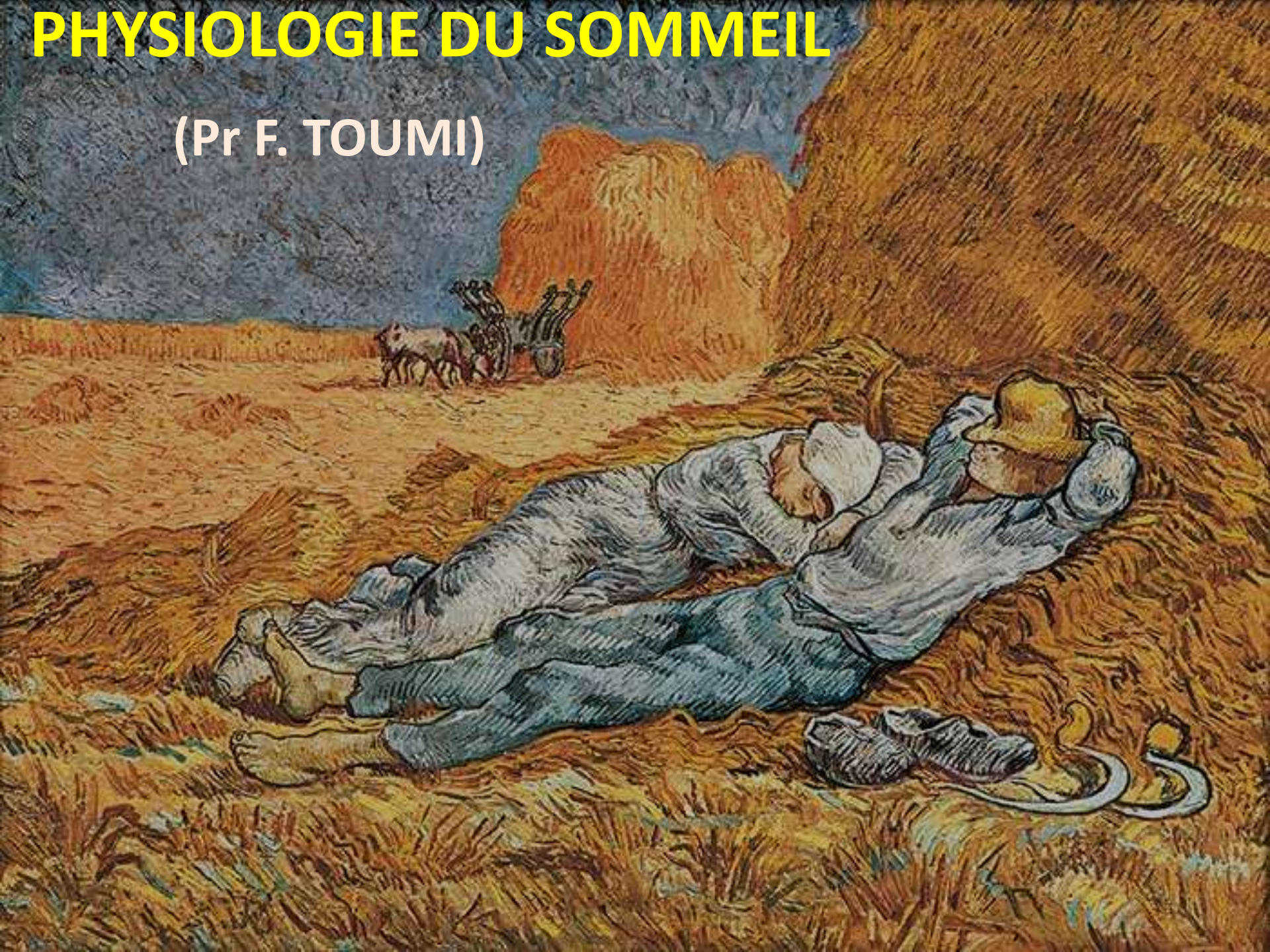


# PHYSIOLOGIE DU SOMMEIL

(Pr F. TOUMI)





# ***Introduction et historique***

- L'intérêt pour le sommeil et les rêves a accompagné l'histoire de l'humanité.

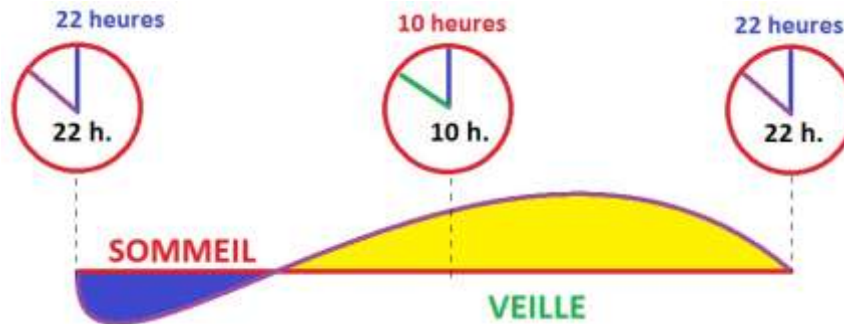
# Evolution des idées

- Le sommeil a d'abord été vu comme **un état passif**, par opposition à **l'état de veille** : lorsque les stimulations "*éveillantes*" diminuent, le sommeil survient.

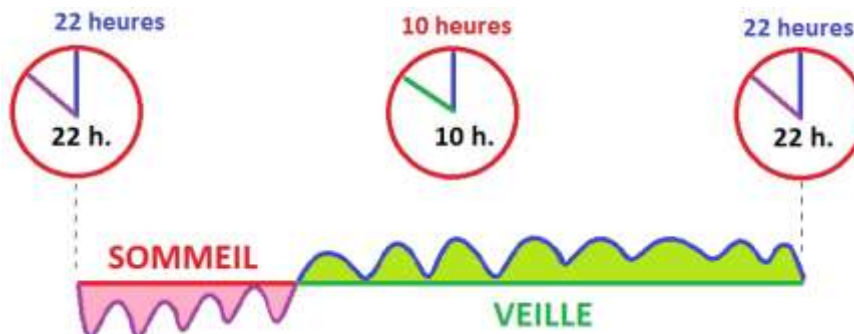


# Sommeil et rythmes circadiens

- Le sommeil s'organise autour d'un cycle d'environ une journée de 24 heures ;



- Des fluctuations ultradiennes surviennent durant ce cycle ; avec une alternance de **diminutions et augmentations des niveaux** de **sommeil** pendant la **nuît** et du niveau de vigilance (de **veille**) pendant la **journée**...



# Électroencéphalographie (EEG)

L'étude moderne du sommeil a commencé avec la découverte de l'activité électrique du cerveau et s'est poursuivie avec la distinction entre sommeil avec **M**ouvements **O**culaires **R**apides (**M.O.R** ou *REM sleep*) et sans MOR (*non REM sleep*).

# Richard Caton



En 1875, premiers enregistrement d'une activité électrique entre la surface du crane et la substance grise, chez des animaux (lapins, chats et singes) pratiqués à l'aide d'un galvanomètre à miroir...

# Hans Berger



Enregistrement d'un seul canal EEG (1925), à l'aide d'un galvanomètre à double bobine, publié en 1929

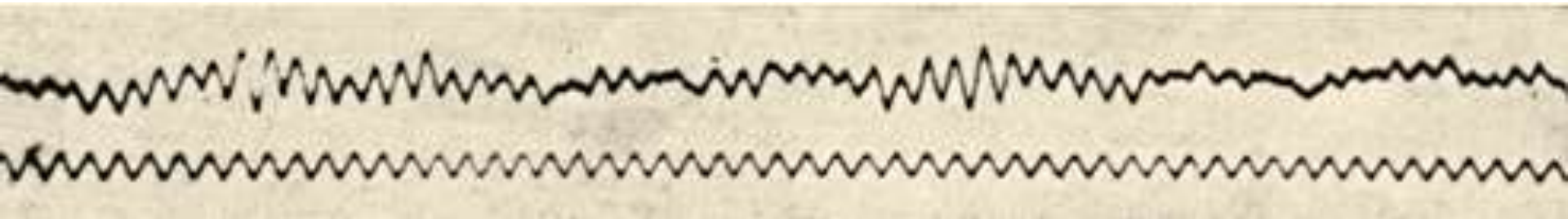
En 1932, il utilise un oscillographe cathodique

Il a observé des activités rythmiques à l'EEG. Le premier rythme, postérieur a été désigné par « rythme alpha » (autour de 10Hz)

Ce rythme de Berger est observé chez # 85% des adultes normaux éveillés

# Rythme de Berger ou rythme Alpha

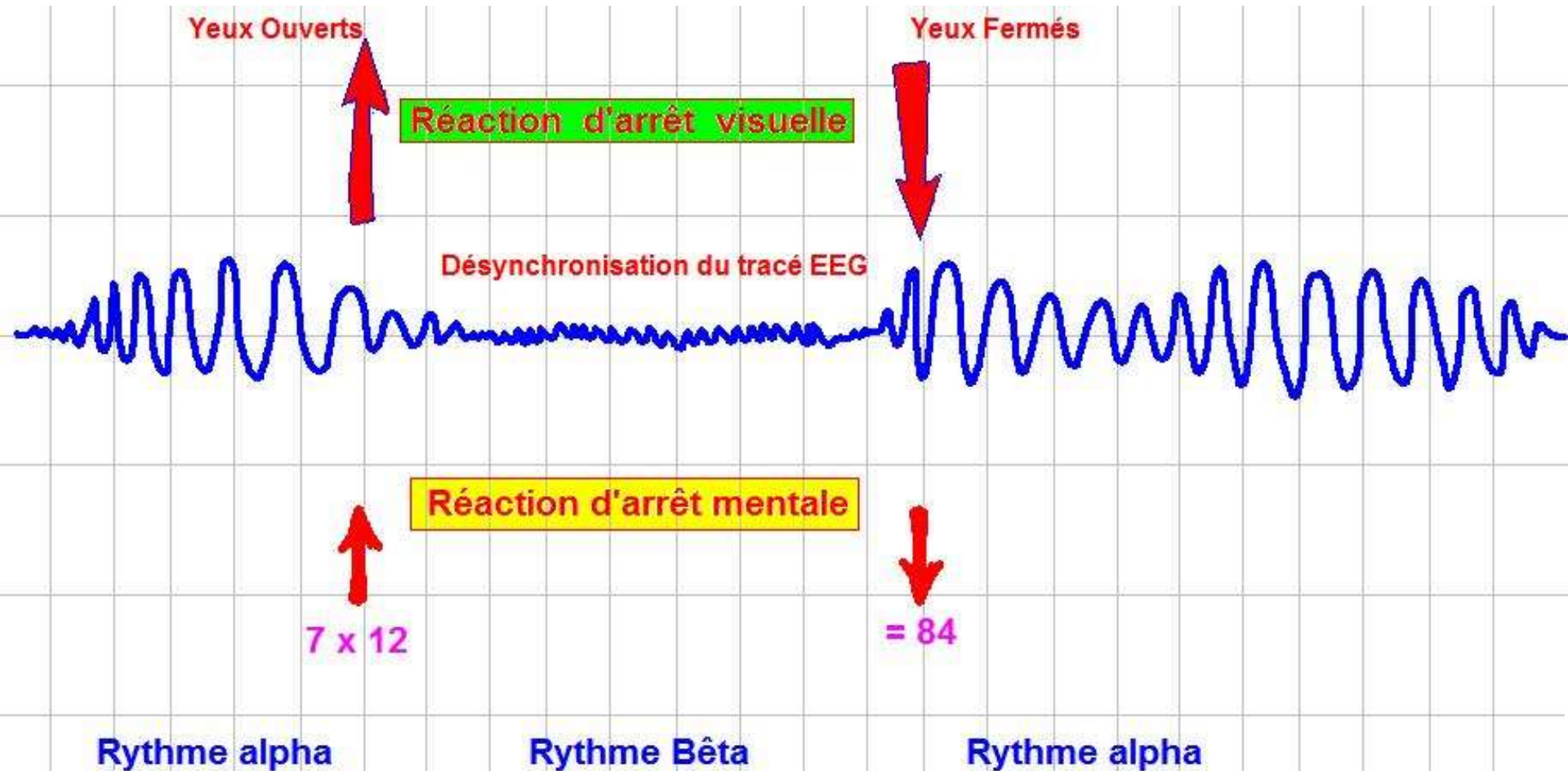
- Enregistré chez l'adulte éveillé, au repos, yeux fermés.



- Berger a identifié une « réaction d'arrêt visuelle » lorsque le sujet ouvre les yeux.



# Réaction d'arrêt

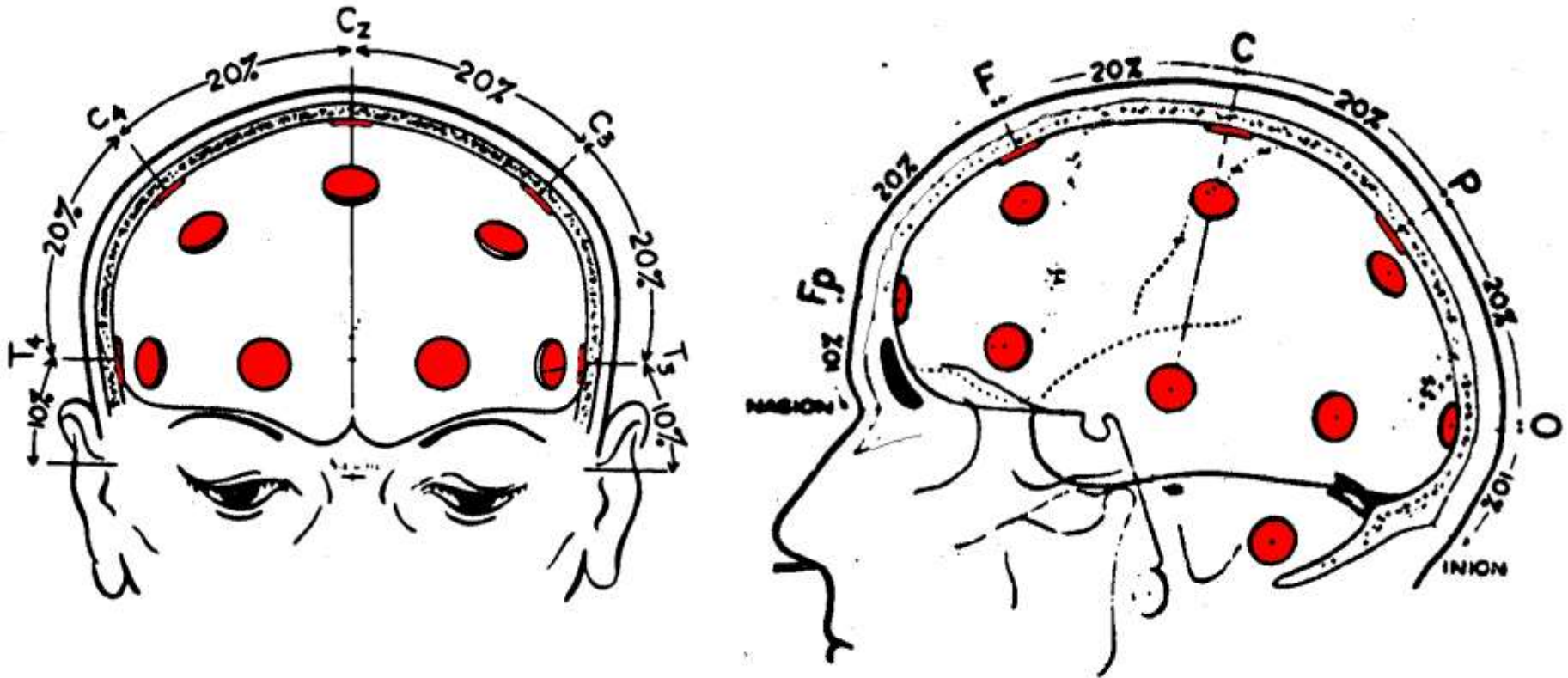


# Enregistrement EEG

- **Macroélectrodes** en général 21, disposées sur le cuir chevelu (scalp) **selon le système international 10/20**, reliées par des fils à l'appareil d'enregistrement.



# Système 10/20 (de Jasper)



Dans le système 10/20, les distances sont exprimées **longitudinalement** en pourcentages de la distance totale (100%) entre l'inion (en arrière) et le nasion (en avant) : soit 10%, soit 20% à chaque fois... De la même manière, **sur le plan transversal**, les distances sont exprimées par rapport à la distance totale (100%) entre le plan passant par les deux conduits auditifs...

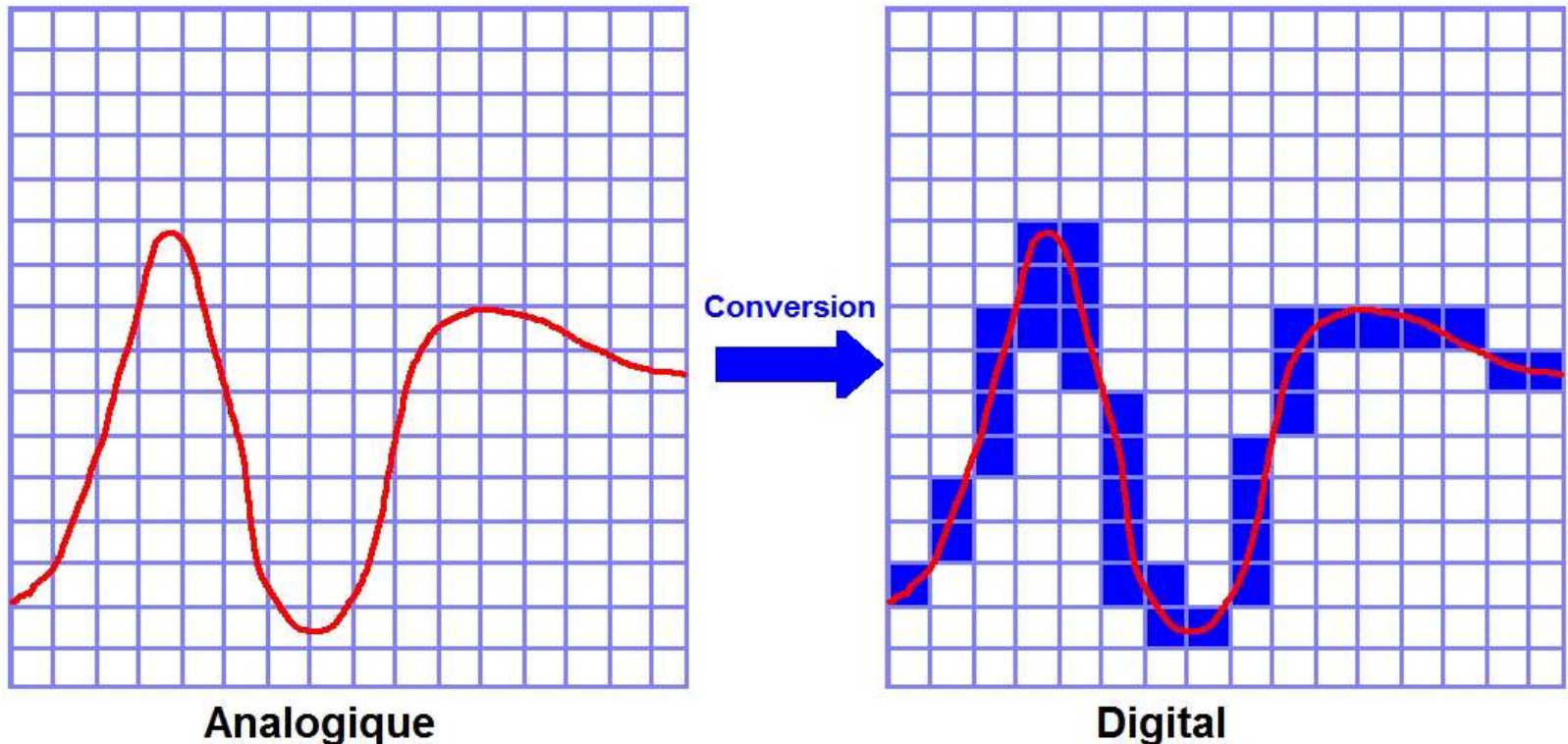
# Actuellement l'EEG est numérisisé





# EEG numérisé

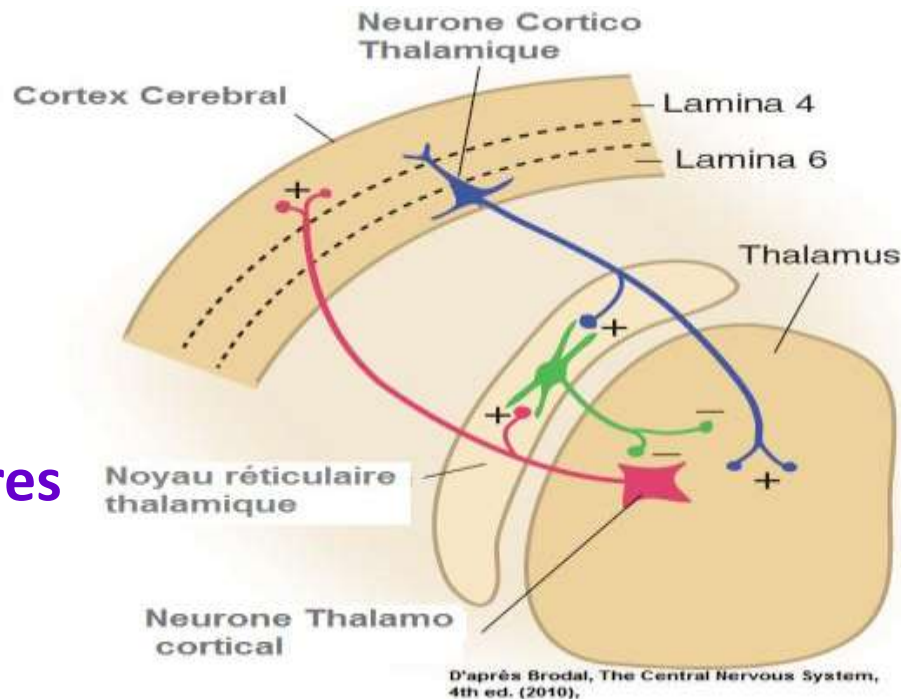
- Conversion du signal : **analogique** (valeurs continues) → **digital** (suite de valeurs numériques binaires).
- → Amplification → analyse ... traitement du signal



# Activité rythmique

- Des neurones corticaux possèdent une **activité rythmique** (pace maker)
- Des circuits cortico/sous-corticaux → **circuits réverbérants (\*)**

- **Structures**



- (\*) les messages provenant du cortex cérébral sont transmis aux sous-corticales, qui les renvoient à leur tour vers le cortex (**réverbération**)

# ***Critères comportementaux du sommeil et éveil***

- **Eveil :**
  - Réactivité critique aux stimuli
  - Activité consciente, intellectuelle (interactions sociales)
  - Tonus musculaire, motricité volontaire ;
  - Fonctions ergotropes (végétatives et métaboliques...)
  - Fluctuations diurnes des niveaux de vigilance (rythmes ultradiens) ;
  - Température centrale régulée efficacement...

