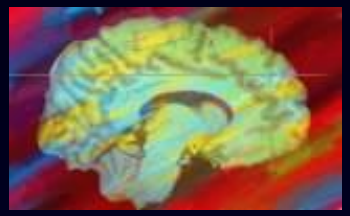
Le cerveau

jean-philippe muller



questions en vrac

« Chaque fois que j'entends le mot "agression", mon corps se met à trembler et je panique » dit Clara victime d'une agression en pleine rue. Pourquoi ?

Que répondre quand on me dit : « Fais travailler ta matière grise ? »

«À la simple vue d'une souris, ma mère s'évanouissait. Pour moi, c'est pareil, j'ai l'impression que mon cœur va s'arrêter. Pas question de transmettre cet héritage à ma fille ! » confie Adèle. Ca vient d'où ?

Où est la bosse des maths ?

Ne craignez pas ceux qui tuent le corps et qui ne peuvent tuer l'âme; craignez* plutôt celui qui peut faire périr l'âme et le corps dans la géhenne Matt 10v28.*
Finalement, avoir peur*, c'est bien ou pas bien ? (**phobeo*)

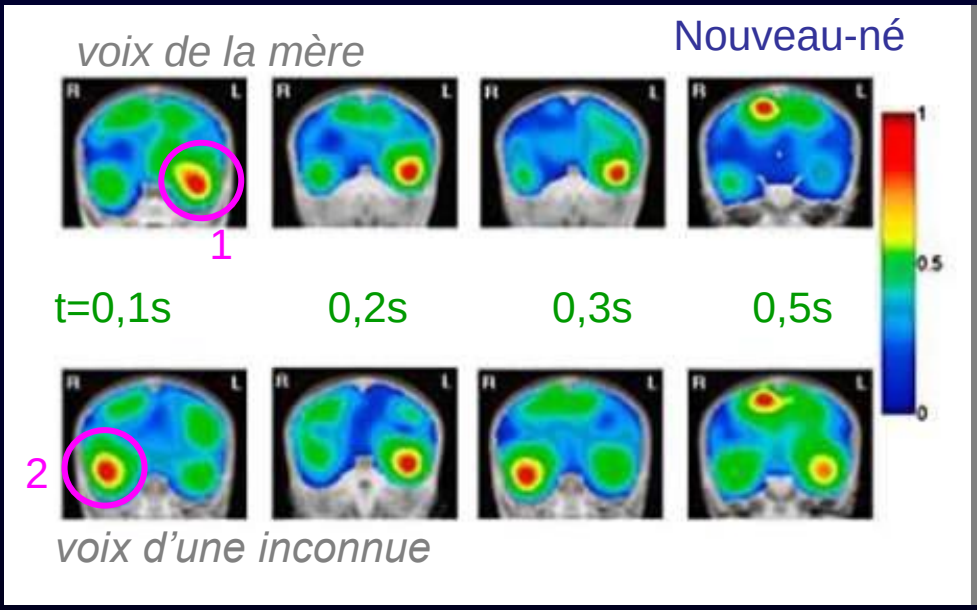
Manger, fumer, rire avec ses amis, se droguer, dormir … tout cela procure du plaisir. Pourquoi certaines choses mènent-elles à la dépendance, d'autres pas ?

préambule

Les neurosciences s'intéressent au cerveau, organe extraordinairement complexe :

- pour comprendre son fonctionnement
- pour soigner les maladies qui l'affectent

Aujourd'hui, grâce à l'imagerie > on observe/décrit , on comprend encore peu

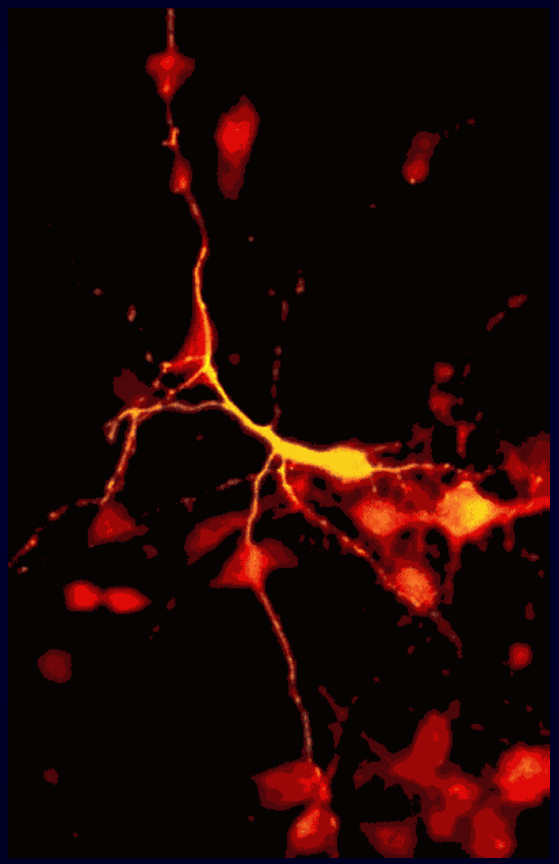


- 24h après la naissance, le bébé est déjà sensible aux voix qu'il entend
- la voix de sa mère active la zone du langage (1) : il communique
- une voix inconnue active simplement la zone de reconnaissance de la parole (2)

Objectifs : partager modestement quelques découvertes récentes, illustrer grâce à elles quelques comportements, admirer la création de Dieu

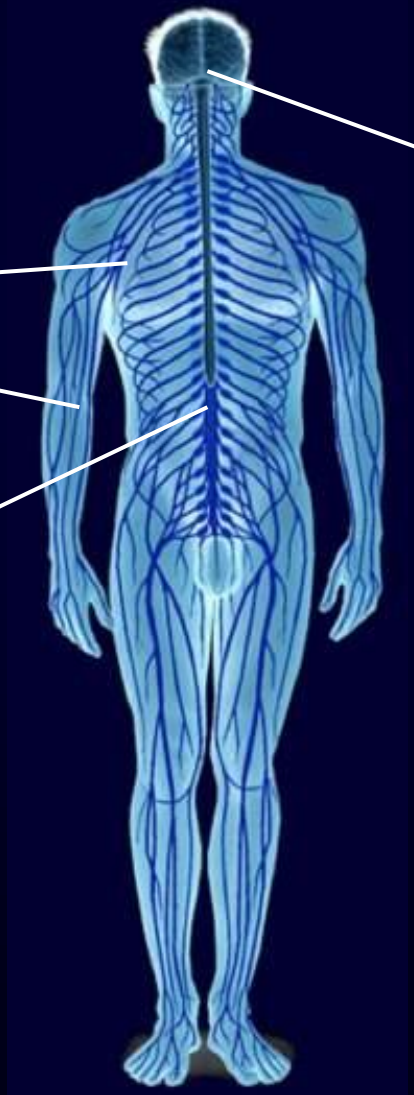
sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion



le système nerveux

Le système nerveux : composé du cerveau qui plonge ses racines dans le corps par la moelle épinière et les nerfs.



- cerveau : organe de commande
- moelle épinière : prolongement
- nerfs : transmettent les infos entre cerveau+moelle et organes+muscles

le système nerveux central

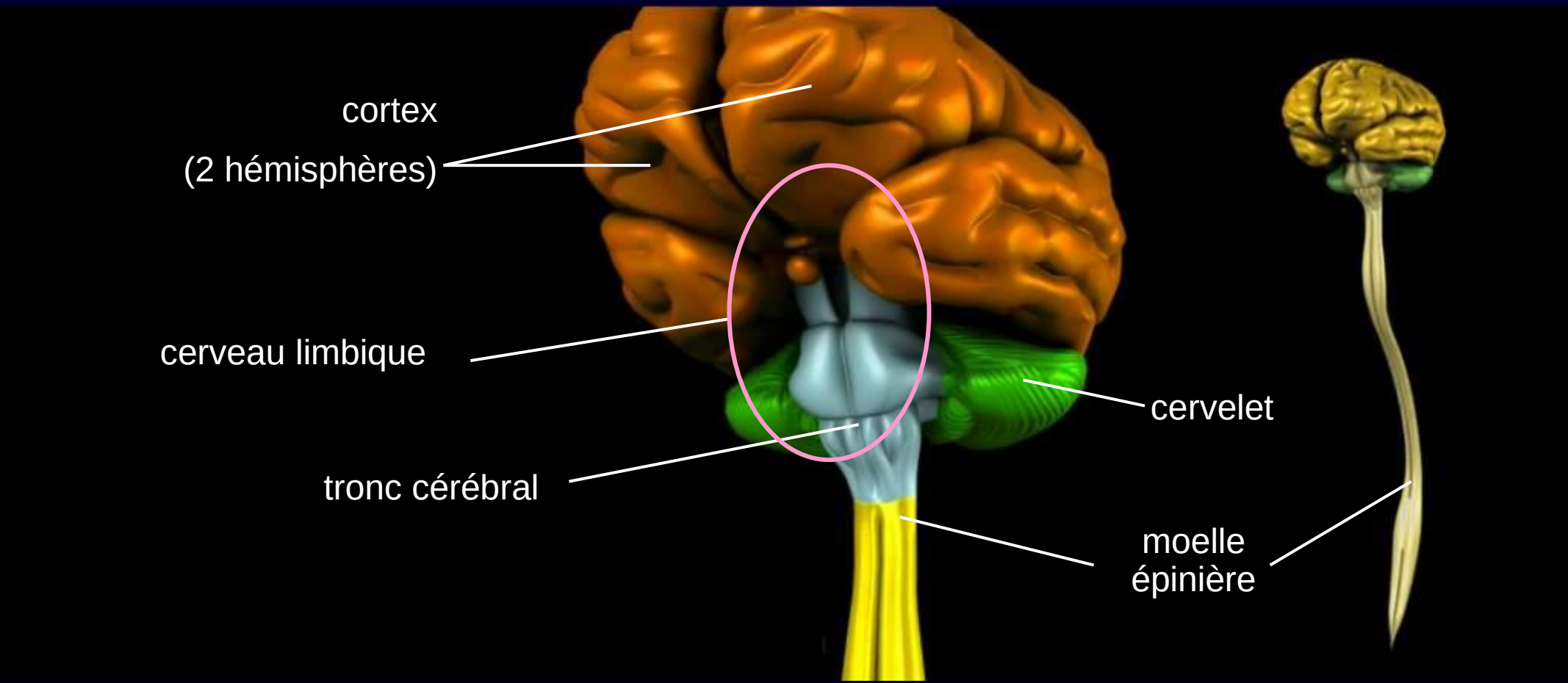
Très schématiquement :

cortex : 5 sens, motricité, conscience, réflexion

cervelet : automatismes

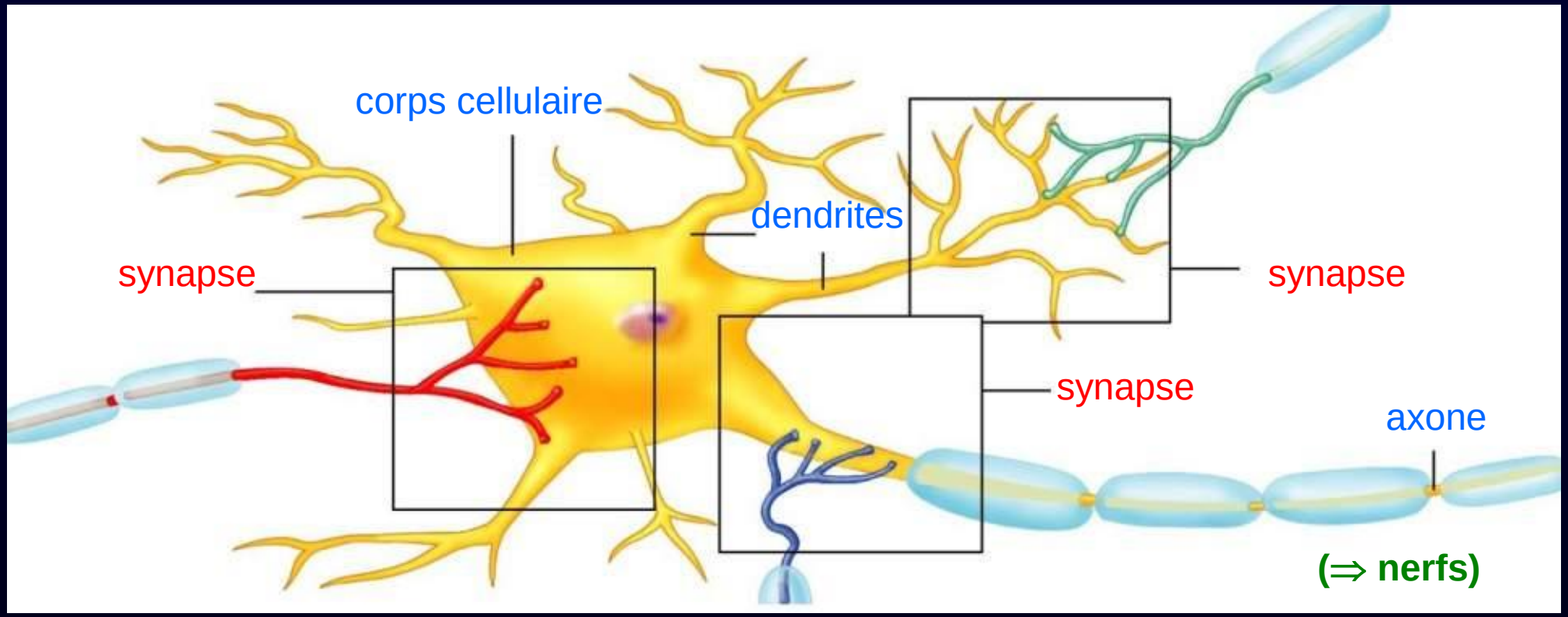
cerveau limbique : émotions, instinct

moelle épinière : réflexes



➢ le neurone

- syst. nerveux : 100 milliards* de neurones
  - 80 % : cerveau
  - 20 % : moelle épinière, nerfs
- les neurones communiquent entre eux par les synapses (≈10000/neurone)



* autant que d'étoiles dans la Voie Lactée

le tissu neuronal

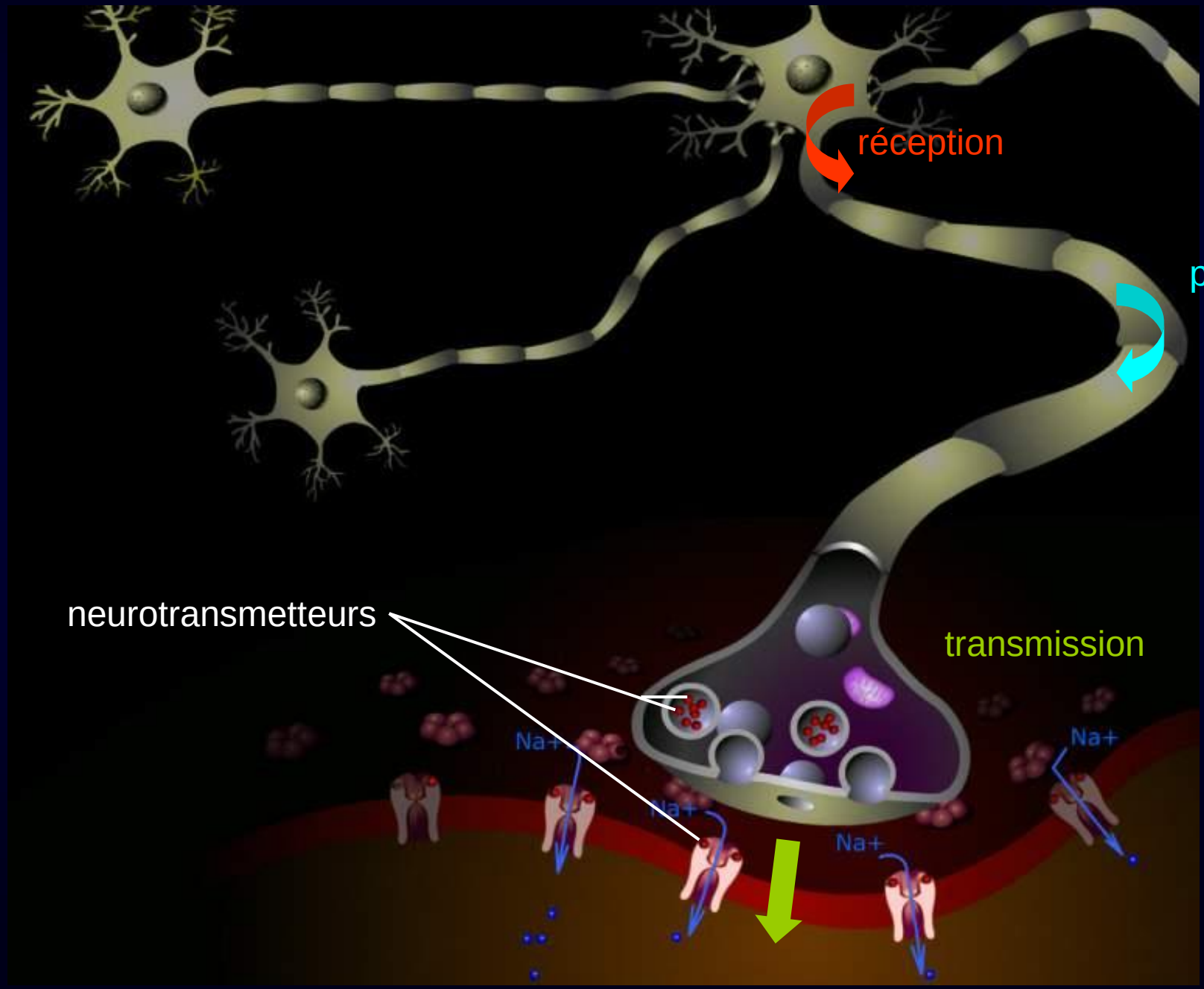
Les neurones reliés entre eux forment un réseau très complexe.

