

# LE SOMMEIL ET LES RYTHMES BIOLOGIQUES

Dr. Walter S. Marcantoni  
[www.angelfire.com/comics/bloom\\_county](http://www.angelfire.com/comics/bloom_county)

## OBJECTIFS

Expliquer les changements électrophysiologiques et physiologiques associés avec les divers stades de sommeil

Nommer les structures neurales impliquées dans le contrôle de l'éveil, le sommeil à ondes lentes et le sommeil paradoxal

Expliquer à quoi sert le sommeil à ondes lentes et le sommeil paradoxal

Définir les rythmes circadiens et identifier la structure cérébrale qui les coordonnent

Identifier les troubles de sommeil à ondes lentes et de sommeil paradoxal

# DÉFINITION

- état d'une personne dont la vigilance se trouve suspendue de façon immédiatement réversible.

(Le Petit Larousse Illustré, 1993.)

- opposé à l'état d'éveil.

# DÉFINITION

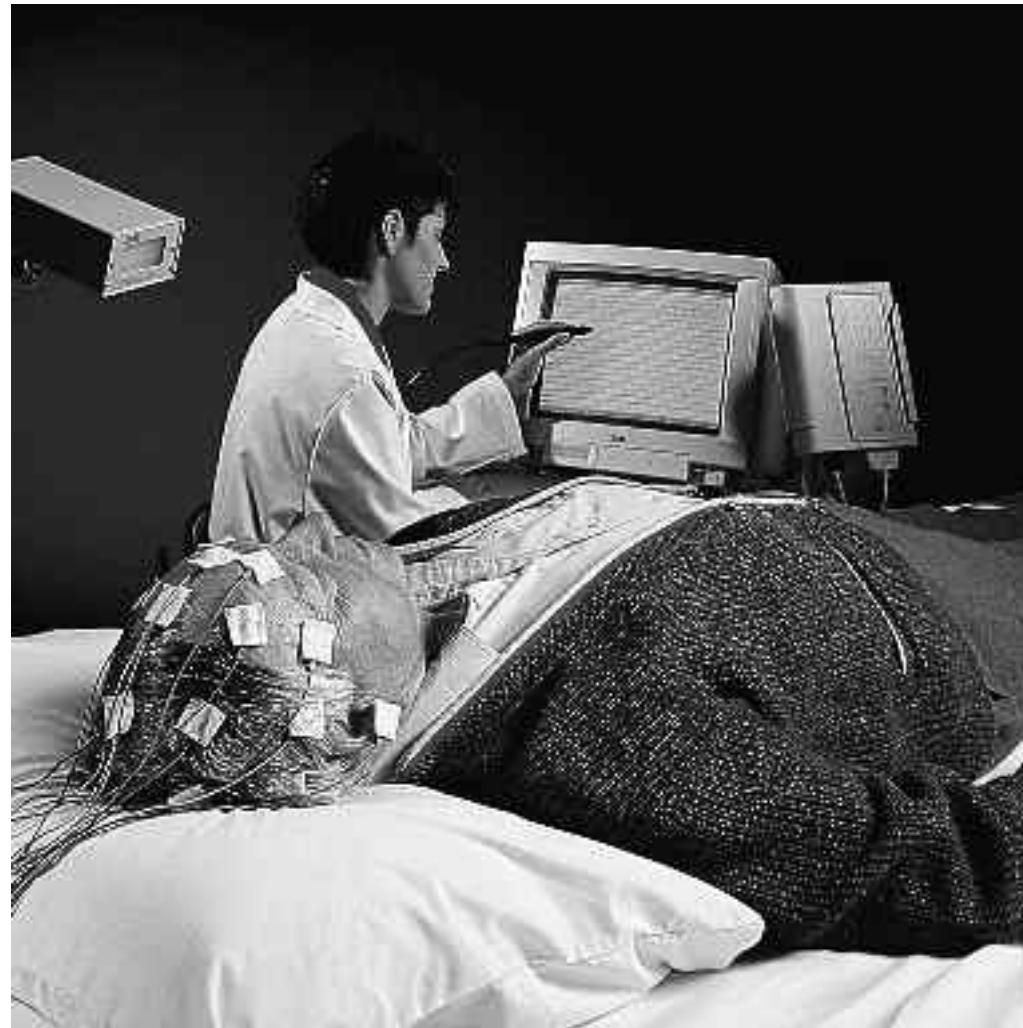
- état physiologique et comportemental
- 1/3 de la vie
- existe dans tout le règne animal = critique pour la vie
- temps de sommeil spécifique à chaque espèce
- fonction cérébrale complexe

rôle exact ?

# MESURES DU CYCLE VEILLE/SOMMEIL CHEZ L'HUMAIN

- **électroencéphalogramme (EEG)** = mesure de l'activité électrique générale du cerveau.
- **électromyogramme (EMG)** = mesure de l'activité musculaire.
- **électro-oculogramme (EOG)** = mesure des mouvements des yeux.

# MESURES DU CYCLE VEILLE/SOMMEIL CHEZ L'HUMAIN



# MESURES DU CYCLE VEILLE/SOMMEIL CHEZ L'HUMAIN: Electroencéphalogramme (EEG)

caractéristiques d'une onde cérébrale

- ***amplitude***  
hauteur de l'onde (exprimée en microvolts ( $\mu$ V))  
sommation temporelle et spatiale des potentiels de champ
- ***fréquence***  
nombre d'oscillations sur un temps donné (exprimé en hertz (Hz) (cycles/seconde))
- ***morphologie***  
forme de l'onde  
combinaison simultanée de l'amplitude et de la fréquence

# MESURES DU CYCLE VEILLE/SOMMEIL CHEZ L'HUMAIN: Electroencéphalogramme (EEG)

Classification traditionnelle des ondes cérébrales

- *Bêta* ( $\beta$ )

14.00- + Hz

amplitude ---

fréquence +++



- *Alpha* ( $\alpha$ )

8.00-13.75 Hz

amplitude +-

fréquence +-

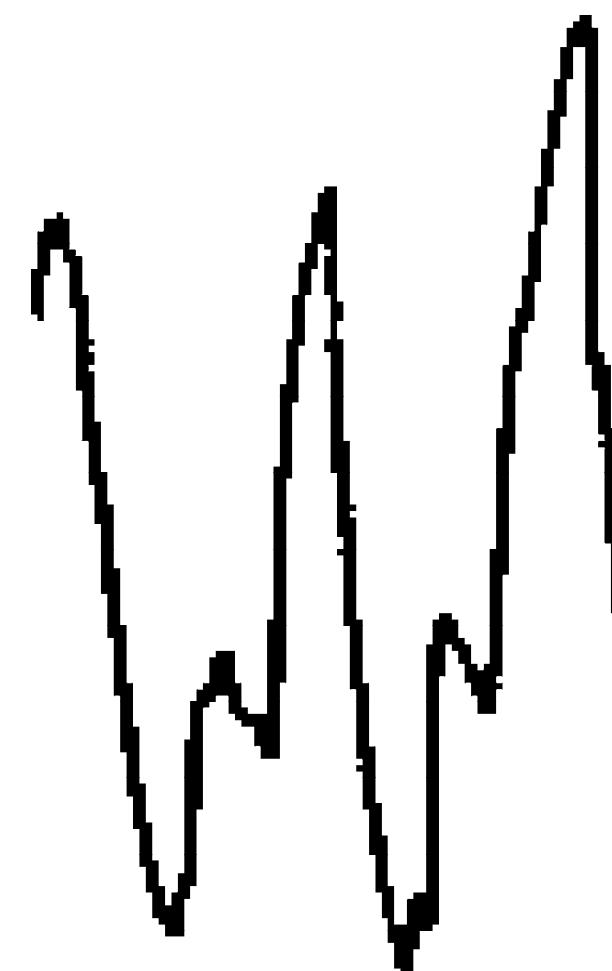


- *Thêta* ( $\theta$ )

4.00-7.75 Hz

amplitude ++

fréquence -



- *Delta* ( $\delta$ )

