

Comment Fonctionne l'Esprit ?

- Qu'est ce que c'est ?

- A quoi ça sert ?

- Qu'est ce que ça fait ?

- Comment ça marche ?



- Qu'est ce que c'est ?



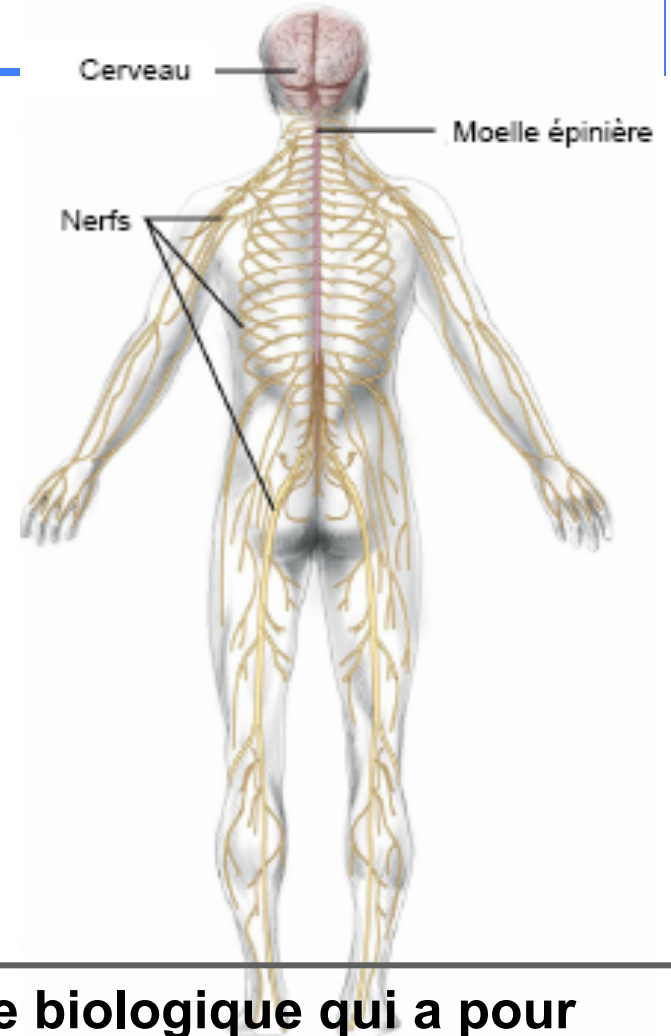
**Les êtres humains sont des systèmes biologiques
constitués d'organes capables d'accomplir des
fonctions**

Classiquement, l'esprit est défini comme l'ensemble des
activités mentales que sont
les perceptions,
les émotions,
les opérations logiques,
la mémoire et son utilisation,
les actions.

Nous pouvons donc définir l'esprit comme une **Fonction
biologique dédiée au traitement de l'information.**

Esprit et système nerveux

- Cette fonction biologique est portée par le système nerveux qui est constitué chez l'homme du système nerveux périphérique (nerfs, moelle épinière) et du système nerveux central (cerveau).



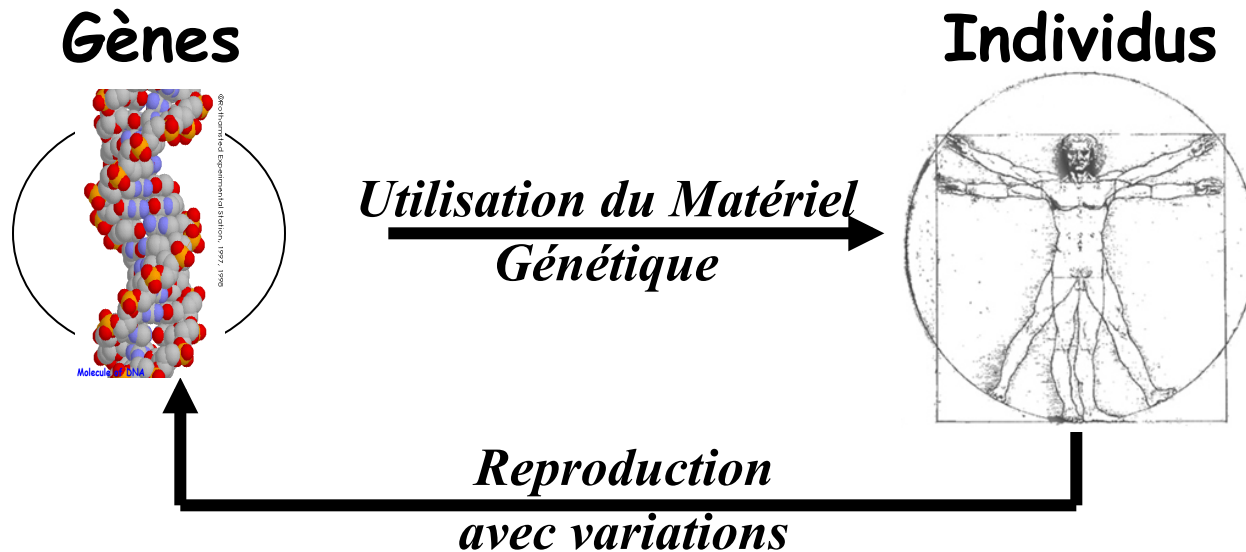
Le système nerveux est une machine biologique qui a pour fonction de recueillir, de stocker et traiter de l'information pour produire des réponses utiles à l'organisme

