

LE SOMMEIL ET LES RYTHMES BIOLOGIQUES

Dr. Walter S. Marcantoni

NOTIONS DE BASES

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 coordonne

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

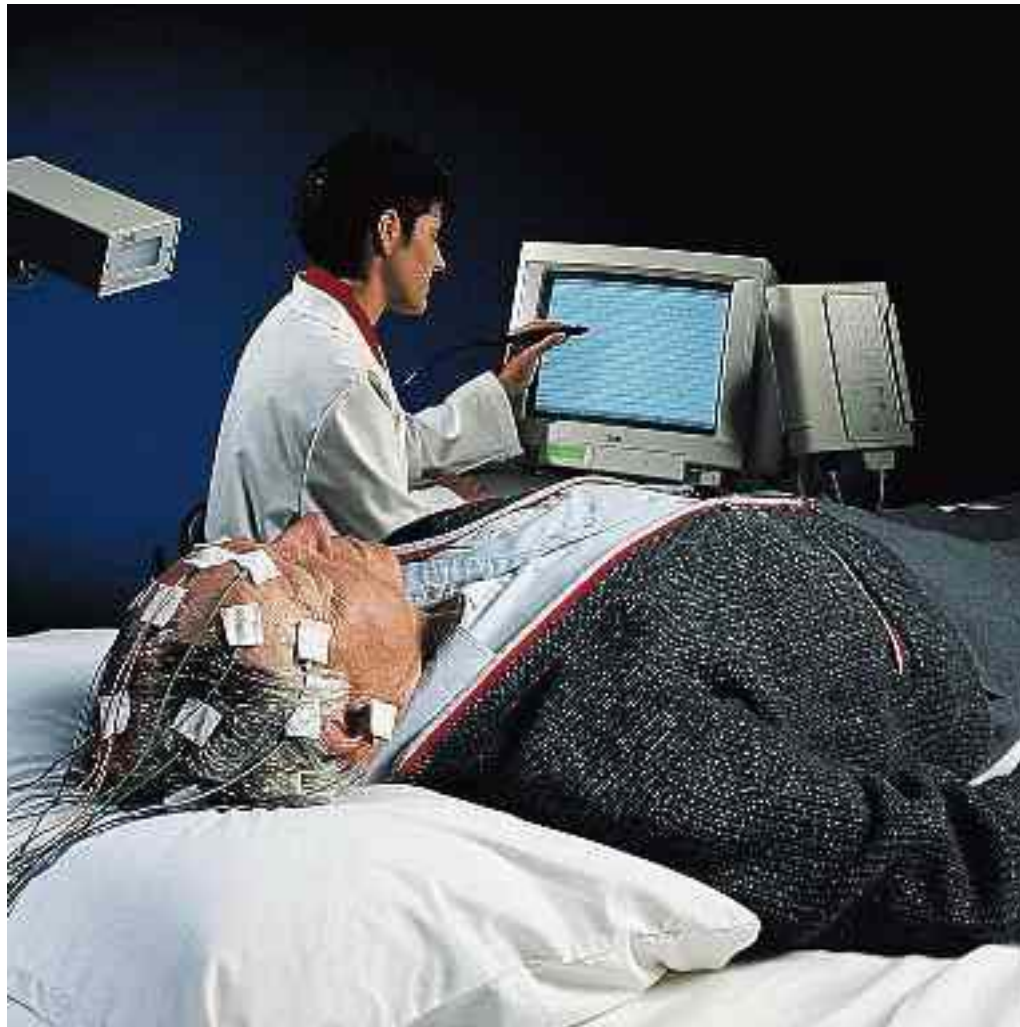
rôle exact ?

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 (μV))
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** (β)

14.00- + Hz
amplitude ---
fréquence +++



- **Alpha** (α)

8.00-13.75 Hz
amplitude +-
fréquence +-



- **Thêta** (θ)

4.00-7.75 Hz
amplitude ++
fréquence -



- **Delta** (δ)