0.5-3.75 Hz

amplitude +++

fréquence ---



# ÉTATS FONCTIONNELS DU CERVEAU

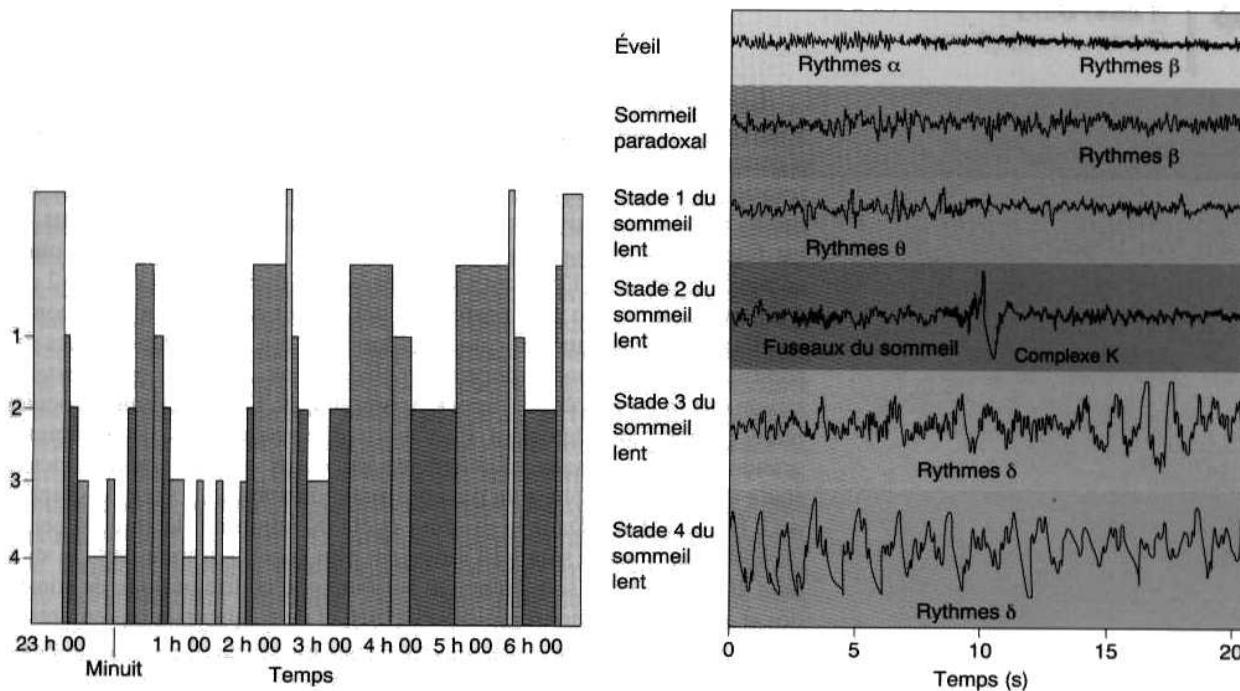
- au cours d'une journée ordinaire, nous expérimentons deux types de comportements très différents:
  - l'éveil et le sommeil
- plusieurs phases de sommeil
  - sommeil à ondes lentes (4)
  - sommeil paradoxal
- éveil, sommeil à ondes lentes et sommeil paradoxal sont produits par trois états fonctionnels distincts du cerveau

# ÉTATS FONCTIONNELS DU CERVEAU

	Éveil	Sommeil à ondes lentes	Sommeil paradoxal
<b>EEG</b>	Faible amplitude, rythme rapide	Forte amplitude, rythme lent	Faible amplitude, rythme rapide
<b>Sensation</b>	Vive, origine extérieure  Activité para./symp.	Absente ou très atténuée  Activité para.	Vive, générée intérieurement  Activité sympa.
<b>Pensée</b>	Logique, progressive	Logique, répétitive	Vive, illogique, étrange
<b>Mouvement</b>	Continu, volontaire	Occasionnel, involontaire	Atonie musculaire, mouvement commandé par le cerveau mais pas réalisé
<b>Mouvements oculaires rapides</b>	Fréquents	Rares	Fréquents

# CYCLE VEILLE-SOMMEIL

- sommeil à ondes lentes représente environ 75% de la durée totale du sommeil; sommeil paradoxal 25%
- une nuit de sommeil est une succession de différentes phases
  - sommeil à ondes lentes; sommeil paradoxal; sommeil à ondes lentes
- ce cycle se répète à toutes les 90 minutes, environ



# CYCLE VEILLE-SOMMEIL

## Sommeil à ondes lentes

- le sommeil en ondes lentes se divise en 4 phases distinctes ou stades
- le seuil d'éveil est inversement proportionnel à la fréquence du EEG

Ondes	Stade	Fréquence	État	Caractéristiques
Alpha/Béta		8-30 Hz	Éveillé	
Théta	1	3.5-7.5 Hz	Vigilance réduite	Le tonus musculaire et la fréquence cardiaque diminuent. Mouvements oculaires lents (les globes oculaires ``roulent``).
Théta/complexes K	2	3.5-7.5 Hz/ 12-14 Hz	Endormi	
Delta	3	<3.5 Hz (20 à 50 %)	Profondément endormi	Il persiste une très discrète activité musculaire. Les mouvements oculaires ont quasiment disparus.
Delta	4	<3.5 Hz (+50 %)	Profondément endormi	À ce stade peuvent se produire des cauchemars (liés à un stress émotionnel), le somnambulisme et parler en dormant.

# CYCLE VEILLE-SOMMEIL

## Sommeil paradoxal

- 90 minutes après l'endormissement (45 min après le début du stade 4)
- marque la fin du premier cycle de sommeil

changements électrophysiologiques	changements physiologiques	autres caractéristiques
<ul style="list-style-type: none"><li>- voltage diminue; fréquence accélère</li><li>- pointes ponticulo-genouillé-occipital (PGO)</li><li>- l'influx nerveux parvenant du <b>tronc cérébral</b> (protubérance dorsolatéral, noyaux moteurs des nerfs oculomoteur, trijumeau et facial), <b>thalamus</b> (noyau du corps genouillé latéral), et le <b>visuel et auditif</b> sont à l'origine des pointes PGO</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- perte profonde de tonus musculaire à travers le corps</li><li>- muscles contrôlant les mouvements oculaires, la respiration et les osselets de l'oreille moyenne échappe cette paralysie générale</li><li>- système nerveux sympathique domine</li><li>- dilatation des organes pelviens et des érections péninnes</li><li>- bouffées de mouvements oculaires rapides (REM)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- le seuil d'éveil est augmenté pour des stimuli environnementaux</li><li>- la chance d'éveil spontané est plus probable</li><li>- rêves</li></ul>