- 99,999...% des systèmes biologiques n'ont soit pas d'esprit, soit un esprit beaucoup plus simple que le notre
- A quoi cela sert-il particulièrement chez l'homme ?



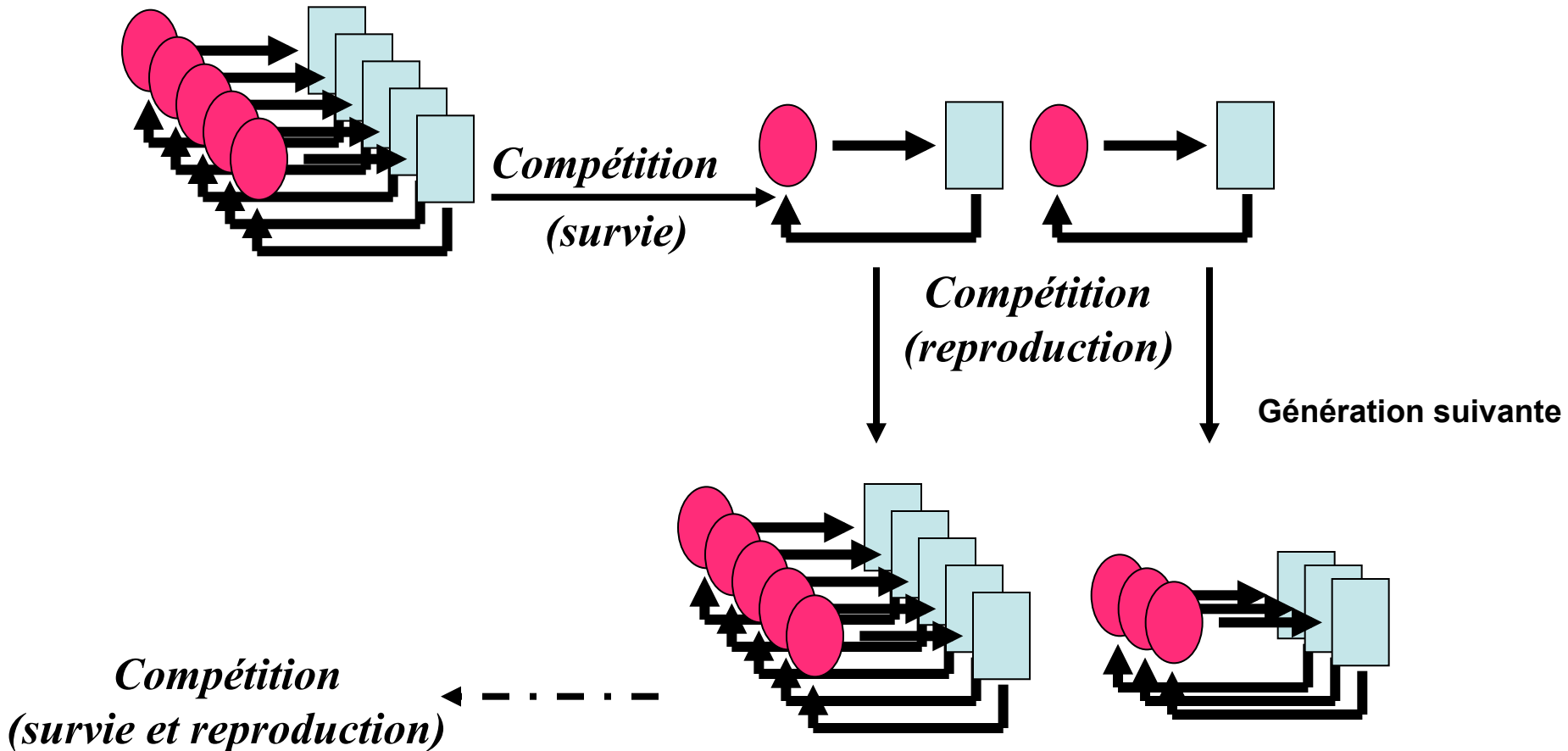
Pour comprendre cela il faut préciser la notion de fonction biologique