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



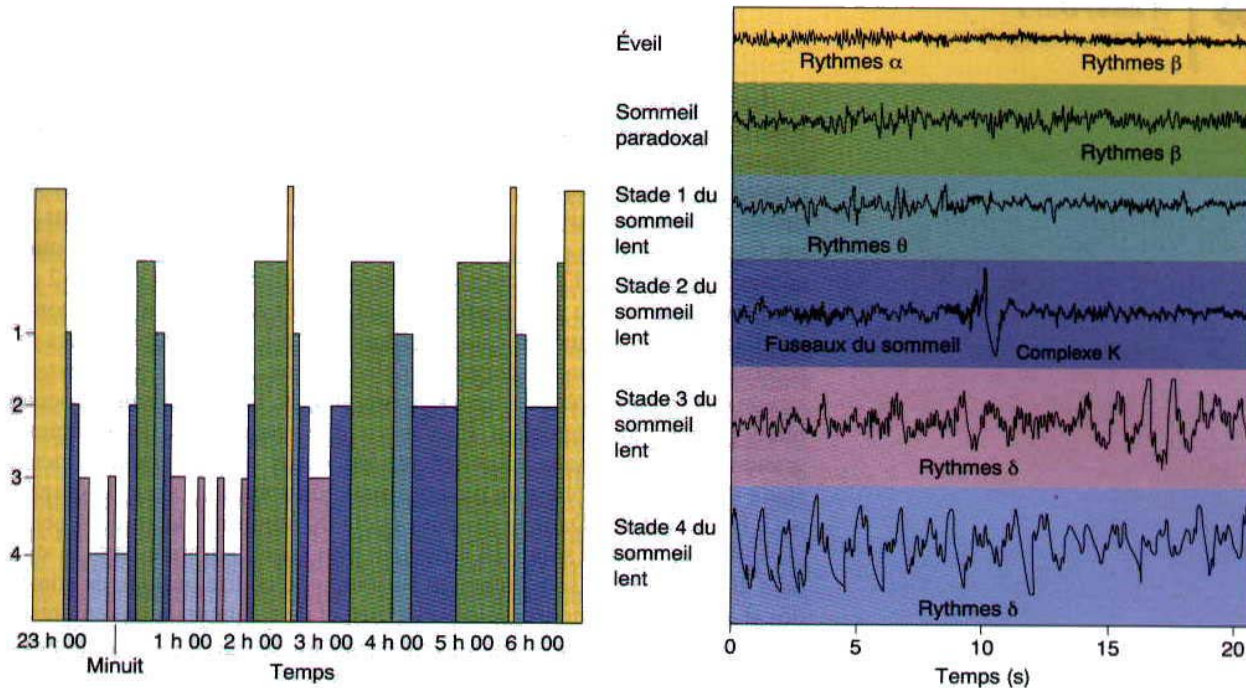
ÉTATS FONCTIONNELS DU CERVEAU

	Éveil	Sommeil à ondes lentes	Sommeil paradoxal
EEG	Faible amplitude, rythme rapide	Forte amplitude, rythme lent	Faible amplitude, rythme rapide
Sensation	Vive, origine extérieure Activité para./symp.	Absente ou très atténuée Activité para.	Vive, générée intérieurement Activité sympa.
Pensée	Logique, progressive	Logique, répétitive	Vive, illogique, étrange
Mouvement	Continu, volontaire	Occasionnel, involontaire	Atonie musculaire, mouvement commandé par le cerveau mais pas réalisé
Mouvements oculaires rapides	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
<p>- voltage diminue; fréquence accélère</p> <p>-pointes ponticulo-genouillé-occipital (PGO)</p> <p>-l'influx nerveux parvenant du tronc cérébral (protubérance dorsolatérale, noyaux moteurs des nerfs oculomoteur, trijumeau et facial), thalamus (noyau du corps genouillé latéral), et le visuel et auditif sont à l'origine des pointes PGO</p>	<p>-perte profonde de tonus musculaire à travers le corps</p> <p>- muscles contrôlant les mouvements oculaires, la respiration et les osselets de l'oreille moyenne échappent cette paralysie générale</p> <p>-système nerveux sympathique domine</p> <p>- dilatation des organes pelviens et des érections pénienues</p> <p>-bouffées de mouvements oculaires rapides (REM)</p>	<p>- le seuil d'éveil est augmenté pour des stimuli environnementaux</p> <p>- la chance d'éveil spontané est plus probable</p> <p>- rêves</p>



CYCLE VEILLE-SOMMEIL

Activité mentale durant le sommeil

-tout le monde rêve

-Madsen (1991): durant les rêves le flux sanguin \uparrow dans les régions occipitales et \downarrow dans cortex pré-frontal dorso-latéral

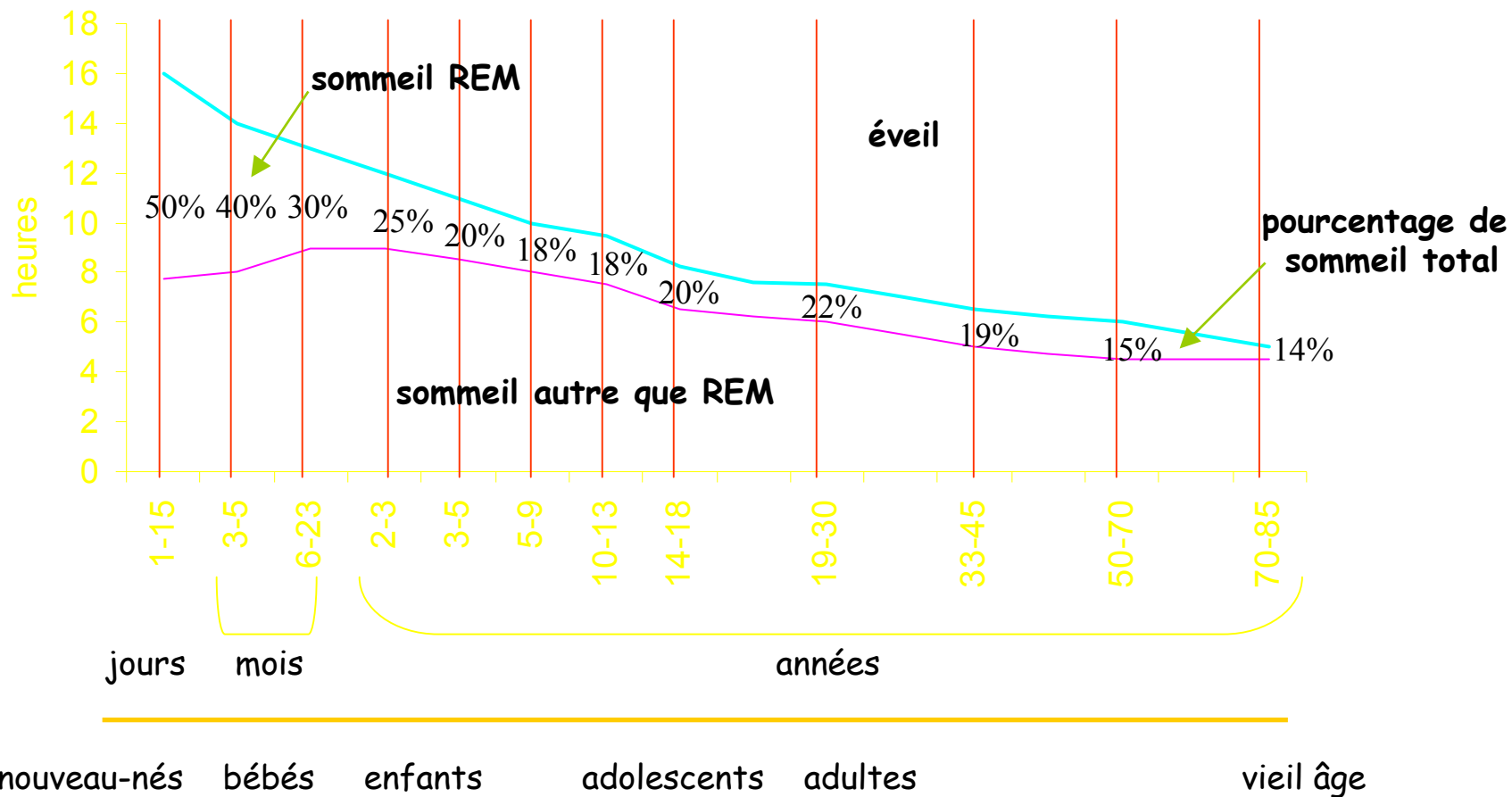
-Roffwarg (1962): mouvement oculaire est souvent associé à l'imagerie visuelle du rêve

-McCarley et Hobson (1979): mécanismes cérébraux activés durant les rêves sont similaires à ceux activés durant l'éveil