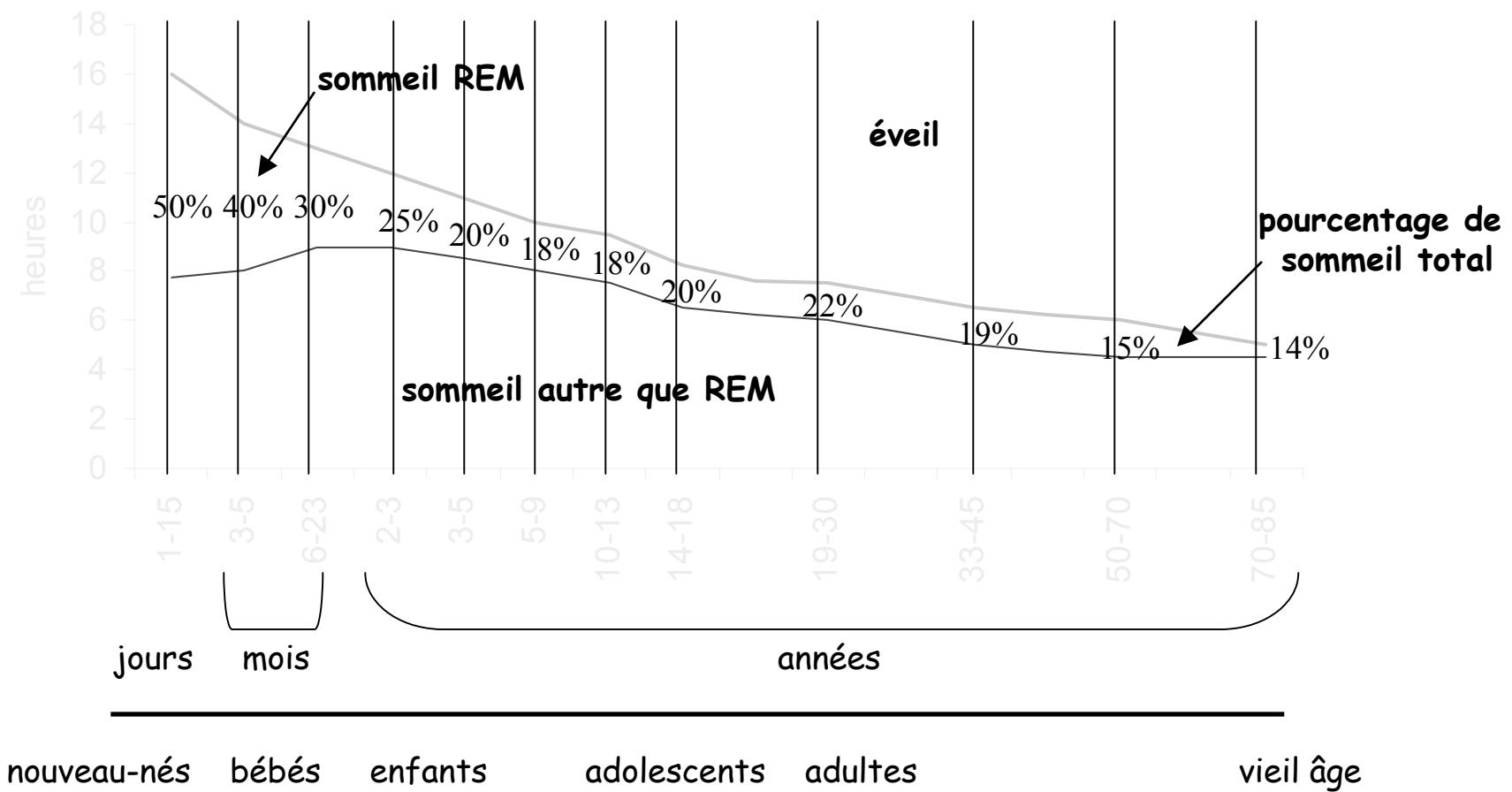
# CYCLE VEILLE-SOMMEIL

## Activité mentale durant le sommeil

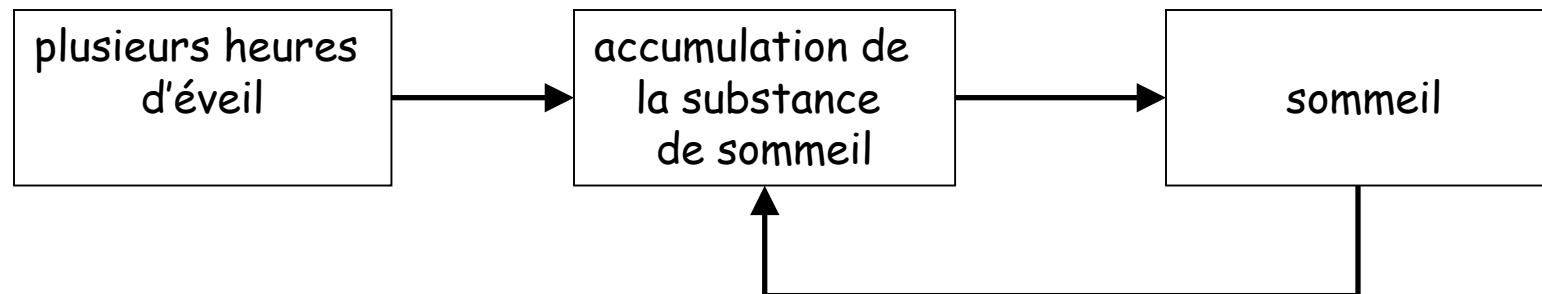
- tout le monde rêve
- Madsen (1991): durant les rêves le flux sanguin ↑ dans les régions occipitales et ↓ dans cortex pré-frontal dorso-latéral
- Roffwarg (1962): mouvement oculaire est souvent associé à l'imagerie visuelle du rêve
- McCarley et Hobson (1979): mécanismes cérébraux activés durant les rêves sont similaires à ceux activés durant l'éveil
- cauchemar: souvent durant stade 4; incubus