# **Critères *comportementaux* du sommeil et de l'éveil**

- **Sommeil :**
  - Diminution, suspension de l'activité consciente ;
  - Peu ou pas de réponses aux stimuli (selon le stade de sommeil) = seuil de réveil ( ou de réactivité) élevé ;
  - Baisse du tonus musculaire ; pas de mouvements volontaires ;
  - Fonctions trophotropes (végétatives, métaboliques)
  - Fluctuations de la profondeur du sommeil ;
  - Thermorégulation : T° centrale diminuée de # 1°C, moins bonne régulation de la T° centrale.



# *Critères électrophysiologiques*

- **EEG** : activité électroencéphalographique de l'activité cérébrale ;
- **EMG** : enregistrement électrique de l'activité musculaire  
(EMG = électromyographie) ;
- **Polygraphie** : EEG avec enregistrement de paramètres divers : SaO<sub>2</sub>  
(saturation artérielle en O<sub>2</sub>, Température du corps,, tonus musculaire mouvements oculaires et respiratoires... parfois associés à un enregistrement vidéo au cours de l'enregistrement EEG.

# Principaux rythmes EEG

- Bandes EEG :

- **Delta** : 0,5 – 3,5 Hz

- Thêta : 4 – 7 Hz

- **Alpha** : 8 – 13 Hz

- **Bêta** : 14 – 30 Hz

Plutôt " sommeil "

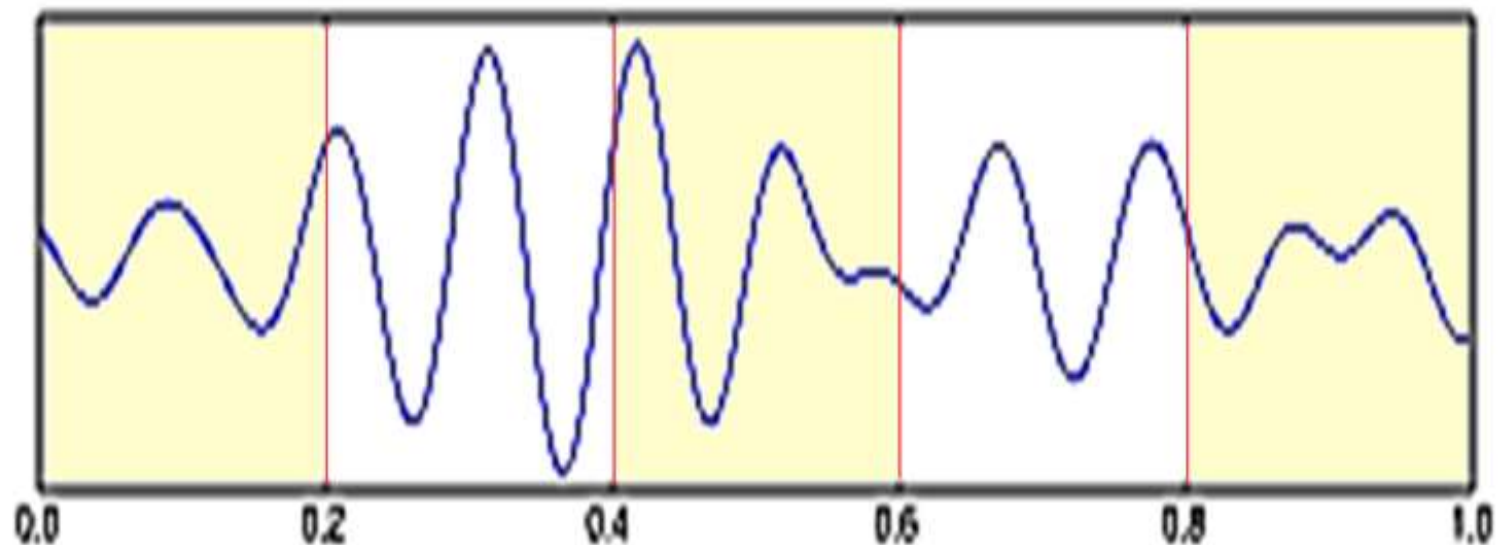
Plutôt " éveil "

- Plus les **fréquences** sont **basses**, plus les ondes EEG sont **synchronisées** (et alors, plus **amples**);

- **Au cours du sommeil à ondes lentes**, le tracé d'éveil est remplacé par un ralentissement progressif de l'EEG, passant des rythmes bêta ( $\beta$ ) et alpha ( $\alpha$ ), aux rythmes thêta ( $\Theta$ ) puis delta ( $\delta$ ), ce qui reflète une synchronisation progressive des ondes cérébrales.

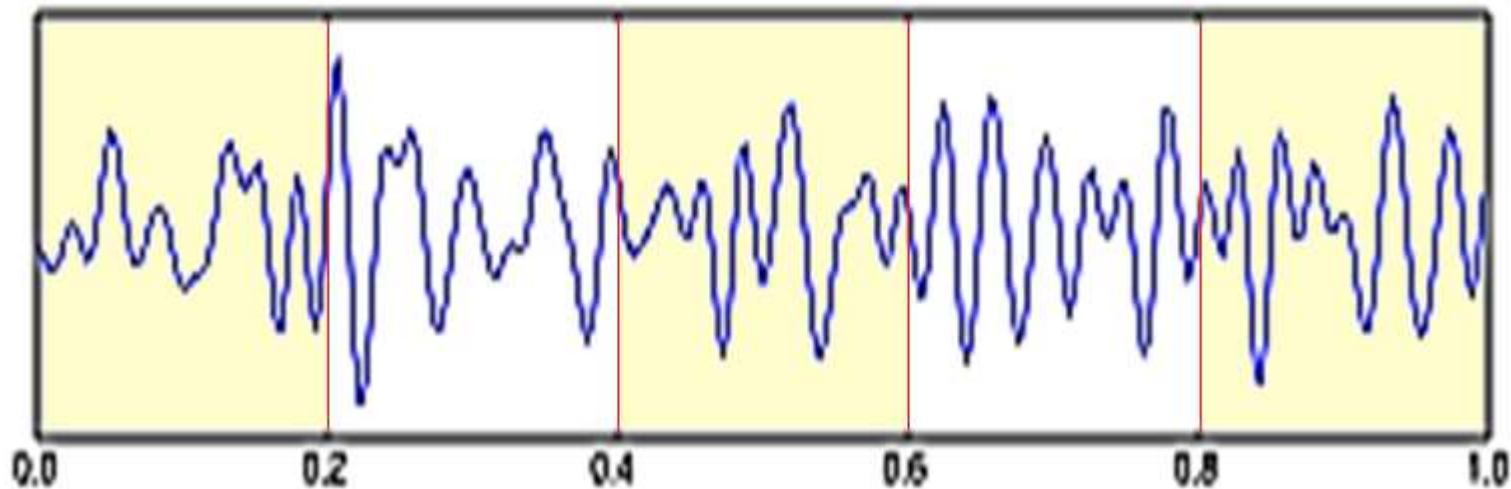
# Rythme Alpha ( $\alpha$ )

- Caractéristiques :
  - fréquence: **8 - 13 Hz**
  - amplitude: 20 – 60  $\mu\text{V}$
- Observé facilement chez le sujet éveillé au repos les yeux fermés, au repos mental et physique
- Le blocage du rythme alpha se produit lors de l'ouverture des yeux ou lors de l'activité mentale



# Rythmes Beta ( $\beta$ )

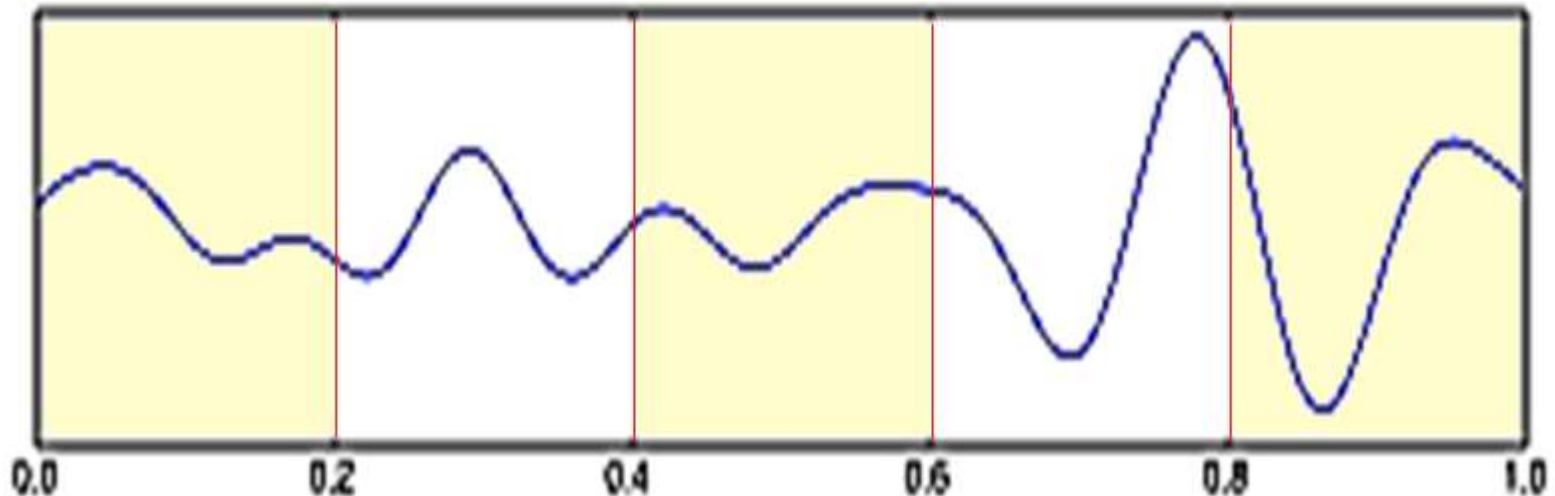
- Caractéristiques :
  - fréquence : **14 - 30 Hz**
  - amplitude: 2 – 20  $\mu\text{V}$
- La forme la plus répandue des ondes cérébrales.
- Sont présentes durant l'activité mentale, mais "masquées" par les rythmes alpha en régions postérieures et qui sont plus amples.





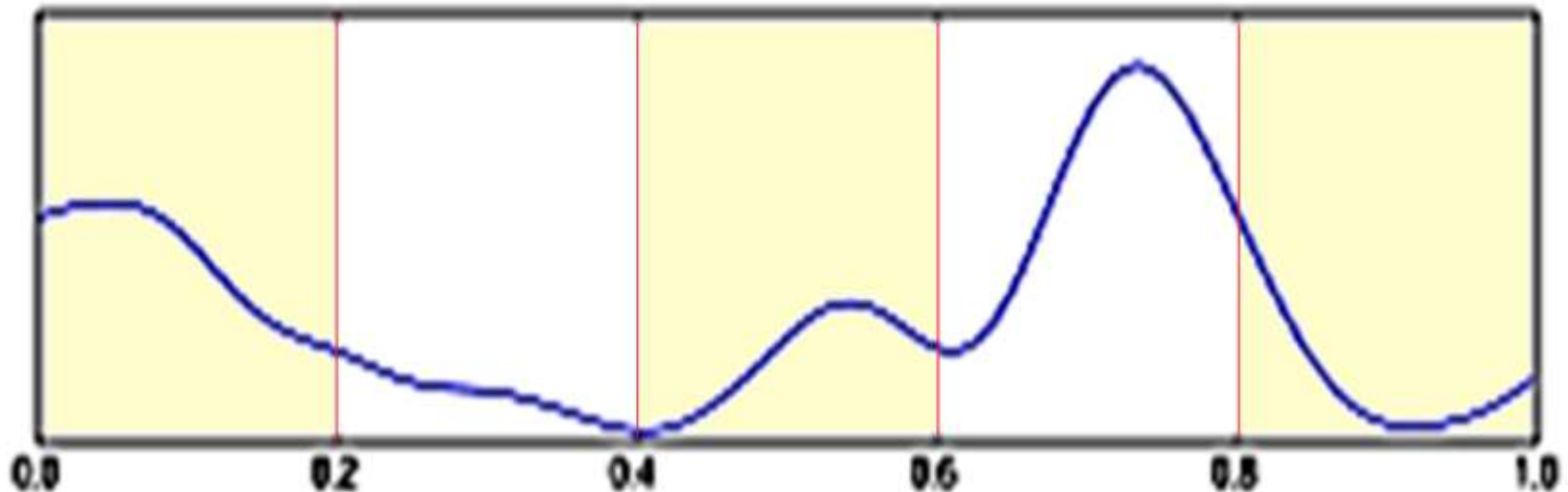
# Ondes Thêta ( $\theta$ )

- Caractéristiques:
  - fréquence: **4 – 7 Hz**
  - amplitude: 20 – 100  $\mu\text{V}$
- S'observent plus chez l'enfant que chez l'adulte lors de l'éveil.
- Sont aussi notées lors de la **somnolence**, le rythme alpha étant progressivement remplacé par des rythmes plus lents.



# Ondes Delta ( $\delta$ )

- Caractéristiques:
  - fréquence: **0.5-3.5 Hz**
  - amplitude: 20 – 200  $\mu\text{V}$
- Retrouvées durant **le sommeil (à ondes lentes)** chez la plupart des gens.
- Caractérisées par des formes et des aspects très irréguliers.
- Utiles aussi dans la détection des tumeurs et des réactions cérébrales anormales, surtout si elles sont retrouvées chez l'adulte éveillé.



# ***Organisation du sommeil normal***

Si les conditions sont réunies...





**Calme, lit, T°, lumières et écrans "off", repas léger...**



# Somnolence

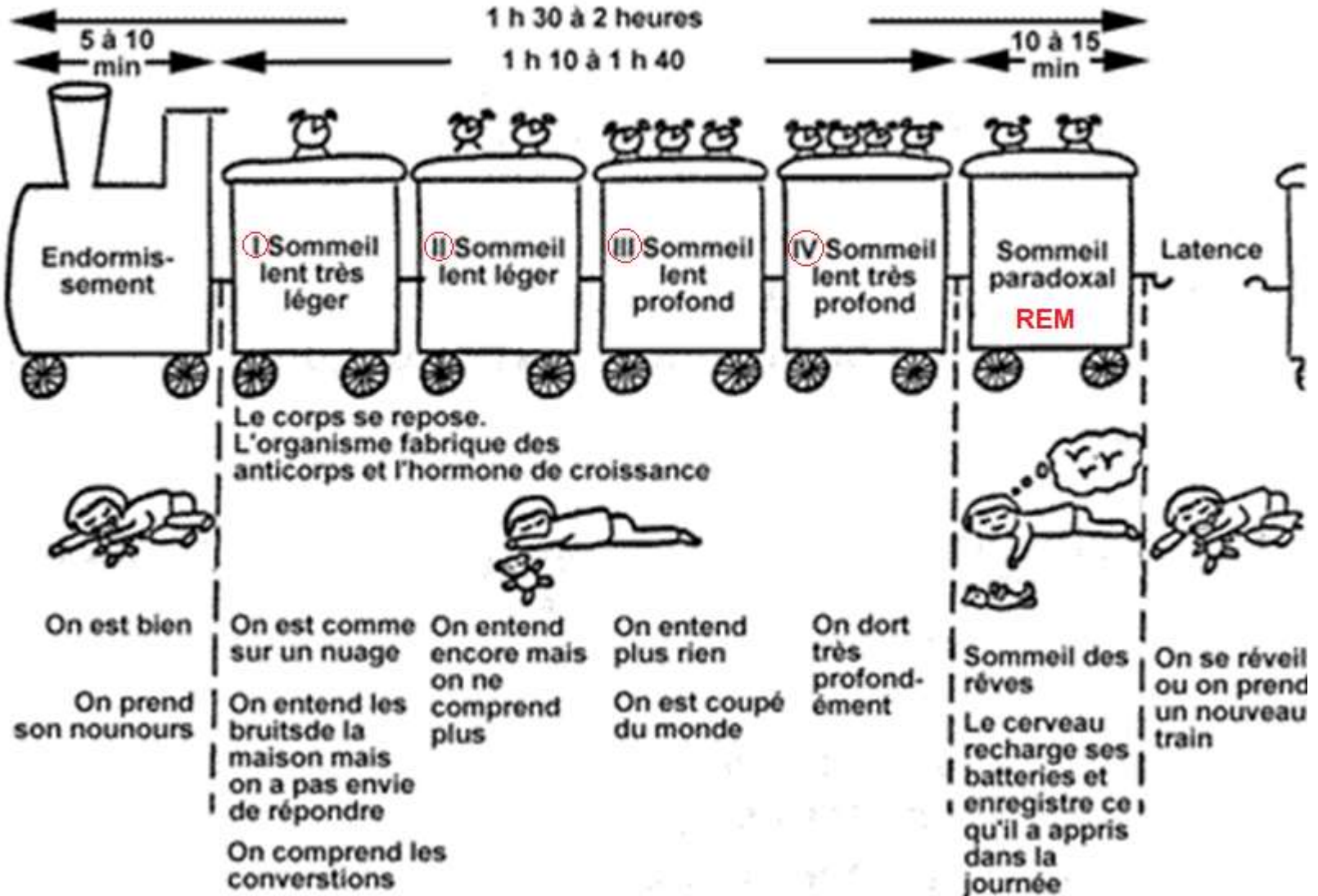


**N.B:** pour que le sommeil soit possible, la température corporelle centrale doit diminuer d'environ  $1^{\circ}\text{C}$  : une personne qui a de la fièvre a du mal à s'endormir... mais s'il fait trop froid, l'activation des récepteurs au froid vont avoir un effet éveillant ("d'alarme").