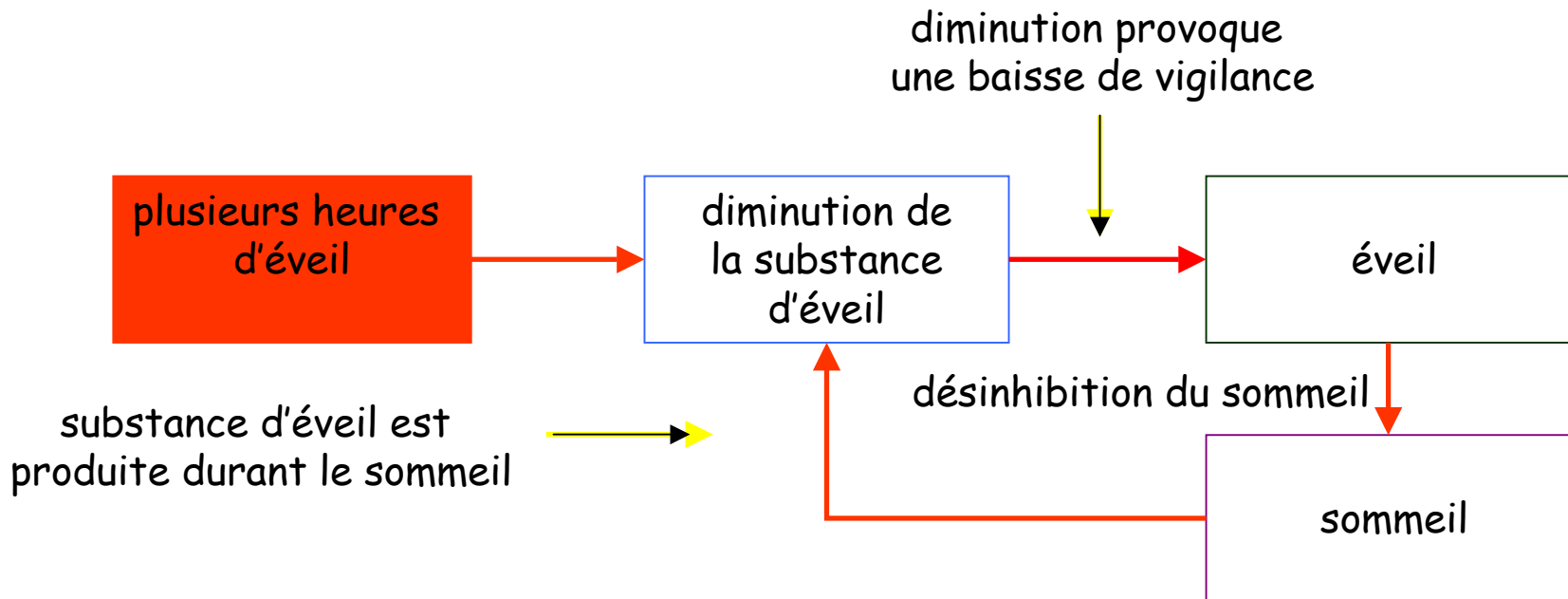
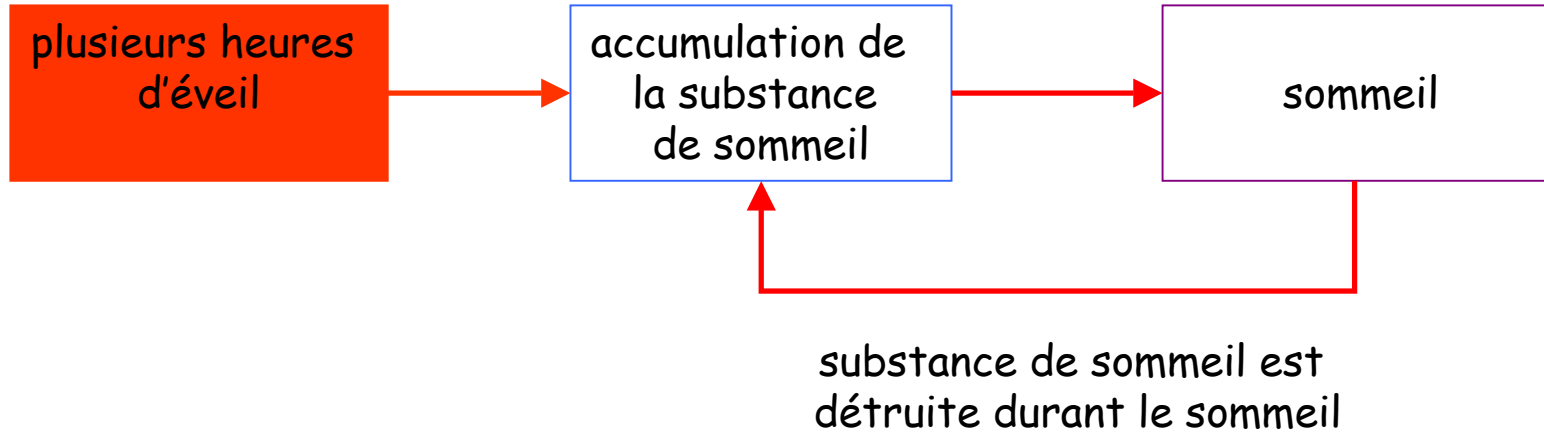
- cauchemar: souvent durant stade 4; incubus