1 mm^3 de tissu cérébral contient:

- 100 000 neurones
- 100 millions de synapses
- 4 kms d'axones

communications neuronales 1'40''

le neurone en action



- signal électrique
- vitesse 400 km/h

- signal chimique
- 1000 molécules +sieurs fois/s
- recapturées

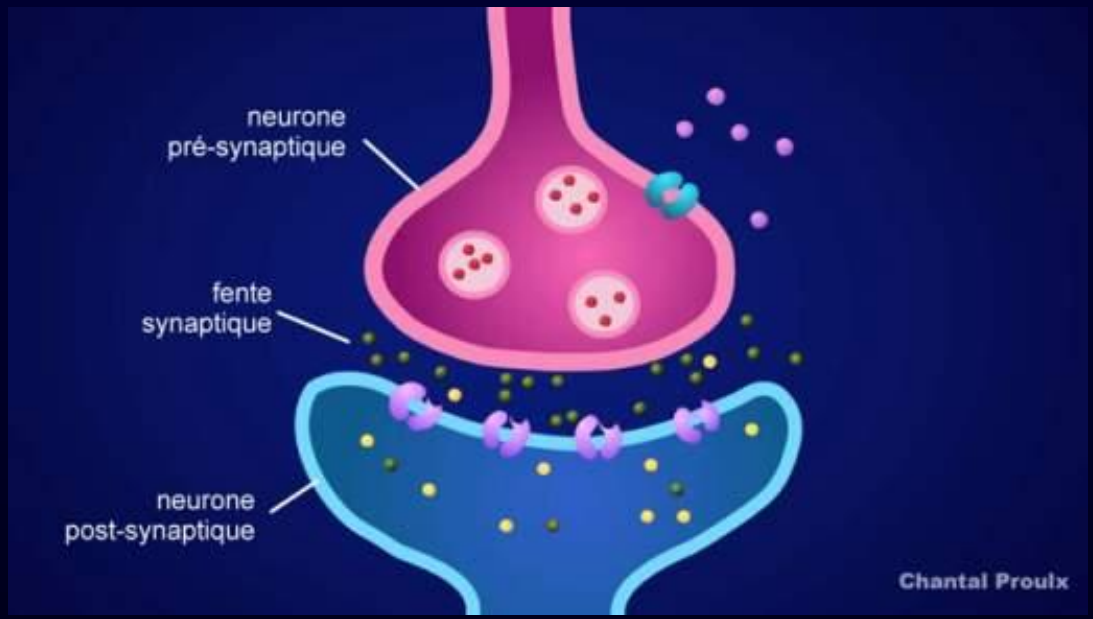
➢ les neurotransmetteurs

Neurotransmetteur :

- agent chimique sécrété par le neurone
- messager qui traverse la fente synaptique
- plus de 60 types différents de NT
- chaque neurone fabrique quelques types de NT

⇒ c'est très compliqué !

synapse en fonctionnement 1'25''



NB : c'est à ce niveau qu'agissent les drogues et les antidépresseurs

➢ exemples de NT

Neurones à :

GABA acide gamma-aminobutyrique	> (NT inhibiteur) contrôle moteur, vision, anxiété > maladie liée : épilepsie
glutamate	> apprentissage, mémoire > maladie liée : Alzheimer
acétylcholine	> contraction muscles, attention, colère, agression, sexualité, soif > maladie liée : Alzheimer
noradrénaline	> attention-alerte, émotions, sommeil, rêve, apprentissage. > maladie liée : maniaco-dépression
dopamine	> contrôle mouvements, humeur, récompense, plaisir > maladies liée : Parkinson
sérotonine	> régulation de température, sommeil, appétit, humeur, douleur > maladies : dépression (↓), comportement impulsif, agressivité

⇒ notre ressenti (bien-être/mal-être) est lié à la production opportune et dosée de ces 3 neuromodulateurs qui interagissent entre eux

sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

latéralisation

hémisphère droit

hémisphère gauche

perception motricité moitié gauche

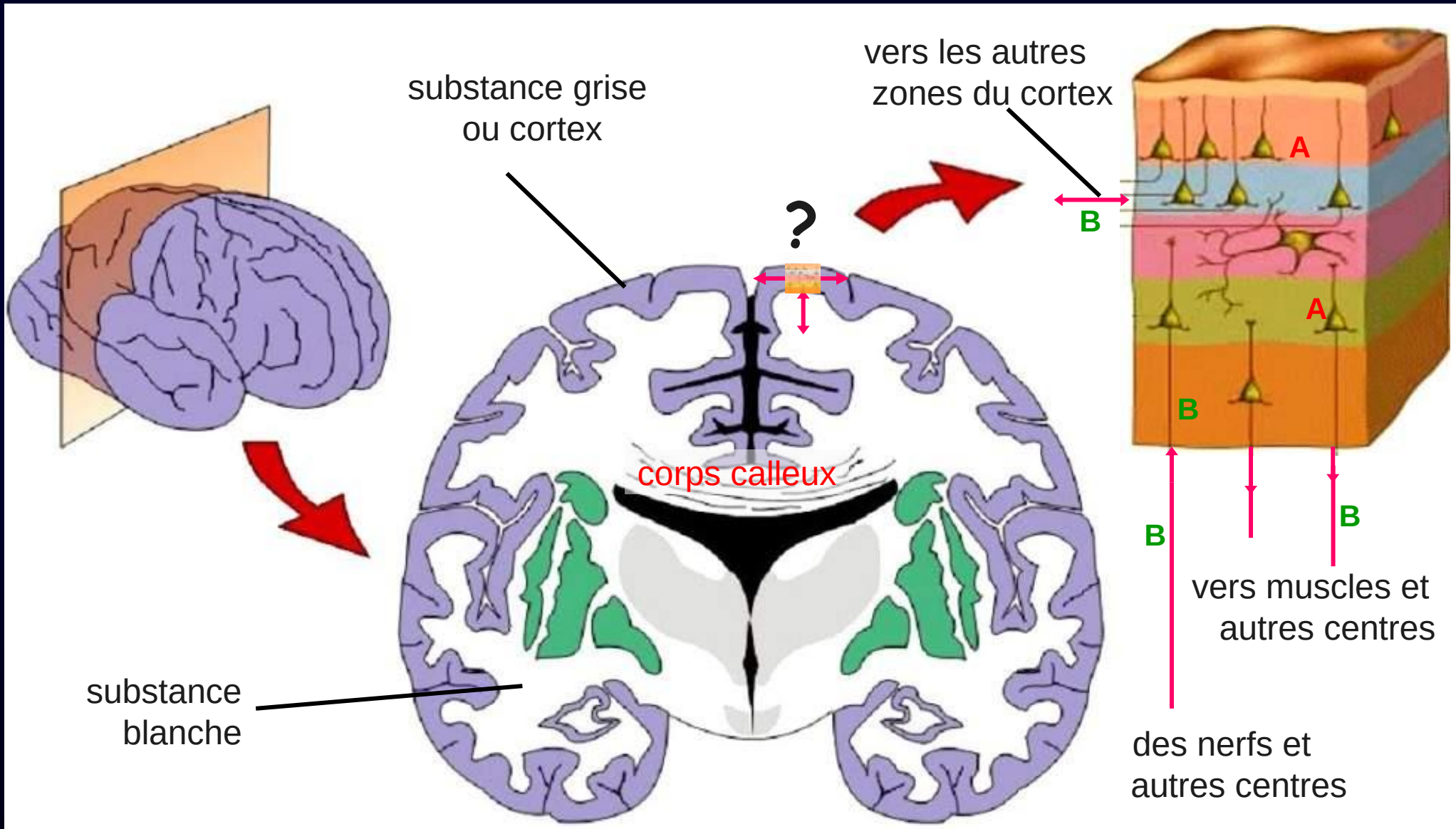
perception motricité moitié droite

⇒ une lésion dans l'hémisphère droit (accident, AVC) provoque un handicap du côté gauche.

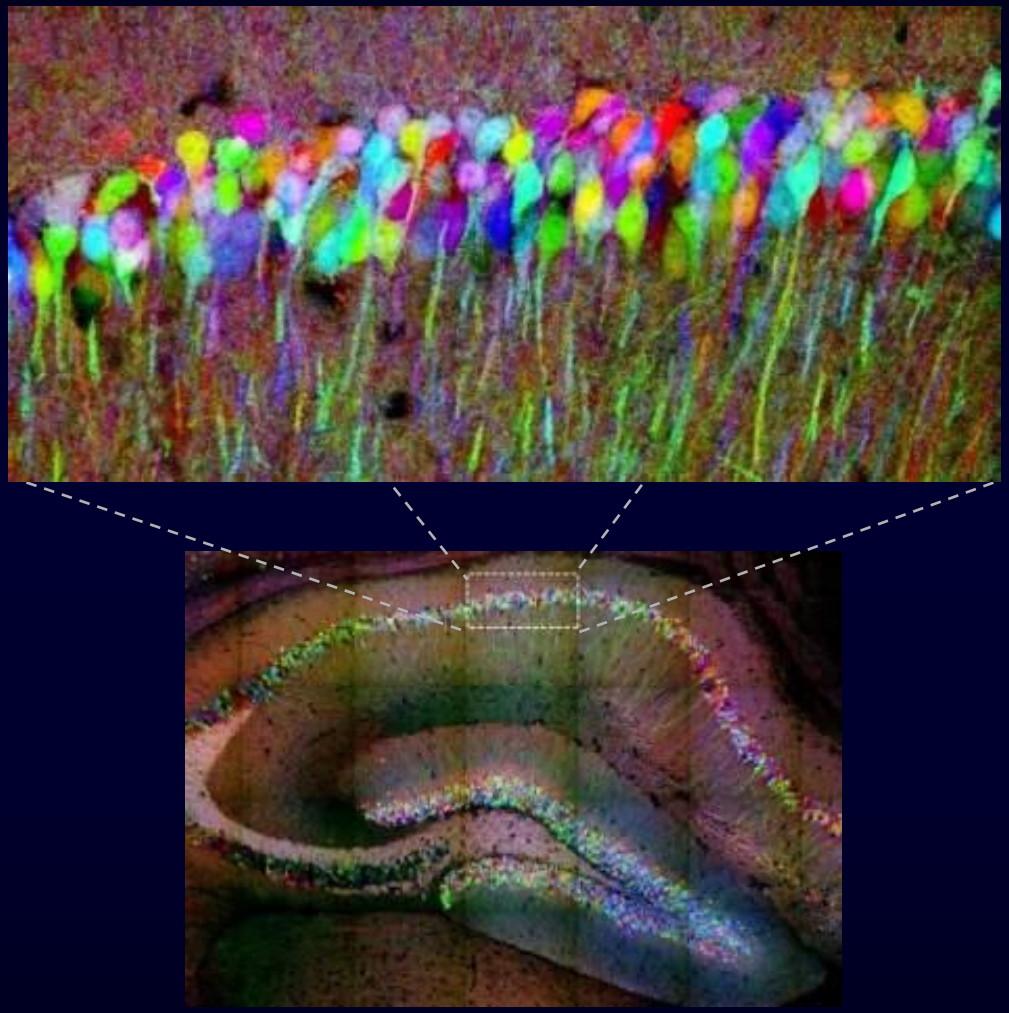
Les deux hémisphères sont reliés par un faisceau de liaisons : le corps calleux

neurones du cortex

corps cellulaires **(A)** > surtout substance grise / axones **(B)** > surtout substance blanche



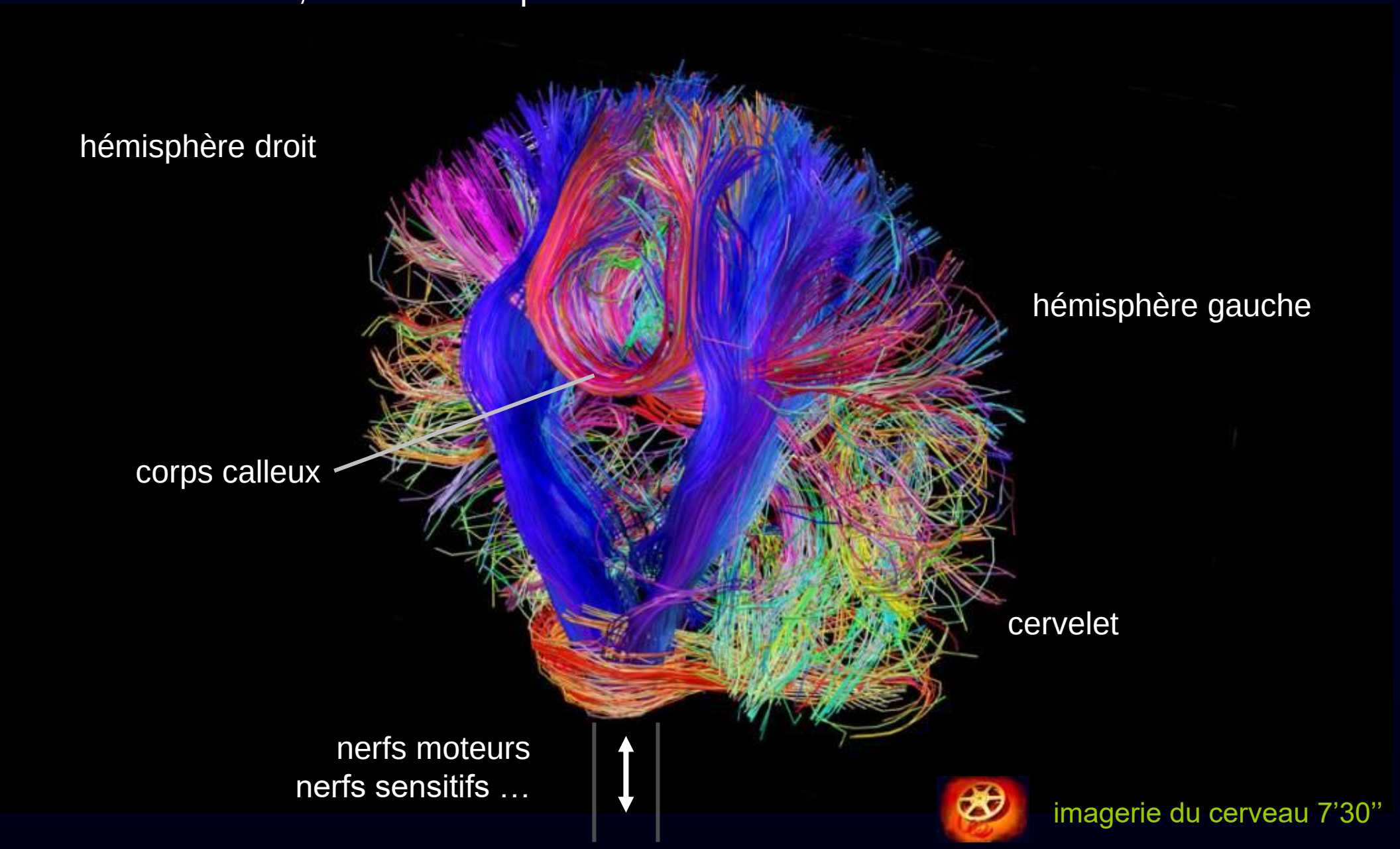
la substance grise



fluorescence 2’05’’

les chemins du cerveau

Cortex enlevé, visualisation par RMN des liaisons dans la substance blanche.



imagerie du cerveau 7’30’’

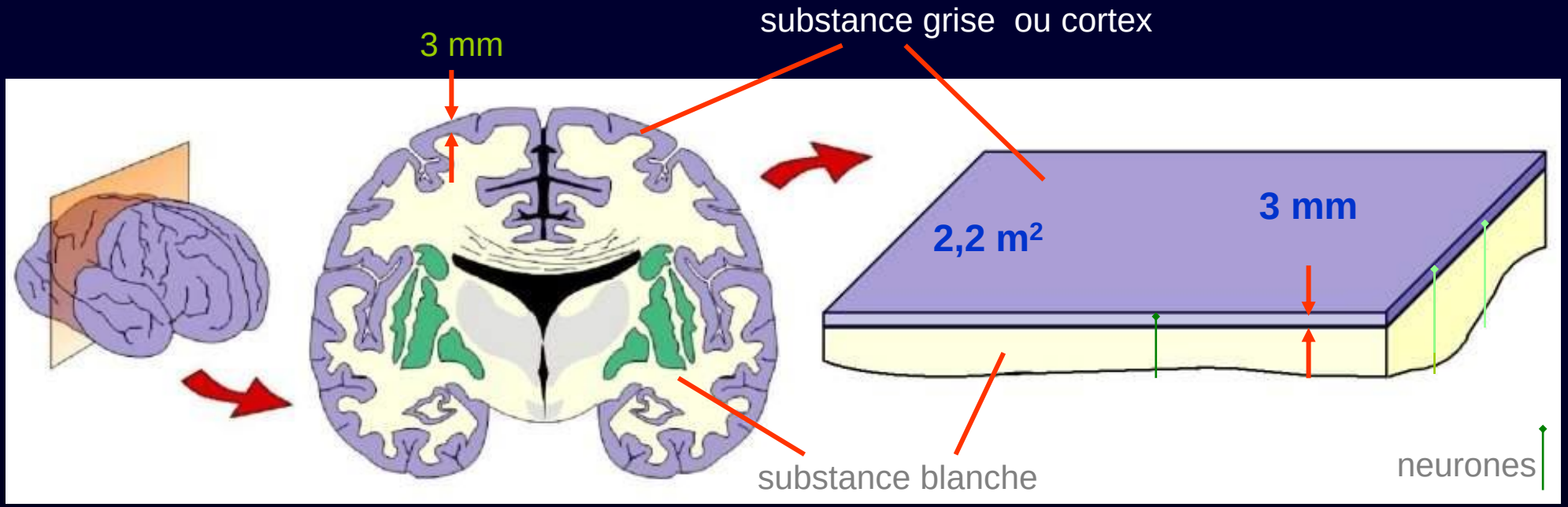
sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

pourquoi cet aspect ?