# Le(s) train(s) du sommeil démarre(ent)...

1 train = 1 cycle de sommeil

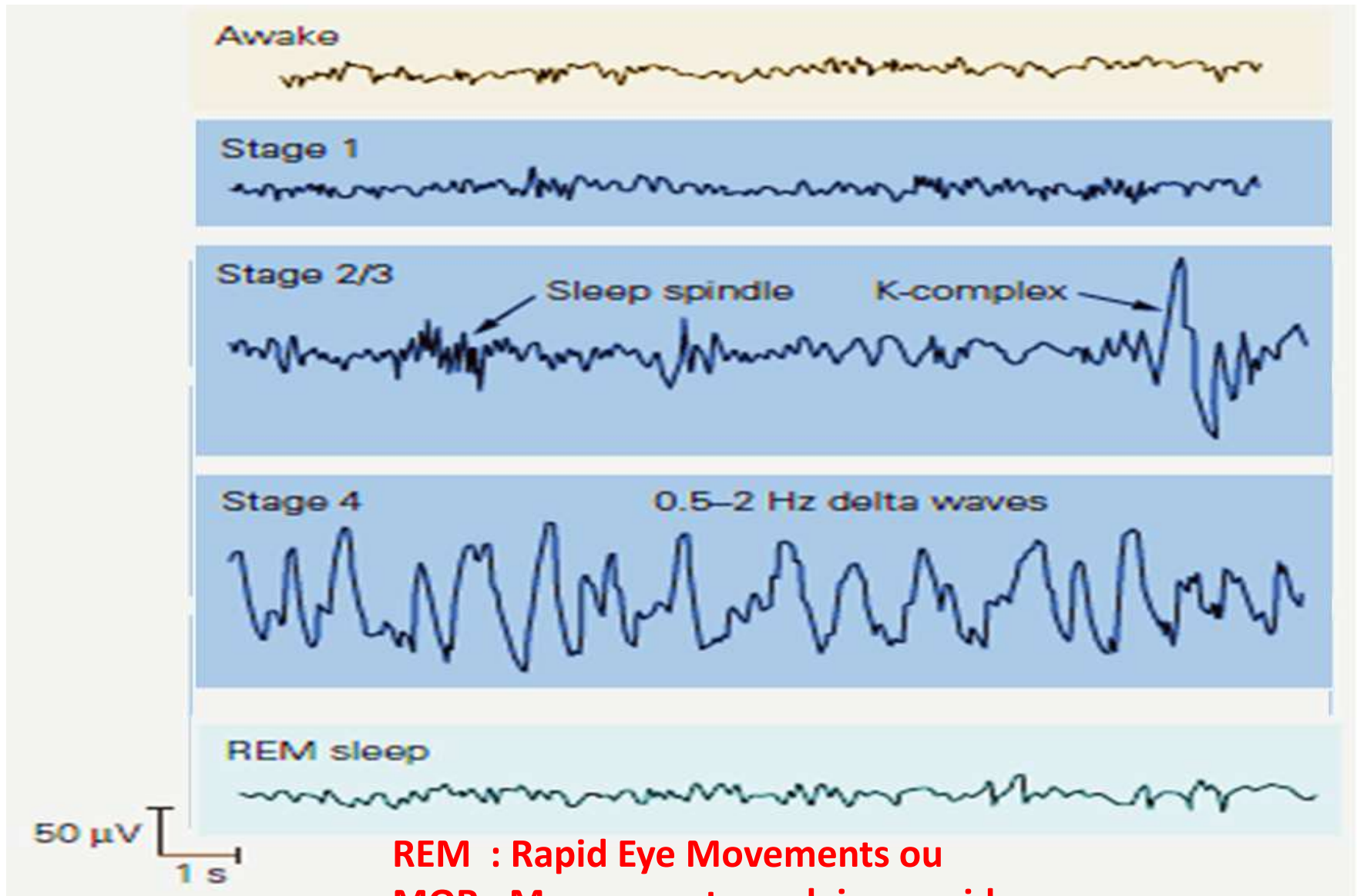
1 nuit = 4 à 6 trains





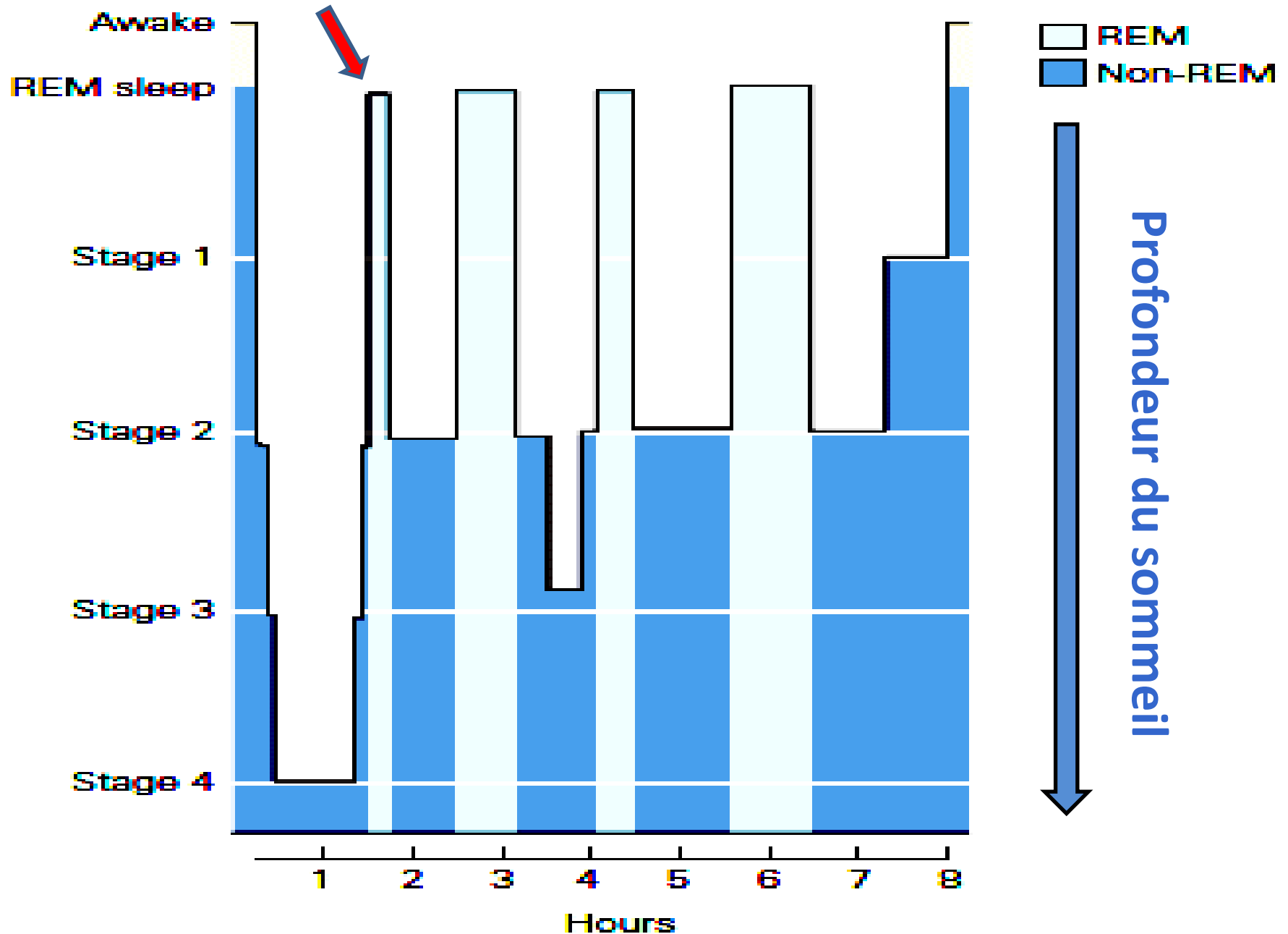
# EEG : 2 types de sommeil :

## NREM – REM \*

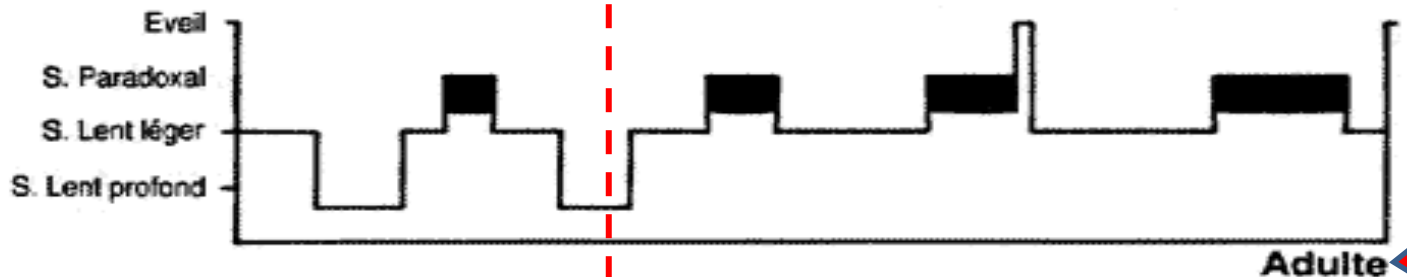
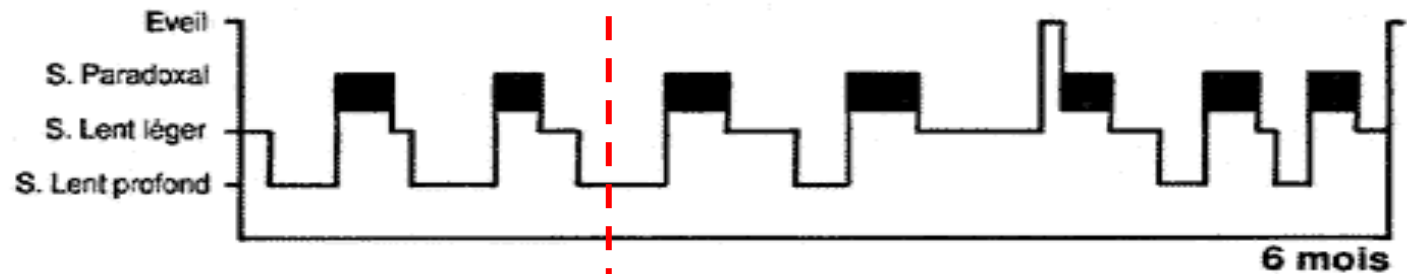
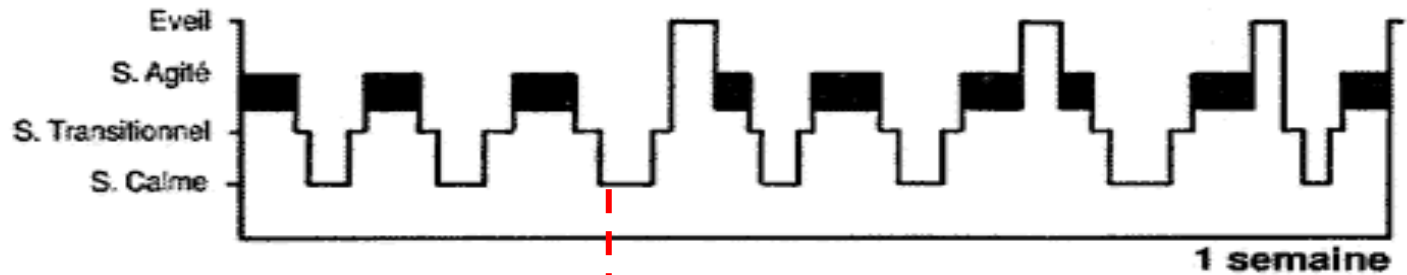


REM : Rapid Eye Movements ou  
MOR : Mouvements oculaires rapides

# 2 types de sommeil : lent, paradoxal



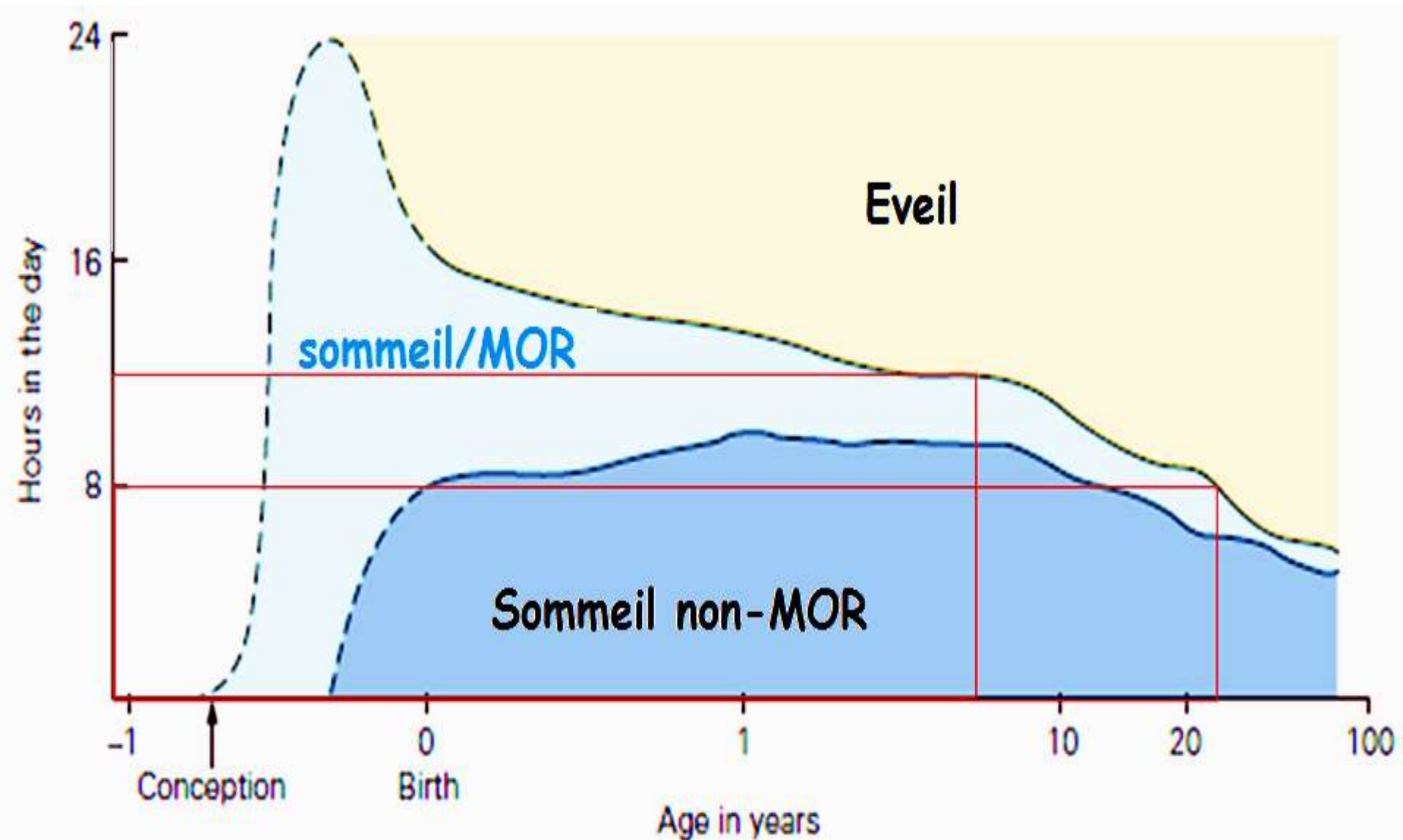
# Le sommeil nocturne selon l'âge



22 h 23 h Minuit 1 h 2 h 3 h 4 h 5 h 6 h

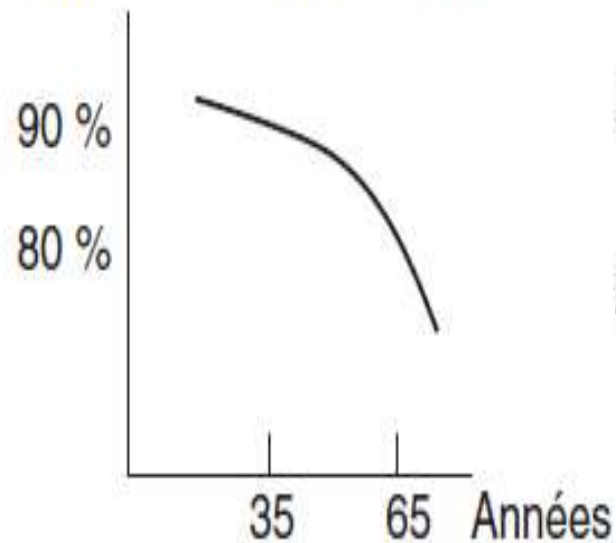


# Durée du sommeil selon l'âge

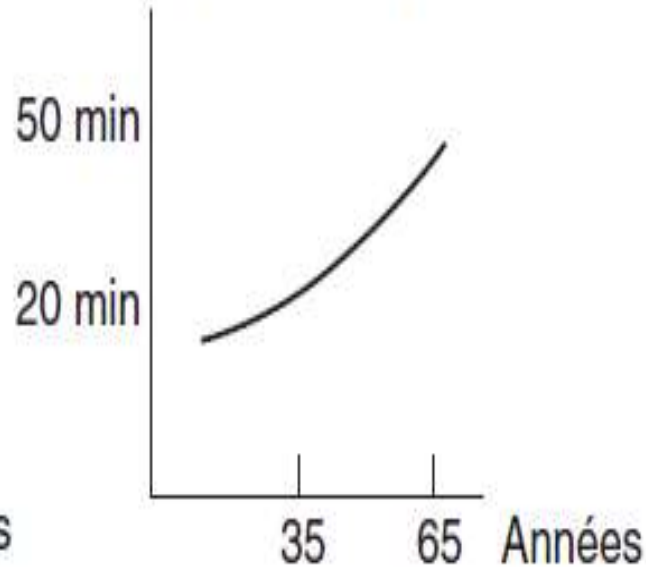


# Qualité du sommeil selon l'âge

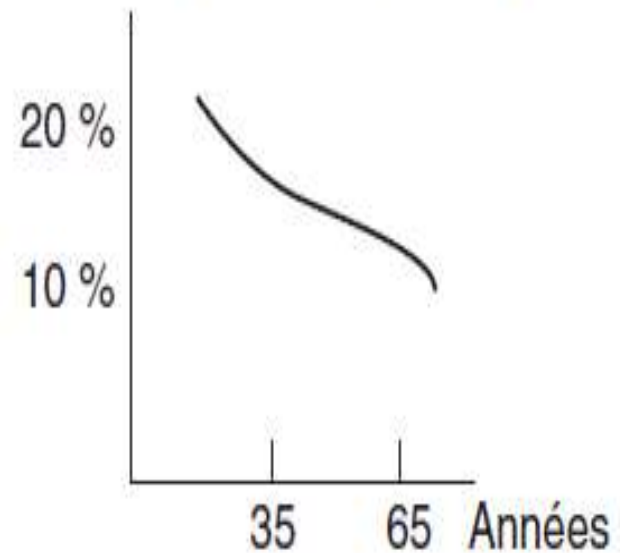
Efficacité de sommeil




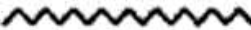











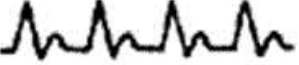
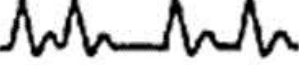