CYCLE VEILLE-SOMMEIL

Développement Du Sommeil



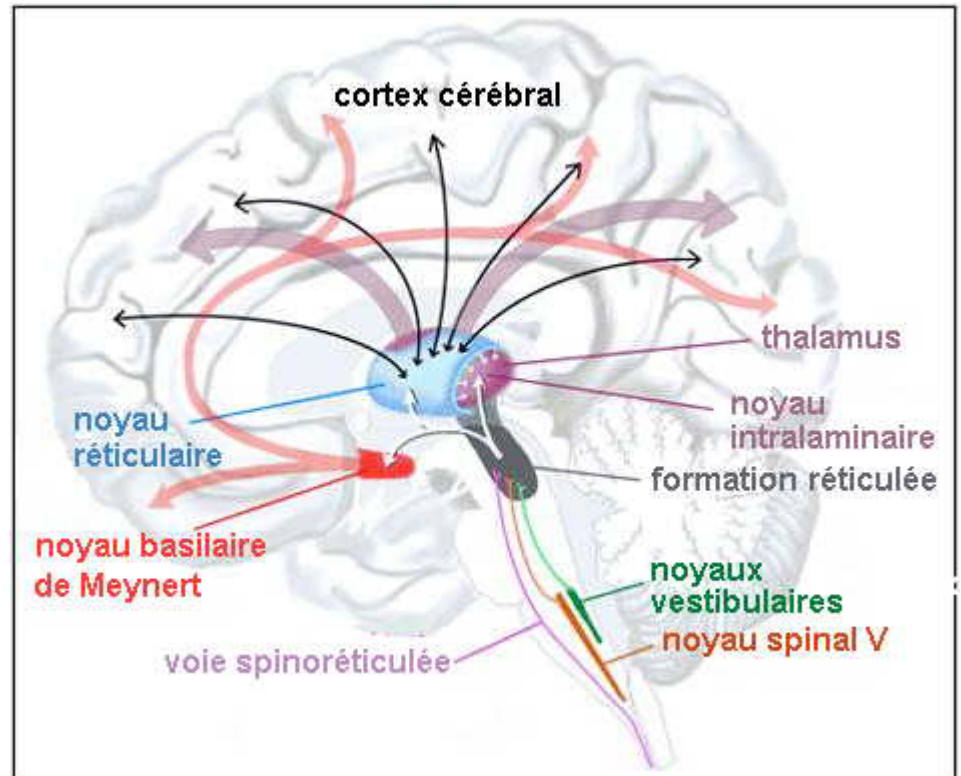
CONTRÔLE CHIMIQUE DU SOMMEIL



CONTRÔLE NEURAL DE L'ÉVEIL

Formation Réticulée

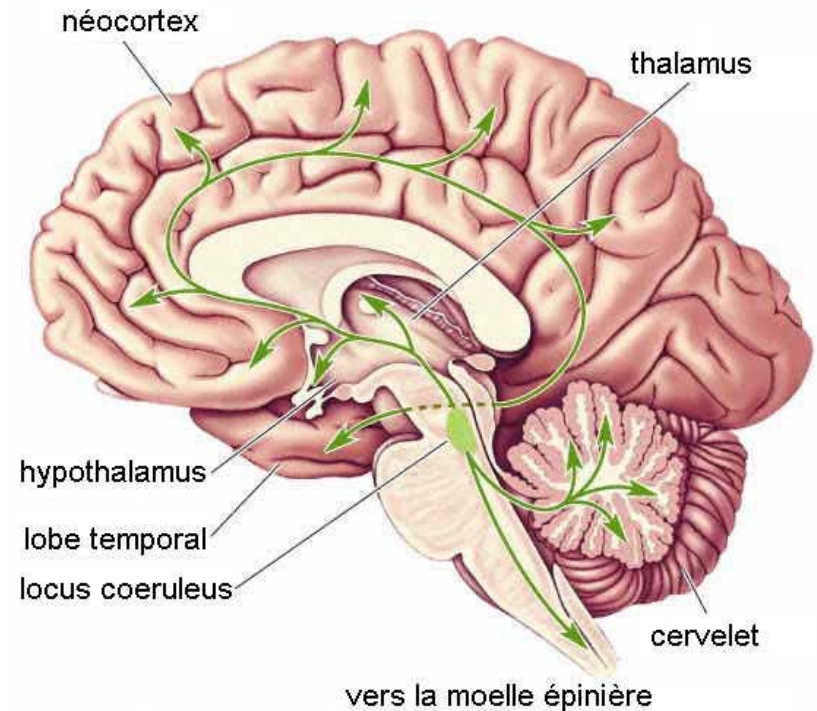
- Moruzzi et Magoun (1949)
 - stimulation
 - lésions
- active le cortex par 2 voies
 - voie dorsale
(noyaux médians et intralaminaires)
 - voie ventrale
(hypothalamus, noyaux gris centraux, prosencéphale basal)



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



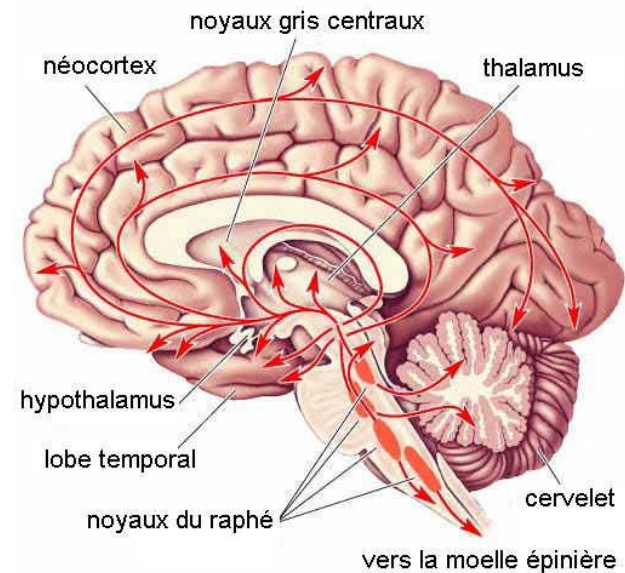
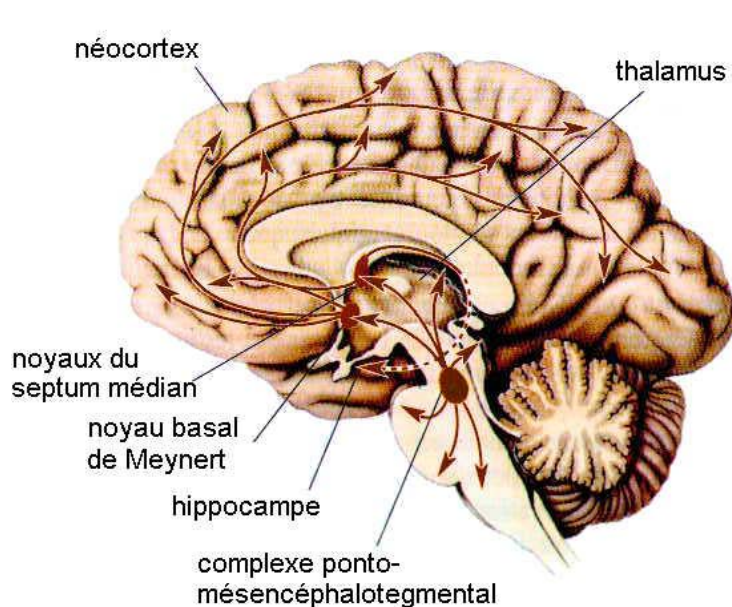
CONTRÔLE NEURAL DE L'ÉVEIL

protubérance et la télencéphale basale:

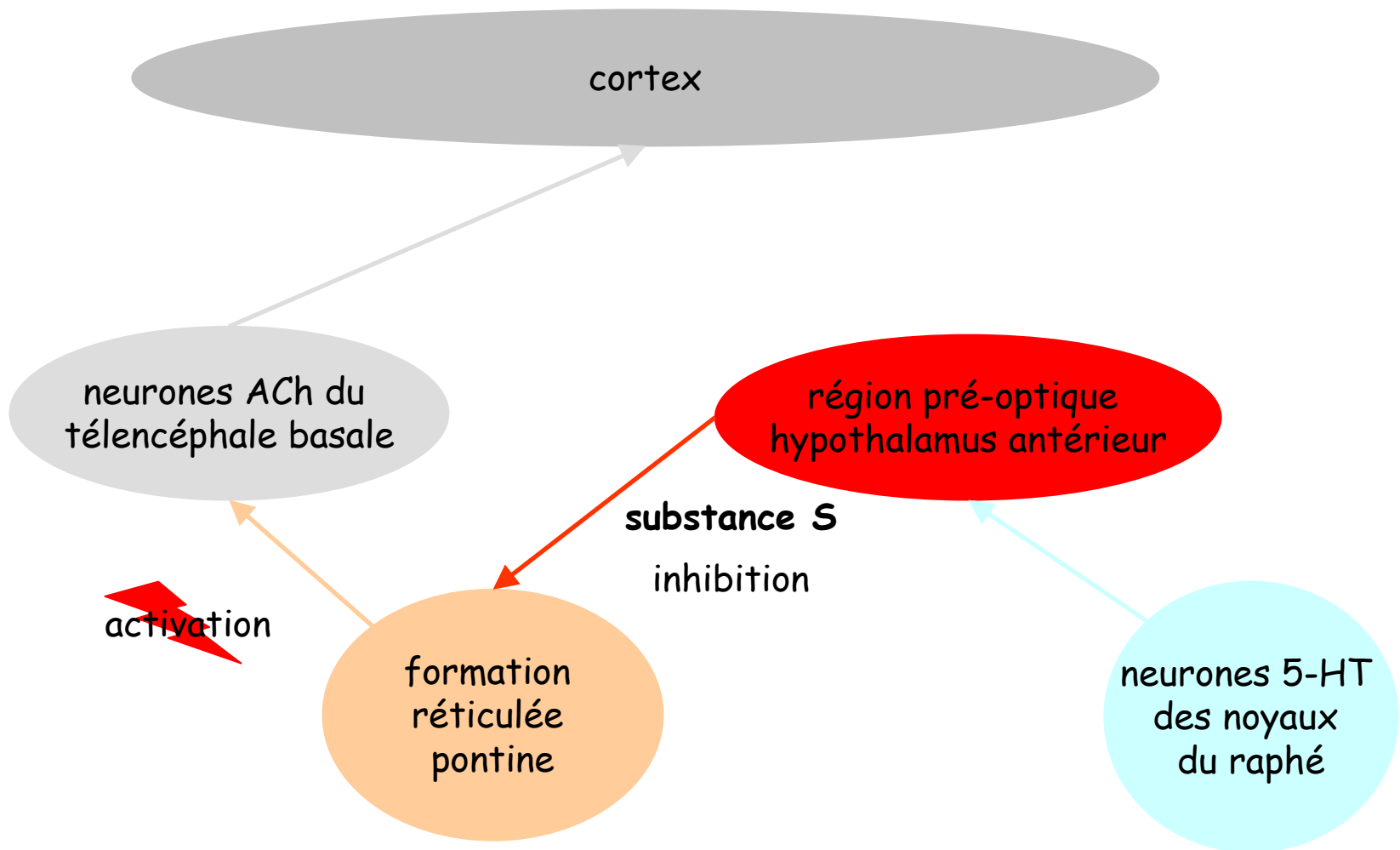
- acétylcholine
- Jones (1990): stimulation provoque une désynchronisation du EEG = éveil

noyaux du raphé:

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



CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL À ONDES LENTES



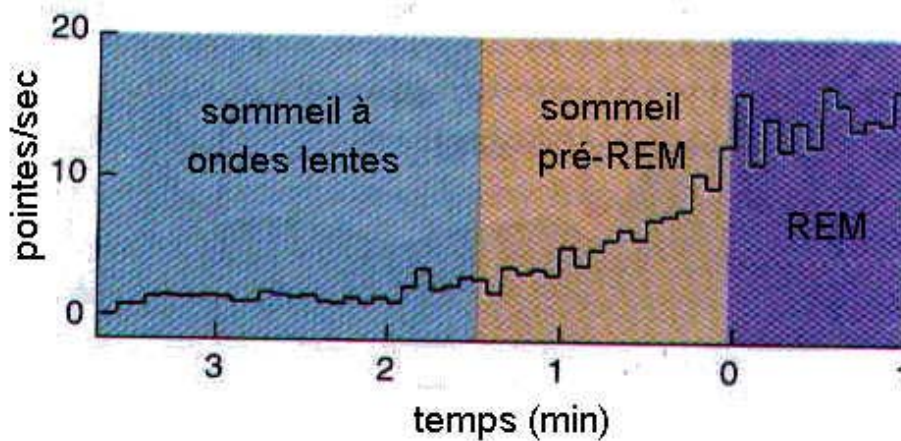
CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

-contrôlé par des structures situées dans la protubérance

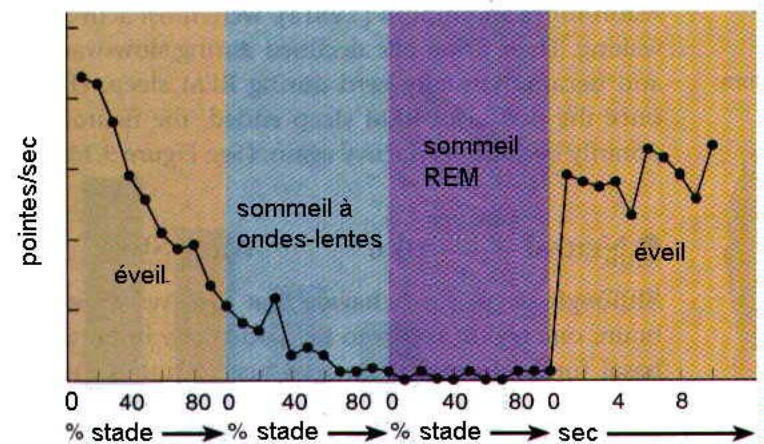
-la présence ou l'absence du sommeil paradoxal est liée à l'activité des cellules **cholinergiques** (acétylcholine) et des cellules **catécholaminergiques** (noradrénaline et sérotonine)