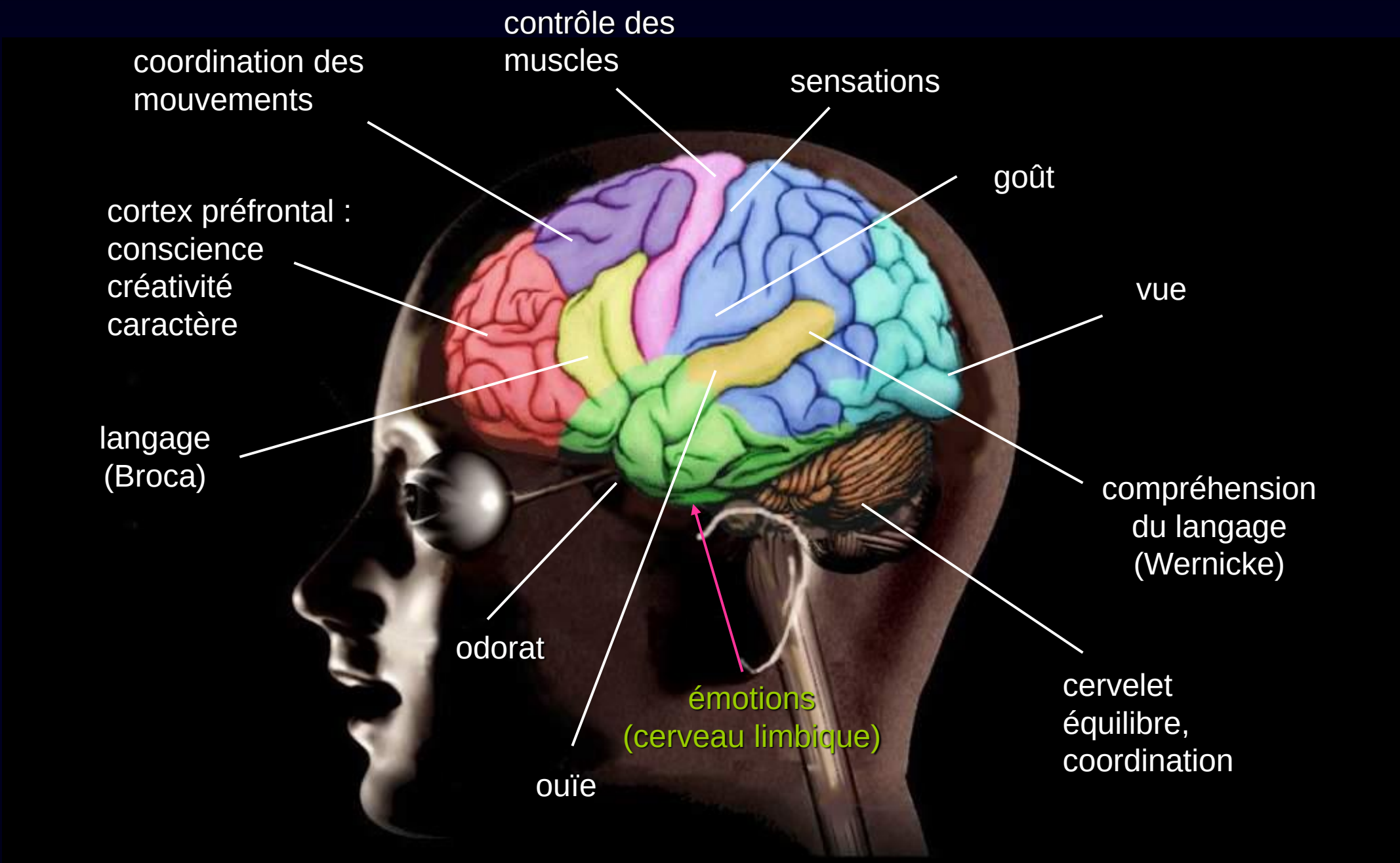
C'est dans la substance grise qu'on réfléchit, ressent, décide, mémorise …

- le cortex compte 15 milliards de neurones
- il fait 40% de la masse du cerveau
- il a une surface totale de 2,2 m^2 !



Pour loger 2,2 m^2 de cortex dans la boite crânienne, il fallait le plisser !

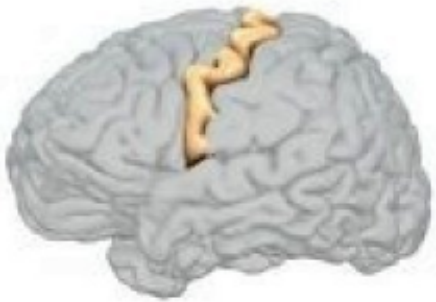
la carte du cortex



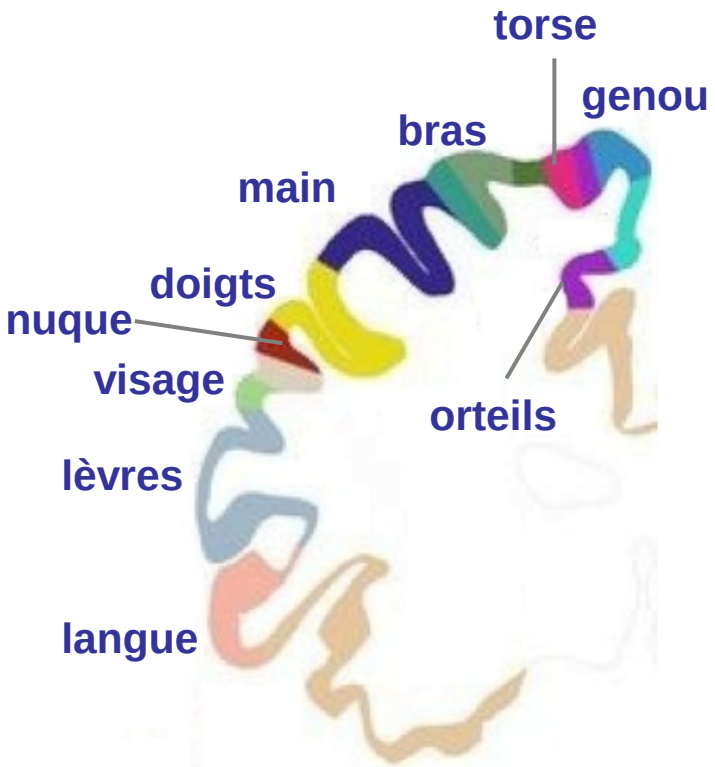
Petit à petit on a pu établir une carte des zones de spécialisations du cerveau.

➢ l'aire motrice

A chaque muscle du corps correspond une zone dans l'aire motrice :

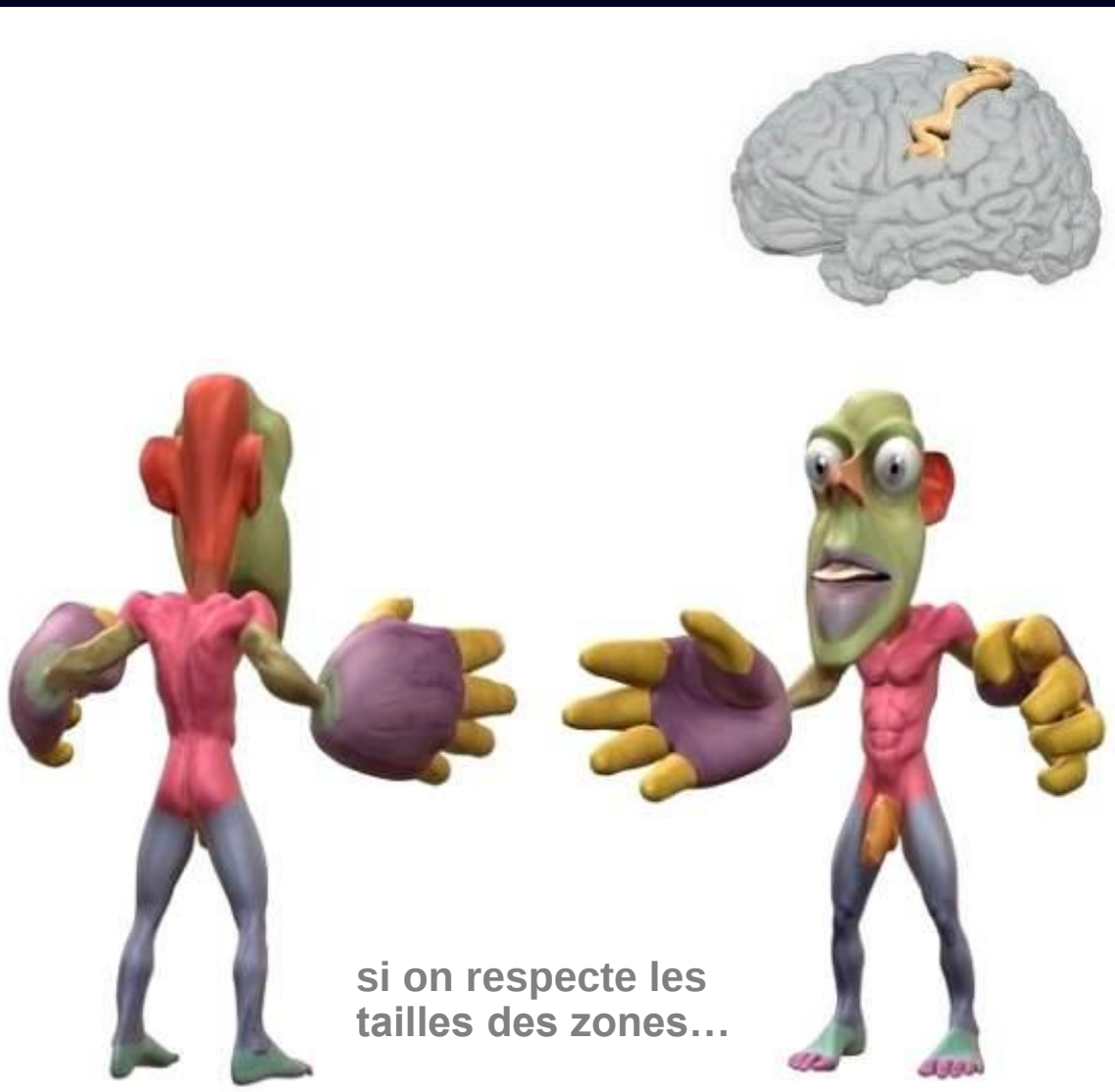


si on respecte les tailles des zones…



l'aire des sensations

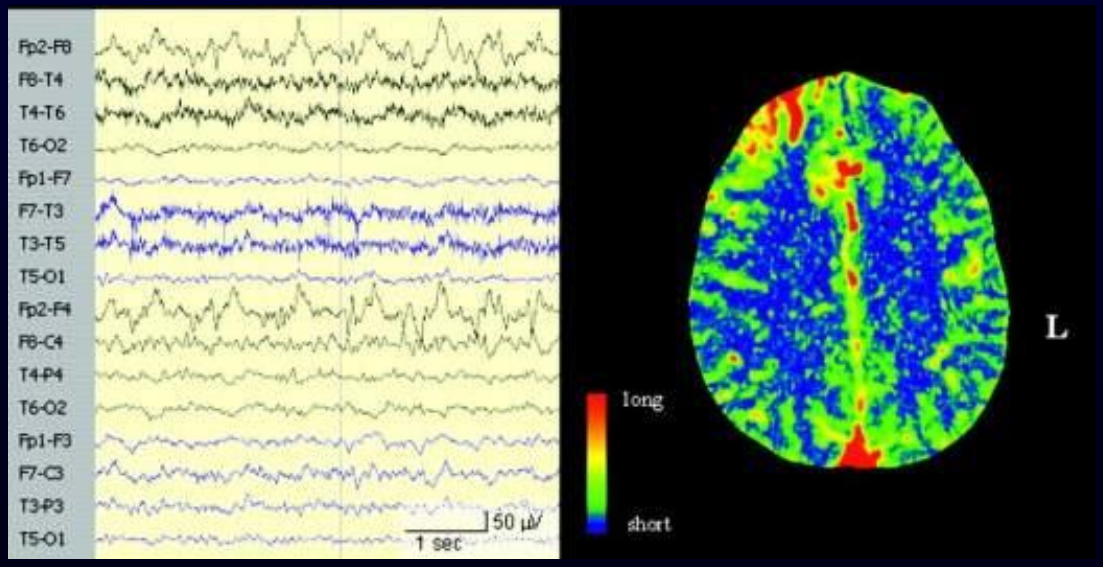
Chaque partie sensible du corps a sa projection sur l'aire des sensations :



➢ imagerie cérébrale

La résonance magnétique nucléaire

L'électroencéphalographie

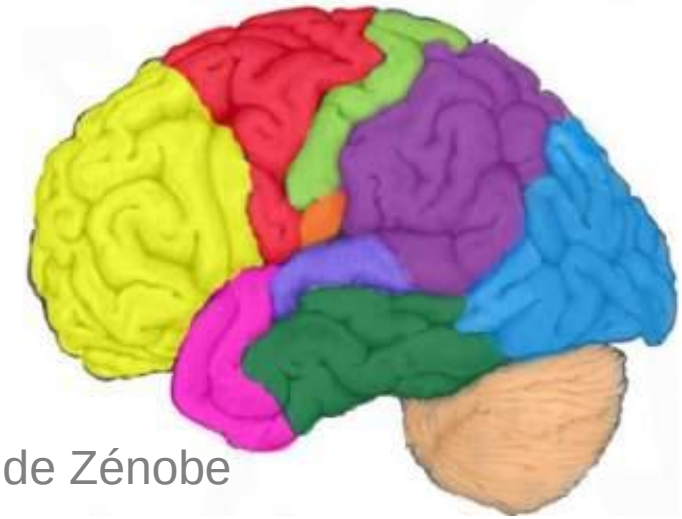


sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

le chat de Zénobe

chat de Zénobe

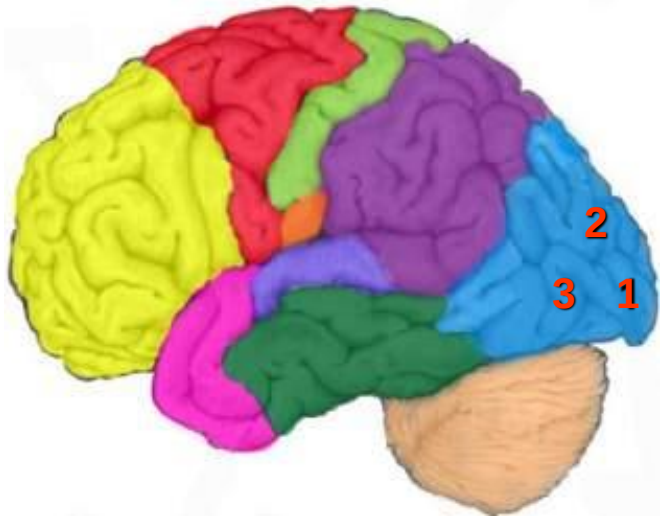


cerveau de Zénobe

Le chat de Zénobe miaule pour demander à manger.