Fonctions biologiques et sélection naturelle



Les gènes contiennent le plan permettant de fabriquer **une machinerie (cellules, tissus, organes...)** qui va leur permettre de se répliquer.
Un être vivant est donc **une machine à reproduire des gènes...**
Cette machinerie permet l'**accomplissement de fonctions biologiques** qui résolvent un certain nombre de **problèmes (se nourrir, se déplacer, résister aux agressions...)**

Le mécanisme de l'évolution



Toute fonction biologique que l'on observe aujourd'hui est une solution qui a marché dans ce processus de sélection naturelle

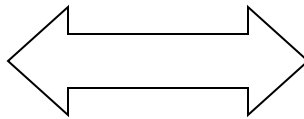
Sélection naturelle chez *Homo Sapiens*

Notre schéma corporel implique que nous devons à la fois



Nos stratégies de survie

optimiser



Notre attractivité et nos choix reproductifs car nous avons une descendance limitée

Et l'esprit dans tout ça ?

- Comme toutes les fonctions biologiques, l'esprit a été sélectionné au cours de l'évolution pour jouer sur ces deux tableaux.
- En permanence il va intégrer les informations qui lui sont fournies pour maximiser survie et reproduction.

En quoi est ce une fonction remarquablement efficace dans ce contexte précis ?

La sélection naturelle produit des organes qui portent des fonctions biologiques spécialisées



Se défendre contre des prédateurs



Utiliser une ressource difficile d'accès



Optimiser son attrait reproductif



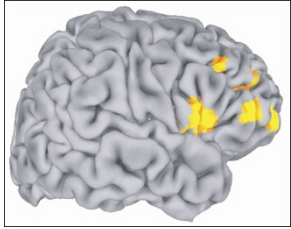
Capturer des proies

Les organes spécialisés apparaissent progressivement par le jeu des mutations/sélections successives

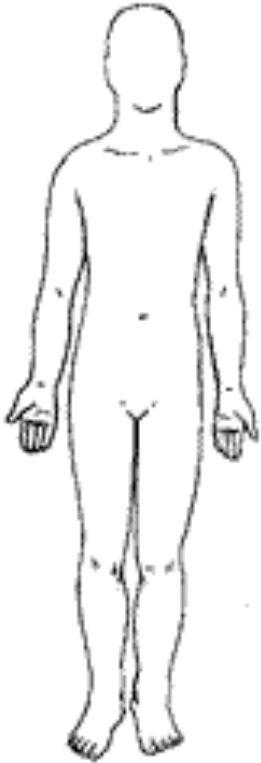
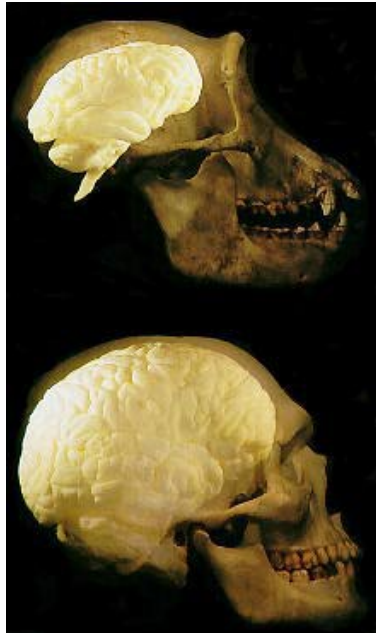
Pour qu'une fonction spécialisée donnant un avantage sélectif soit progressivement sélectionnée chez un animal il faut des centaines de générations.