- acétylcholine **provoque** le sommeil paradoxal

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



activité cholinergique



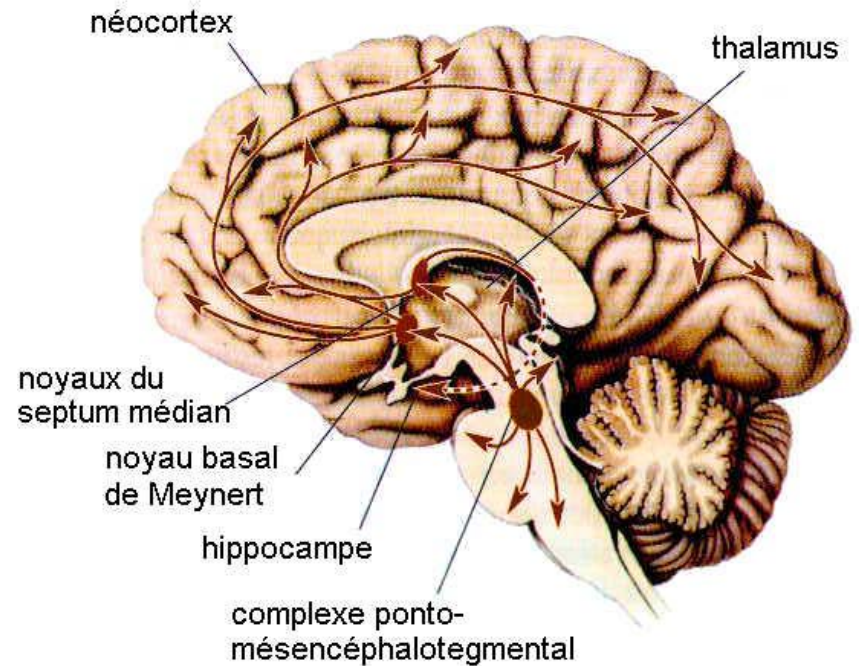
activité catécholaminergique



CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

Complexe Pontomésencéphalotegmental

- contient des cellules cholinergiques
- deux structures principales
 - noyau tegmentaire pédonculo-pontin
 - noyau tegmentaire 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

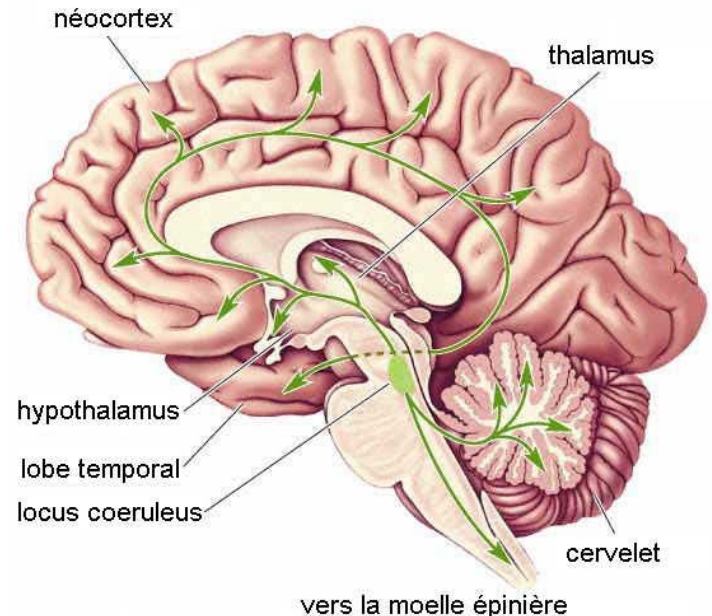
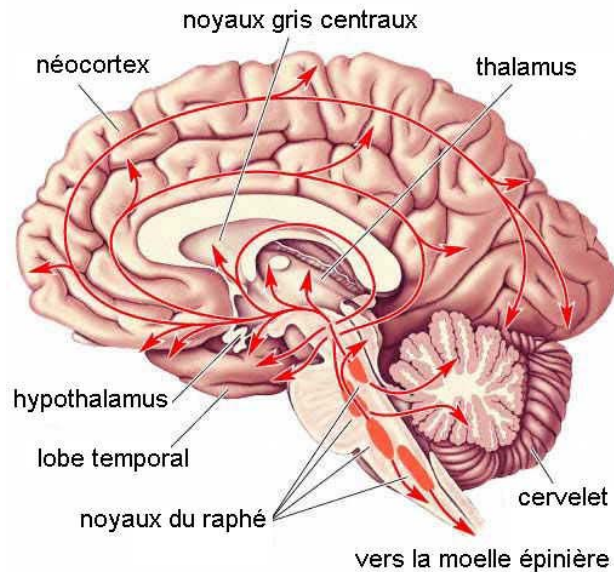
Webster et Jones (1988) - destruction du complexe pontomésencéphalotegmental réduit le montant de sommeil paradoxal