Pour analyser la scène et fournir la réponse adaptée, toutes les aires cérébrales de Zénobe vont collaborer.

le chat de Zénobe

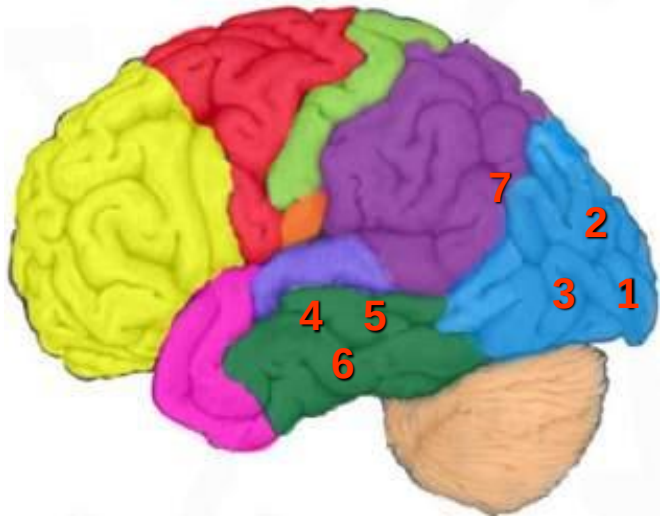


L'aire visuelle primaire (1) identifie une série de lignes, de courbes et de taches de couleurs grises, rousses et blanches.

L'aire visuelle secondaire (2) organise ces éléments disparates en un objet immobile gris, roux et blanc.

La zone d'intégration visuelle (3) reconnaît cet objet comme étant un chat debout.

le chat de Zénobe



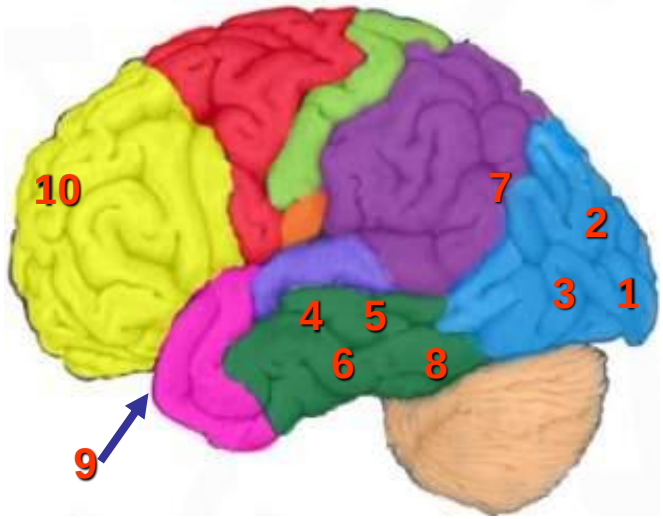
L'aire auditive primaire (4) capte un certain nombre de fréquences.

L'aire auditive secondaire (5) organise ces fréquences pour obtenir un son avec un timbre et une tessiture précises.

L'aire d'intégration auditive (6) reconnaît un miaulement.

L'aire d'association pariétale (7) identifie un chat qui miaule.

le chat de Zénobe

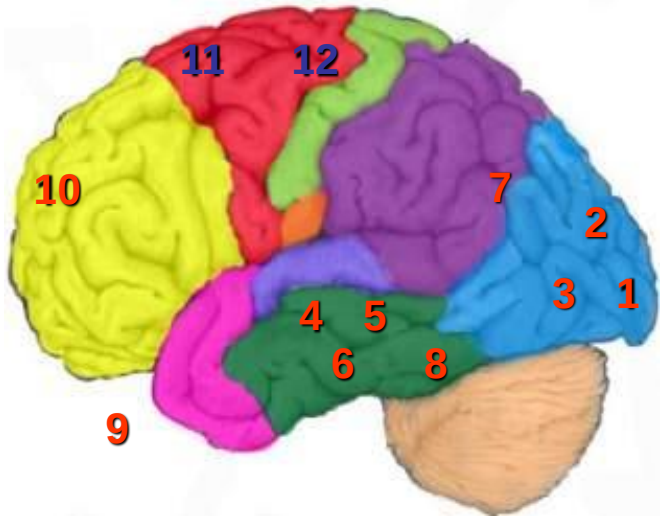


Avec l'aide du lobe temporal (8), Zénobe identifie le chat (le sien) et la nature du miaulement (il a faim).

La mémoire émotionnelle (9) rappelle à Zénobe l'existence d'un attachement pour cet animal. Il le pousse à se désintéresser de son action en cours pour s'occuper en priorité des besoins du chat.

Le cortex préfrontal (10) de Zénobe prend la décision de nourrir le chat (ou de le chasser selon les cas).

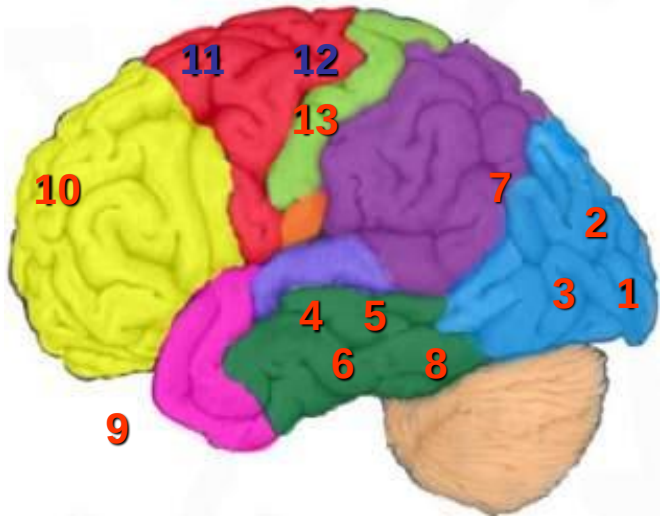
le chat de Zénobe



L'aire motrice supplémentaire (11) organise le déroulement de l'acte.

L'aire motrice primaire (12) commande les mouvements nécessaires à son accomplissement.

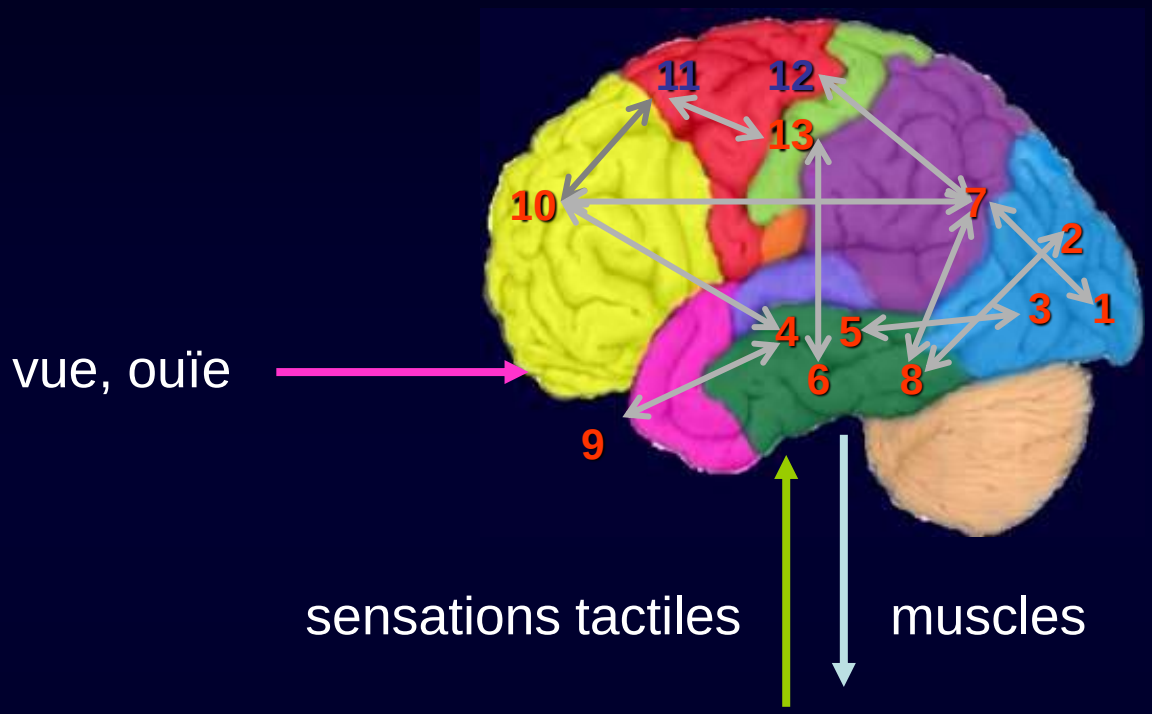
le chat de Zénobe



Le chat de Zénobe est content, il a reçu sa pâtée. Zénobe aussi est satisfait.

Malgré la complexité des phénomènes mis en jeu dans son cerveau et son corps, Zénobe n’est pas épuisé !

➢ les interconnexions



Cette activité simple a été possible parce que :

- les aires sont connectées entre elles et échangent des informations
- le cerveau est relié au monde extérieur par les capteurs sensoriels
- le cerveau est relié aux muscles

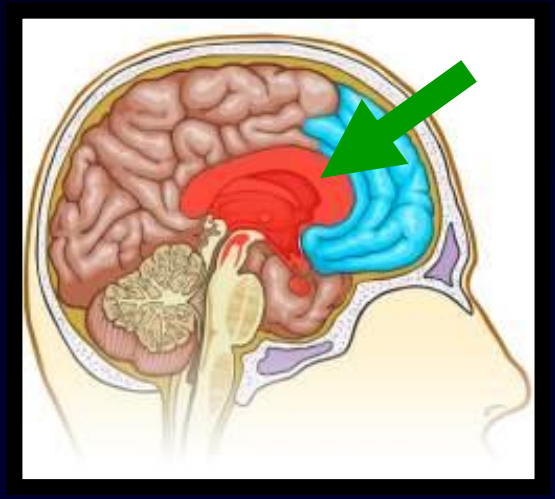
sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

➢ rôle du cerveau limbique

Ensemble de centres nerveux, au cœur du cerveau :

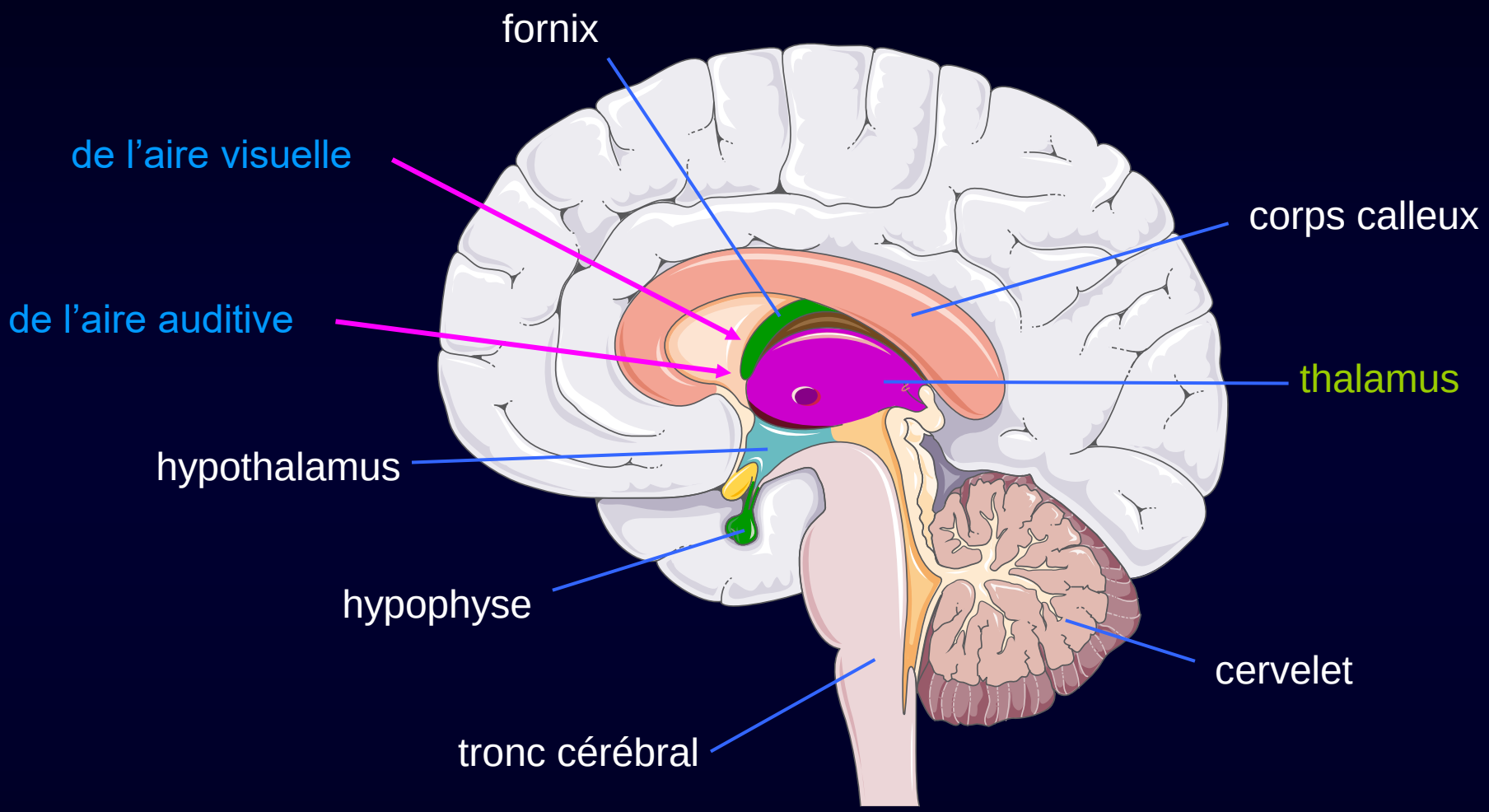
- reliés entre eux et avec les aires du cortex
- centre des émotions et de la mémoire



- gère les comportements instinctifs fondamentaux :