La revanche des faibles

Chez l'homme, la sélection naturelle a produit un seul organe spécia



Cela nous rend capables de concevoir des outils mimant des fonctions d'autres organes spécialisés



Se défendre contre des prédateurs



Capter des proies



Utiliser une ressource difficile d'accès



Optimiser son attrait reproductif

Les raisons du succès

- **Il faut de très nombreuses générations pour que de nouvelles fonctions biologiques apparaissent par le jeu des mutations/ sélections**
- **Il suffit de temps extrêmement brefs à l'échelle de la sélection naturelle pour que l'esprit conçoive des outils bien plus performants que les meilleurs organes spécialisés sélectionnés au cours de l'évolution.**

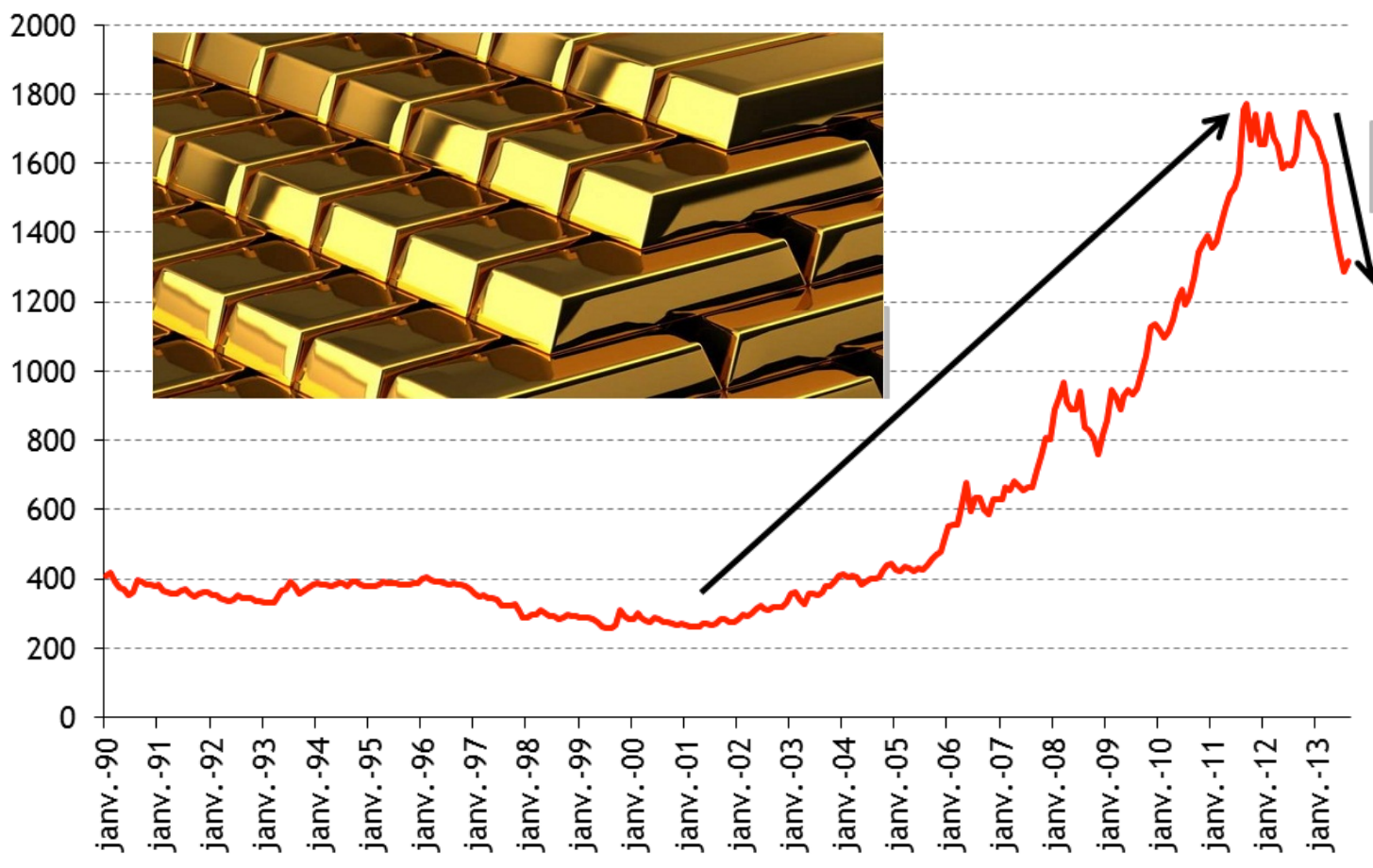
L'esprit offre des capacités collectives de traitement de l'information