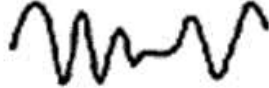
Durée des éveils intrasommeil



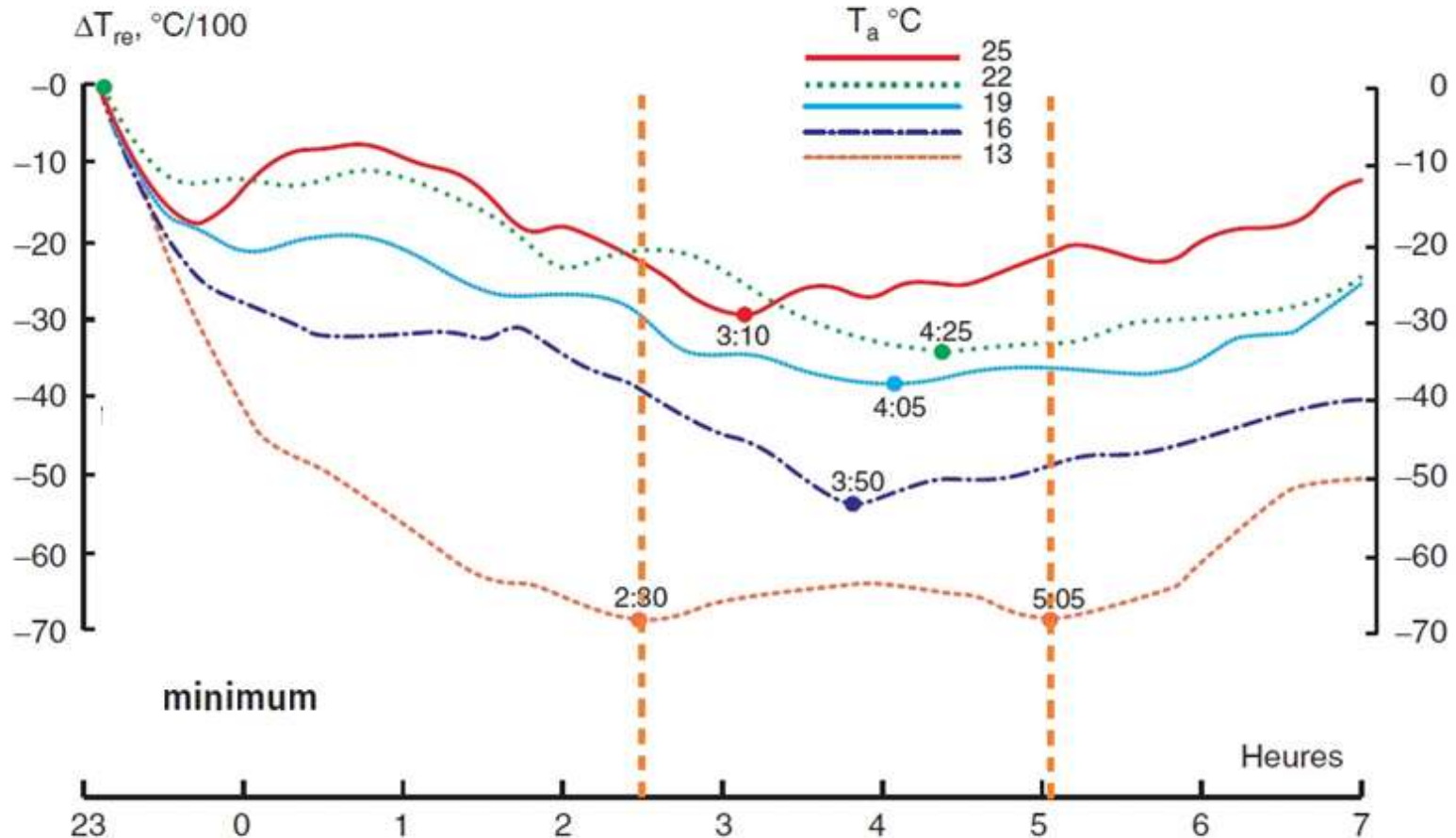
Sommeil lent profond



# ***Variations physiologiques au cours du sommeil.***

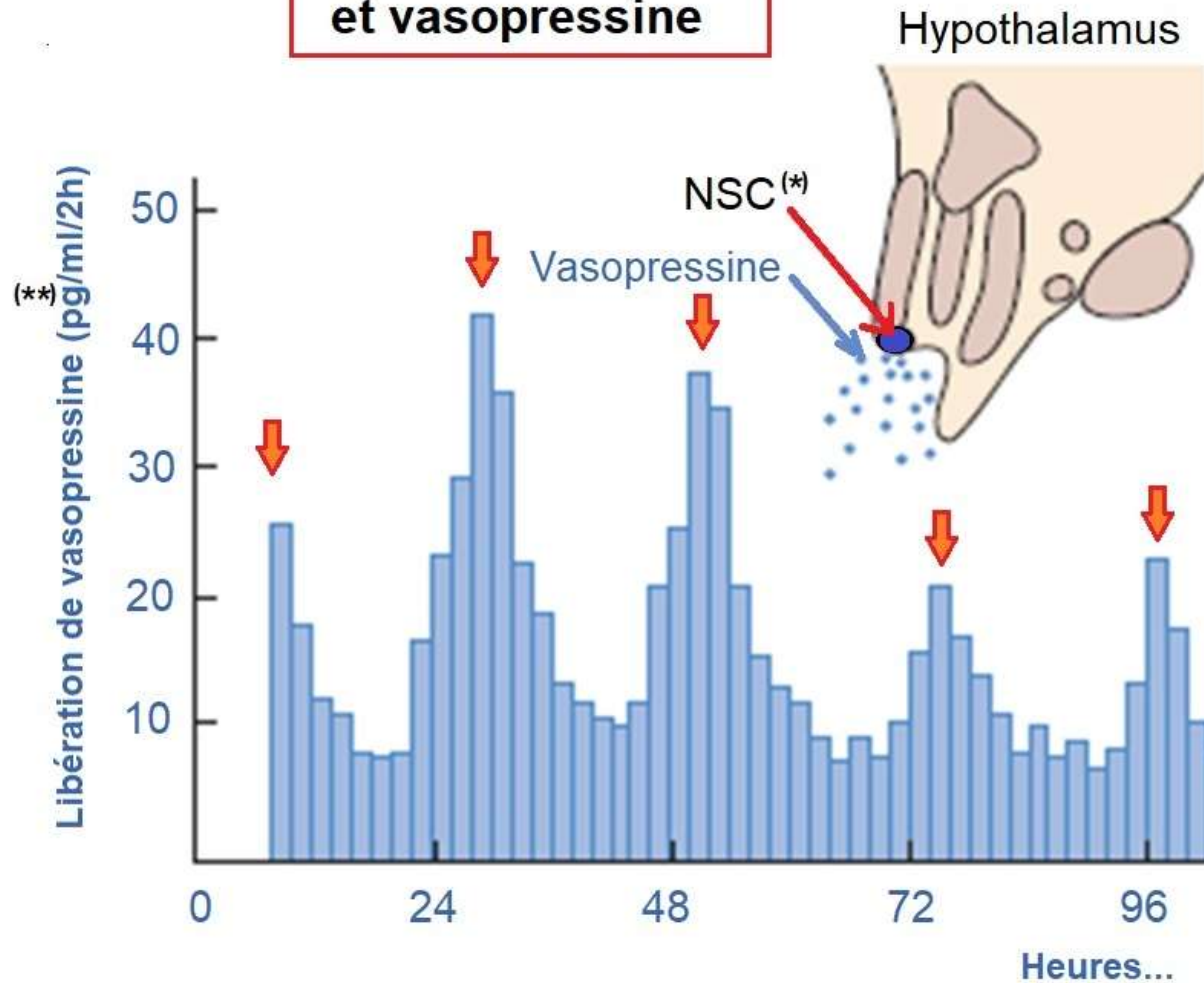
	CARACTERISTIQUES	VEUIL	S. LENT (adulte) S. CALME (nouveau-né)	S. PARADOXAL (adulte) S. AGITE (nouveau-né)
<b>EEG</b>	 Activité cérébrale (Electroencephalogramme)	 Activité rapide	S. lent léger (1+2)  S. lent profond (3+4)  Activité de plus en plus lente et ample	 Activité rapide
<b>EOG</b>	Mouvements oculaires (Electro-oculogramme)	 Yeux ouverts, mouvements oculaires rapides	 Yeux fermés, pas de mouvement oculaire	 Yeux fermés, mouvements oculaires rapides
<b>EMG</b>	Tonus musculaire (Electromyogramme)	 Tonus musculaire important	 Tonus musculaire réduit	 Tonus musculaire absent. Paralysie
<b>ECG</b>	 Electrocardiogramme	 Rapide, régulier	 Lent, régulier	 Rapide, irrégulier
<b>RESP</b>	 Respirogramme	 Rapide, irrégulière	 Lente, régulière	 Assez rapide, irrégulière
<b>Seuil d'éveil</b>	Capacité d'éveil		S. Lent léger = Réveil facile S. lent profond = Réveil très difficile	Adulte = Réveil difficile Nouveau-né = Réveil facile

# Température corporelle nocturne



Variation moyenne de la température rectale ( $\Delta T_{re}$ ) en rapport avec la température de l'air ambiant ( $T_a$ ), en fonction de l'heure de la nuit. La variation circadienne de la température est respectée quelle que soit la température ambiante, avec un minimum situé entre 2 h 30 et 5 h 05

## Rythme circadien et vasopressine



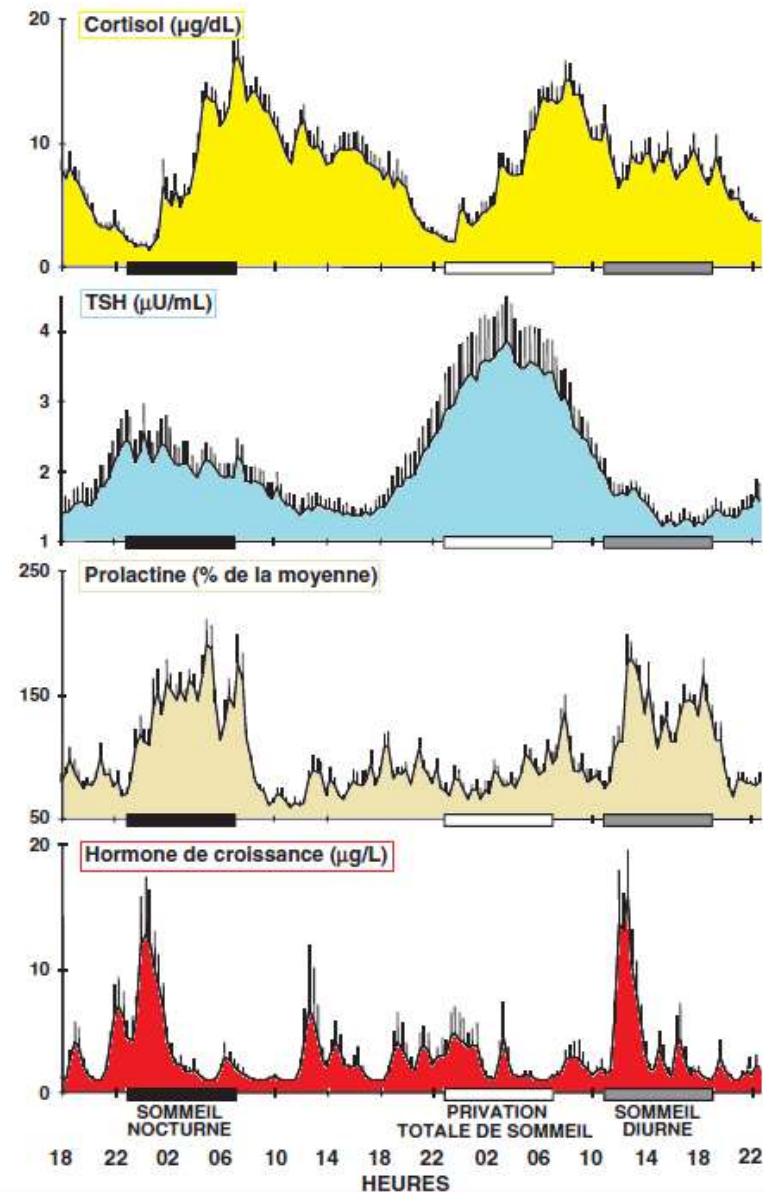
(\*) NSC : Noyau Supra Optique

(\*\*) pg :  $10^{-12}$  gramme

**Libération circadienne (# 24heures) de vasopressine par des cellules du Noyau Supra Chiasmatic, mises en culture ...**

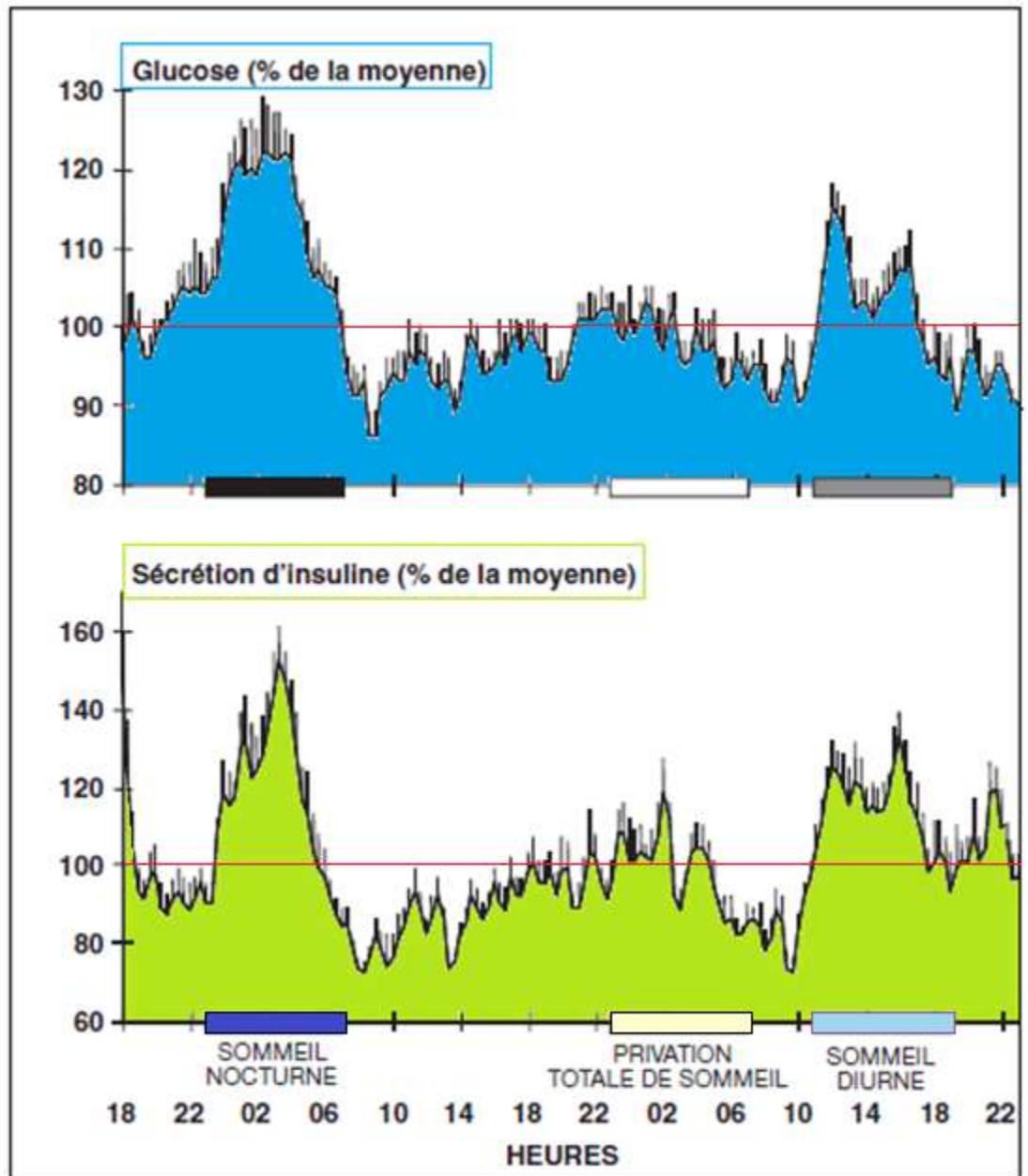


# Hormones

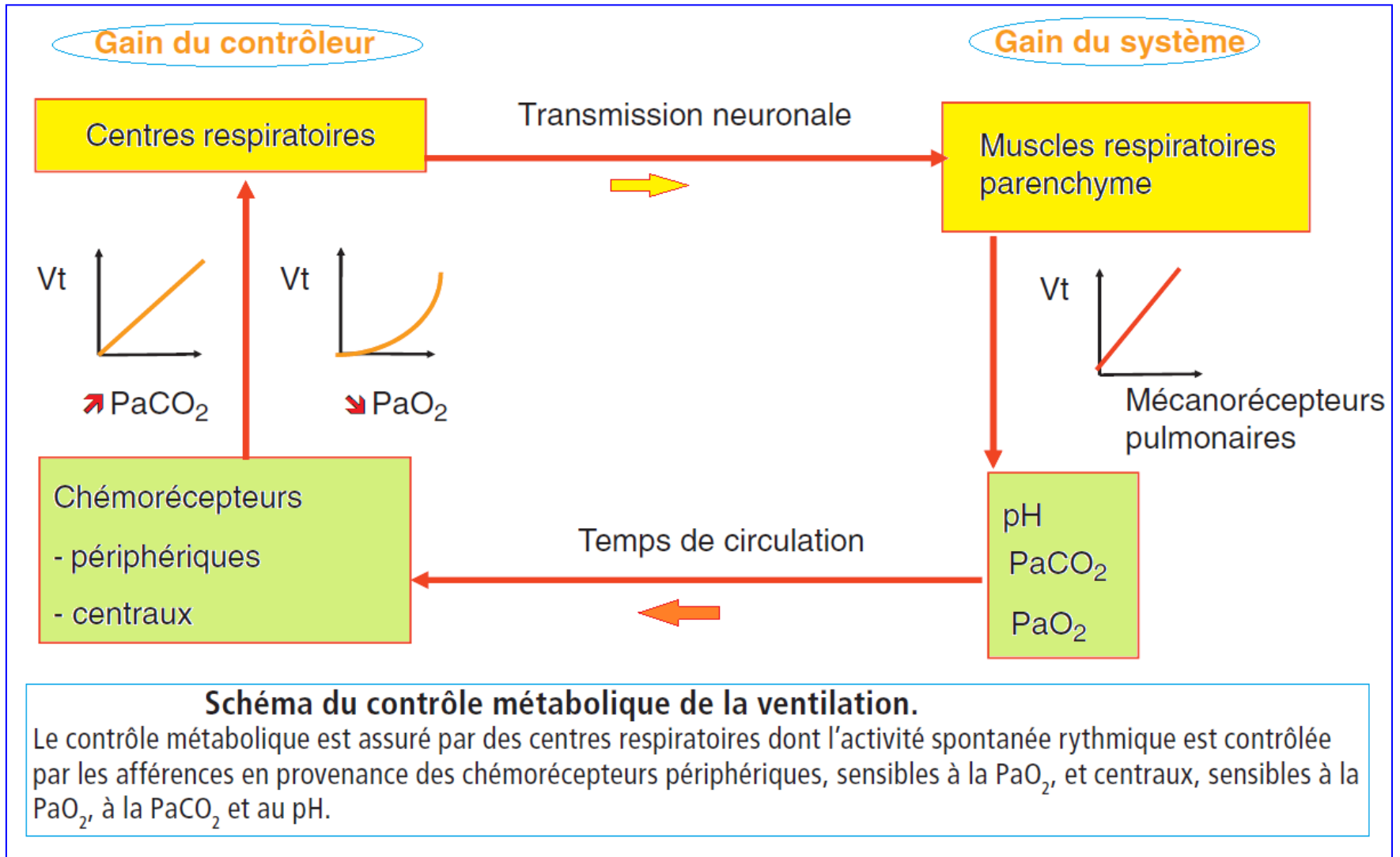


Profils plasmatiques de cortisol, thyrotropine (TSH), prolactine et hormone de croissance (moyenne + SEM) chez 8 hommes jeunes normaux explorés au cours d'une période de 53 heures comportant successivement 8 heures de sommeil nocturne (23 h à 7 h), 28 heures de privation de sommeil et 8 heures de sommeil diurne (11 h à 19 h).

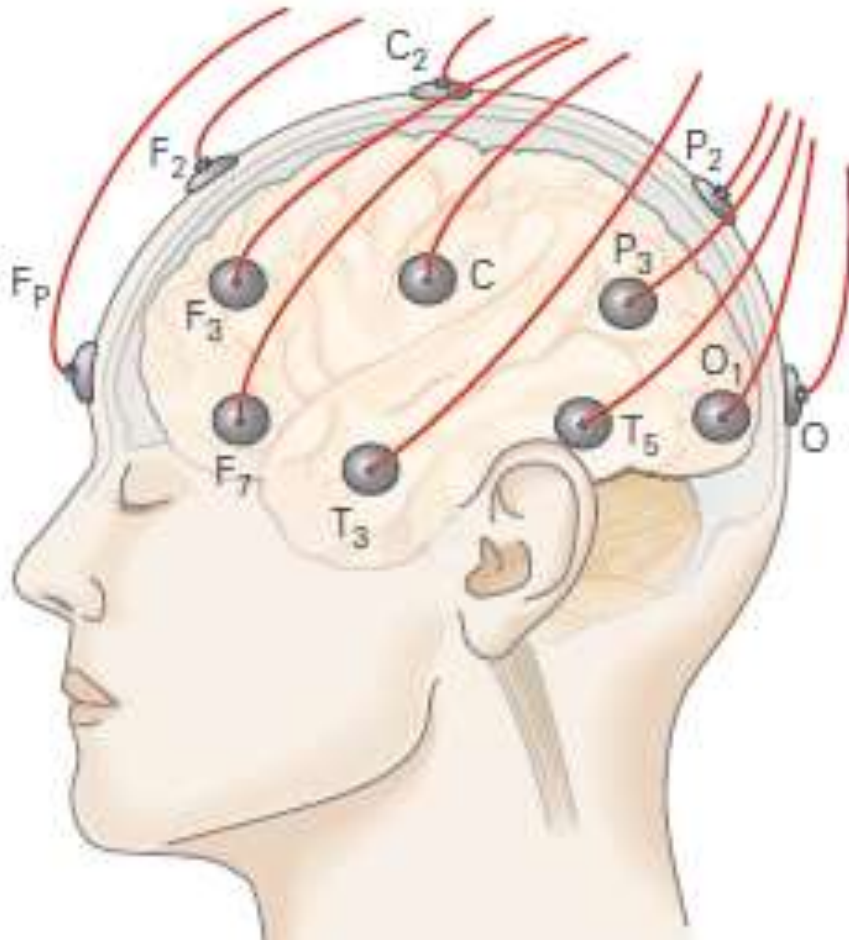
# Glycémie



# Contrôle respiratoire



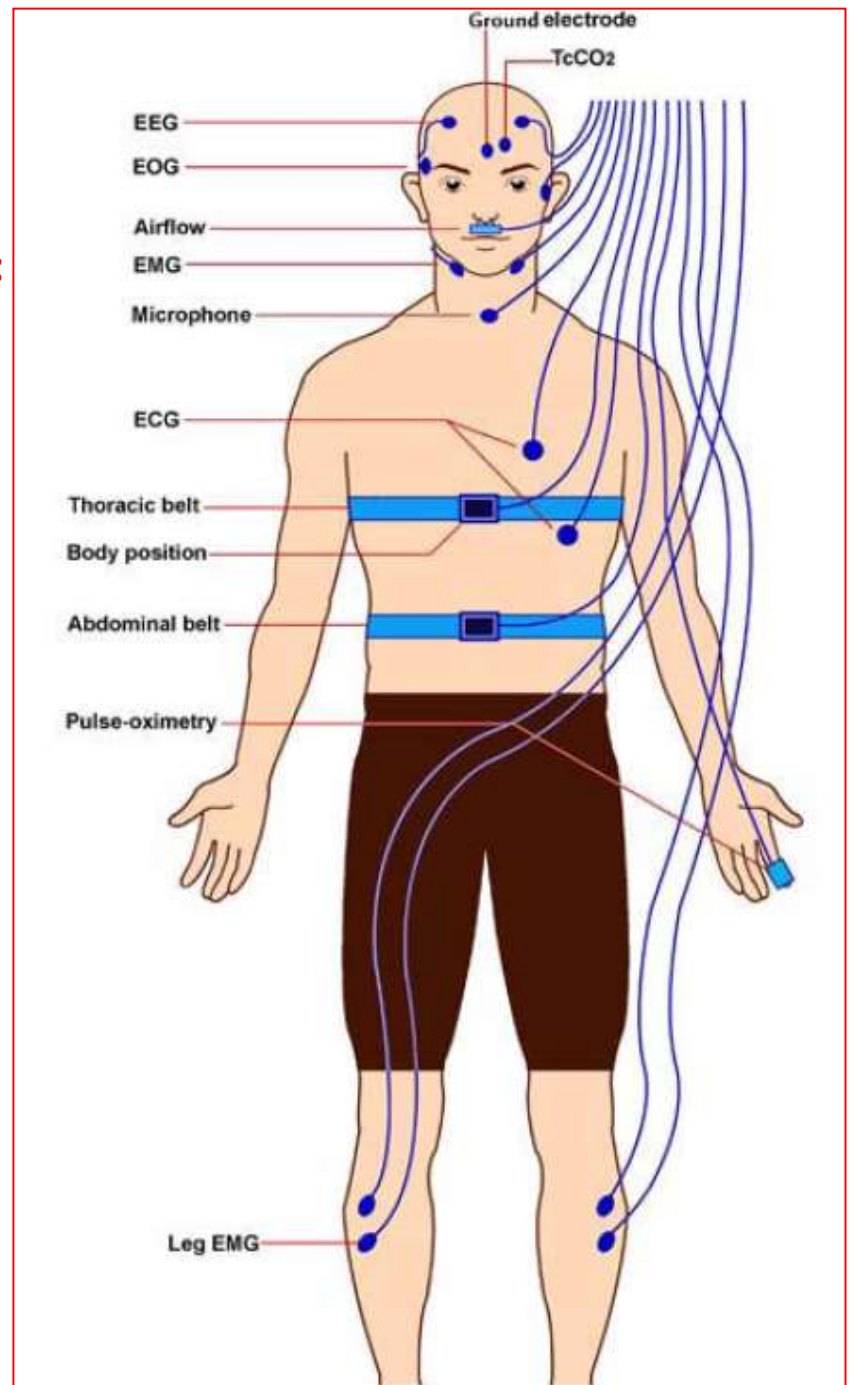
# Aspects polygraphiques EEG, EMG...