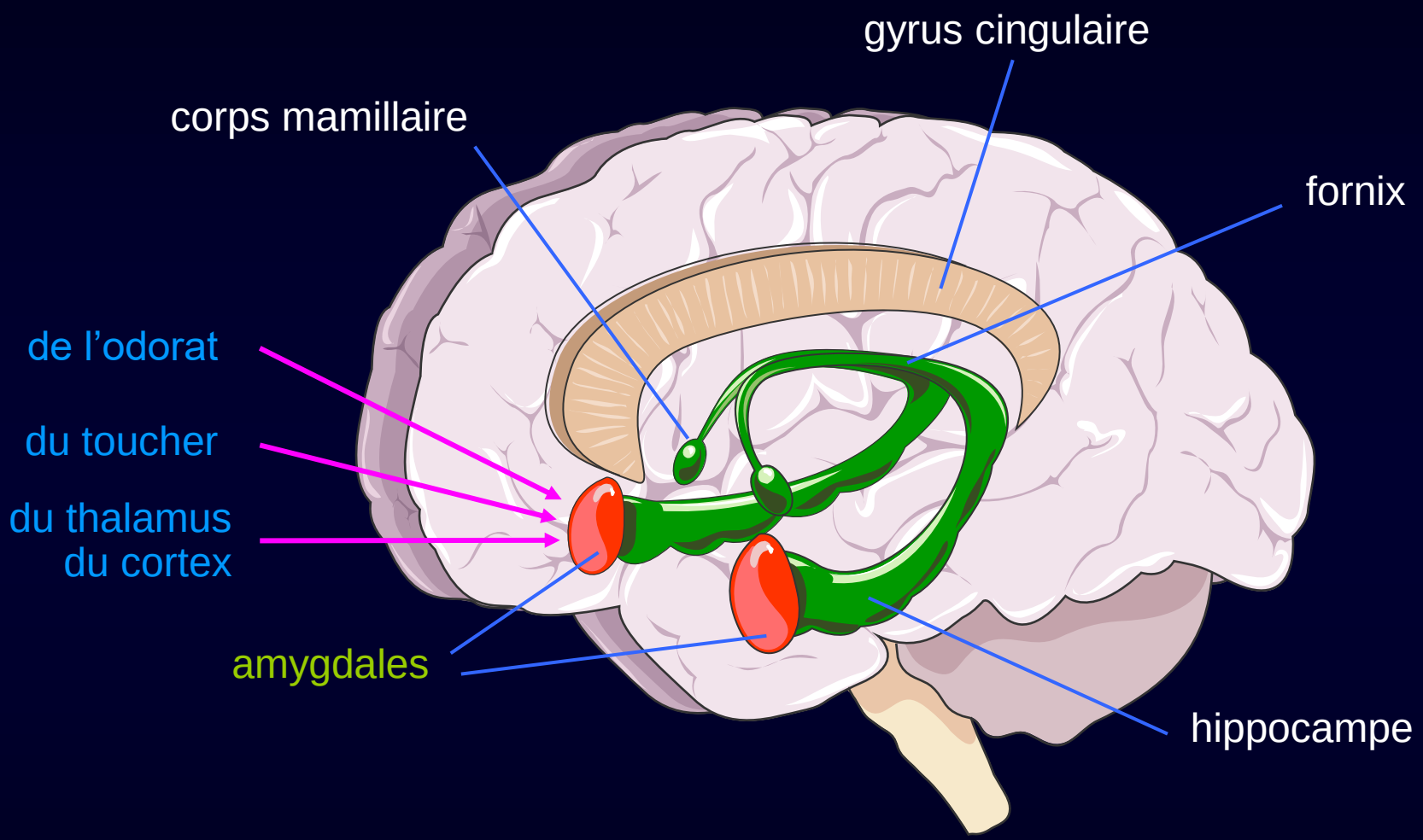
  - vivre (motivations alimentaires)
  - survivre (combattre / fuir)
  - se reproduire (sexualité)

le guetteur



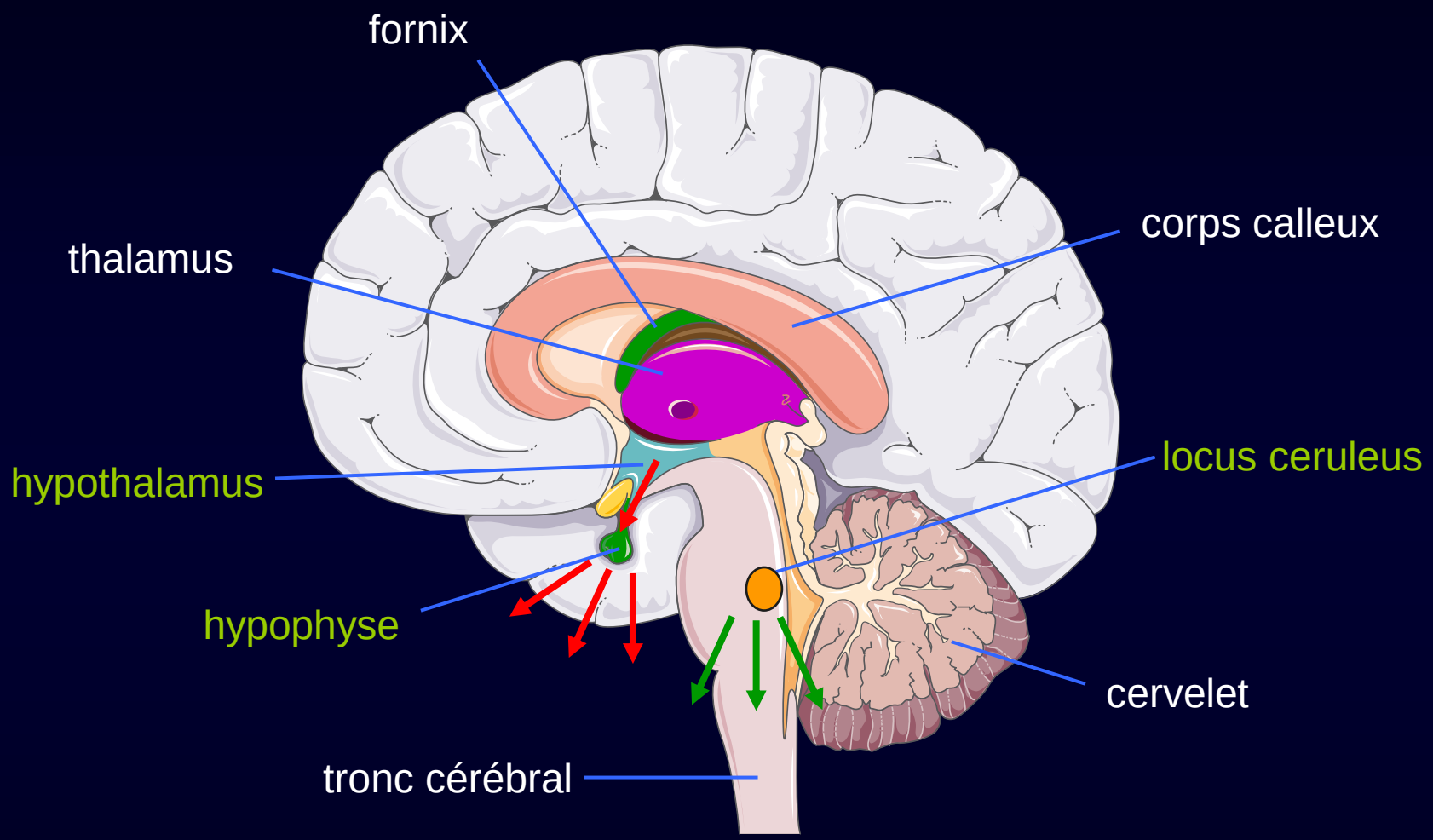
thalamus : traitement rapide des images et des sons pour en extraire des éventuels signaux de danger ⇒ communiqués à l'amygdale

la centrale d'alarme



amygdale : décode les stimuli menaçants pour l'organisme venant directement du nez, du toucher, du thalamus (yeux, oreilles) et du cortex (lésion > plus peur)

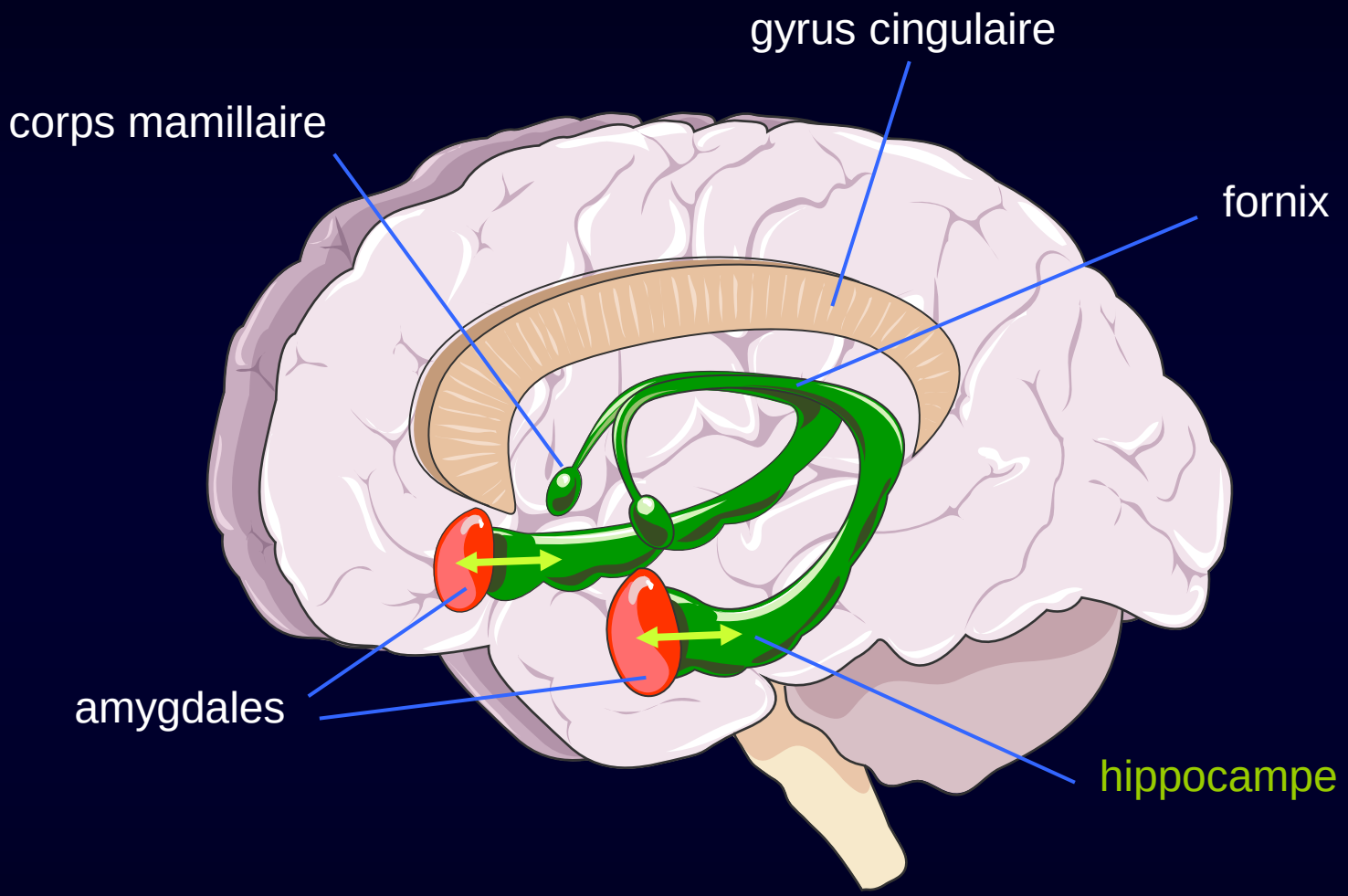
les messagers



hypothalamus+hypophyse : intermédiaires alertés par les amygdales en cas de danger ⇒ l'hypophyse sécrète l'ACTH qui active les surrénales ⇒ adrénaline

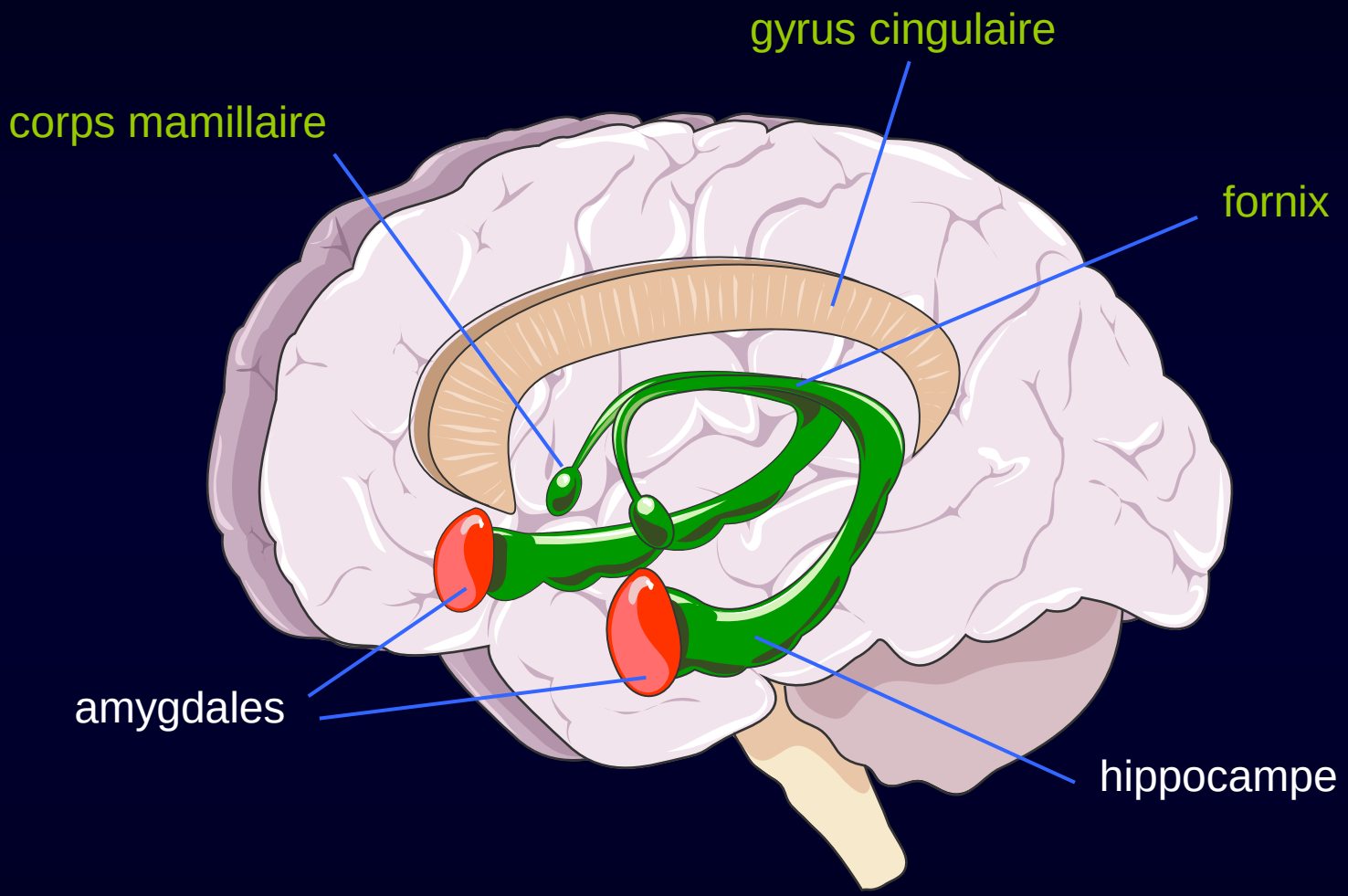
locus ceruleus : noyau de neurones qui produisent la noradrénaline

mémoire émotionnelle



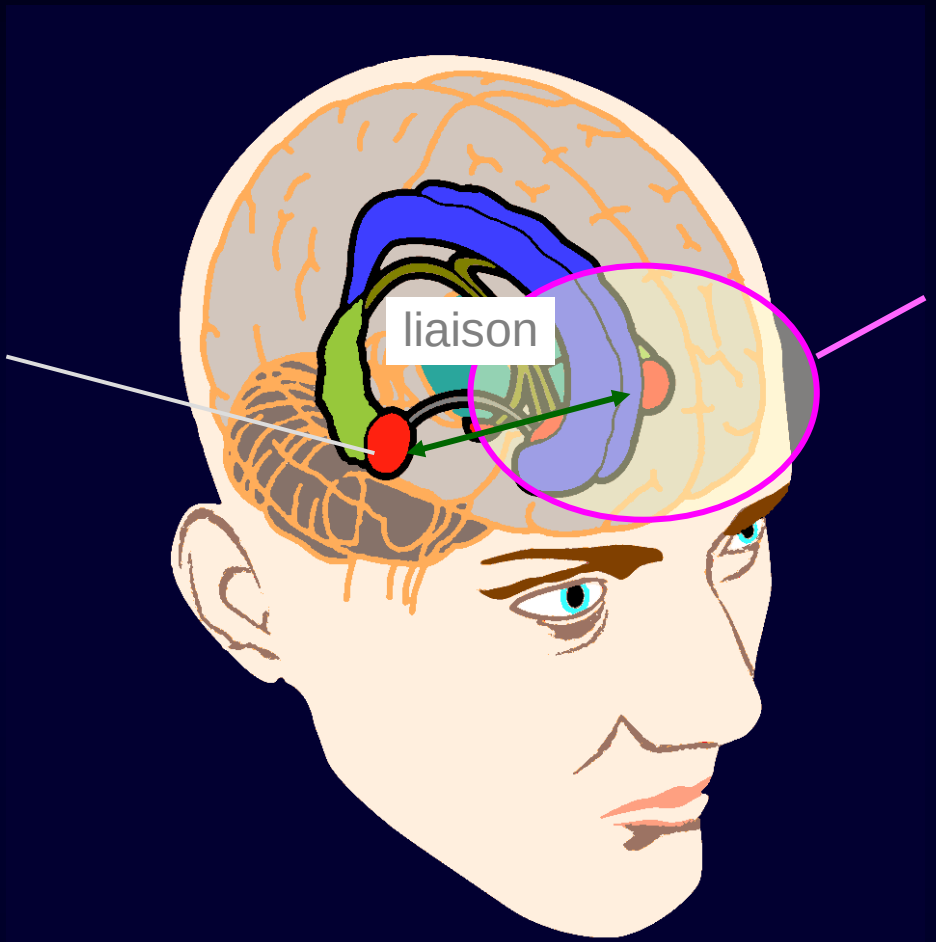
hippocampe : stockage et remémoration de souvenirs liés à des émotions
(connecté à l'amygdale ⇒ un souvenir peut déclencher une émotion)

la mémoire



gyrus-fornix-corps mamillaire : mémoire de fixation qui complète la mémoire visuelle, auditive, des mots… répartie dans le cortex ainsi que la mémoire émotionnelle de l'hippocampe. (> gravé au fond de la mémoire… c'est ici!)

