Durée du sommeil nocturne



# Variations du sommeil avec l'âge



# Variations du sommeil avec l'âge, depuis 1974

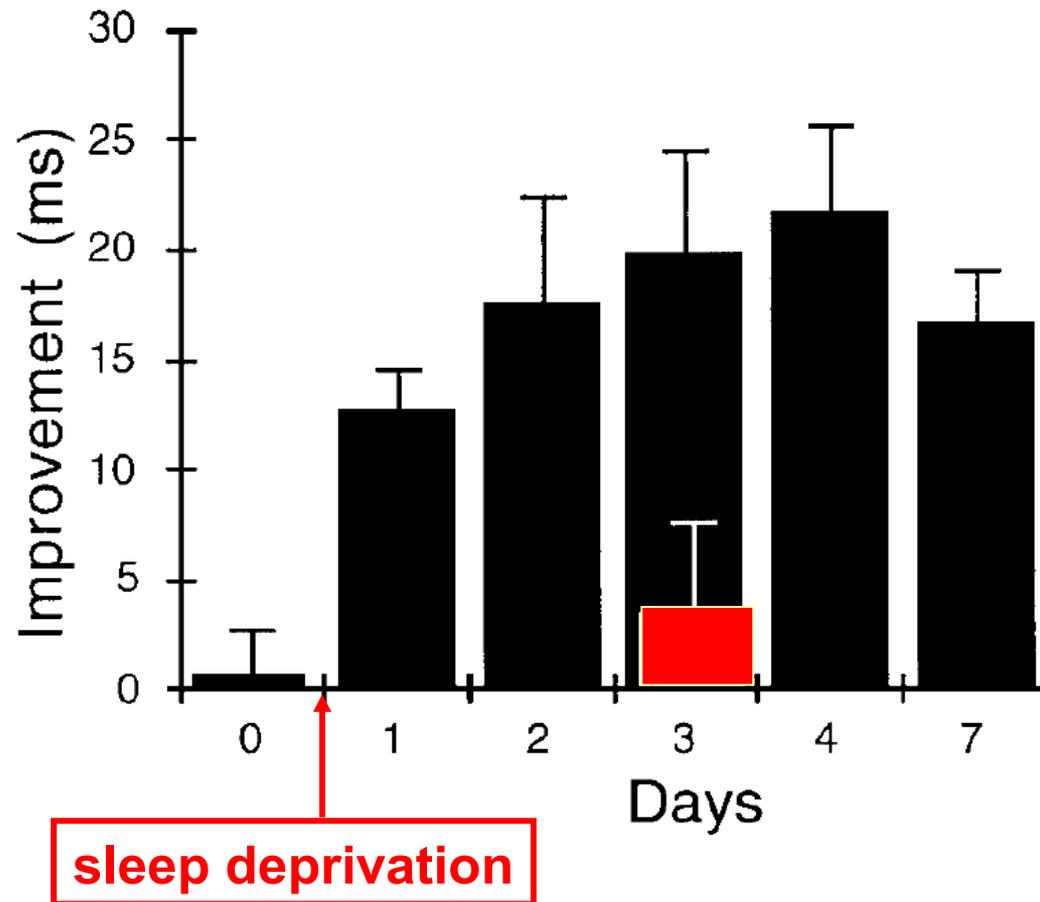


# Variations du sommeil avec l'âge

- 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

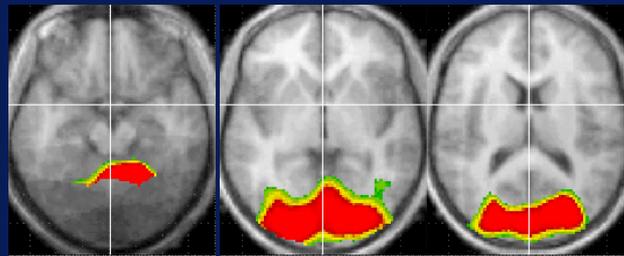
**F : Sommeil et mémoire**

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

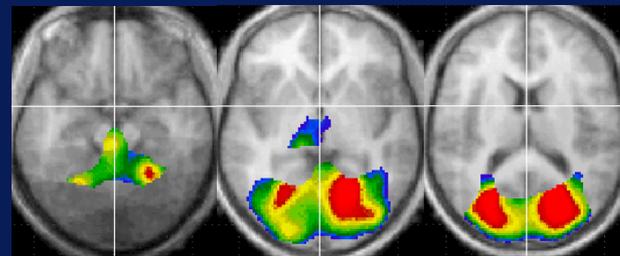


# "Replay" en sommeil paradoxal ?

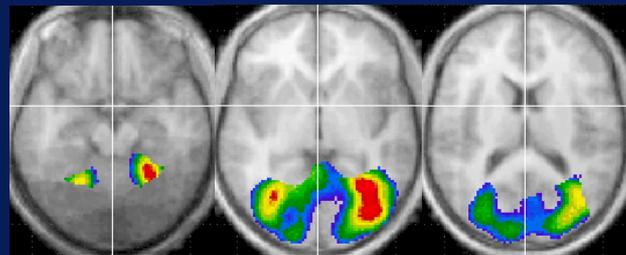
-16 mm      0 mm      16 mm



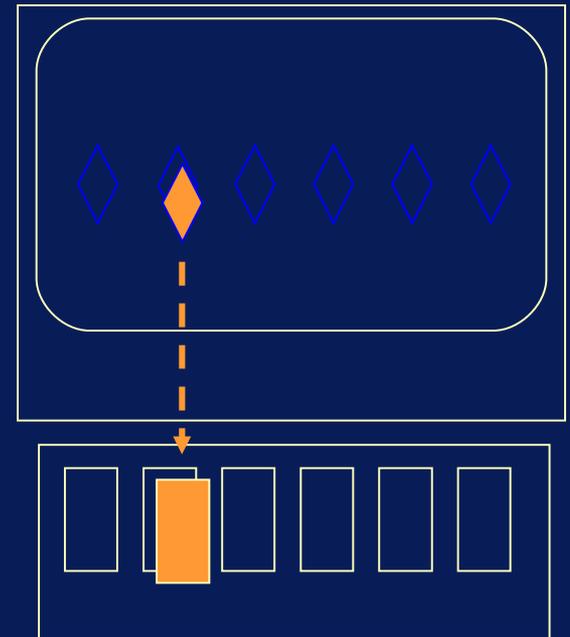
Pendant la tâche >  
repos



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.