**Electroencéphalogramme (EEG)**

# Polysomnographie

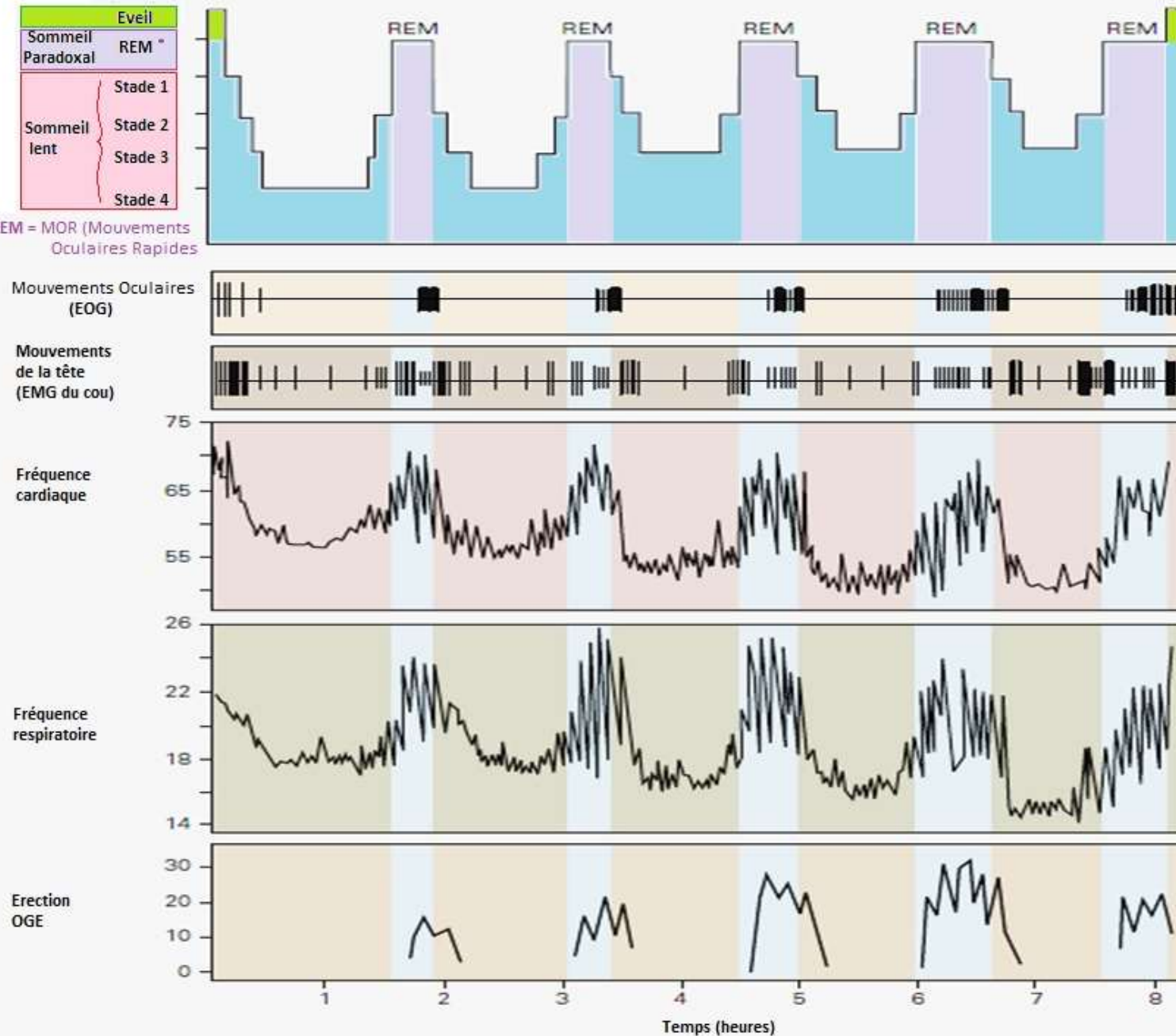
- De nombreux paramètres sont enregistrés :
- EEG
- $TcCO_2$   $E_T CO_2$  (péd.),  $PaCO_2$
- EOG
- Airflow
- EMG (menton)
- Microphone (ronflements)
- ECG
- Ceinture thoracique
- Position du corps
- Ceinture abdominale
- Oxymètre de pouls
- EMG des membres inférieurs





Eveil	
Sommeil Paradoxal	REM *
Sommeil lent	Stade 1
	Stade 2
	Stade 3
	Stade 4

\* REM = MOR (Mouvements Oculaires Rapides)





# EEG

- **EEG de veille** : alternance de rythmes alpha et de désynchronisation (à l'ouverture des yeux);
- **EEG de sommeil** :
  - **Sommeil à ondes lentes (4 stades** avec ralentissement progressif jusqu'à avoir une prédominance de rythme lents delta) ;
  - **Sommeil paradoxal (SP ou REM)** : tracé accéléré proche du rythme de veille

# Graphoéléments EEG du sommeil

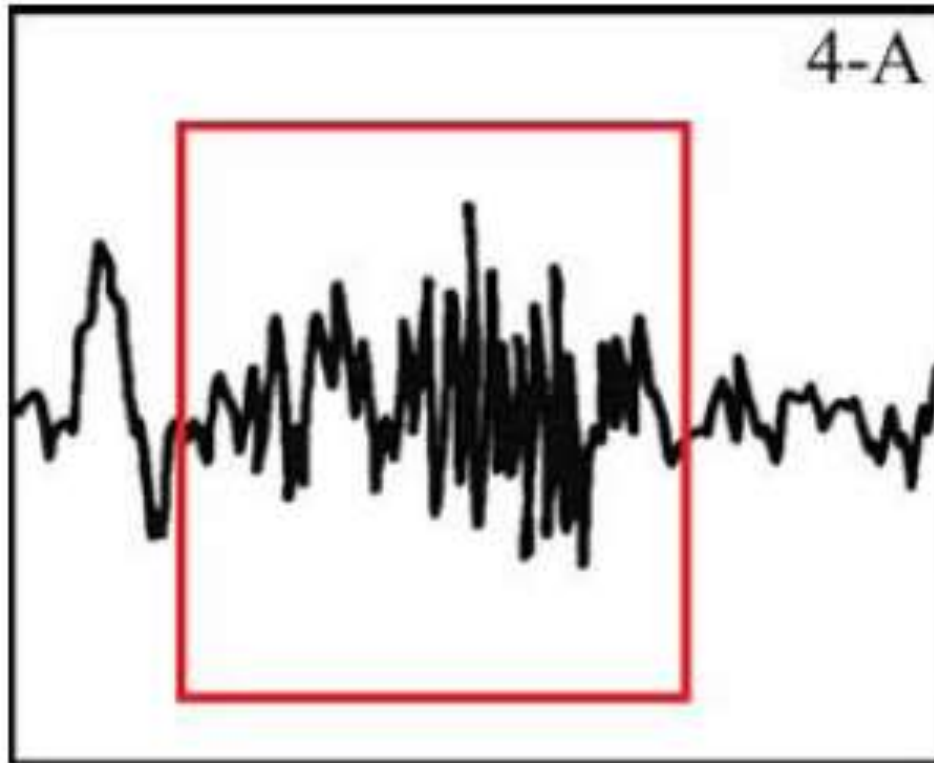
- **Sommeil à ondes lentes :**

- Fuseaux du sommeil ;
- Complexes K ;
- Pointes vertex ;

- **Sommeil paradoxal :**

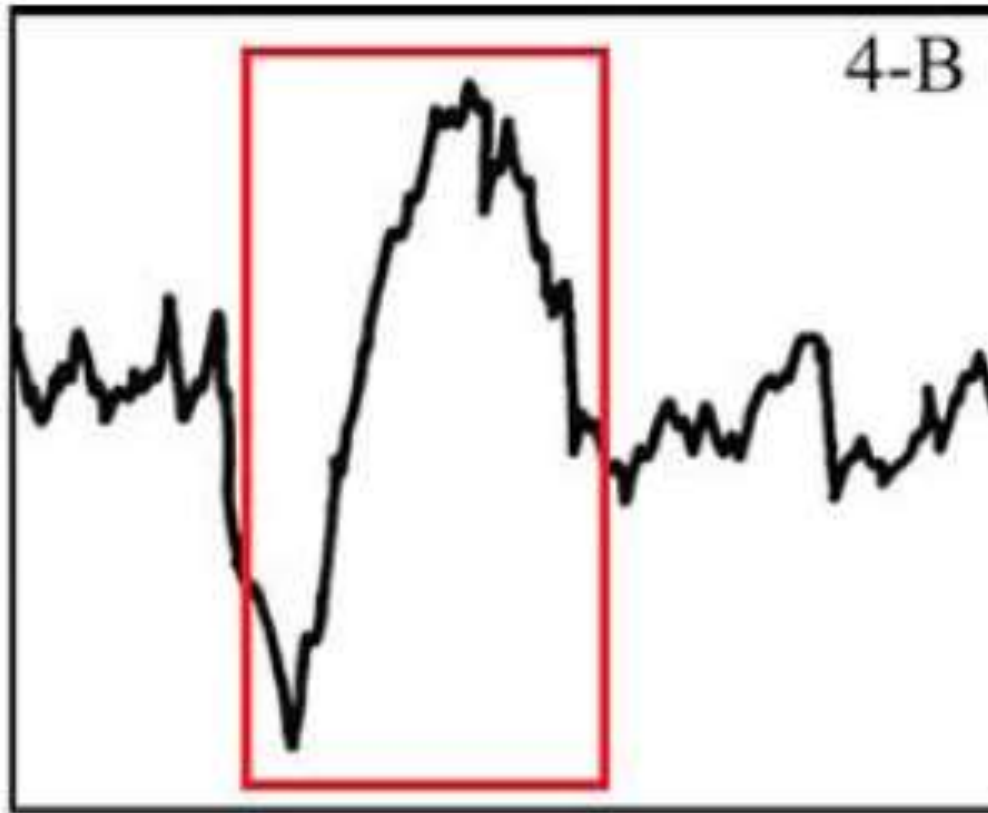
- Ondes en dents de scie

# Fuseau du sommeil



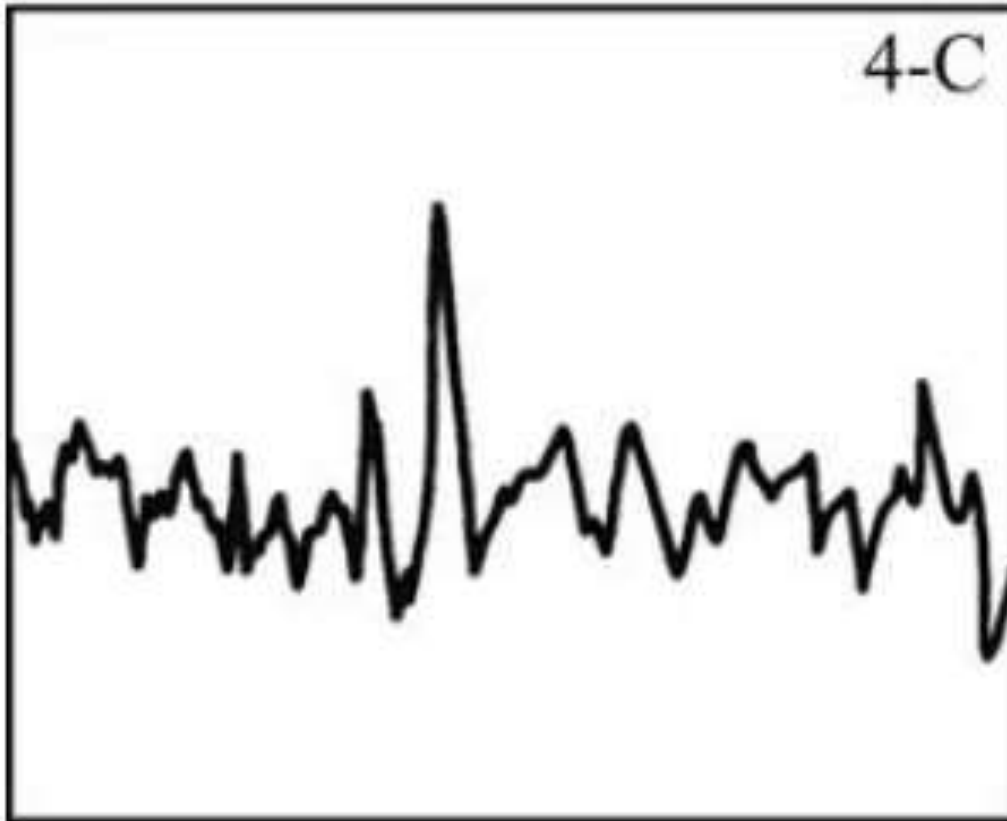
→ F : 12-14 Hz, durant > 0,5 sec

# Complexe K



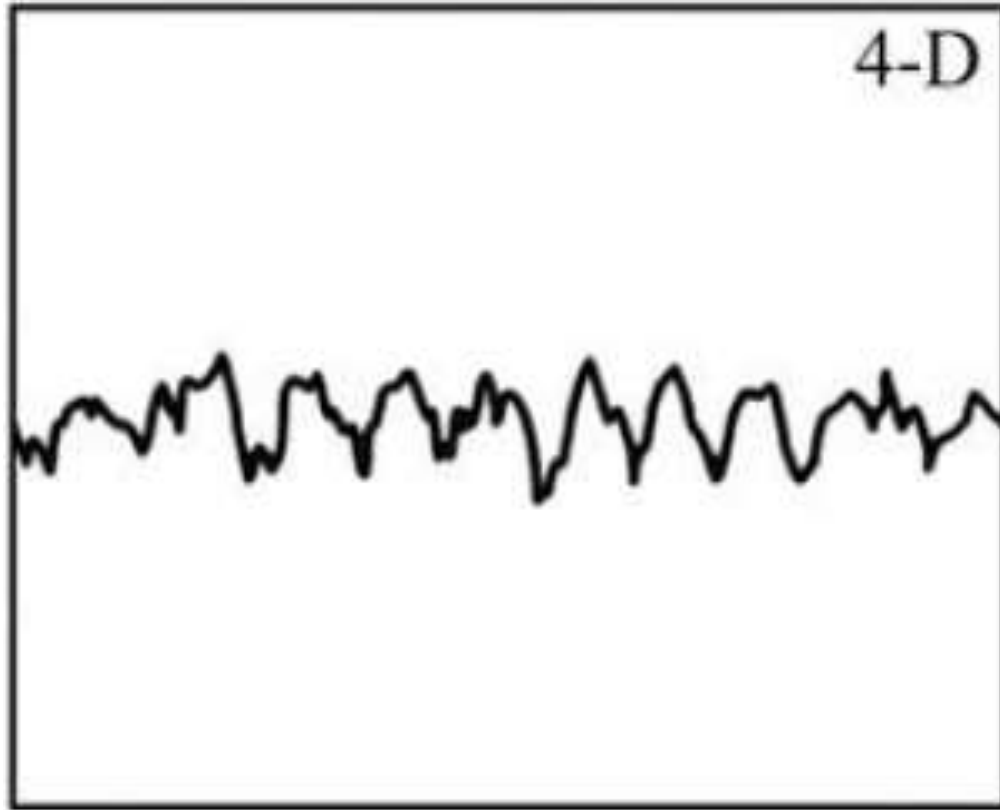
**Onde négative abrupte, suivie d'une onde positive/ régions centrales (durée totale > 0,05 sec)**

# Pointe vertex



Onde négative (↑) qui se détache du rythme de fond (durée < 0,5 sec)

# Ondes en dents de scie (SP)



**Variante du rythme thêta, en frontales et rolandiques, précède de peu les mouvements oculaires rapides (MOR)**



# EEG dans la Polysomnographie (PSG) :

- Le classement EEG est *simplifié* pour une **analyse automatique** (complétée par une analyse visuelle par l'observateur) :
- **W** (pour "Wake" ou éveil) ;
- stades de sommeil lent ou à ondes lentes : **N1 à N3** ;
- stade **R**.
- Cela permet de classer les **différentes phases de vigilance** au cours d'une nuit complète d'enregistrement de sommeil.

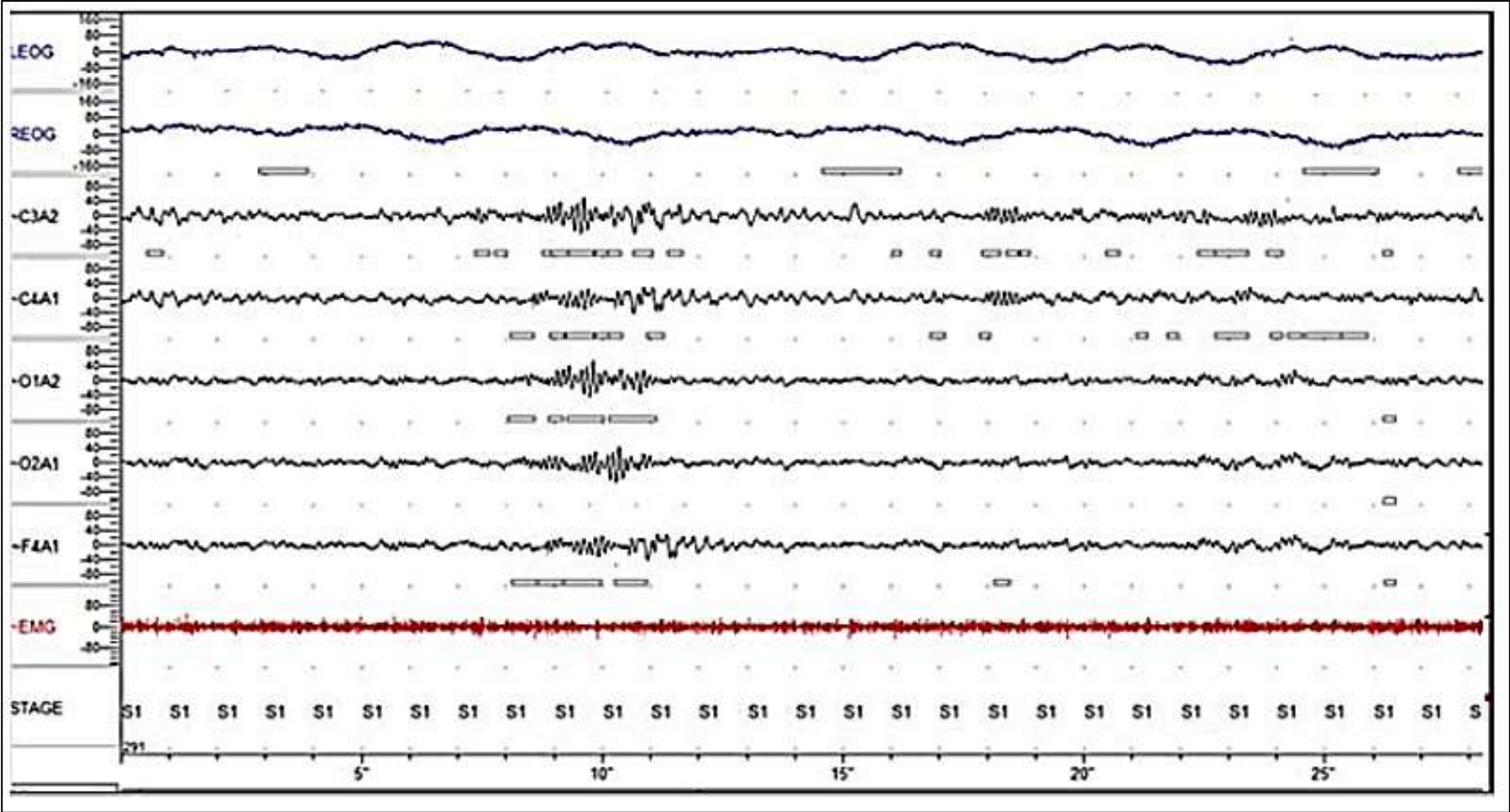
# Scoring en PSG

- Stade **W** (wake) : éveil ;
- Stade **N1** (début du sommeil) ;
- Stade **N2** (sommeil lent léger) ;
- Stade **N3** ("sommeil profond" ou "sommeil à ondes lentes") ;
- Stade **R** ("Rapid Eye Movements")
- **Efficacité du sommeil** : % en minutes de sommeil total / durée au lit  
( $N \geq 85-90\%$ )

# Stade N1

- Ralentissement EEG : **> 50% bande thêta** (4-7 Hz) de faible amplitude ;
- Parfois quelques pointes vertex ;
- Mouvements oculaires conjugués lents (pendulaires / sinusoïdaux)