➢ les liaisons



La connexion « amygdale - cortex préfrontal » est fondamentale car impliquée :

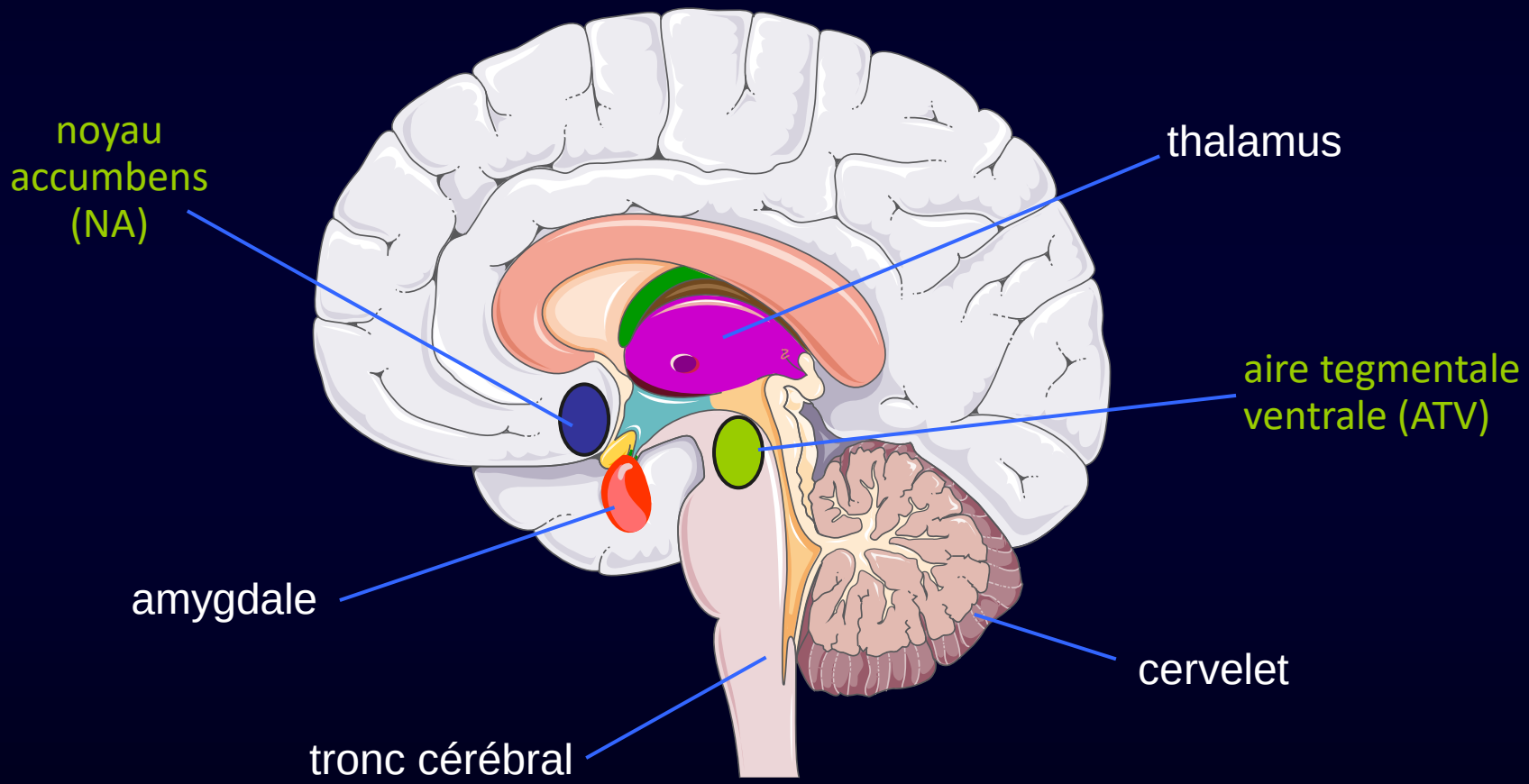
- dans le processus « extinction de la peur / panique » (sérotonine/noradrénaline)
- dans la phase de prise de décision face à un danger

sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

le système de récompense

rôle : gratifier les fonctions vitales (se nourrir, dormir, réagir aux agressions, se reproduire …) par une sensation de satisfaction ou plaisir

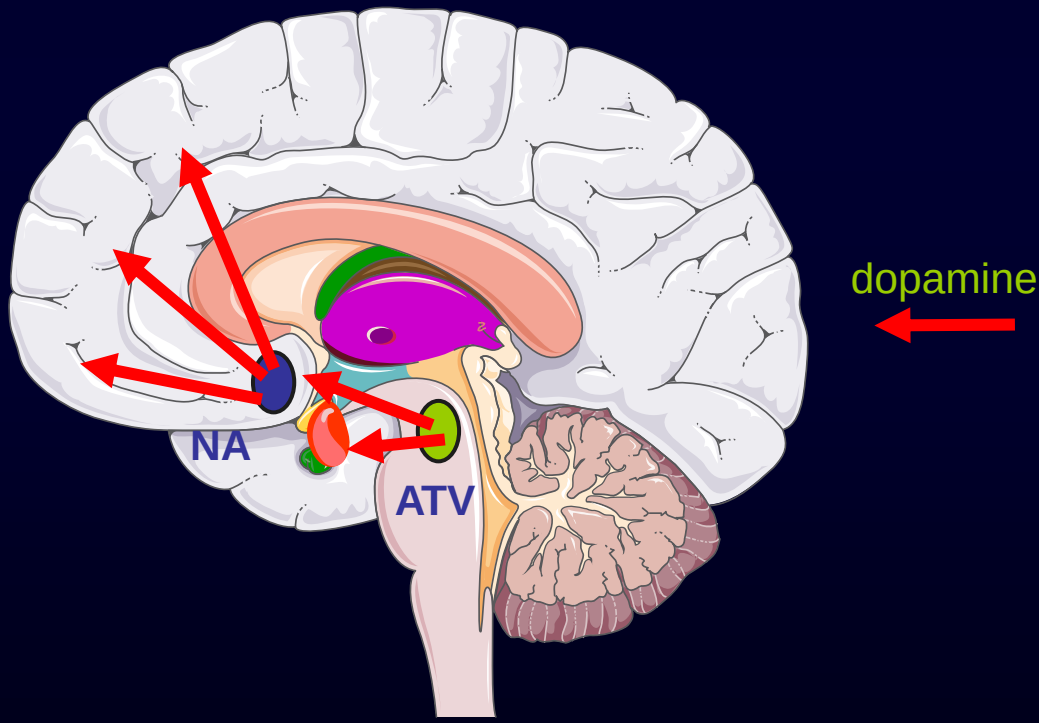


composants : l'aire tegmentale ventrale, le noyau accumbens, l'amygdale, le cortex préfrontal et certaines régions du thalamus

le système de plaisir

Lorsqu'un comportement aboutit à une conséquence positive :

- l'ATV, en fonction de l'état de satisfaction, libère de la dopamine
- les neurones à dopamine transmettent le signal au NA / cortex / amygdales
- il en résulte une sensation de plaisir et de satisfaction



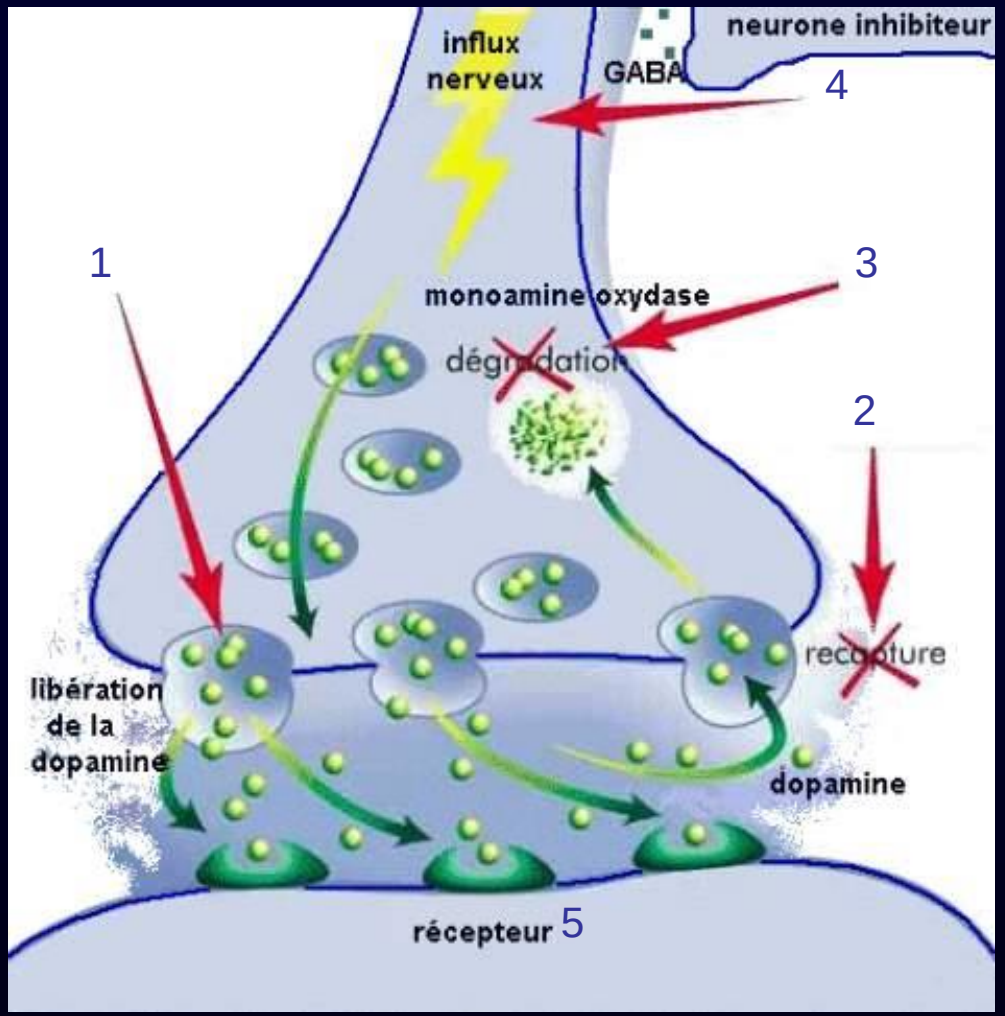
L'hippocampe mémorise ce plaisir
et son origine associée.

le circuit de récompense 1'16

drogues et synapses

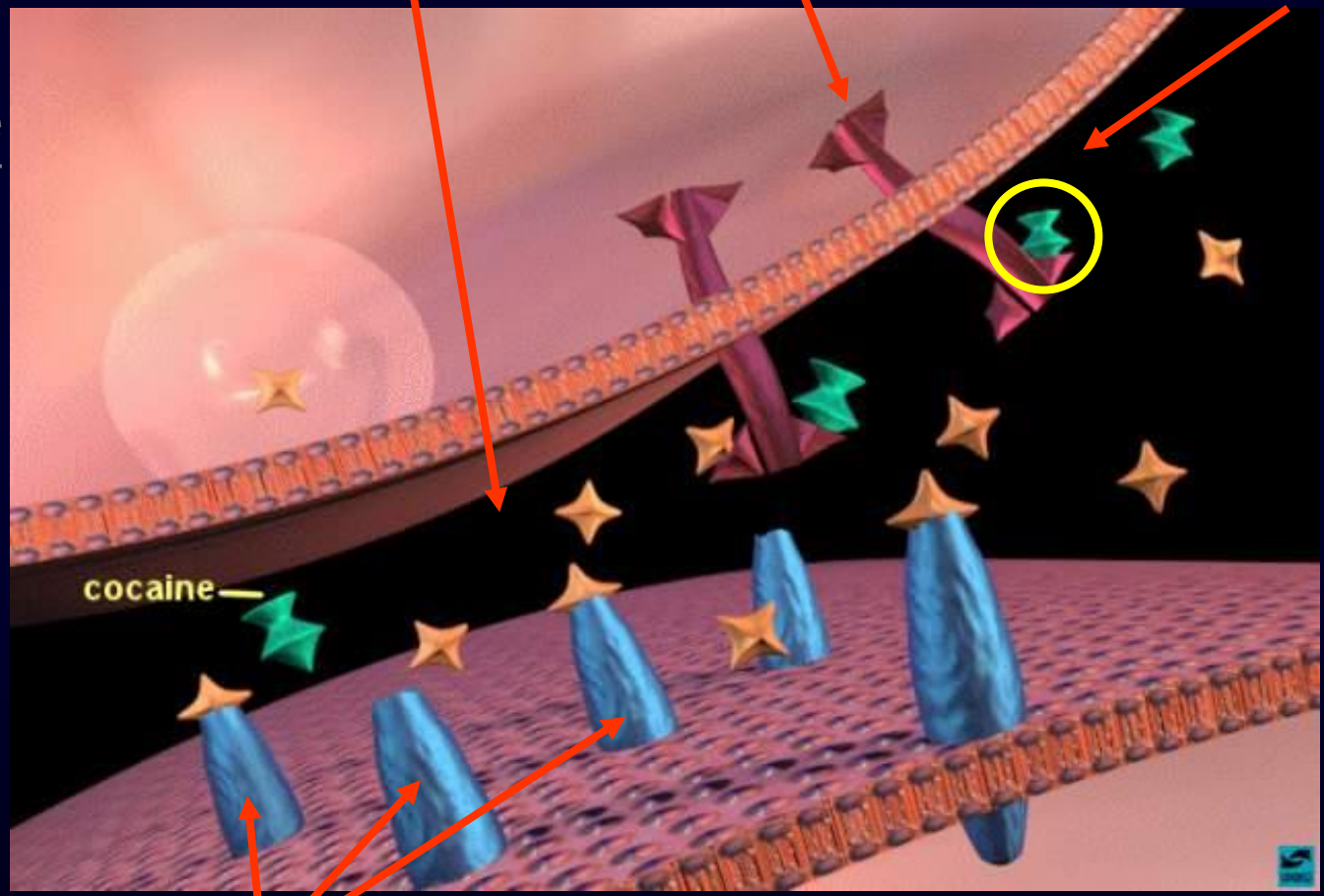
Toutes les drogues font aussi monter le taux de dopamine (circuits du plaisir) !

- stimulent la libération (1) : cannabis (un peu), amphétamines
- bloquent la recapture (2) : cocaïne, ecstasy
- empêchent la dégradation de la dopamine en excès (3) : alcool, tabac
- empêchent l'inhibition des neurones à dopamine (4) : opium, héroïne, morphine
- stimulent les récepteurs (5) : tabac



neurotransmetteurs et drogues 4'

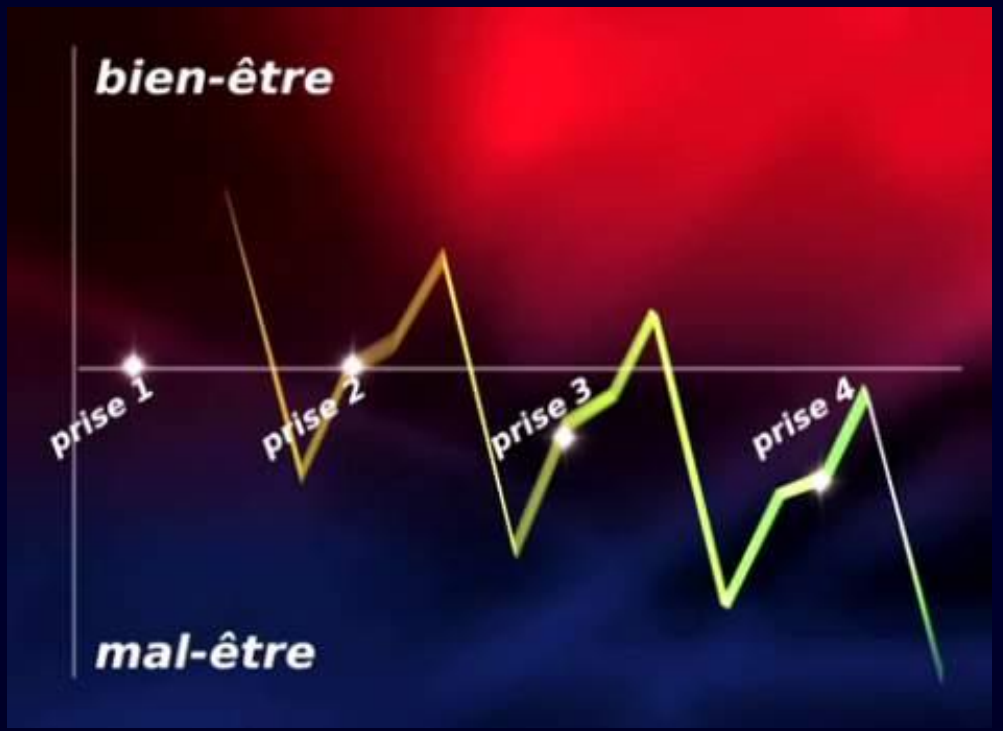
exemple de la cocaïne



➢ l'addiction

La prise de drogues, en activant artificiellement la présence de dopamine, crée un déséquilibre entre les 3 neuromodulateurs ⇒ **mal-être** !