CONTRÔLE NEURAL DU SOMMEIL PARADOXAL

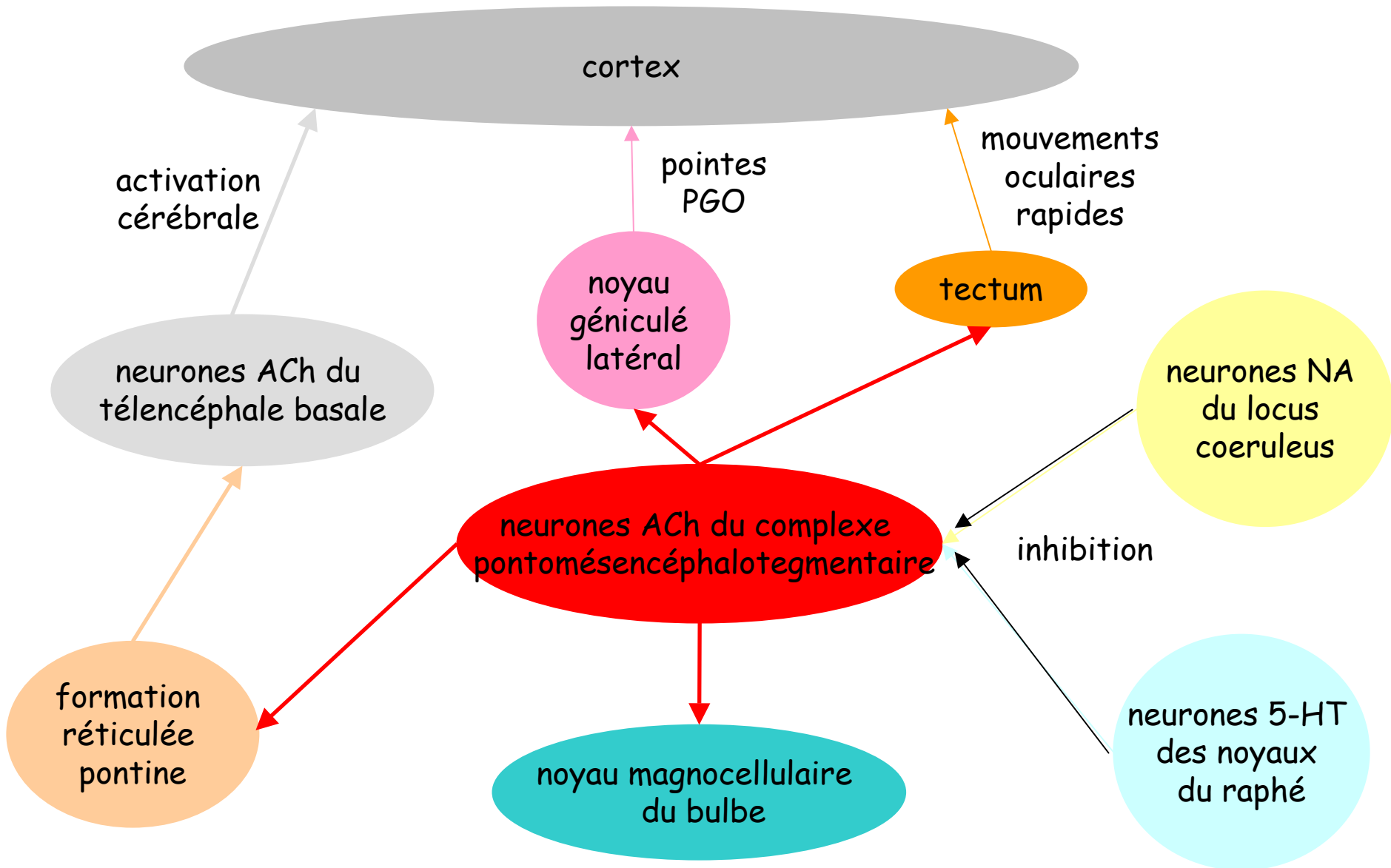
Noyaux du Raphé et Locus Coeruleus

Noyaux du raphé - **cellules sérotoninergiques**
Locus coeruleus - **cellules noradrénergiques**

- les effets inhibiteurs des noyaux de raphé et le locus coeruleus empêchent 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

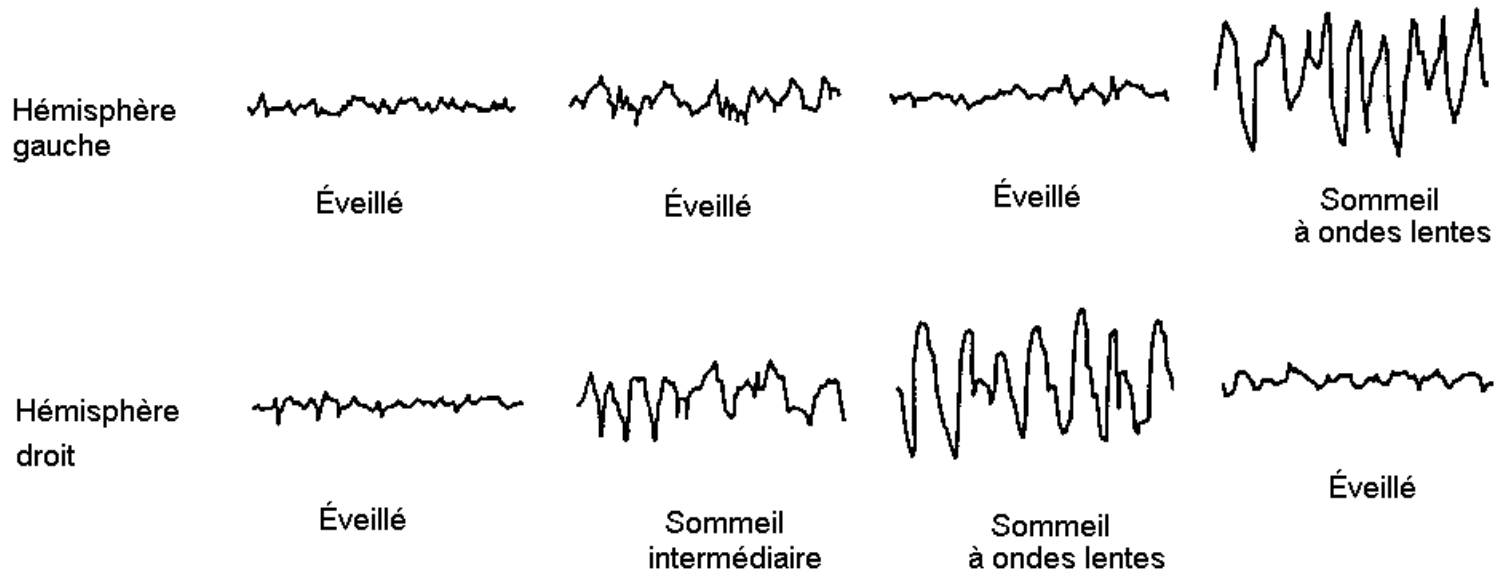
1. La théorie d'adaptation ou circadienne

- tous les mammifères, les oiseaux et reptiles dorment, mais seuls les mammifères et quelques oiseaux connaissent une phase de sommeil paradoxal
- permet aux animaux de demeurer inactifs durant les périodes dangereuses de la journée
- la durée du 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 alors 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 de caféine sur la valeur régénératrice 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 leurs intensités sont en 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