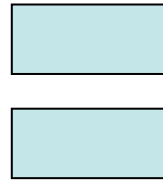
Pour nos ancêtres l'adhésion à un groupe (et à ses valeurs) était évidemment un atout majeur en terme de survie et de reproduction

L'esprit humain se distingue par sa propension à adhérer à des croyances collectives dépourvues d'existence concrète

Evolution du cours de l'once d'or (en dollars)



Ce qui est particulier c'est que l'adhésion à ces mythes conduit à des actions concrètes qui finissent par leur donner une réalité



Tant que suffisamment de monde y croit...

J'AI FAIT SAUTER LA BANQUE!



SUBPRIME



CHAPPATTE
Int'l Herald Tribune

- Les raisons de ce fonctionnement viennent en partie de notre attirance pour les explications de cause à effet et de notre nullité en statistiques...

On a une chance sur 25 Millions de mourir dans un accident d'avion



Et une chance sur 450 000 de mourir en tombant de notre lit...

Les attentats terroristes tuent en moyenne 10 000 personnes dans le monde par an

Le diabète de type 2 tue plus de 3 millions de personnes par an

- Dans un environnement naturel il vaut mieux agir vite même à tort plutôt que de mourir d'un risque statistique faible



L' esprit est une fonction coûteuse

- **Au repos, le cerveau consomme 20% de l'oxygène que nous respirons, pour seulement 2% de notre masse corporelle.**

Il s'agit donc d'un organe très vulnérable (asphyxie, hypoglycémie, infections, poisons, chocs...)



Les comportements sélectionnés au cours de l'évolution peuvent être dangereux aujourd'hui

Pendant 99,99% de l'histoire de l'humanité une forte attirance pour les aliments riches en sucres et lipides était un avantage pour la survie des enfants.



Les stratégies trop efficaces peuvent se révéler catastrophiques à long terme



Il ne faut donc pas croire que l'esprit est le sommet de l'évolution, c'est peut être une fausse bonne solution ...

- Qu' est ce que ça fait ?

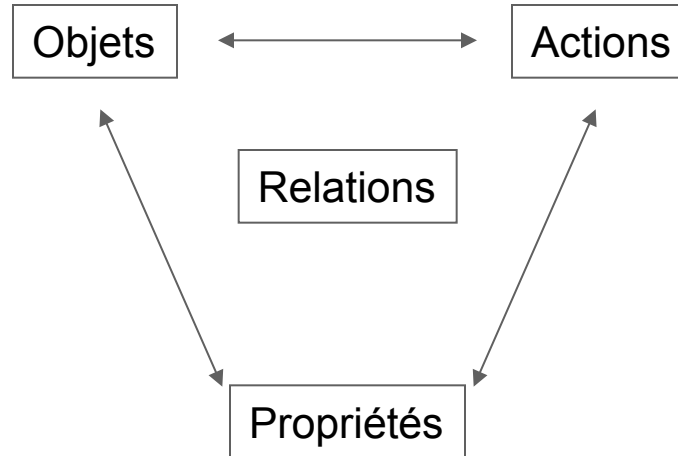


Il faut plus de précisions sur ce qu' est sa fonction, c' est-à-dire le traitement de l' information

Notion d'information

Définition de l'information

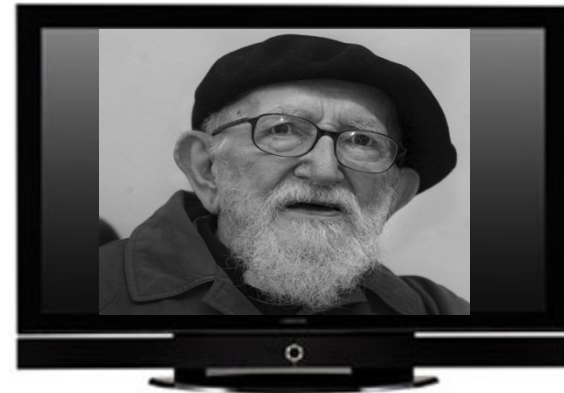
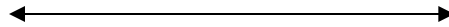
ce qui existe, ce qui se passe et les relations entre ce qui existe et ce qui se passe.