# CYCLE VEILLE-SOMMEIL

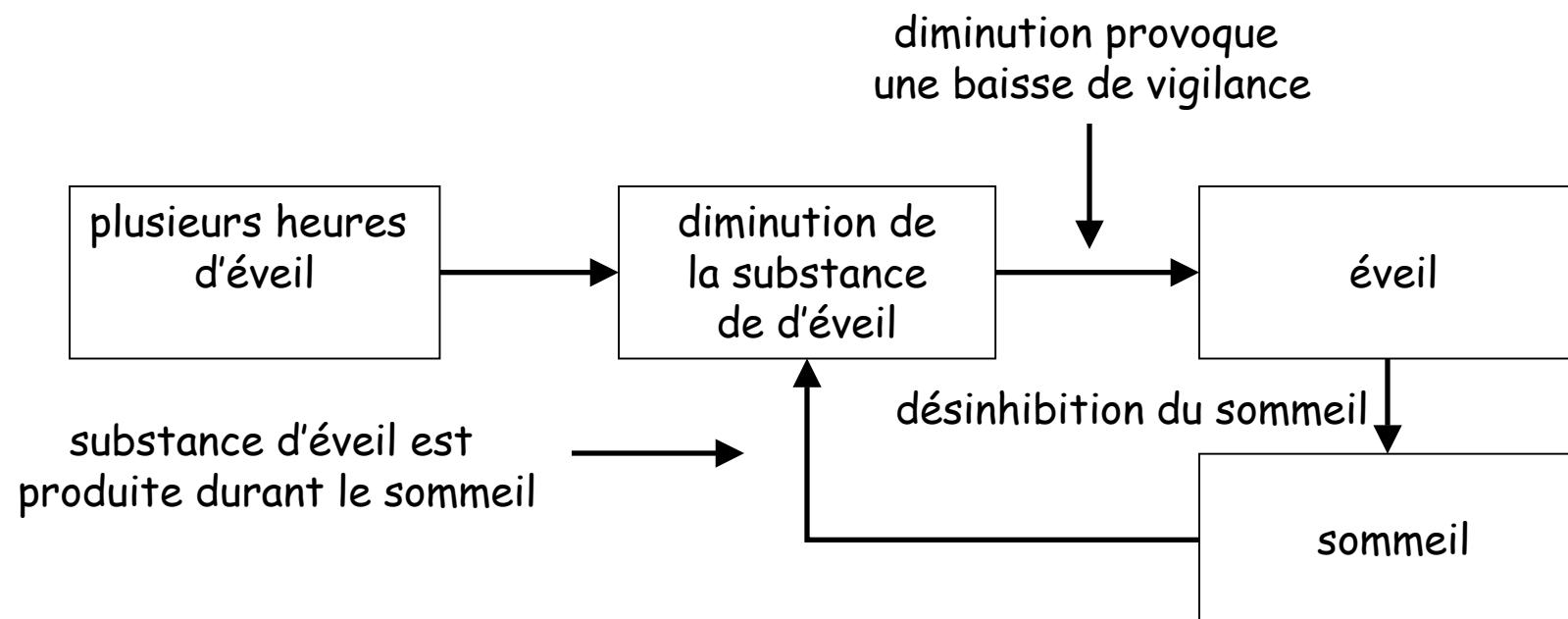
## Développement Du Sommeil



# Contrôle chimique du sommeil



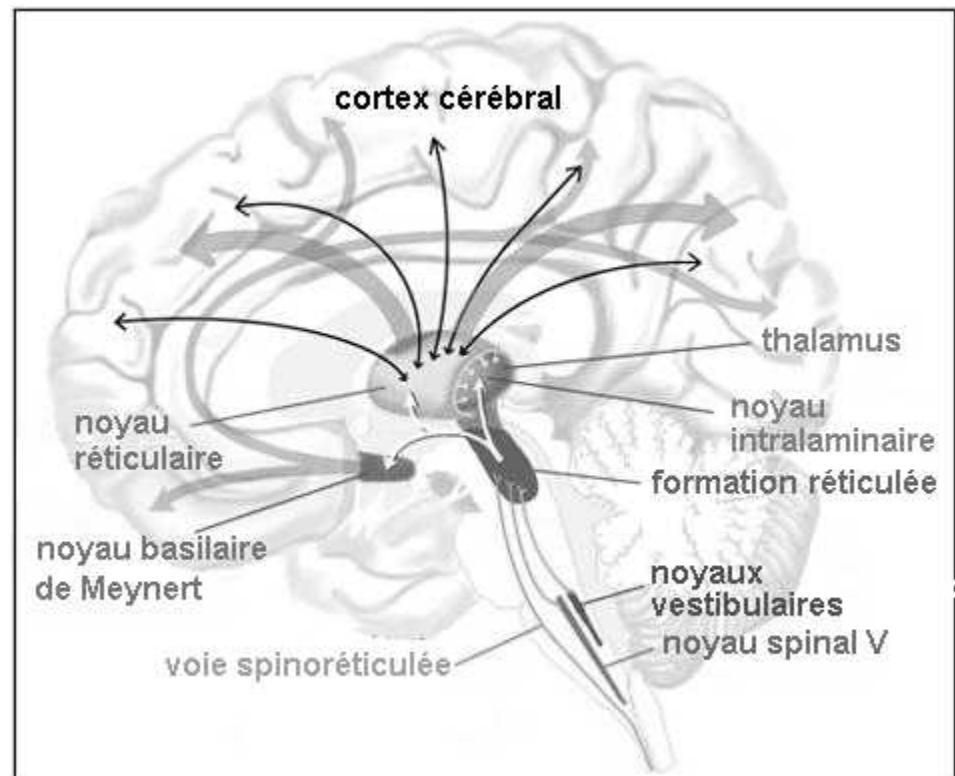
substance de sommeil est détruite durant le sommeil



# CONTRÔLE NEURAL DE L'ÉVEIL

## Formation Réticulée

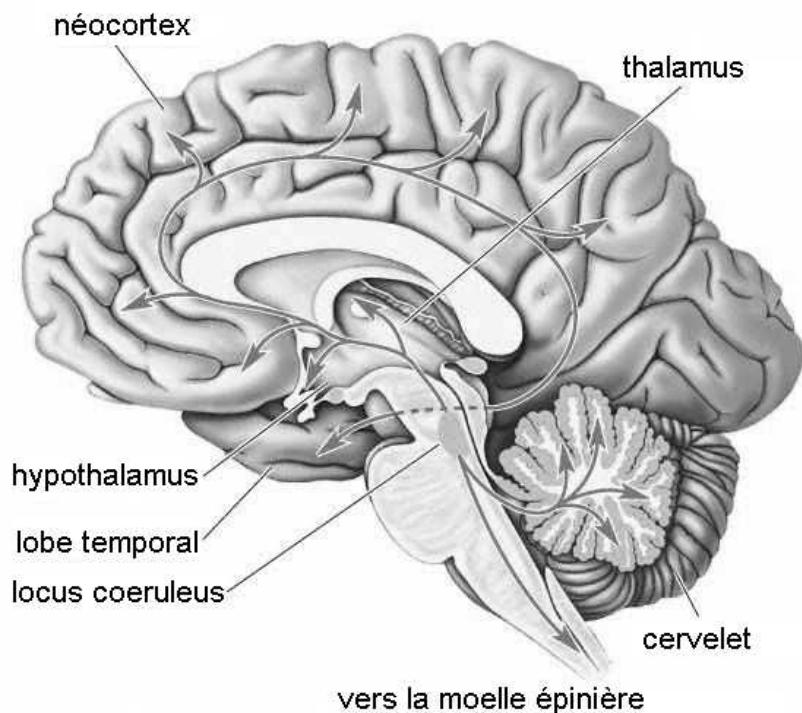
- Moruzzi et Magoun (1949)
  - stimulation
  - lésions
- active le cortex par 2 voies
  - voie dorsale  
(noyaux médians et intralaminaires)
  - voie ventrale  
(hypothalamus, noyaux gris centraux, prosencéphale basal)



# CONTRÔLE NEURAL DE L'ÉVEIL

## Locus Coeruleus

- contient des cellules noradrénergiques
- projette à plusieurs régions du cerveau - (voir figure)
- Jones et al. (1969) - lésions augmentent le sommeil à ondes lentes et le REM
- Aston-Jones et Bloom (1981) - une augmentation dans l'activité des neurones noradrénergiques juste avant le réveil



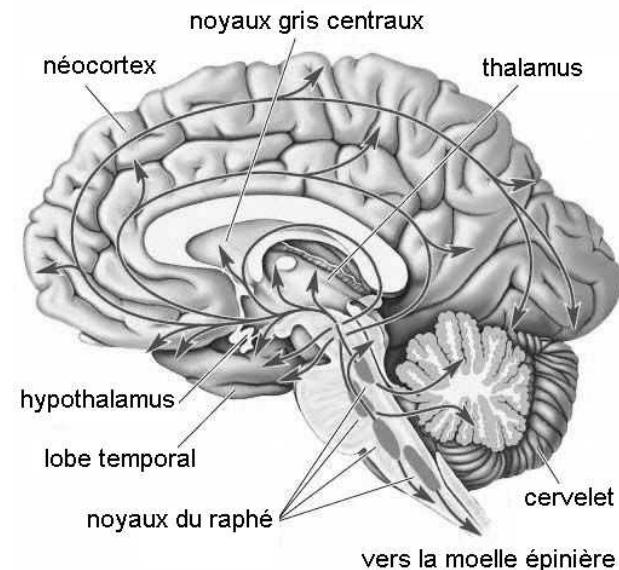
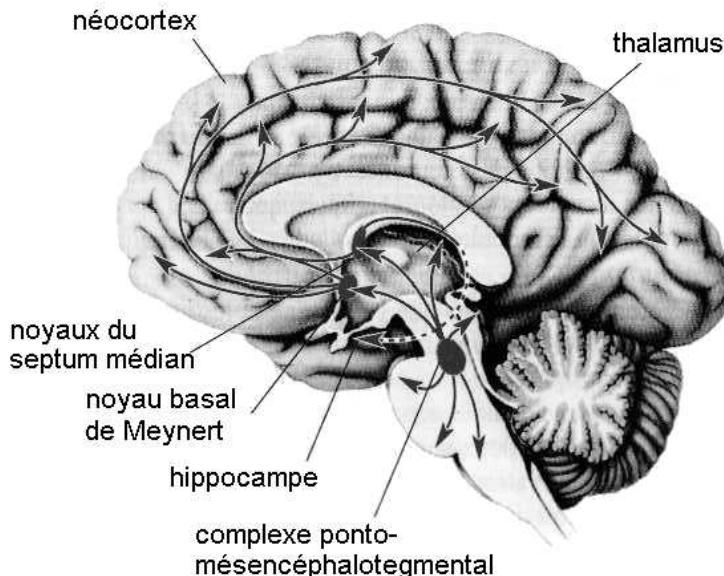
# CONTRÔLE NEURAL DE L'ÉVEIL

protubérance et la télencéphale basale:

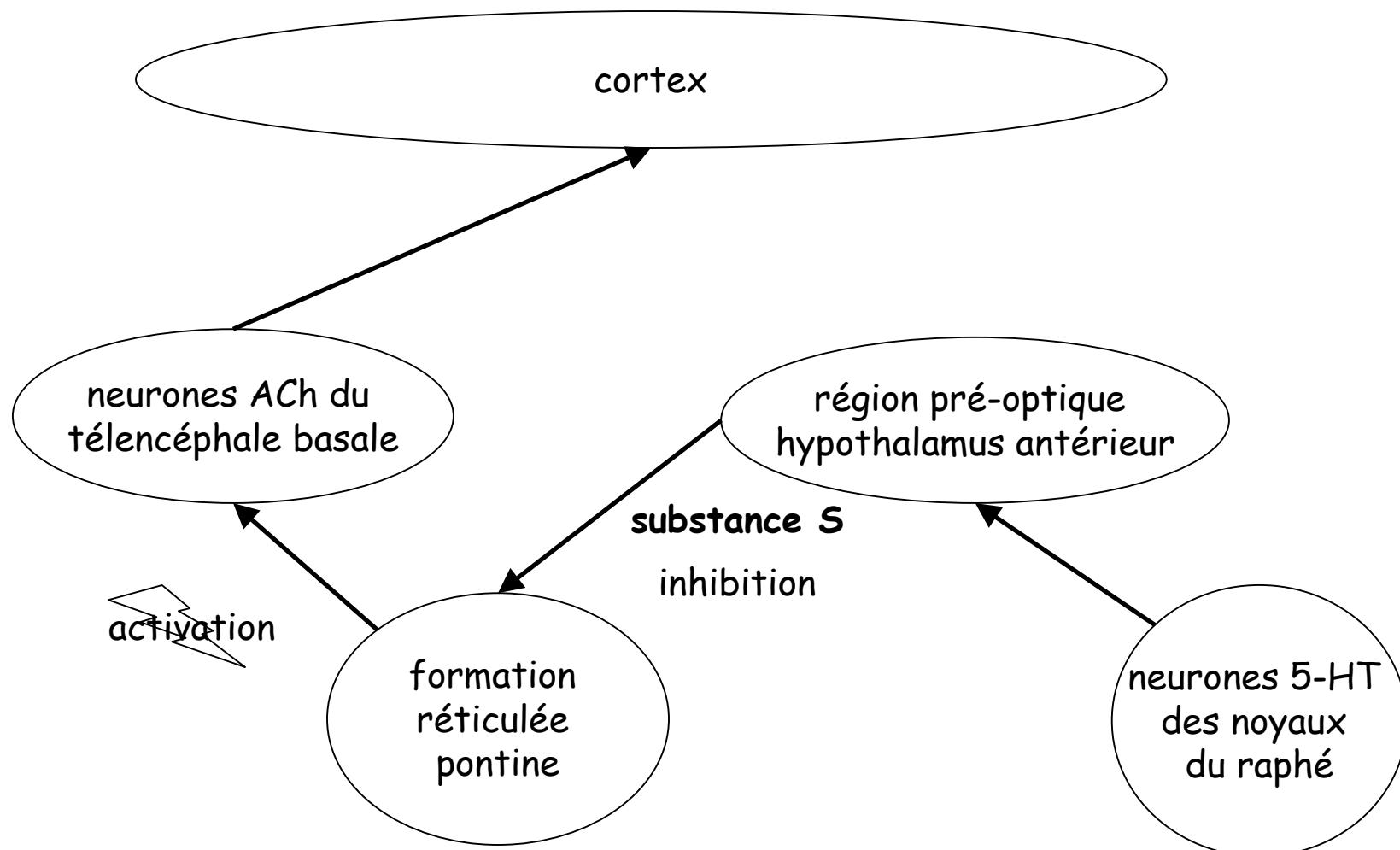
- acétylcholine
- Jones (1990): stimulation provoque une désynchronisation du EEG = éveil

noyaux du raphé:

- sérotonine
- Peck and Vanderwolf (199): stimulation provoque une désynchronisation du EEG = éveil



# CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL À ONDES LENTES



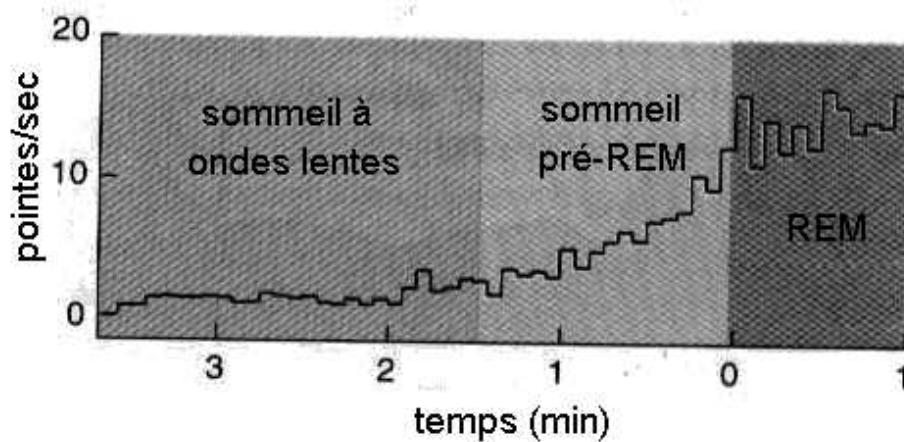
# CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

-contrôlé par des structures situées dans la protubérance

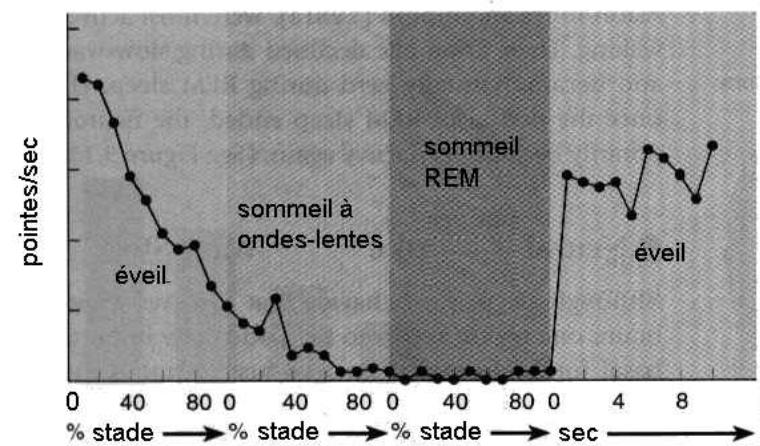
-la présence ou l'absence du sommeil paradoxal est liée à l'activité des cellules **cholinergiques** (acétylcholine) et des cellules **catécholaminergiques** (noradrénaline et sérotonine)

- acétylcholine **provoque** le sommeil paradoxal

- noradrénaline et sérotonine **inhibe** le sommeil paradoxal



activité cholinergique

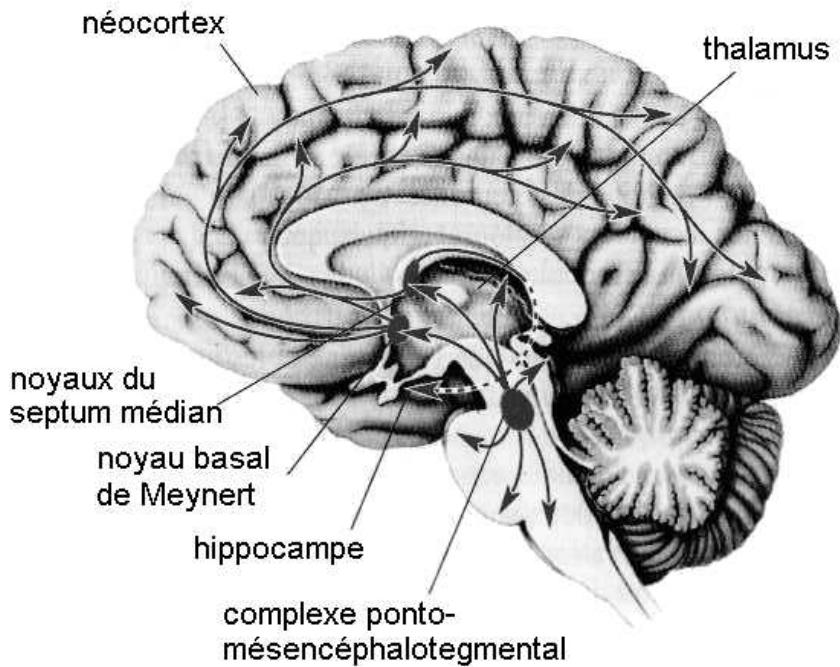


activité catécholaminergique

# CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

## Complexe Pontomésencéphalotegmental

- contient des cellules cholinergiques
- deux structures principales
  - noyau tegmental pédonculo-pontin
  - noyau tegmental latérodorsal
- projette à plusieurs régions  
(voir figure)



# Contrôle neural du sommeil paradoxal

## Complexe Pontomésencéphalotegmental

Sitaram et al. (1976) - injection de physostigmine (bloque l'acétylcholinestérase) provoque le sommeil paradoxal chez les sujets en sommeil à ondes lentes

Jasper et Tessier (1969) - niveau d'acétylcholine est plus élevé durant l'éveil et le sommeil paradoxal comparativement au sommeil à ondes lentes

McCarley (1989) - neurones du complexe pontomésencéphalotegmental sont plus actifs durant le sommeil paradoxal

Webster et Jones (1988) - destruction du complexe pontomésencéphalotegmental réduit le montant de sommeil paradoxal