Pour retrouver le bien-être, on est obligé de reprendre de la drogue
⇒ la dépendance s'installe



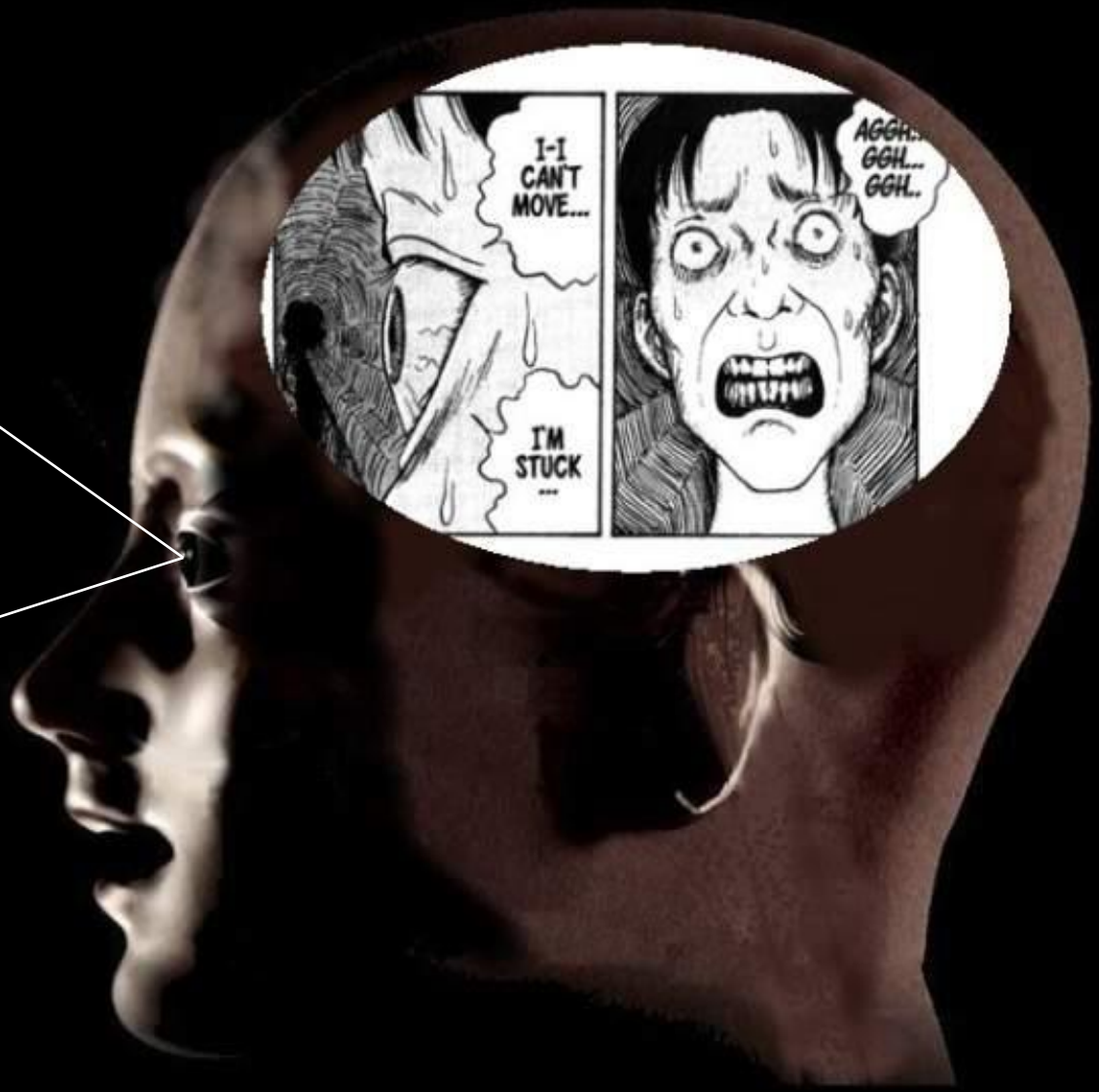
Directeur de recherches au Collège de France

neurobiologie de l'addiction 18' (un peu compliqué!)

sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

la peur bleue

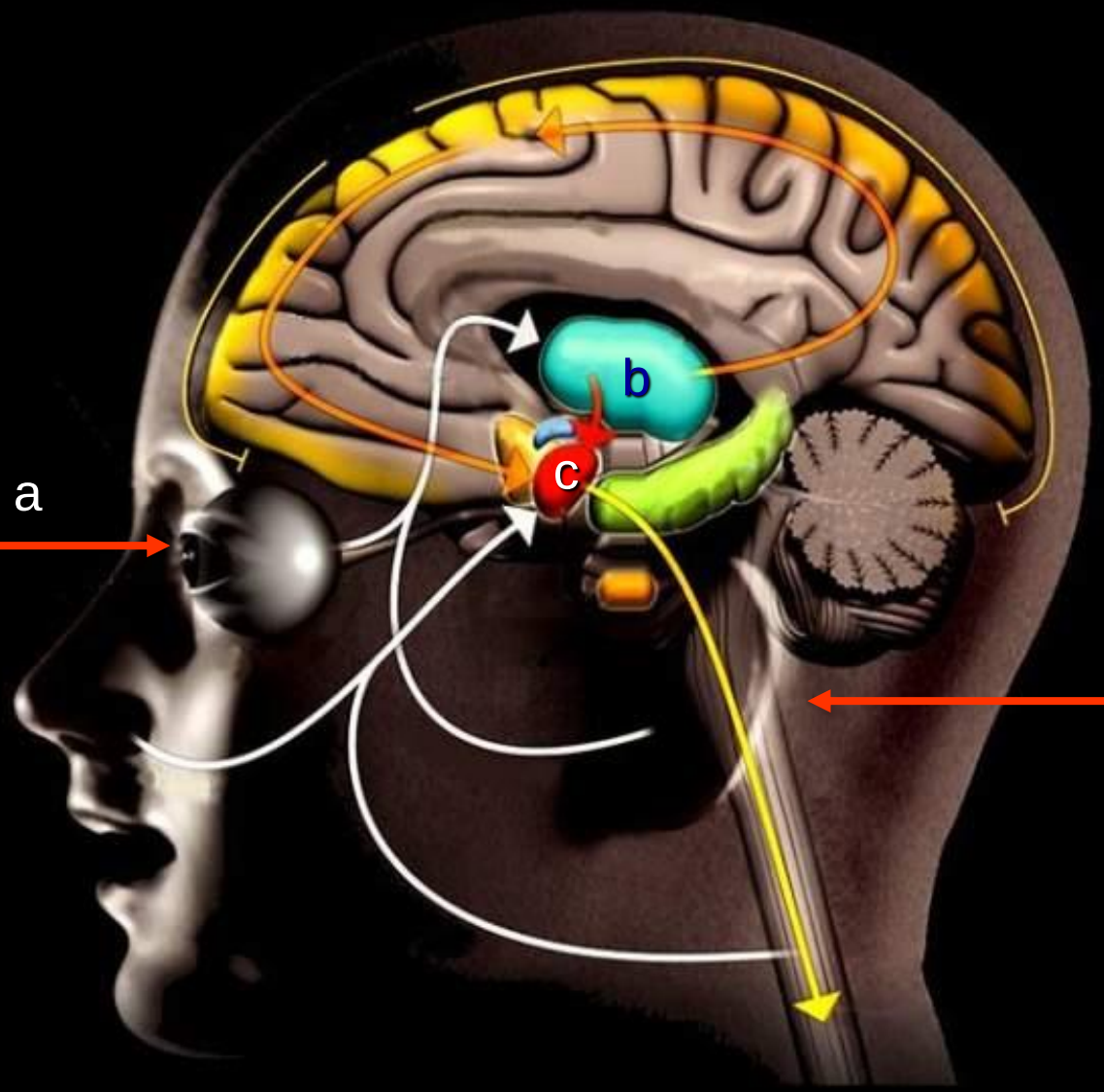


Un jour, Zénobe a eu très peur.

Il a été violemment menacé.

mécanismes de la peur

a

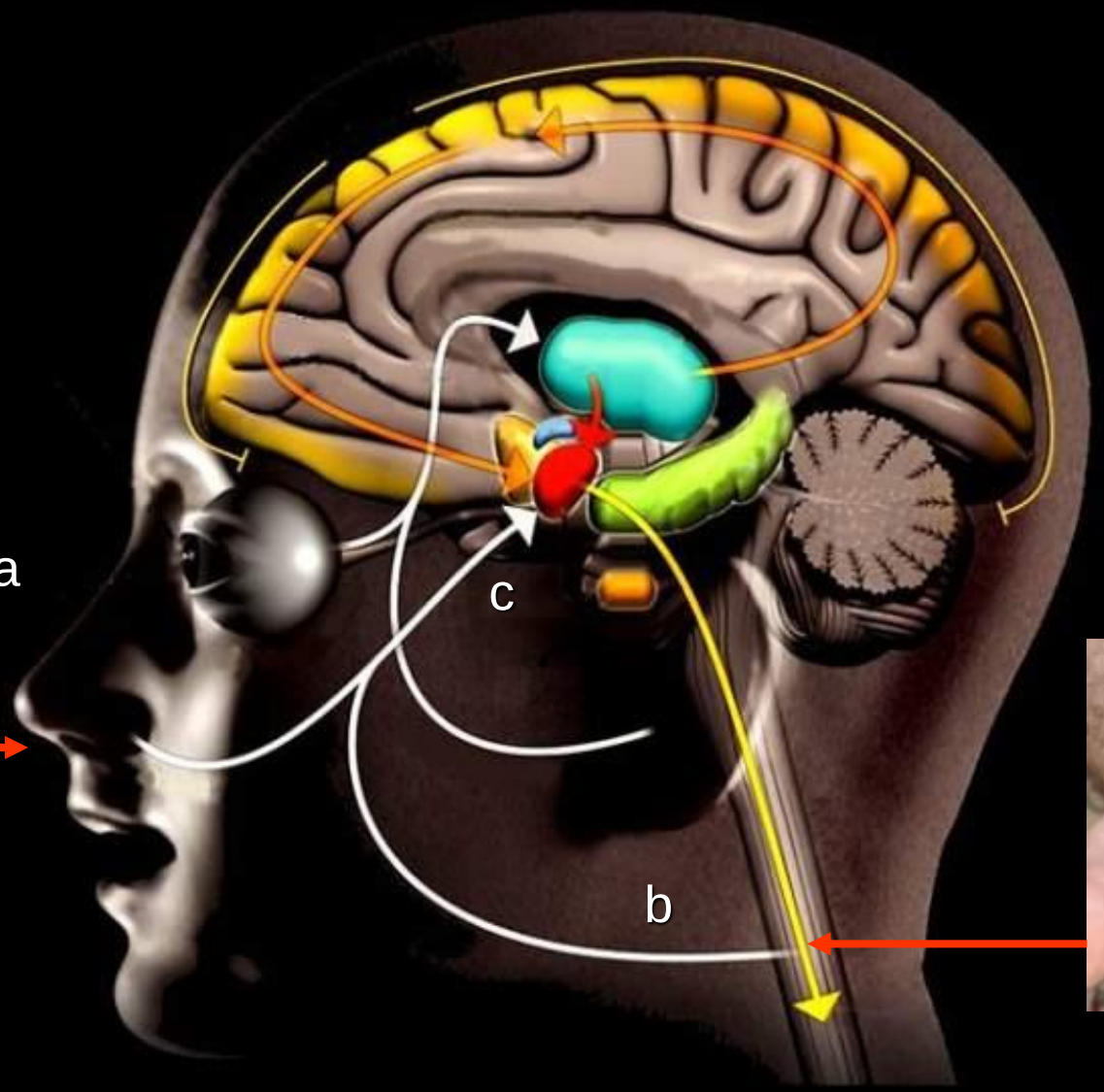


d

La scène (a) est grossièrement analysée par le thalamus (b) qui détecte les détails inquiétants et alerte l'amygdale (c) . Il en aurait été de même pour un cri (d) .

mécanismes de la peur

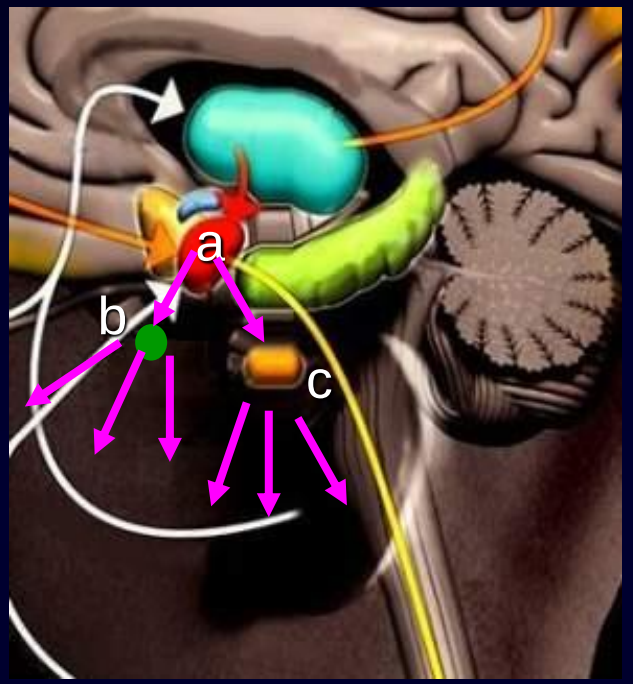
a



Les odeurs (a) et les sensations liées au toucher (b) ne passent pas par le thalamus mais vont directement vers l'amygdale (c) .

mécanismes de la peur

L'amygdale (a) a un rôle majeur dans le déclenchement de la réaction de peur.



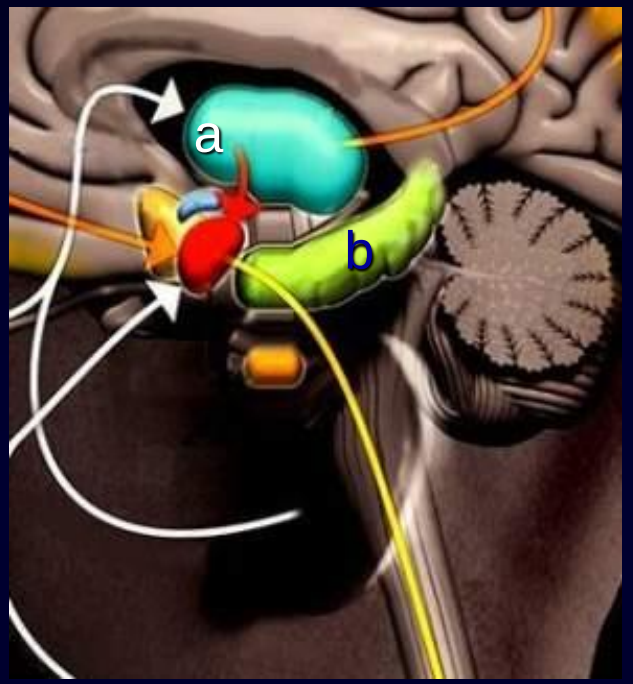
- elle avertit l'hypothalamus-hypophyse (b) et le locus ceruleus (c)

- ceux-ci sécrètent la noradrénaline qui provoque les réactions physiologiques habituelles :

  - paumes moites, sueurs, chair de poule, poils qui se dressent
  - dilatation des pupilles
  - accélération du rythme cardiaque, augmentation de la pression sanguine
  - vomissements, les sphincters se relâchent (vessie, anus)
  - le foie libère du glycogène (source d'énergie)

Tout cela prépare le corps à se battre ou à fuir.