Théorie de l'information : deux concepts importants

- *Tout état de la matière (objet), et corollairement, toute modification d'état (action) contiennent de l'information.*
- *On définit le contenu en information par la **probabilité d'existence** d'un état ou d'un changement d'état. Plus cette probabilité est **faible**, plus le **contenu** en information est **grand**.*

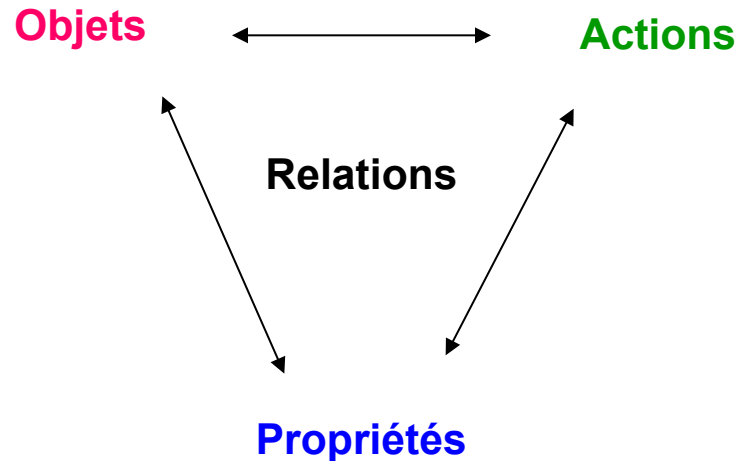
L'information est distincte de son support matériel.



Le cerveau peut donc tout à fait être un support approprié pour de l'information

Les processus mentaux permettant d'élaborer et de décoder le langage sont basés sur ces concepts

Un gros chien a mordu le président de la république

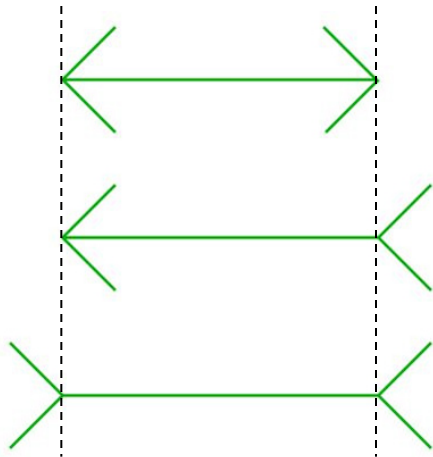


Le président de la république a mordu un gros chien

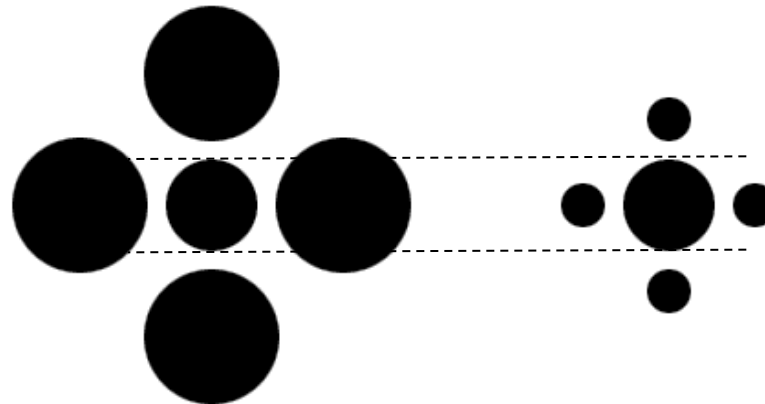
- **Le décodage du langage et la compréhension de son sens nécessitent un important traitement automatique préalable des informations qu'il contient.**
- **L'esprit évalue les fonctions des mots, leurs relations, le sens que l'agencement produit et génère des réponses, notamment émotionnelles en fonction du contenu en information (probabilité).**
- **Ces processus sont universels, mais les différents langages utilisent différentes astuces pour y arriver.**

Ces notions sont généralisables aux différents types d'information traités par l'esprit

Les objets que nous voyons ne sont pas des images brutes mais de l'information visuelle traitée en fonction du contexte