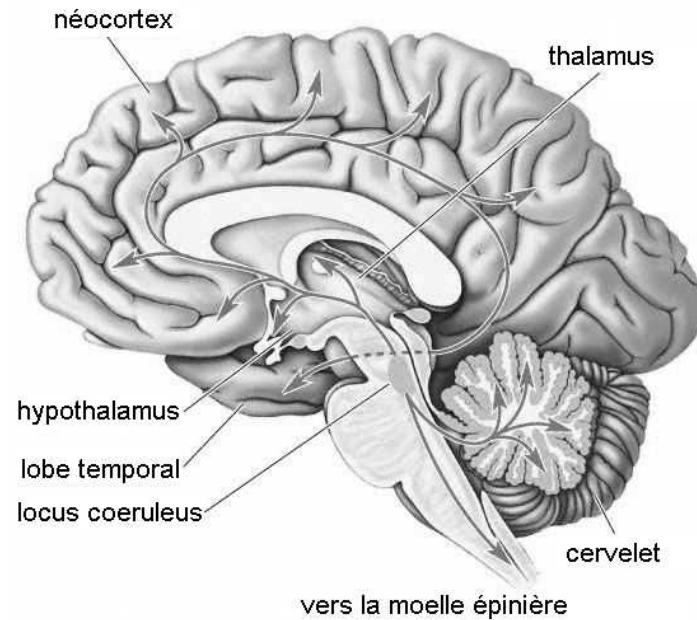
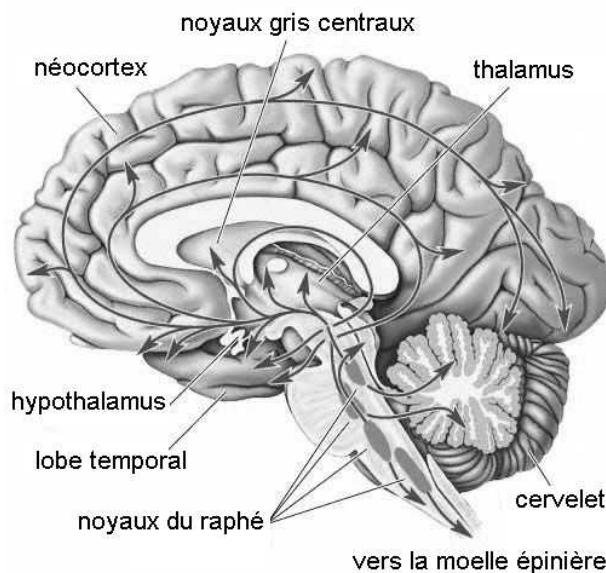
# CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

## Noyaux du Raphé et Locus Coeruleus

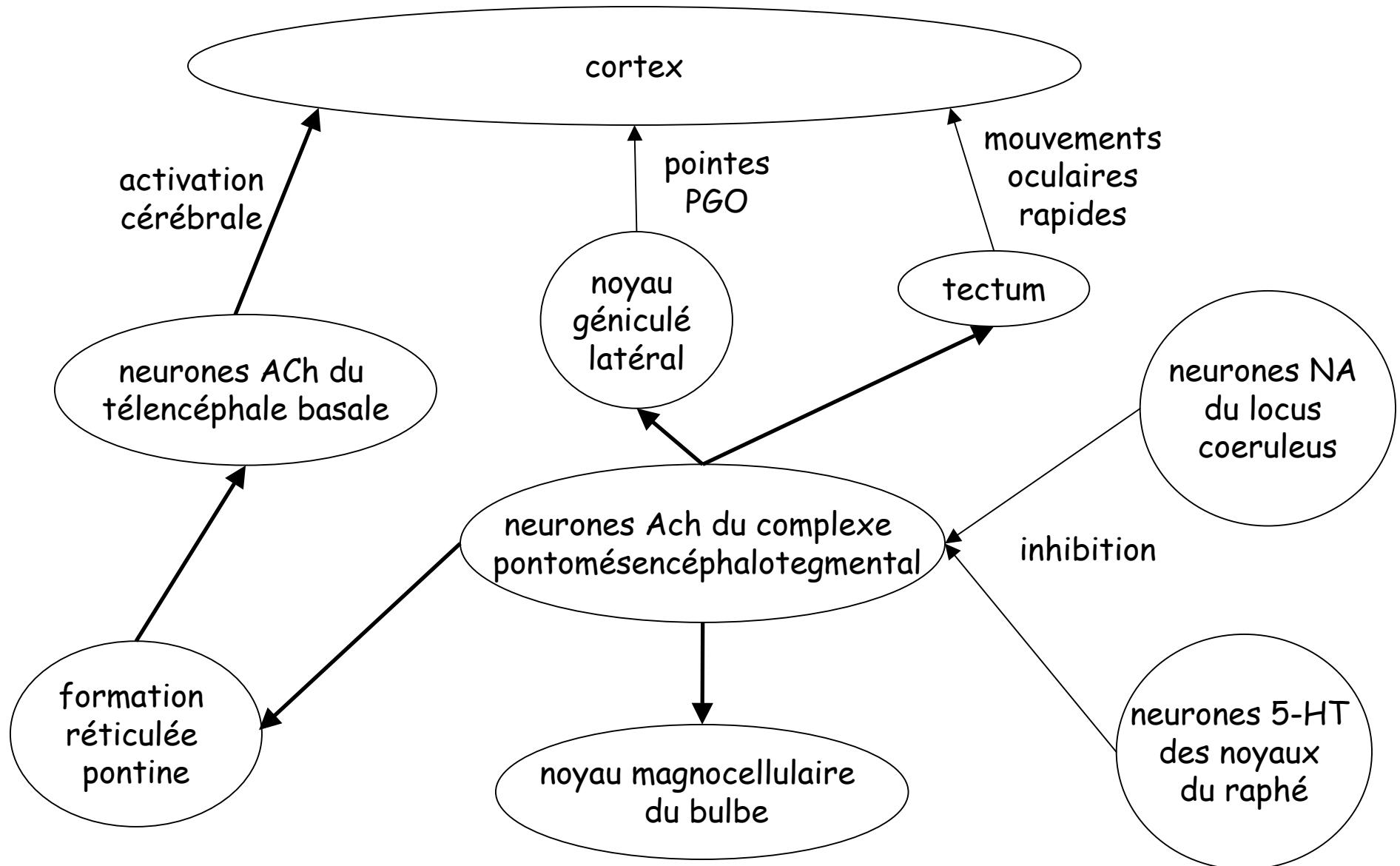
Noyaux du raphé - **cellules sérotoninergiques**

Locus coeruleus - **cellules noradrénergiques**

- les effets inhibiteurs des noyaux de raphé et le locus coeruleus empêche le sommeil paradoxal
- le sommeil paradoxal est déclenché par une diminution dans l'activité de ces deux structures



# CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL REM



# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

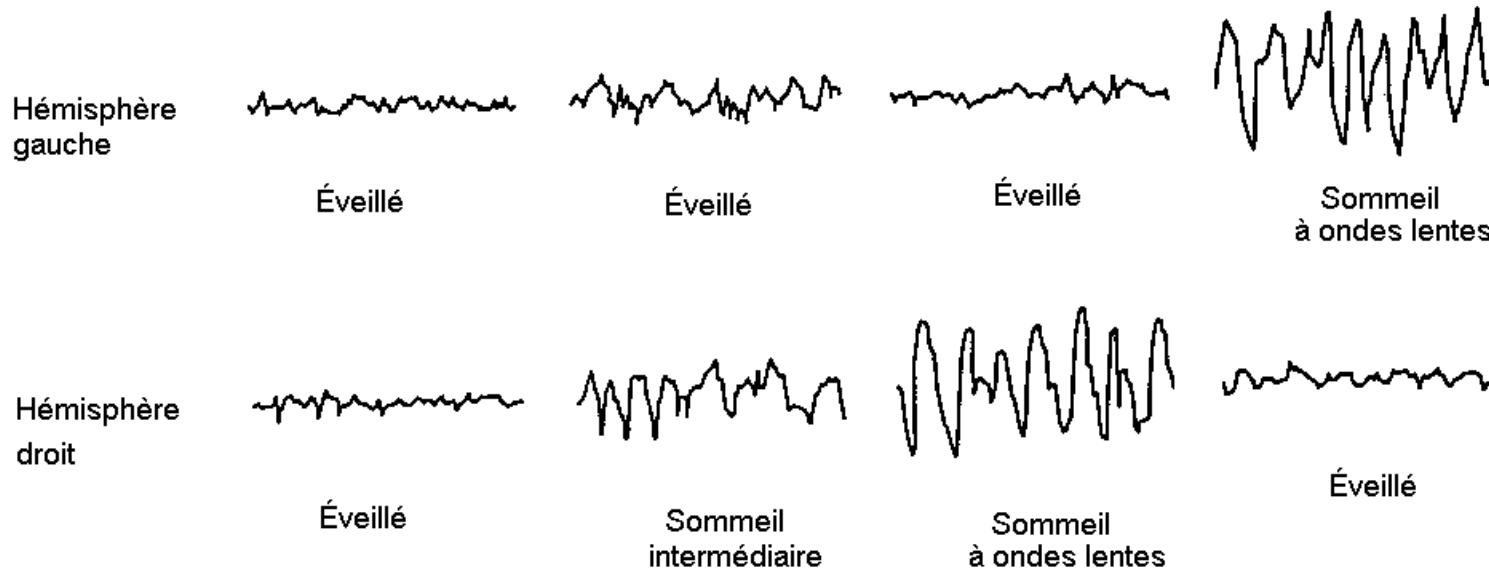
## 1. La théorie d'adaptation ou circadienne