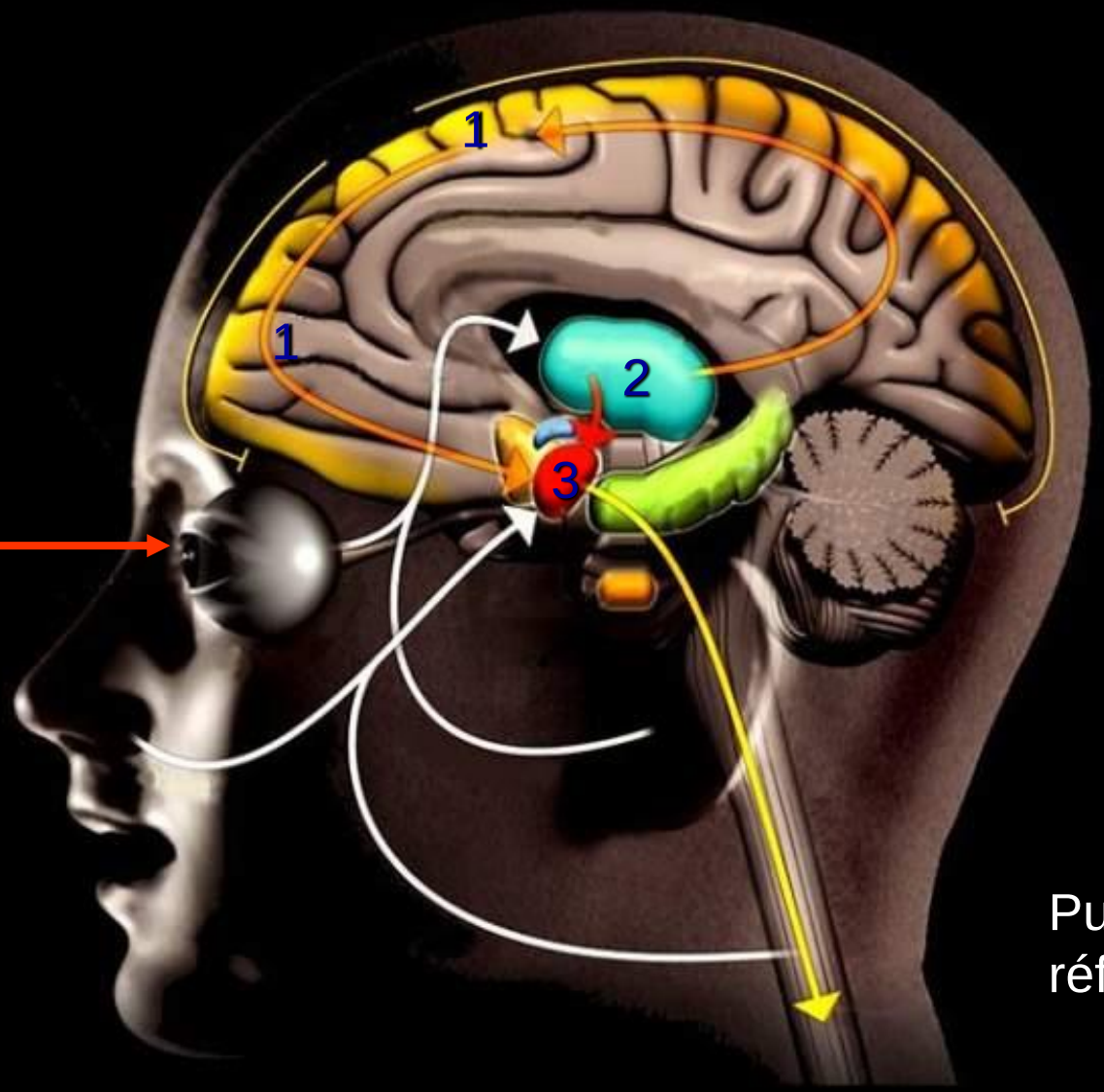
➢ mécanismes de la peur



Les informations qui passent par l'amygdale (a) sont imprégnées de signification émotionnelle :

- elles sont envoyées vers l'hippocampe (b) qui les stocke avec l'émotion associée (peur)
- parce qu'il a eu une peur bleue, Zénobe se souviendra longtemps de cette agression.
- parfois, à la vue d'une personne menaçante, son hippocampe lui rappellera ce mauvais souvenir, l'amygdale s'activera et il se remettra à transpirer
- parfois même le simple fait d'y penser déclenchera à nouveau sa peur

mécanismes de la peur



Puis Zénobe se met à réfléchir.

Son cortex préfrontal (1) analyse objectivement les informations que le thalamus (2) et l'amygdale (3) lui envoient.

peur bleue

“Le différend a été réglé ! se dit-il…*“je ne risque donc plus rien !”*

Sa réflexion (pensée) a calmé l’amygdale et sa peur.

pas finie la peur ?

Quelques jours plus tard, Zénobe se promène en ville.

Un homme se met à courir vers lui en agitant les bras.

Soudain son cœur s'emballe, il se sent menacé.

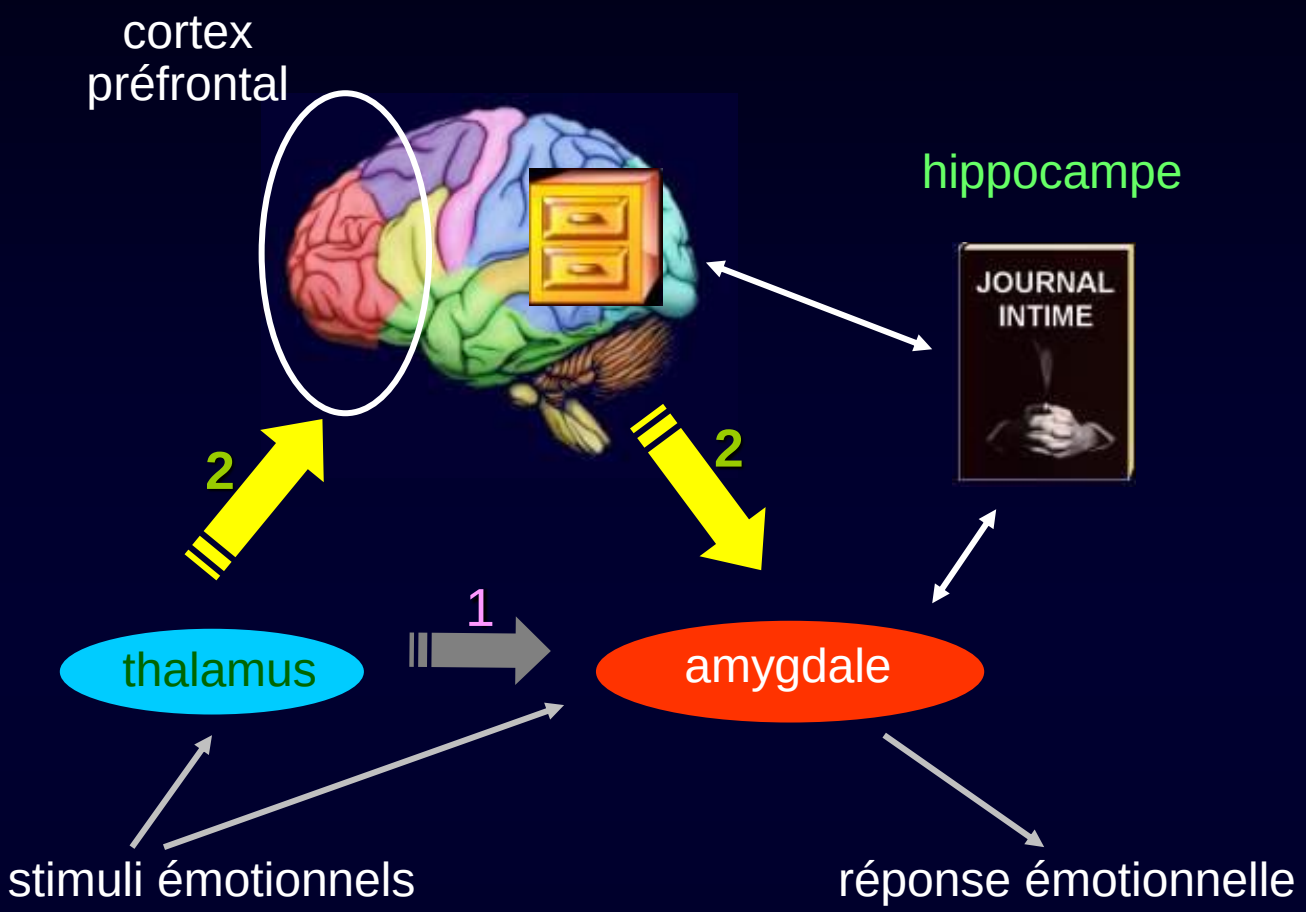
L'homme passe à côté de lui , tentant de rattraper son autobus…

"Encore un coup de ton hippocampe…!" lui dit son cortex. Zénobe rit et se calma.

sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

➢ les deux routes



route 1 : directe, précieuse car rapide, (10ms) mais imprécise

route 2 : plus longue donc plus lente (>50ms), précieuse car précise

1- route courte : ⇒ prépare à un danger potentiel sans l'analyser en détails (qques 1/10èmes de secondes font parfois la différence!)

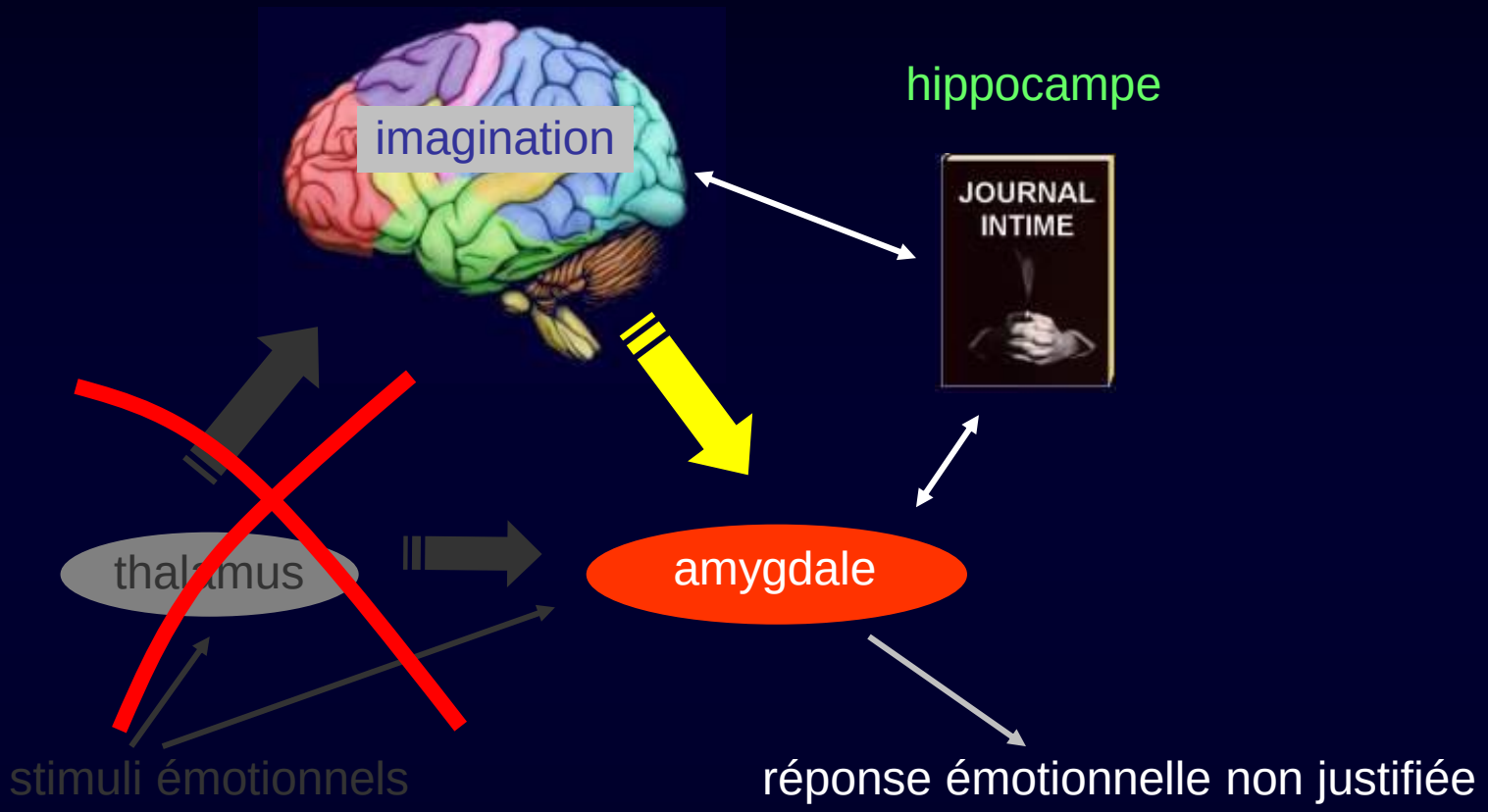
2- route longue : ⇒ le cortex corrige la réaction « route 1 » en rectifiant les réponses parfois inappropriées. En analysant la situation de manière rationnelle (cortex > pensée éclairée par l'Esprit) et en se référant à des situations passées (hippocampe).

➢ pensées et émotions

La planification volontaire par nos structures mentales supérieures d'une réponse émotionnelle adaptée à la situation est donc un merveilleux complément à notre système de réponses rapides et automatiques.

http://lecerveau.mcgill.ca

peurs et imagination



- on peut avoir peur même en l'absence de stimuli émotionnels
- notre cerveau peut créer de l'anxiété en imaginant l'échec d'un scénario donné
- ou en imaginant des dangers inexistants (peur = émotion d'anticipation)

la Bible et nos amygdales

Dieu dit : « Ne crains pas, car… je… »

hippocampe

thalamus

amygdale

stimuli émotionnels ou pas

réponse émotionnelle juste

L'absence de peur, le sentiment de sécurité, ne viennent pas de l'absence de danger, mais de la conscience («car» > cortex) de la présence et de l'action de Dieu (car…je).

⇒ importance des pensées justes fondées sur ce que Dieu dit !

sommaire

- la cellule nerveuse
- le réseau de neurones
- le cortex et ses aires
- le chat affamé de Zénobe
- le cerveau limbique
- le système de récompense
- la peur bleue de Zénobe Lanturlu
- les mécanismes de la peur
- des pistes de réflexion

pistes de réflexion

bosse des maths… du commerce > Frantz Gall (1758-1828), médecin allemand, pensait que le développement d'une capacité faisait grossir la zone correspondante du cerveau

matière grise seule ? > inutile ! ne peut pas travailler sans les liaisons (substance blanche)

amnésie infantile ? > plusieurs hypothèses : immaturité du cerveau (hippocampe) avant 3 ans, incompatibilité entre le mode de stockage (procédural) et de restitution (verbal)

on n'utilise que 10% de son cerveau > c'est faux ! l'imagerie montre que la totalité du cerveau est utilisée, les zones actives étant liées au type d'activité

pistes de réflexion

amygdales matures avant l'hippocampe > peurs sans souvenir explicite associé

cortex frontal mature vers 15 ans > peurs difficiles à gérer dans l'enfance

amygdale intimement liée à l'hippocampe > on garde en mémoire de manière durable les événements chargés en émotions négatives

dépendance liée aux neuromodulateurs > seuls les produits/activités qui agissent sur leur métabolisme peuvent créer une dépendance

le mécanisme de la peur nous protège > ne pas avoir peur d'avoir peur ! mais craindre des choses justes (>rôle des pensées, du cortex > accompagnement)

peur des souris ? araignées ? serpents ? > pas d'explication scientifique (pour le moment)… :-/

pistes de réflexion

qui contrôle les émotions ? > le système limbique joue un rôle essentiel dans leur émergence, et le cortex préfrontal dans leur régulation (> accidentés)

cerveau et musique > l'écoute active les zones auditives, motrices (mouvement!) et visuelles (images!). Le chant active les zones motrices (bouche) et du langage (même sans paroles!).

abus d'alcool (binge drinking) > déséquilibre la régulation des neuromodulateurs ⇒ dépendance, mais aussi perte de neurones

éveil-sommeil > notre horloge interne (hypothalamus) synchronisée par les signaux visuels (lumière extérieure) agit sur les taux de NT

devient-on plus lent avec l'âge ? > oui, la qualité des NT et de la gaine de myéline se dégrade avec l'âge et des neurones meurent ⇒ l'influx nerveux se propage moins vite/bien

on n'utilise que 10% de son cerveau > c'est faux ! l'imagerie montre que la totalité du cerveau est utilisée, les zones actives étant liées au type d'activité

➢ pistes de réflexion

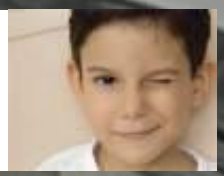
mode d'action des tranquillisants > les + courants (benzodiazépines) facilitent l'action du neurotransmetteur inhibiteur GABA ⇒ calme mais aussi somnolence, baisse de vigilance

agression/film d'horreur : même peur ? > oui, dans les 2 cas l'amygdale s'active et met le corps en éveil par la noradrénaline

détruire une zone du cerveau pour effacer un souvenir ? > non, car les éléments du souvenir (lieu, contexte, émotions, signification…) sont stockés à différents endroits. L'hippocampe recolle ces morceaux, parfois avec difficultés (traumatisme, Alzheimer…)

d'où viennent les idées ? > on ne sait pas comment la pensée, les idées, émergent de l'activité neuronale. L'imagerie montre cependant que la pensée active les mêmes zones que le vécu d'une réalité.

Ca va les amygdales ?



fin

L'Éternel est ma lumière et mon salut : de qui aurai-je peur ?

L'Éternel est la force de ma vie : de qui aurai-je frayeur ? *Ps 27v1*