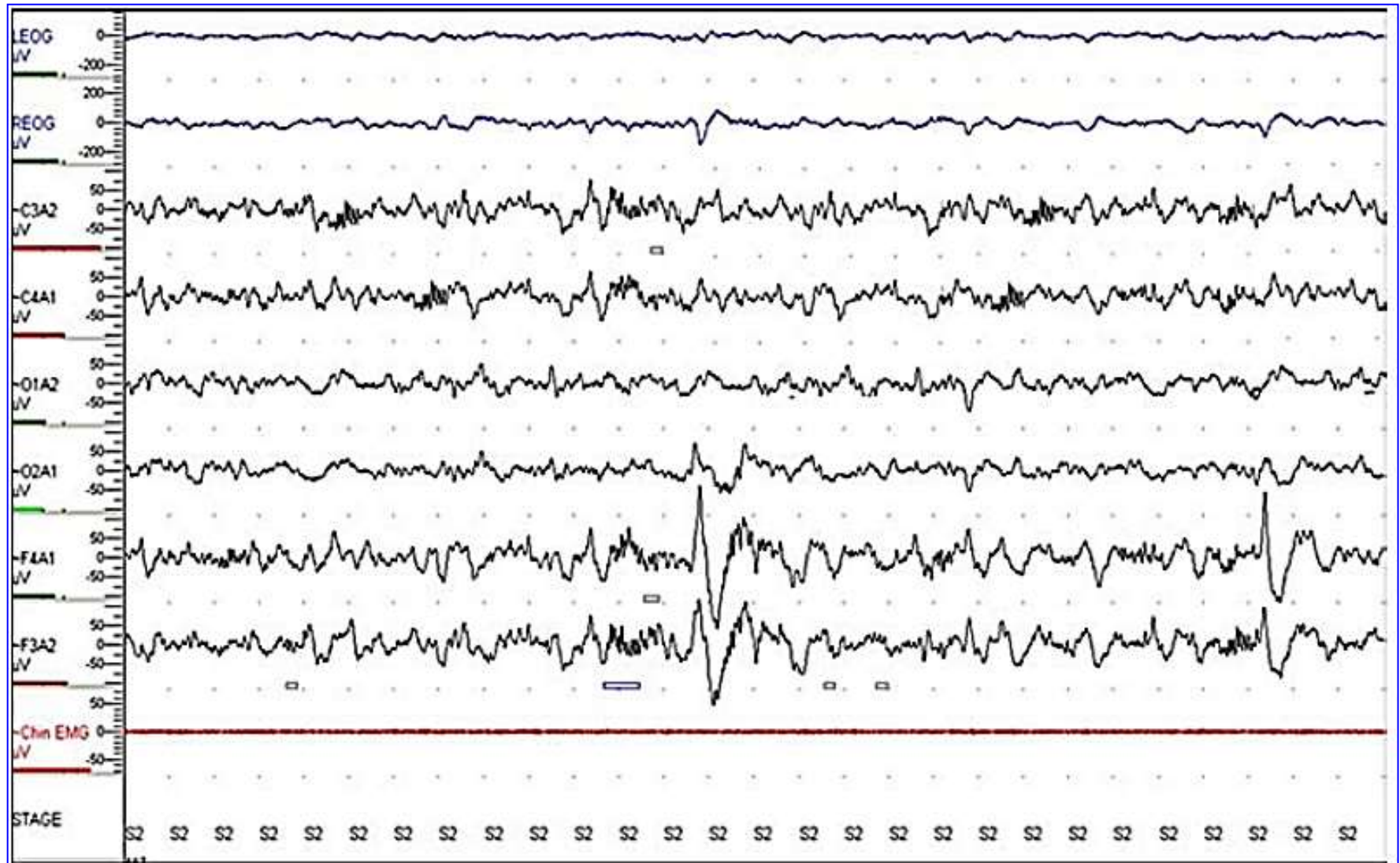
Stade N1



# Stade N2

- Stade le **plus important** (**en %** du sommeil total) chez l'adulte normal ;
- Présence de **fuseaux** et/ou de **complexes K** ;

# Stade N2

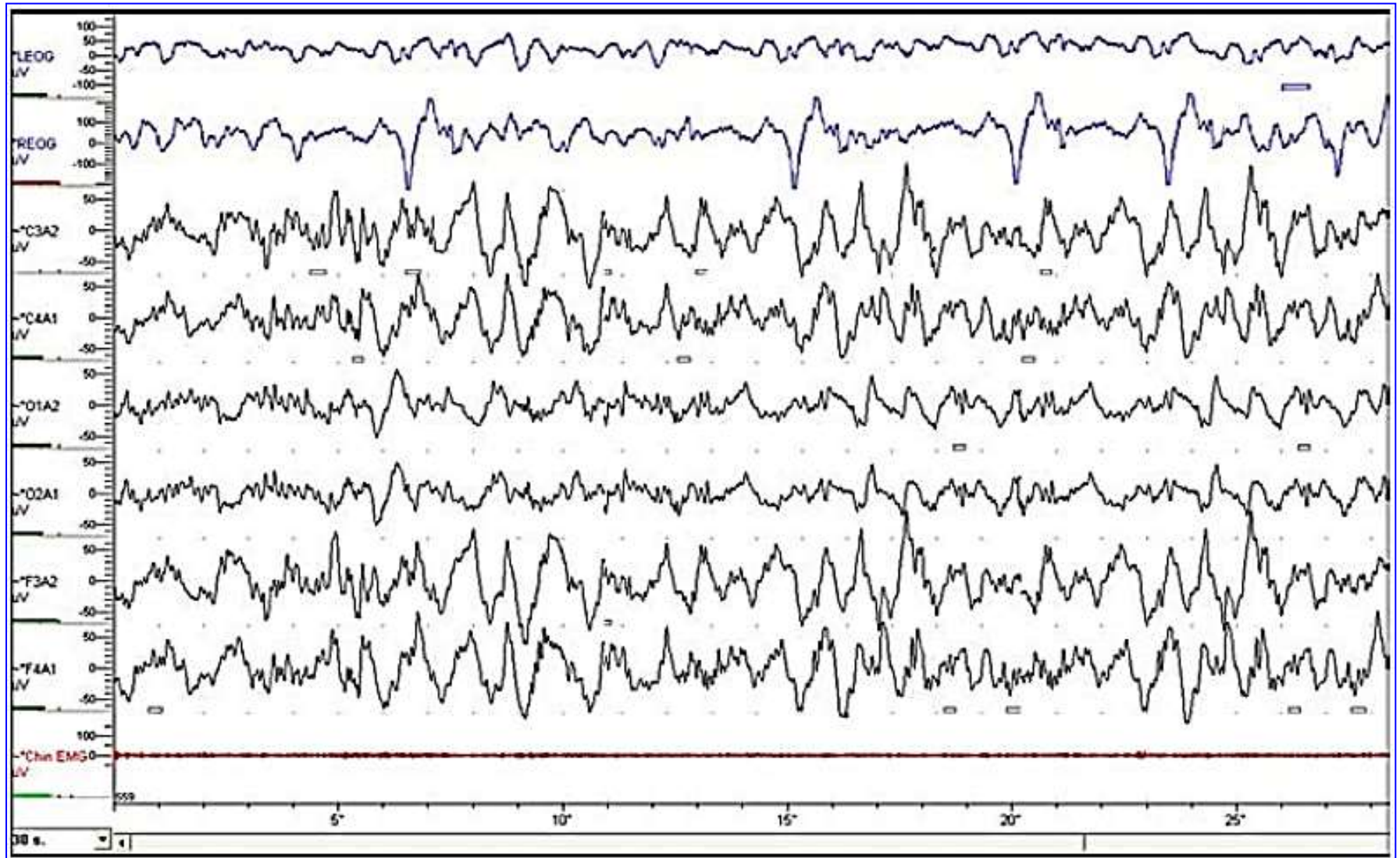




# Stade N3

- " Sommeil profond " ; " Sommeil à ondes lentes " ;
- "quand  $\geq 20 \%$  d'une page de 30 sec. (*époque*) comporte des ondes lentes (0,5- 2Hz) et d'amplitude  $> 75 \mu\text{V}$ ) en régions **FRONTALES**" ;
- survient plus dans la 1<sup>ère</sup> moitié de la nuit ;
- **Réveil plus difficile** que pour les stades N1 et N2;
- ...

# Stade N3



# Stade R

- Mouvements oculaires conjugués rapides et irréguliers ;
- EMG (menton) faible ou absent ;
- Ondes en dents de scie en régions centrales ;
- Brèves bouffées EMG ( $<0,25$  sec) (menton, membres), sur fond de faible activité tonique ;
- ...

# Évolution des idées (1)

- **D'abord "Sommeil passif"** : **la nuit**, la diminution des stimuli extérieurs (bruits, lumière, chaleur moindre ...) provoque une baisse d'activité des structures nerveuses [formation réticulée (FR)...] → induction du **sommeil** ;
- **Le jour**, l'inverse se produirait : les stimuli augmentent l'activité de la FR et une activation corticale avec **éveil**.

# Évolution des idées sur la veille et le sommeil

- Le sommeil était donc considéré comme un **phénomène passif** : l'état d'éveil disparaissant avec la diminution des stimuli et il réapparaissait lors de la stimulation du sujet
- Les expériences de transsections du névraxe :
  - encéphale isolé (animal spinal)
  - Cerveau isolé (section inter-colliculaire)
- → **notion d'activation**

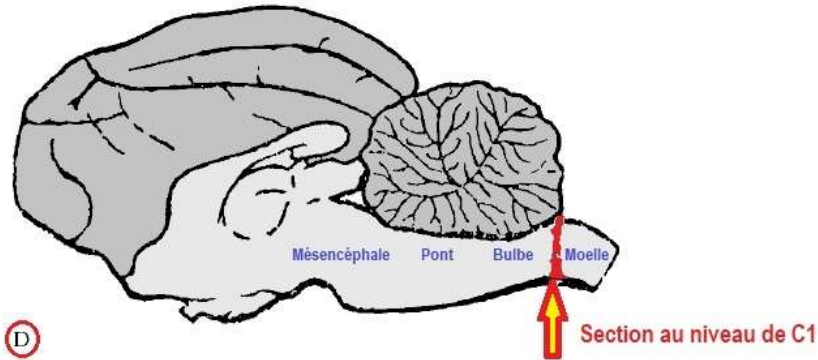
# Encéphale isolé



(A)

(B)

(C)



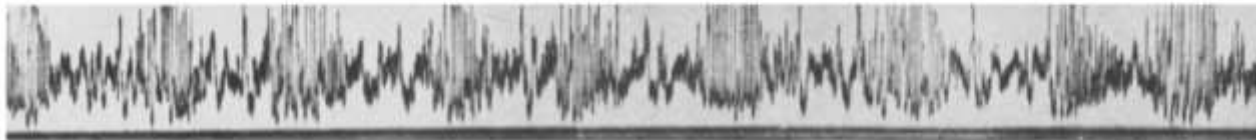
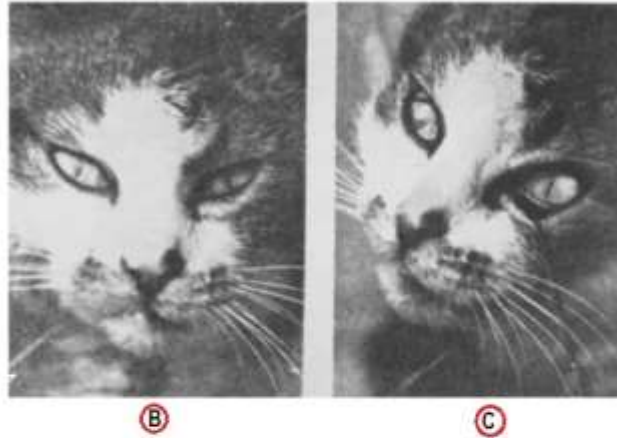
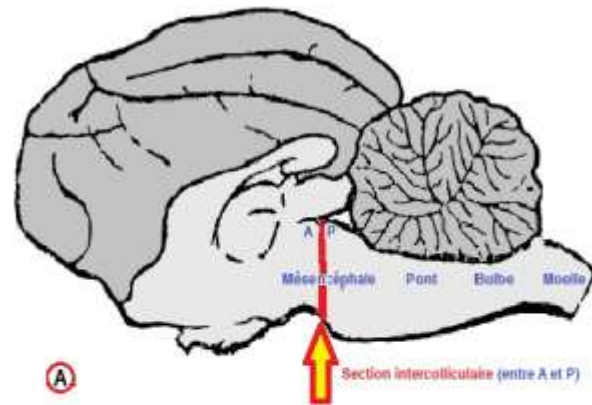
(D)

Sommeil et éveil chez le chat "encéphale isolé" aigu (de quelques heures à quelques jours l'intervention chirurgicale par opposition à "chronique", pouvant aller à plusieurs semaines. Cf. animal "spinalisé" ou "spinal"). Après la section en C1, l'animal encéphale isolé présente un alternance entre comportement oculaire de sommeil ((A)) et d'éveil ((B) et (C)) - d'après Bremer (1937)

L'animal (chat, présente des **alternances de veille et de sommeil** (les phénomènes végétatifs : respiration myosis/mydriase, fréquence cardiaque... permettent d'apprécier le degré de vigilance, en plus d'un enregistrement de l'activité corticale : lors de l'éveil, tracé accéléré et de faible amplitude ; lors du sommeil : tracé lent, synchronisé (fuseaux) et ample.



# Cerveau isolé



EEG et comportement oculaire dans la préparation "cerveau isolé" chez le chat (A) Après trans-section intercolliculaire (entre les Tubercules Quadrijumeaux Antérieurs (A) et Postérieurs (P). Le cerveau isolé présente un myosis serré (B) et à l'enregistrement Electro-Encéphalo-Graphique (EEG), des trains répétés de fuseaux (spindles), entrecoupés de pauses (D'après Bremer (1937))

L'animal "**dort**" en permanence :  
EEG synchronisé (fuseaux),  
et phénomènes végétatifs, ex: une myosis serré, permettent d'affirmer une forme de sommeil

## *Conclusion ...*

- Il existerait une structure entre les deux niveaux de section (encéphale et cerveau isolés), responsable de l'alternance V/S :
- La notion de formation réticulée ascendante activatrice et de formation inhibitrice a été proposée pour expliquer ces états

# activation

- Il existe donc des structures au niveau du tronc cérébral, responsables de l'activation corticale, la Formation Réticulée *Activatrice* Ascendante (*FRAA*) ; inversement, une autre partie de la formation réticulée serait *inhibitrice*;
- D'autres structures ont ensuite été individualisées pour tenter d'expliquer : le **déclenchement** du sommeil, des phases de sommeil puis de l'éveil comportemental et cortical...

## Évolution des idées (2)

- **Sommeil : phénomène actif** : rythmes circadiens (*circa* = environ ; *diem* : jour de 24h) ;
- Il existe dans le tronc cérébral et le diencephale des **structures hypnogènes**, qui provoquent le sommeil, tout comme il existe des circuits d'activation corticale (pour l'éveil et le sommeil paradoxal (SP));
- Les effets s'exercent alors sur le cortex cérébral et les autres structures du SNC

# Veille / Sommeil

- Il y aurait une alternance de sommeil et de veille sous l'action contraire de deux processus antagonistes (appelés **PRESSION D'ÉVEIL** (ou processus circadien) contre **PRESSION DE SOMMEIL** (ou processus homéostatique) :
- Ce qui aboutit vers 22h à la survenue du **sommeil** ; et au **réveil** en cours de matinée
-