- nauséeux

- troubles de mémoire

(4-) - faibles hallucinations

- une fatigue excessive

(7-) - tremblements

- troubles de langage

- ne montrait plus d'activité alpha

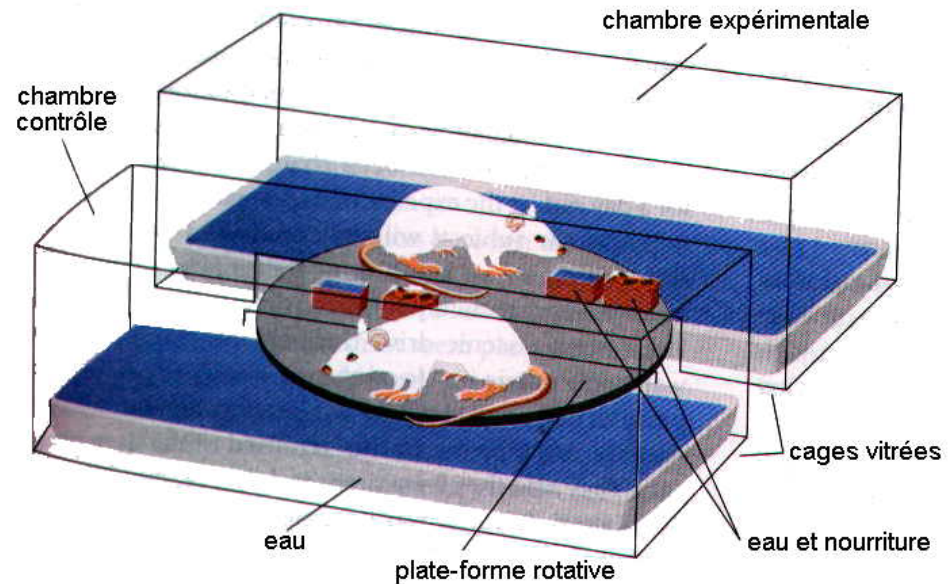
À QUOI SERT LE SOMMEIL À ONDES LENTES

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 contrôlé

résultats

- perdent du poids tout en mangeant plus
- s'affaiblissent
- les ulcères à l'estomac et les hémorragies se multiplient
- incapable 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 attentionnés et mnésiques, états confusionnels, perte de contrôle du système nerveux autonome et endocrinien
premiers 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 aux animaux de devenir plus sensibles à leur 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 cerveaux très développés; proportion de sommeil paradoxal est le même chez les nouveaux nés et les adultes
 - chez les humains: 0-6mois(70%); 6mois-8ans(22%); 8ans+(15%)
 - Mirmiran (1995)
 - injection des drogues qui bloque le sommeil REM chez les nouveaux 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

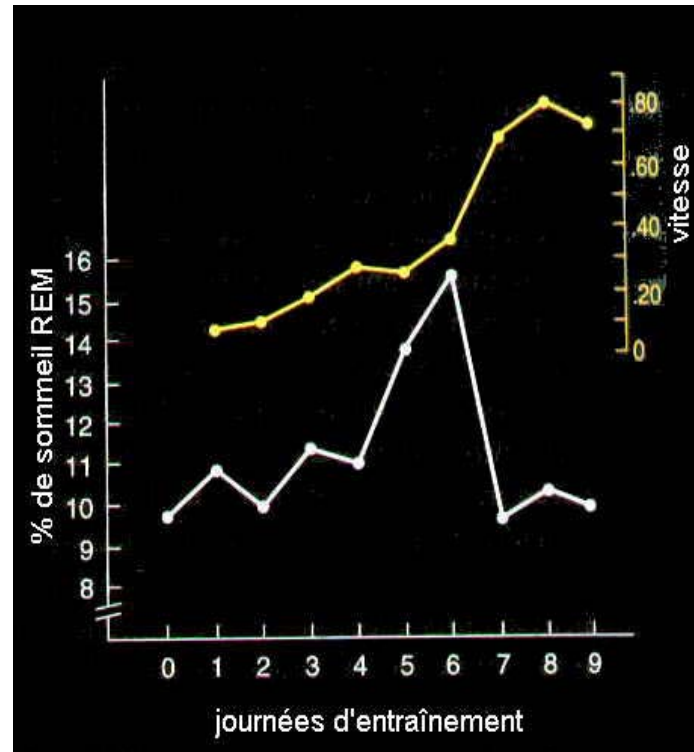


À QUOI SERT LE SOMMEIL PARADOXAL

Exemple Du Lien Entre Le REM Et L'Apprentissage

Bloch et al. (1977)

- entraîne les rats sur une tâche (labyrinthe)
 - performance est reliée à 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, prévisibles 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 aux 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 fonction 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 ± 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, circannuel de reproduction, circannuel de la migration des oiseaux, circannuel 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:**

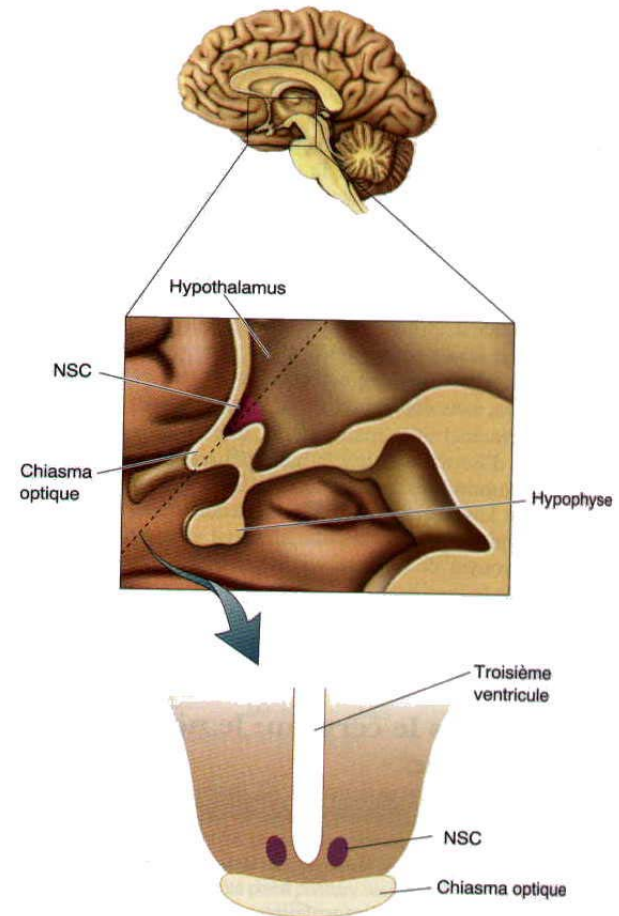
sécrétion de mélatonine par la glande pinéale faible durant le jour et forte durant le sommeil.



RYTHMES BIOLOGIQUES

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
- stimulations - 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