- tous les mammifères, les oiseaux et reptiles dorment, mais seuls les mammifères et quelques oiseaux connaissent une phase de sommeil paradoxal
- permettre aux animaux de demeurer inactifs durant période dangereuses de la journée
- la durée de sommeil de chaque espèce est relié à son niveau de vulnérabilité au sommeil et au temps nécessaire pour survenir à leurs besoins nécessaires

# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## Argument contre la théorie d'adaptation ou circadienne

exemple:



Tracés EEG du sommeil chez le dauphin.

# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération

- le fait d'être éveillé perturbe l'homéostasie corporelle et que le sommeil permettrait de restaurer cette homéostasie
- l'activité physiologique du cerveau (métabolisme et flux sanguin) diminue de 75% durant le stade 4
- les régions les plus actives durant l'éveil démontrent l'activité delta la plus intense durant le stade 4
- Bonnet et Arand (1996)
  - effet du caféine sur la valeur régénératrice de du sommeil à ondes lentes

# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération

- effets de l'exercice sur le sommeil
  - Horne (1988): la température du cerveau affecte le stade 4
- effets de l'activité mentale sur le sommeil
  - Kattler et al. (1994): stimulation du cx somesthésique
  - Horne (1984): stimulation générale

# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération: La privation du sommeil

la durée des expériences contrôlées varie de 1 à 11 jours. Les effets sont multiples et leur intensité est fonction de la durée de privation et de l'état de stress du sujet.

1. les troubles de l'humeur sont les premiers à se manifester.
2. instabilité psychomotrice. + troubles de la vigilance.
3. les troubles de la sphère visuelle.
4. troubles somesthésiques.
5. les troubles auditifs.
6. désorganisation de la pensée. Ex. ralentissement.
7. syndrome végétatif (inconstant).
8. la perception temporelle est modifiée.

cause des épisodes de microsommeil (quelques secondes)

# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération: La privation du sommeil

Randy Gardner, 17 ans (1963)

- passé 11 jours sans le sommeil (264 heures)

(1-3) - irritable

- nauséueux

- troubles de mémoires

(4-) - faibles hallucinations

- une fatigue excessive

(7-) - tremblements

- troubles de langage

- ne montrait plus d'activité alpha

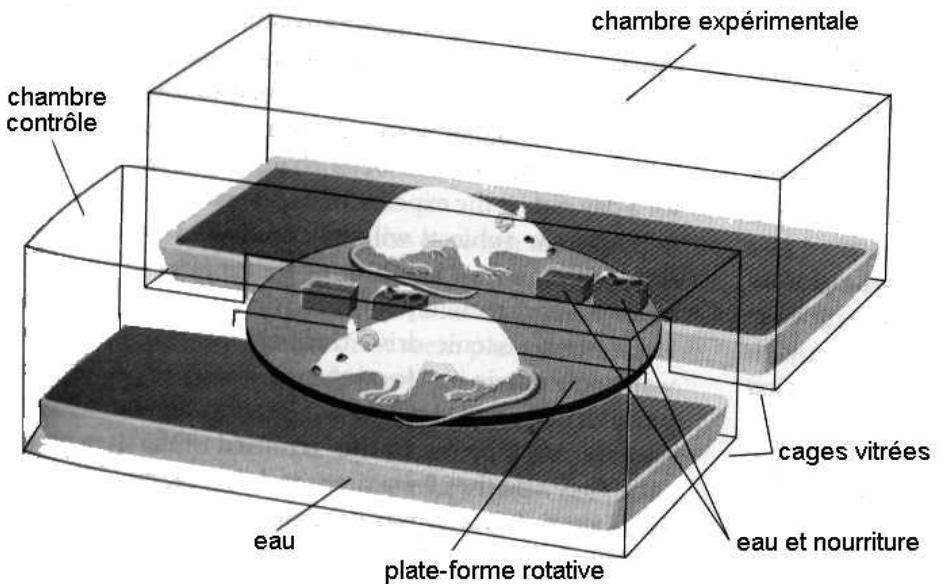
# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération: La privation du sommeil

- Rechtschaffen et al. (1995)
- exercice forcé
- réduction de 87% de sommeil chez l'animal expérimental; 31% chez l'animal contrôle

### résultats

- perdent du poids tout en mangeant plus
- s'affaiblissent
- les ulcères à l'estomac et les hémorragies se multiplient
- incapables de réguler la température de leurs corps
- augmentation de métabolisme
- la mort



# À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

## 2. La théorie de récupération: La privation du sommeil

### Aspects Cliniques

maladie	insomnie familiale fatale
région cérébrale touchée	régions thalamiques sont endommagées
symptômes	troubles attentionnels et mnésiques, états confusionnels, perte de contrôle du système nerveux autonome et endocrinien
premières signes	disparition des fuseaux de sommeil et les complexes K; disparition du sommeil à ondes lentes; périodes de REM brèves

# À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

- phénomène de rebondissement
- **théorie 1: vigilance**
  - permet les animaux à devenir plus sensibles à son environnement
- **théorie2: reprogrammation**
  - intégration des comportements instinctifs et des comportements appris

# À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

- théorie 3: développement cérébral
  - les cobayes sont nés avec des cerveau très développés; proportion de sommeil paradoxal est le même chez les nouveau nés et les adultes
  - chez les humains: 0-6mois(70%); 6mois-8ans(22%); 8ans+(15%)
  - Mirmiran (1995)
    - injection des drogues qui bloquent le sommeil REM chez des nouveau nés (rats)
      - démontrent des comportements anormaux plus tard
      - cx cérébraux et tronc cérébraux sont plus petits
      - drogues ou la privation de REM?

# À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

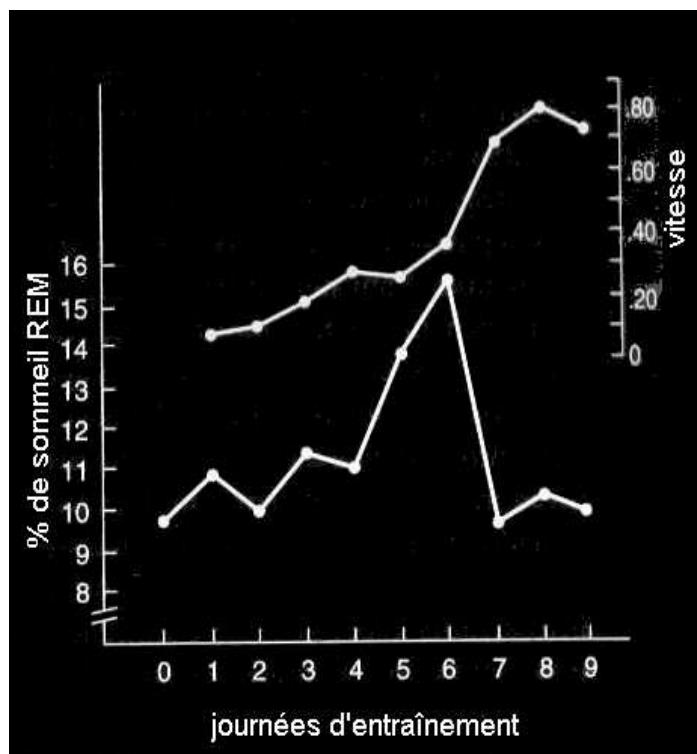
- théorie 4: apprentissage
  - facilite les changements structuraux et biochimiques qui sont nécessaire pour l'apprentissage
  - enlève les mémoires inutiles pour empêcher une surcharge d'information
- Smith (1996)
  - entraîne les rats sur une tâche (labyrinthe)
  - priver la moitié des rats du sommeil paradoxal
    - les rats privés du sommeil REM prennent plus de temps à apprendre la tâche que le groupe contrôle