Processus  
homéostatique

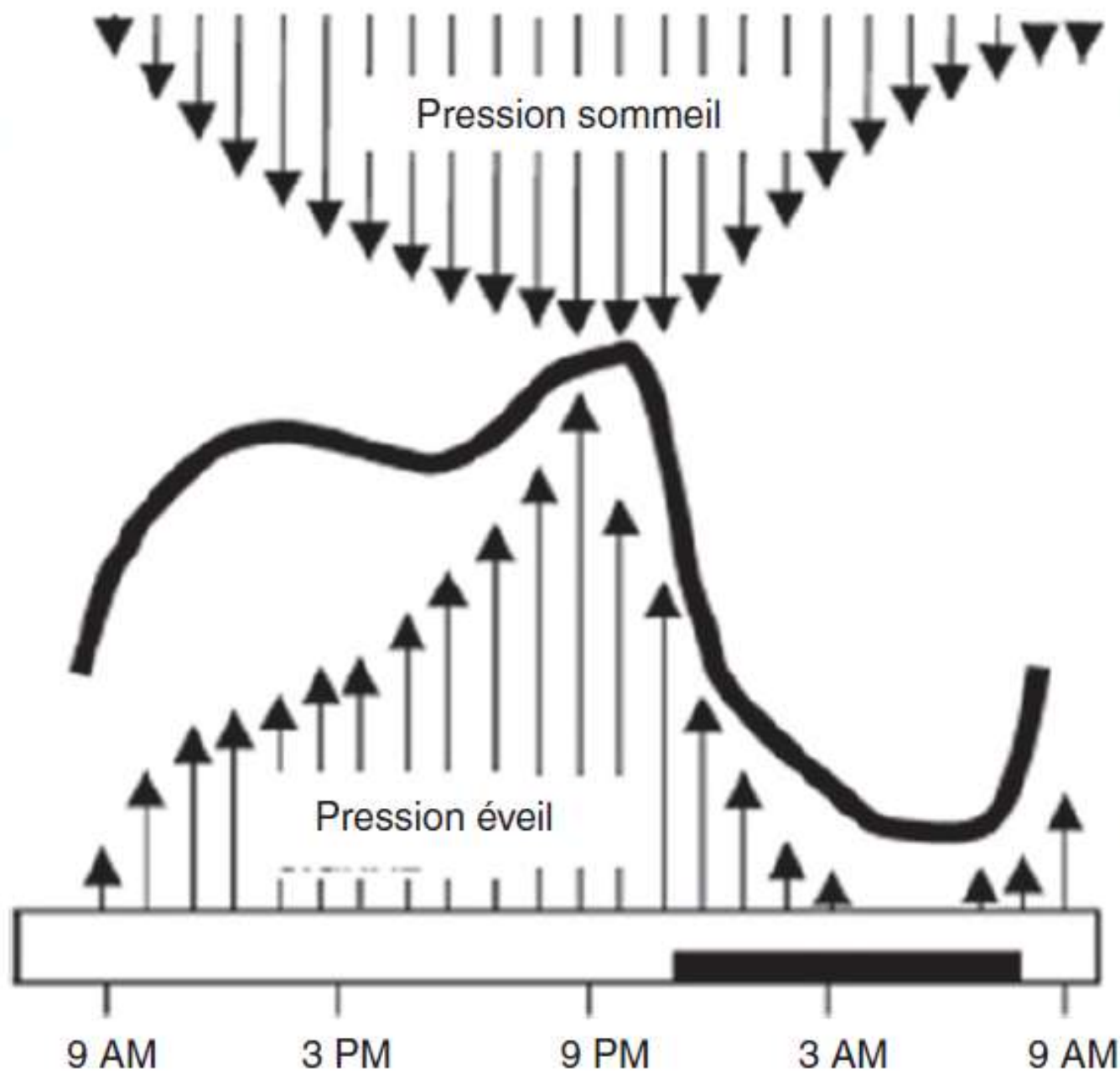
Pression sommeil

Éveil

Processus  
circadien

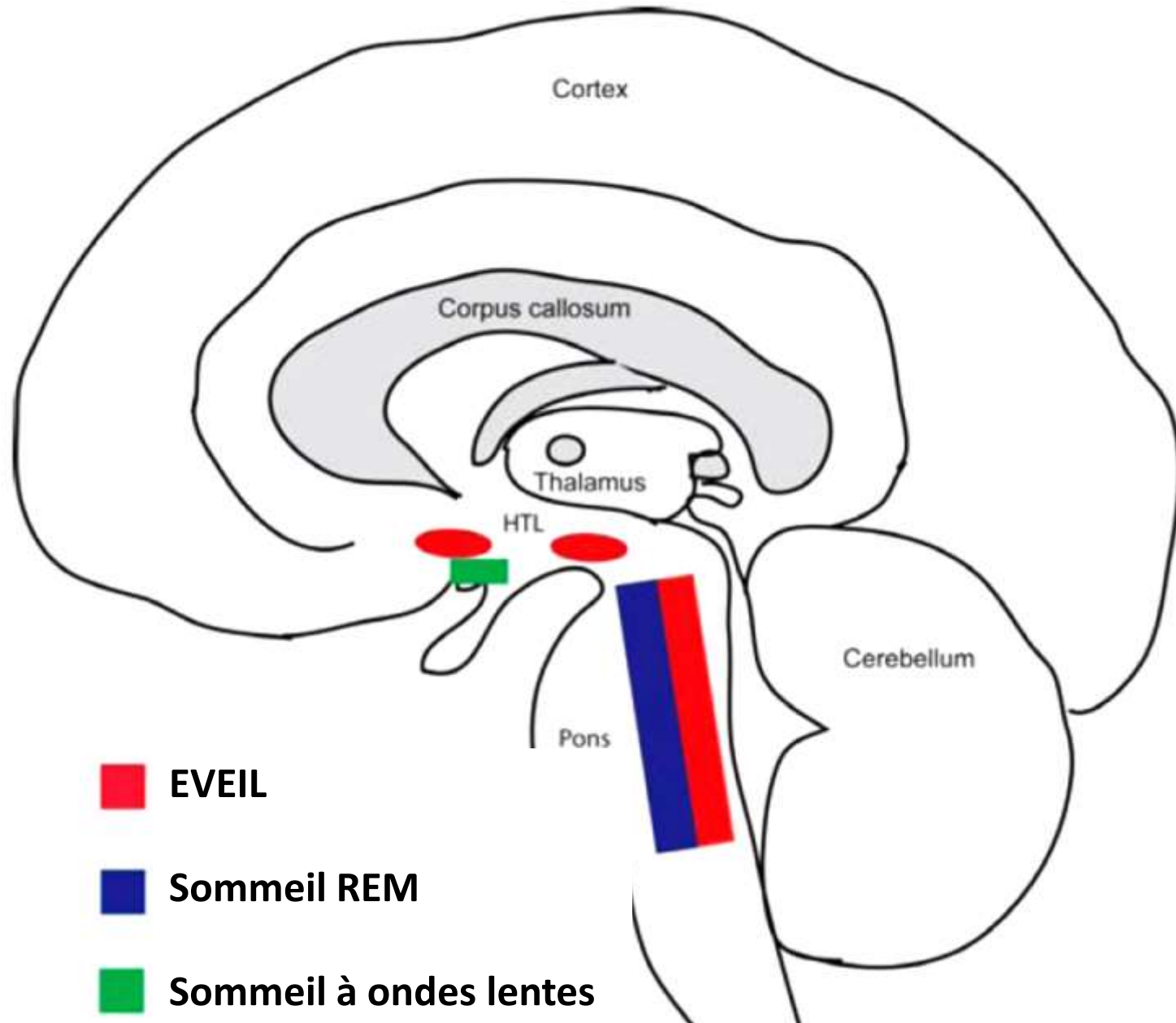
Pression éveil

Sommeil





# Structures responsable de l'éveil et du sommeil



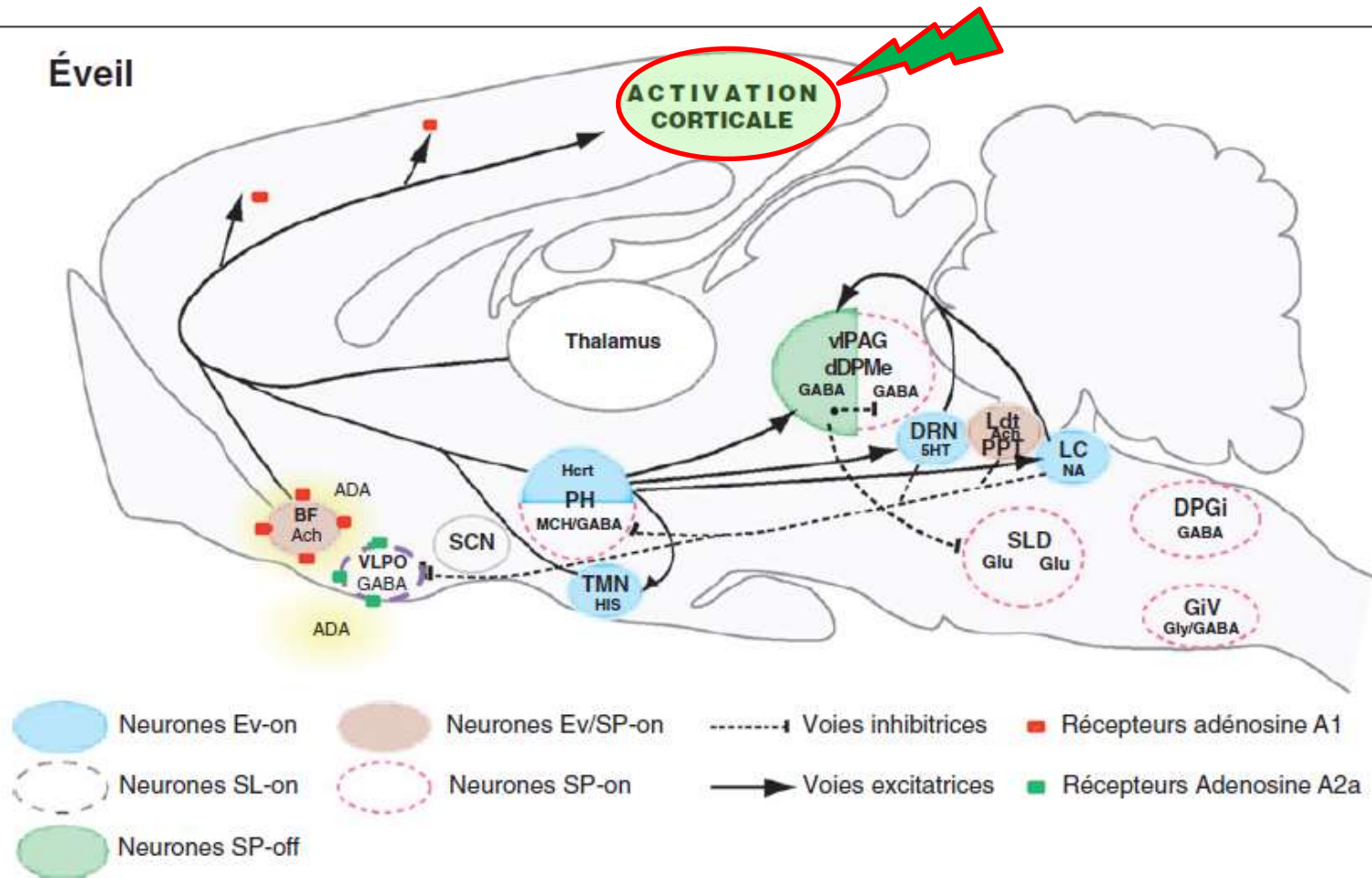
## *Mais...*

- Ces effets peuvent s'observer dans les traumatismes et autres **atteintes du névraxe** : mais il peut s'agir aussi de différents **niveaux de coma** : à la différence du sommeil, **le coma n'est pas spontanément réversible**, selon un rythme circadien (*voir plus haut*) ;
- Des données impliquent l'existence d'une **horloge biologique**, en partie localisée dans l'hypothalamus, régulée par les messages d'origine visuelle (*v. plus haut*) ;

# Les grands systèmes neurochimiques sont impliqués

- **L'éveil comportemental** (*voir figure suivante*): serait dû à la mise en jeu de neurones de l'hypothalamus postérieur (**sécrétion d'hypocrétine ou orexine (Hcrt)**). Leur activation provoque celle du noyau voisin (tubéro-mamillaire ou TMN) qui libère de **l'HISTAMINE**,
- L'activation de l'hypothalamus postérieur va entraîner des **effets sur le tronc cérébral (en particulier, activation du noyau dorsal du raphé (Sérotoninergique), du locus coeruleus (Noradrénergique)**; ainsi qu'une action sur d'autres noyaux du TC (dont certains font partie de la Formation réticulaire FR).
- Par ailleurs l'éveil cortical mettrait en jeux des afférences issues du thalamus, des neurones **à Hcrt**, de l'hypothalamus postérieur ainsi que de structures du cerveau antérieur et dans les régions pré optiques : ces effets sur le cortex cérébral s'exerceraient par la libération de l'adénosine sur des récepteurs de type A1 ;
- **Les différents neurones impliqués dans ces actions sont dit "Ev-On" ( pour éveil-ON, en bleu sur le schéma) ;**
- Ces éléments mettent aussi en jeu l'inhibition de structures inhibitrices (**GABA ergiques**): dans l'hypothalamus et des régions pré optiques : en résumé, il y a une diminution de l'action inhibitrice du GABA, ce qui contribue à l'effet éveillant)

Éveil



**Figure 2.4. Schéma du réseau de l'éveil.**

Voir détails dans le texte. 5HT : sérotonine; Ach : acétylcholine; BF : télencéphale basal, DPGi : noyau réticulé dorsal paragigantocellulaire; dDPMe : noyau profond réticulé méencéphalique dorsal; DRN : noyau raphé dorsal; GiV : noyau réticulé ventral gigantocellulaire; Glu : glutamate; Gly : glycine; Hcrt : hypocrétine-(orexine); His : histamine; LC : locus coeruleus; Ldt : noyau tegmental latérodorsal, LPGi : noyau latéral paragigantocellulaire; MCH : hormone de mélanocortine; PH : hypothalamus postérieur; PPT : noyau pédonculopontin; viPAG : substance grise périaqueducale ventrolatérale; VLPO : noyau ventrolatéral préoptique; SCN : noyau suprachiasmatique; SLD, noyau sublatérodorsal.

# Les grands systèmes neurochimiques sont impliqués (suite)

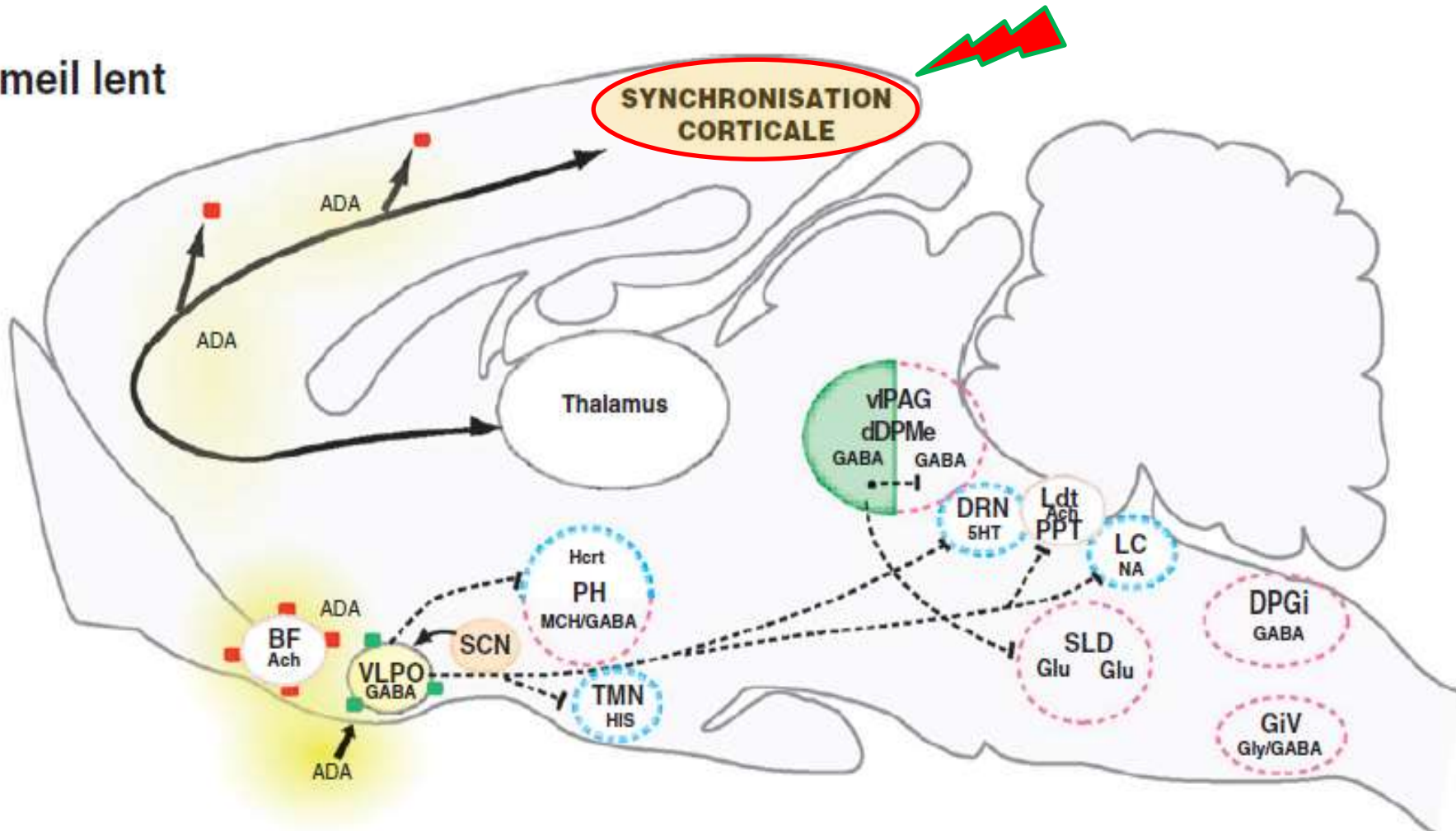
- **Pour le sommeil à ondes lentes (SL)** *(voir figure suivante) :*

**Les structures du cerveau antérieur et pré optiques, avec leurs neurones "SL-ON"** (activés pour le sommeil à ondes lentes), dont l'effet est inhibiteur sur les structures excitatrices du tronc cérébral aura pour conséquence principale → **une action globalement en rapport avec un sommeil lent, avec une synchronisation corticale, visible sur l'EEG** (les niveaux cérébraux d'adénosine sont alors diminués par une enzyme l'Adénosine désaminase (**ADA** : **en jaune** sur l'illustration suivante) ;

(NB : la caféine qui est un antagoniste non-sélectif des récepteurs à l'adénosine aurait au contraire, un effet éveillant).



# Sommeil lent



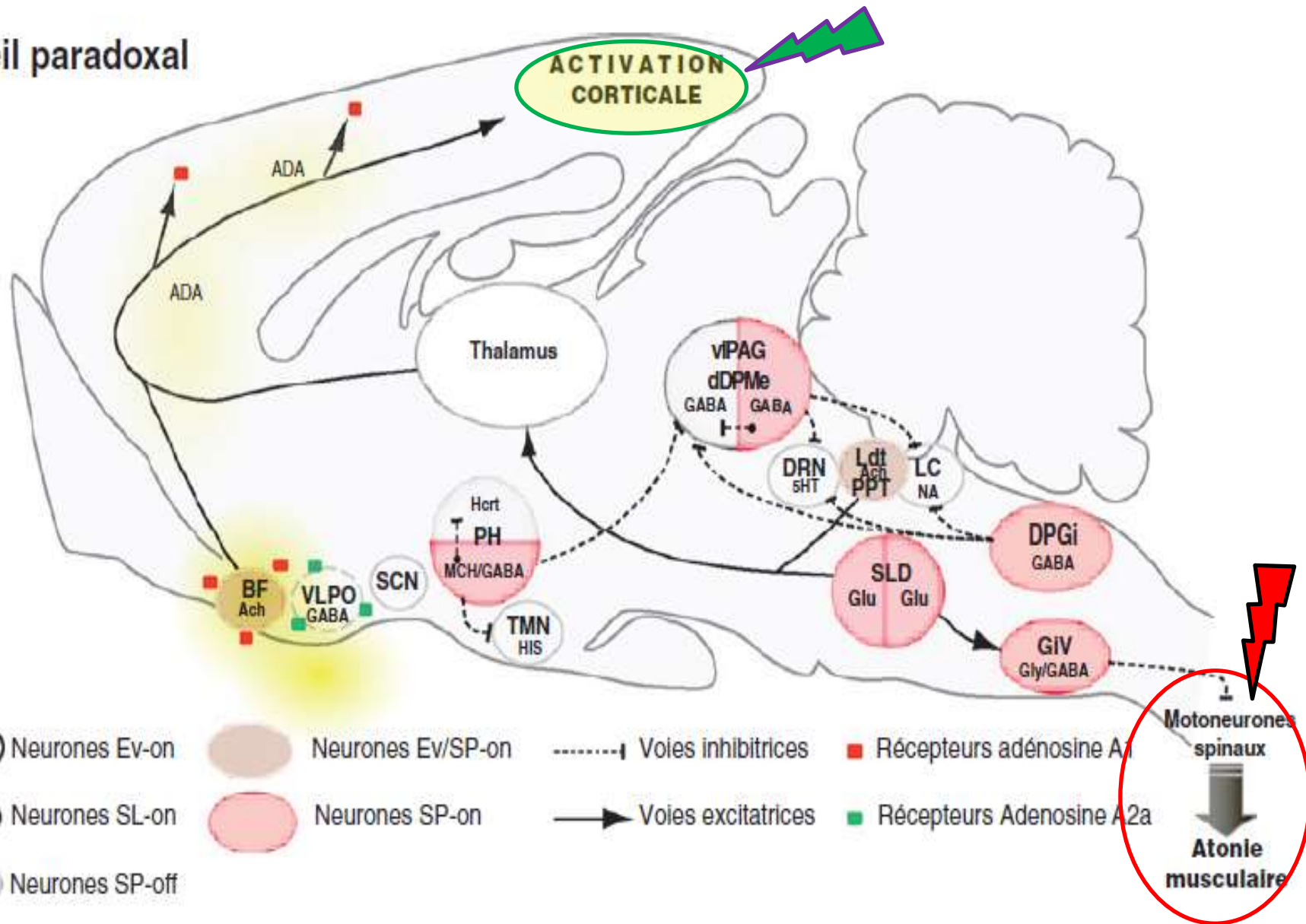
	Neurones Ev-on		Neurones Ev/SP-on		Voies inhibitrices		Récepteurs adénosine A1
	Neurones SL-on		Neurones SP-on		Voies excitatrices		Récepteurs Adenosine A2a
	Neurones SP-off						



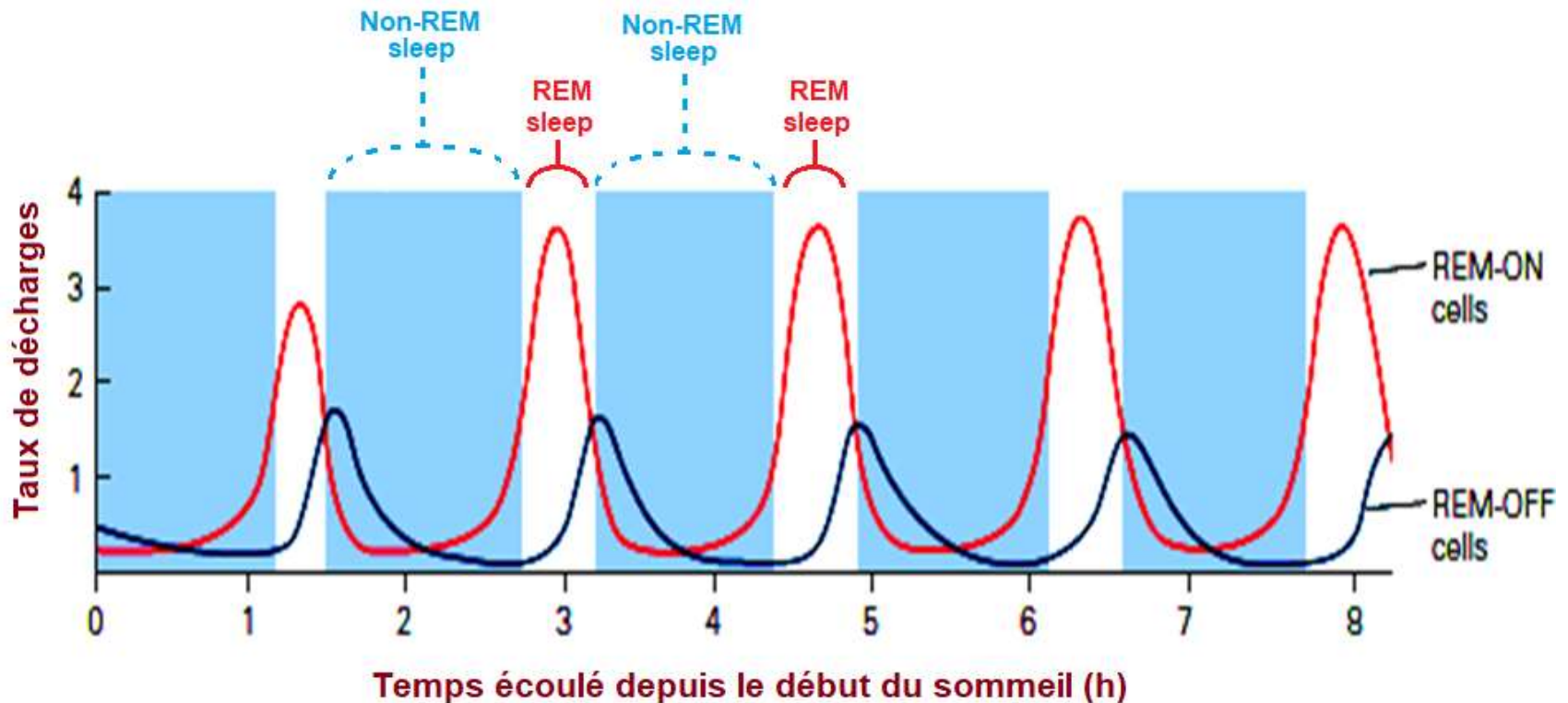
## Les grands systèmes neurochimiques sont impliqués (fin)

- **Pour le sommeil paradoxal** (*voir figure suivante*) :
- **Globalement**, des structures **SP-ON** (SP : "Sommeil Paradoxal"), sont activées au cours de ces phases de sommeil : dans *l'hypothalamus postérieur* (à MCH/ GABA\*), des effets sur *le tronc cérébral sur des neurones qui seront aussi qualifiés* de **SP-ON** car *ils s'activent lors du SP* vont être en gros de deux ordres :
  - une inhibition motrice descendante avec **atonie musculaire** par hyperpolarisation de la plupart des motoneurones
  - et une **activation corticale** (qui semble éveillé : d'où le nom de sommeil paradoxal) : *sujet profondément endormi, alors que le cerveau a une activité importante durant laquelle le sujet, s'il est réveillé à ce moment rapporte souvent des rêves...*
- (\***MCH/ GABA** : neurones à contenu mixte "Melano Concentrating Hormone/ GABA")

# Sommeil paradoxal



# Induction et arrêt des phases de sommeil paradoxal



REM sleep : Sommeil avec Mouvements Oculaires Rapides (*Rapid Eye Movements Sleep*)

REM-ON cells : neurones qui déchargent lors du sommeil avec REM

Non-REM Sleep : Sommeil sans mouvements oculaires rapides

REM-OFF cells : neurones qui déchargent lors de l'arrêt des REM

**TRONC CEREBRAL :**

**Les Cellules REM-ON : sont Cholinergiques (Ach)**

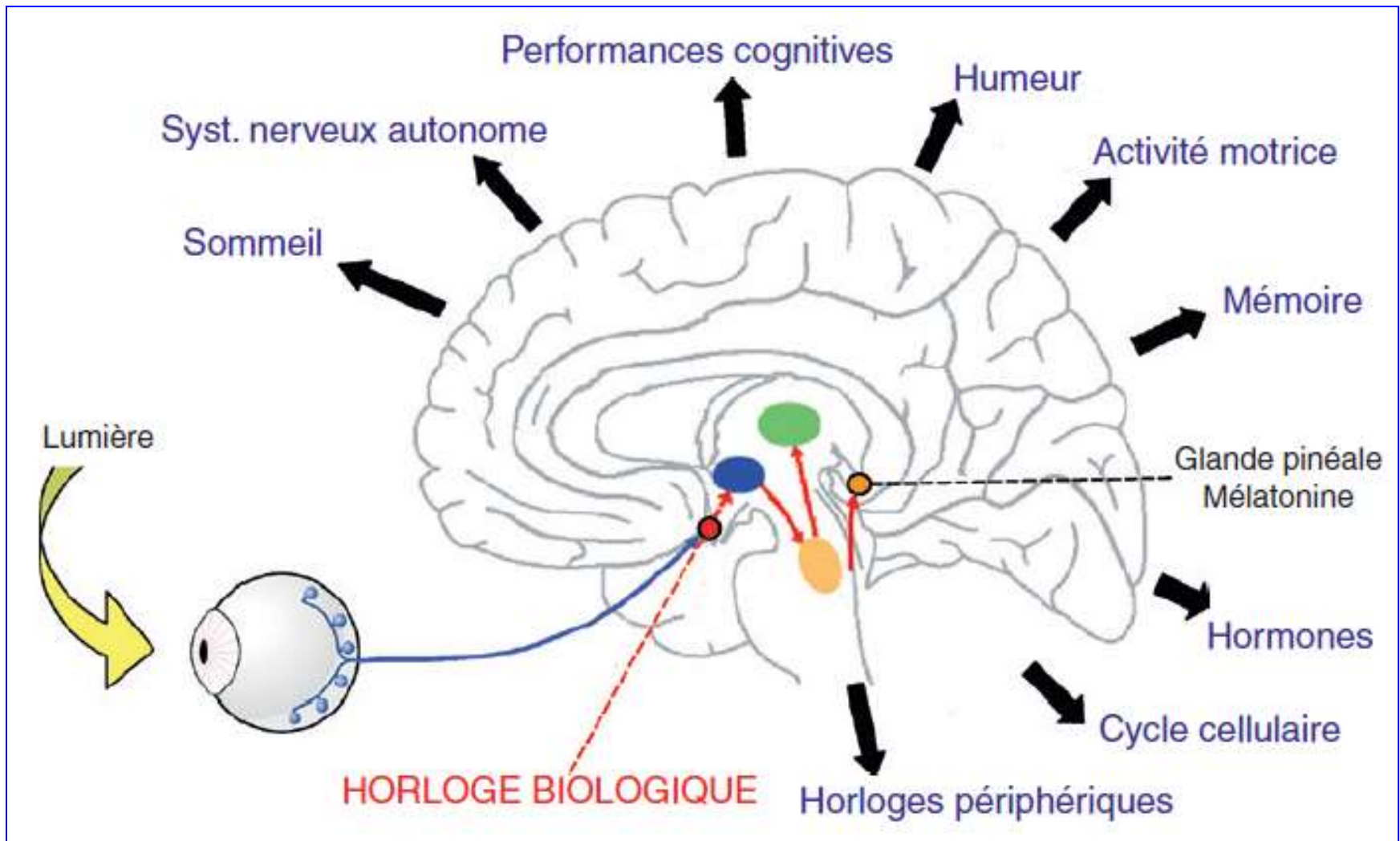
**Les Cellules REM-OFF : sont Sérotoninergiques (5-HT)**



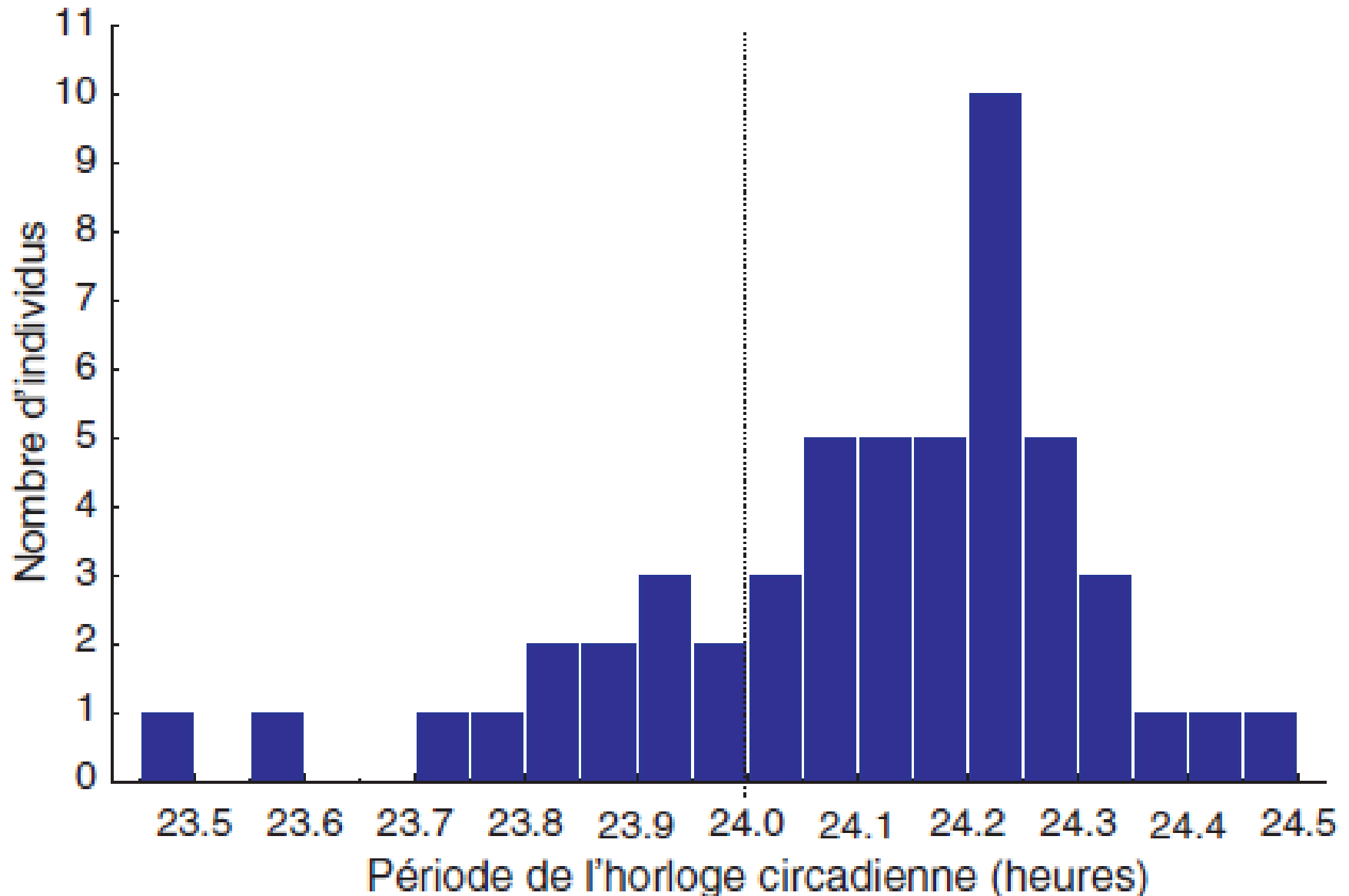
# SP / Rêves...



# Sommeil actif : "Horloge biologique"



# Horloge interne (dans l'hypothalamus)

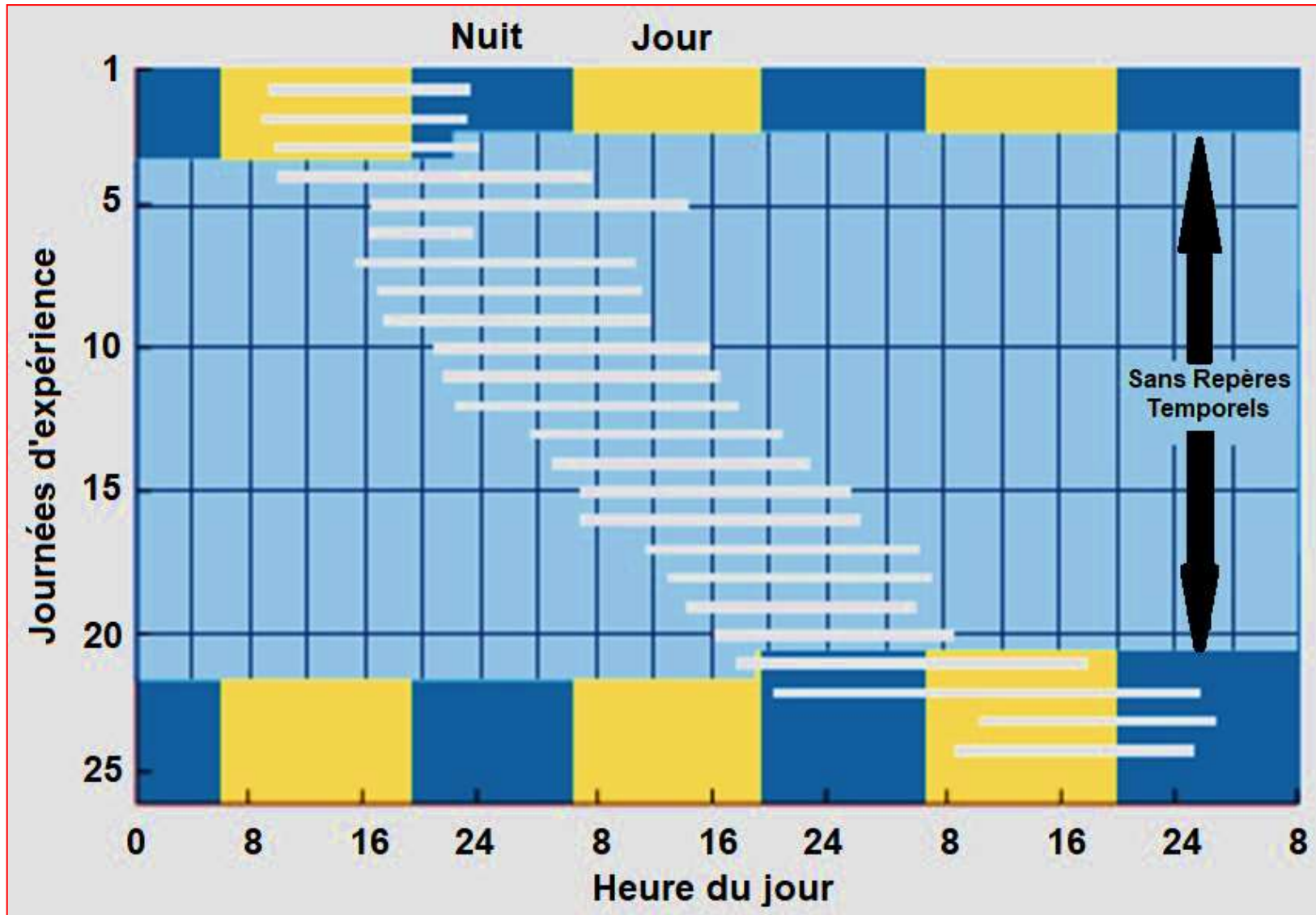




# Horloge interne : isolement $\rightarrow T: \geq 25h$

- Lors d'un **isolement sensoriel** (absence de lumière du jour, de bruits extérieurs, des rythmes du travail et de la vie sociale : par exemple dans une grotte souterraine durant plusieurs jours) :
- En l'absence de cette **REMISE À L'HEURE** par des repères extérieurs, l'alternance veille-sommeil se décale progressivement car l'horloge interne a une durée de  $\approx 25h$  : chaque jour, les horaires sont décalés d'une heure...

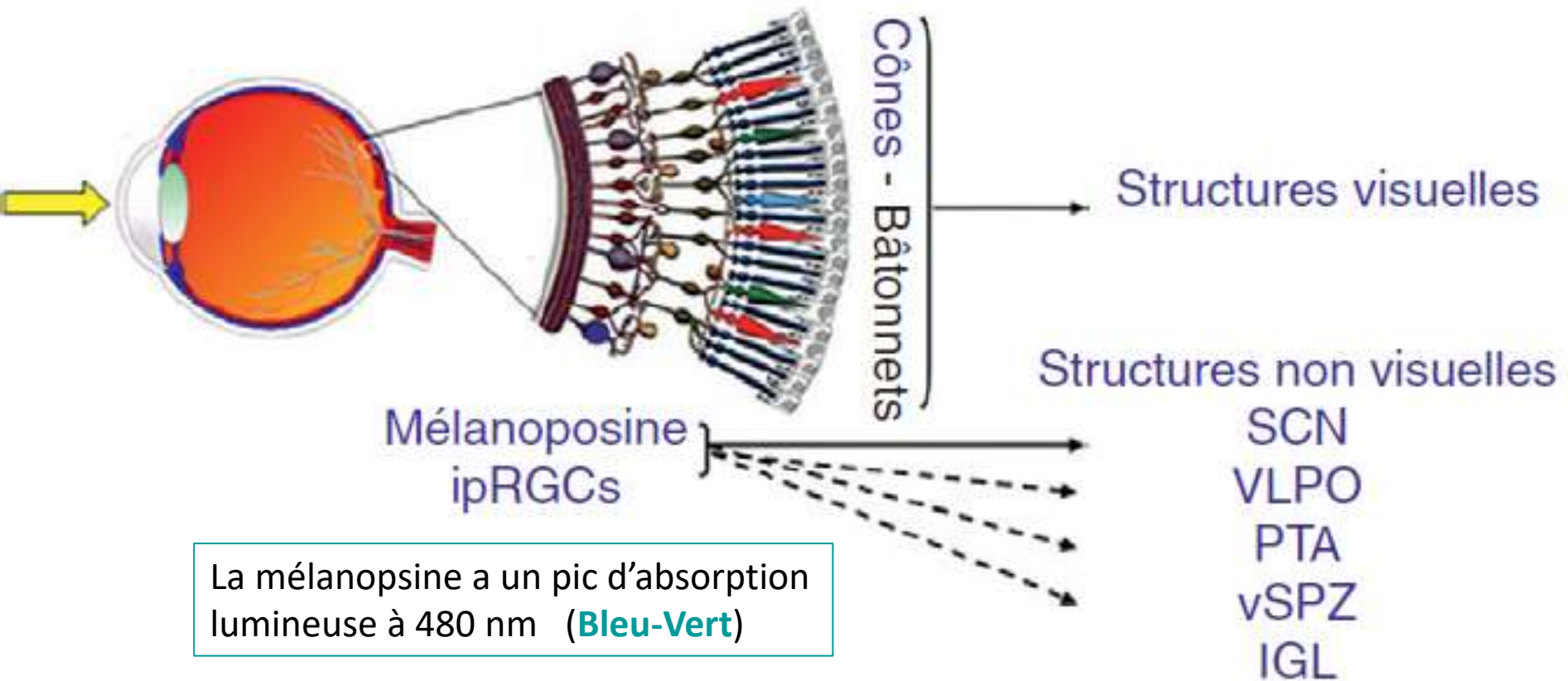
# Horloge interne : isolement $\rightarrow T: \geq 25h$



# Synchronisation de l'horloge

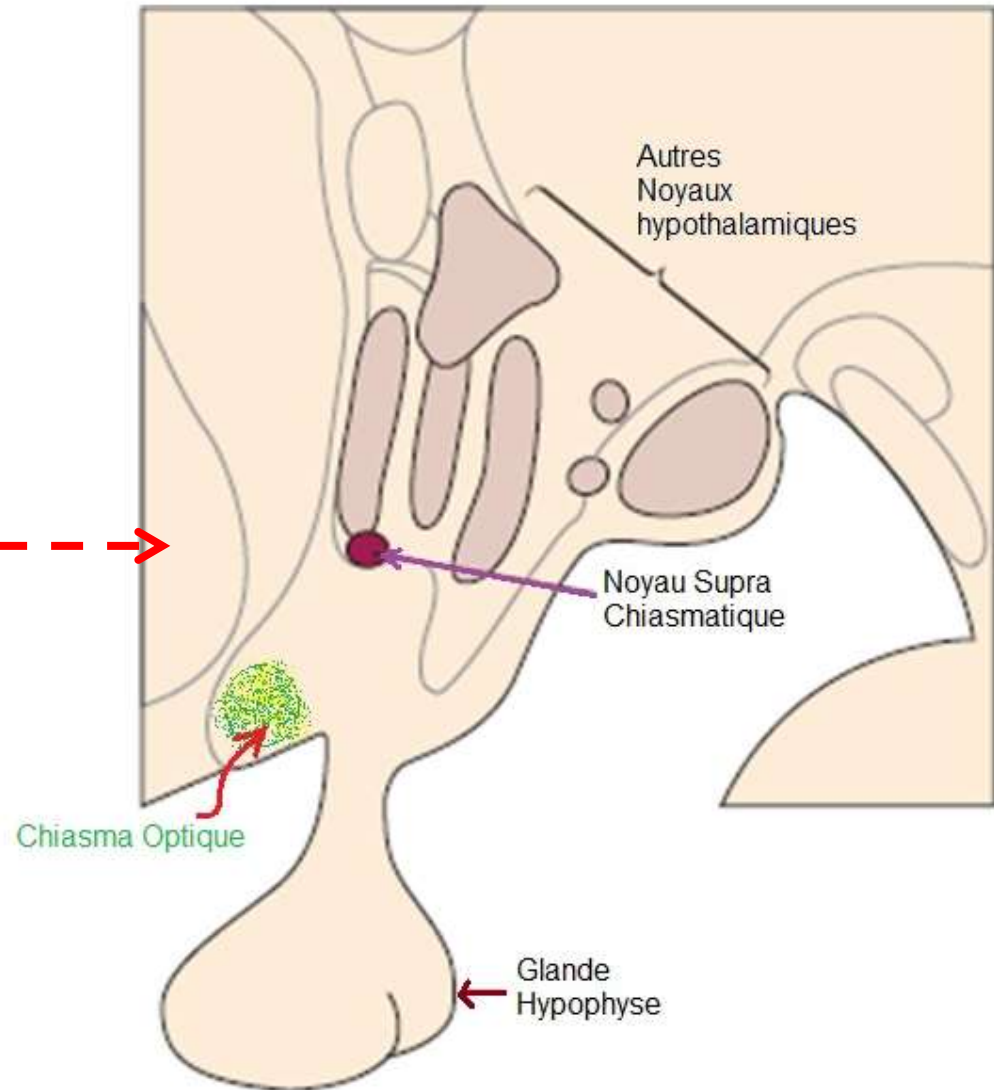
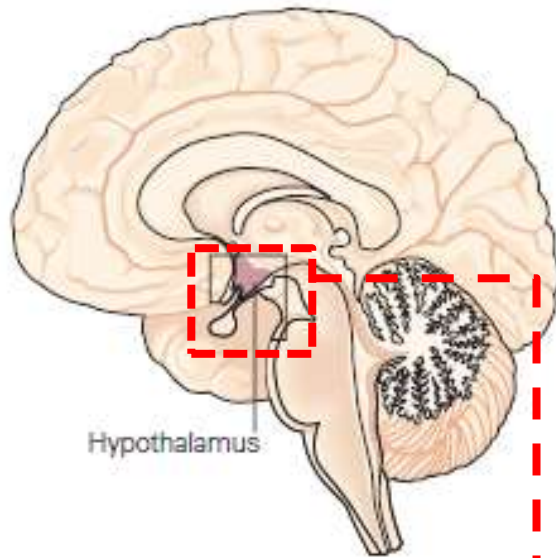
- Le principal synchroniseur de l'horloge met en jeu les afférences rétiniennes qui bloquent la sécrétion de mélatonine par l'épiphyse
- D'autres sources de "remise à l'heure" de l'horloge biologique se trouvent dans les autres stimuli extérieurs (bruits, activités diurnes...)

# Synchronisation de l'horloge interne : Rôle de la mélatonine (épiphyse)



**La lumière (bleue) bloque la sécrétion  
de mélatonine**

# Noyau suprachiasmatique (Hypothalamus)



# ***Fonctions du sommeil***

**"Sommeil réparateur"**

## *2 hypothèses :*

- **1) Rôle cognitif** : le sommeil joue un rôle important dans :
  - L'**apprentissage**;
  - La **mémoire**;
  - La **plasticité neuronale** (modifications synaptiques et trophiques : les neurones s'adaptent en réponse à des modifications de fonctionnement...)



## *2 hypothèses (suite):*

- **2) Rôle d'entretien des cellules nerveuses:**

- **Détoxification** : élimination de substances générées par l'activité neuronale à travers une inversion du gradient de pression entre LCR et sang :
- **lors de l'éveil** : Pression (sang artériel) > Pression(LCR): donc le gradient est en faveur de l'apport de substances vers les neurones par les cellules gliales (Glucose, O<sub>2</sub>, etc.) ;
- **Au cours du sommeil à ondes lentes** : inversion du gradient de pression : les liquides tendent à drainer les substances parfois toxiques accumulées lors de l'éveil (radicaux libres, protéines qui peuvent provoquer des maladies neuro-dégénératives).
- **Pour plus de détails, cf. Fultz et al.** : Science (1 nov. 2019 • vol 366 issue 6465 p. 572-73): Coupled electrophysiological, hemodynamic, and cerebrospinal fluid oscillations in human sleep. [Cet article montre que les mouvements de liquides dans le cerveau s'inversent selon les variations de l'activité des neurones et du volume sanguin cérébral durant le sommeil à ondes lentes, ce qui permet alors un "nettoyage" avec élimination des substances potentiellement nocives]

# Sommeil et système immunitaire

## Privation de sommeil aiguë (courte) :

- . ↓ Immunité adaptative (Th1) ;
- . ↓ Lymphocytes ;
- . ↓ De la réponse des anticorps des vaccins

## Privation Chronique (prolongée) de sommeil :

- . ↑ Immunité innée / Inflammation ;
- . ↑ IL-6, IL-1B, TNF, TNFR1 ;
- . ↑ Circulation des leucocytes