# À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

## Exemple Du Lien Entre Le REM Et L'Apprentissage

Bloch et al. (1977)

- entraîne les rats sur une tâche (labyrinthe)
- performance est reliée la durée totale du sommeil REM
- humains: déficients (-); doués (+); périodes des examens (+)



# À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

## Privation de sommeil paradoxal

Jouvet (1962)

### 1) Pendant la privation (1 à 26 jours):

- Première semaine, "tentatives périodiques de SP" = chute.
- Les phases de SL sont fréquentes.
- Au-delà de la première semaine, les tentatives de SP sont plus fréquentes.
- Les périodes d'ondes lentes deviennent alors plus courtes.
- Le rythme cardiaque s'élève de 60%.

### 2) La récupération:

- Une courte phase de sommeil lent précède toujours la première phase de SP.
- Le pourcentage de SP est considérablement augmenté.
- Les ondes lentes sont plus nombreuses.
- Il n'y a jamais de restitution intégrale de la perte totale ou "dette" en SP accumulée au cours de la privation.

# RYTHMES BIOLOGIQUES

- **définition**
  - des variations périodiques, prévisible dans le temps, des processus biologiques
  - les horloges biologiques sont les structures anatomo-fonctionnelles à la base des rythmes biologiques
- **rôles**
  - l'adaptation des organismes au variations cycliques de l'environnement
    - les saisons
    - l'alternance jour/nuit
    - le cycle des marées
    - le cycle lunaire
  - permettent de synchroniser les changements corporels, physiologiques et comportementaux en fonctions des changements environnementaux

# RYTHMES BIOLOGIQUES

- **types**
  - a) **rythmes ultradiens** (moins de 21 heures)
    - qui se répètent plus d'une fois par jour (ultra=plus; dien=jour)
    - ex. sécrétion hormonale, stades de sommeil, fréquence cardiaque et respiratoire
  - b) **rythmes circadiens** ( $24 \pm 3$  heures)
    - oscillent autour d'un jour (circa= environ; dien=jour)
    - ex. veille-sommeil, température corporelle, sécrétion hormonale, la formation de l'urine, l'efficacité intellectuelle
  - c) **rythmes infradiens** (plus de 27 heures)
    - s'étendent sur une période de plus de 27 heures (infra=moins; dien=jour)
    - ex. menstruations, circannual de reproduction, circannual de la migration des oiseaux, circannual de l'hibernation de certains mammifères

# RYTHMES BIOLOGIQUES

## Des Cycles Circadiens

- **la température corporelle:**

le cycle de la température est relié au cycle veille-sommeil.  
tendance à dormir durant la phase descendante du cycle de température.

- **hormone cortisol:**

le sommeil apparaît quand le cortisol est à son niveau le plus bas.

- **la mélatonine:**

sécrétion de mélatonine par la glande pinéale faible durant le jour et forte durant le sommeil.

# RYTHMES BIOLOGIQUES

- caractéristiques communes
  - a) intrinsèque à tout système biologique: universalité des rythmes biologiques
    - une propriété fondamentale de la matière vivante
  - b) ils ont une origine endogène
    - sont intégrés dans la matière vivante (horloge biologique)
  - c) ils sont génétiquement programmés
    - ils seraient un produit de l'évolution qui aurait permis aux organismes de s'adapter à leur environnement
  - d) ils ont une valeur adaptative
    - permet aux organismes de s'adapter en avance, afin d'être en harmonie avec leur environnement

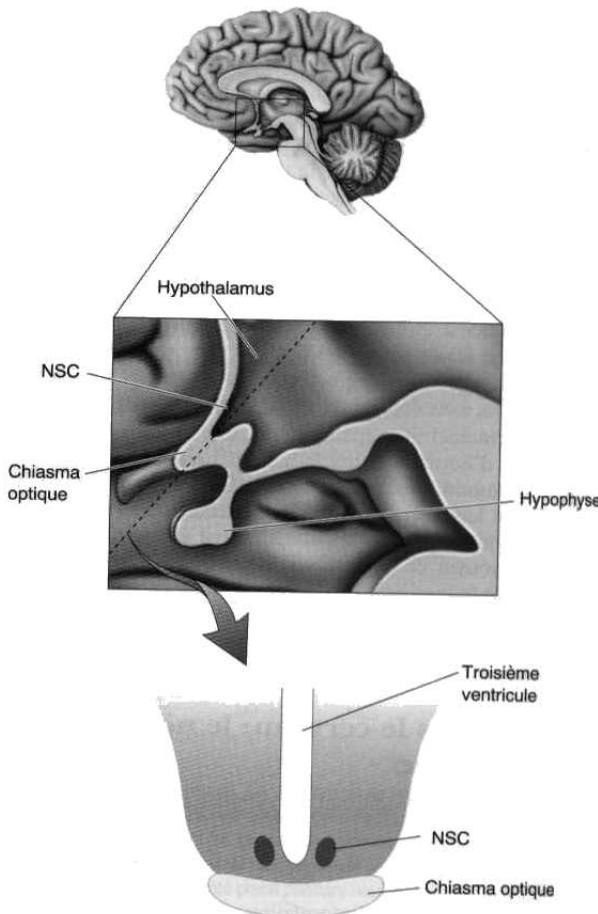
# RYTHMES BIOLOGIQUES

- e) ils sont influencés par l'environnement: synchroniseurs
  - chez la plupart des végétaux et des animaux (lumière)
  - chez les humains (facteurs socio-culturels et le travail)
  - calibrer sur 24 heures les rythmes circadiens et de remettre à l'heure l'horloge biologique (donneurs de temps)
  - la variation de la photopériode et la température permet l'organisme de s'organiser temporellement avec son environnement
  
- f) ils possèdent une périodicité propre
  - indépendante de tout facteur: elle est autonome

# RYTHMES BIOLOGIQUES

## Noyau suprachiasmatique

- reçoit des projections de la rétine via la voie rétinohypothalamique
- projette vers d'autres régions hypothalamiques, le tronc cérébral, l'hypophyse et la glande pinéale
- stimulation - modifications des rythmes circadiens
- ablation - perturbe le rythme circadien, et celui du besoin de se nourrir et boire



# TROUBLES DU SOMMEIL LENT À ONDES LENTES

- **l'insomnie**
  - mouvements automatiques, problèmes psychologiques, réduction de sommeil lent
- **l'hypersomnie**
  - cause la plus fréquente: dépression
- **l'apnée du sommeil**
  - obstruction des voies respiratoires; incapacité de stimuler la respiration par le SNC
  - préventif; mécanique; chirurgical
- **mort subite du nouveau-né**
  - détection du niveau de  $CO_2$  dans le sang est déficiente

# TROUBLES DU SOMMEIL LENT À ONDES LENTES

- **myoclonies nocturnes**
  - contraction involontaire des muscles
  - syndromes des jambes sans repos
- **somniloquie**
  - parler plus ou moins intelligible, à voix mal articulée
- **somnambulisme**
  - vers 11 ans
  - 40% des enfants
  - manifeste au cours de stade 4
- **terreurs nocturnes**
- **l'énurésie nocturne**

# TROUBLES DU SOMMEIL PARADOXAL

- **syndrome violent du sommeil REM**
- **narcolepsie**
  - 1) attaque de sommeil
  - 2) cataplexie: paralysie musculaire soudaine de courte durée; liée à une forte expression émotionnelle
  - 3) paralysie de sommeil: paralysie musculaire juste avant ou après la période de sommeil
  - 4) hallucinations hypnagogiques: rêver pendant l'état d'éveil
    - trouble génétique
    - 1 pour 1000