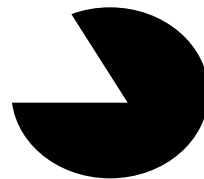
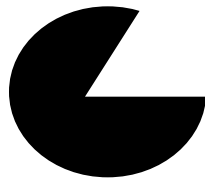
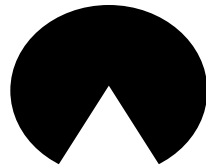


Longueurs

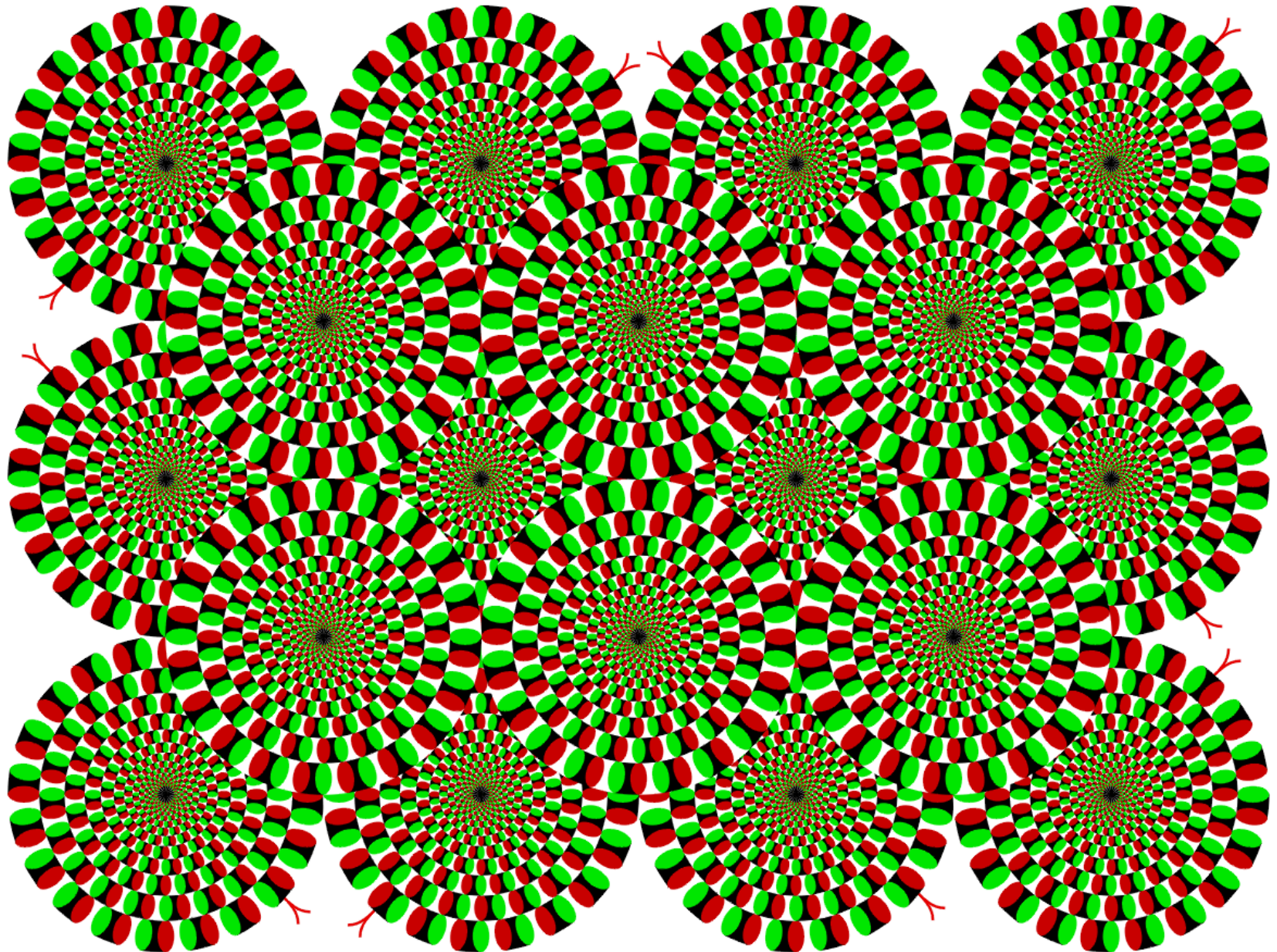


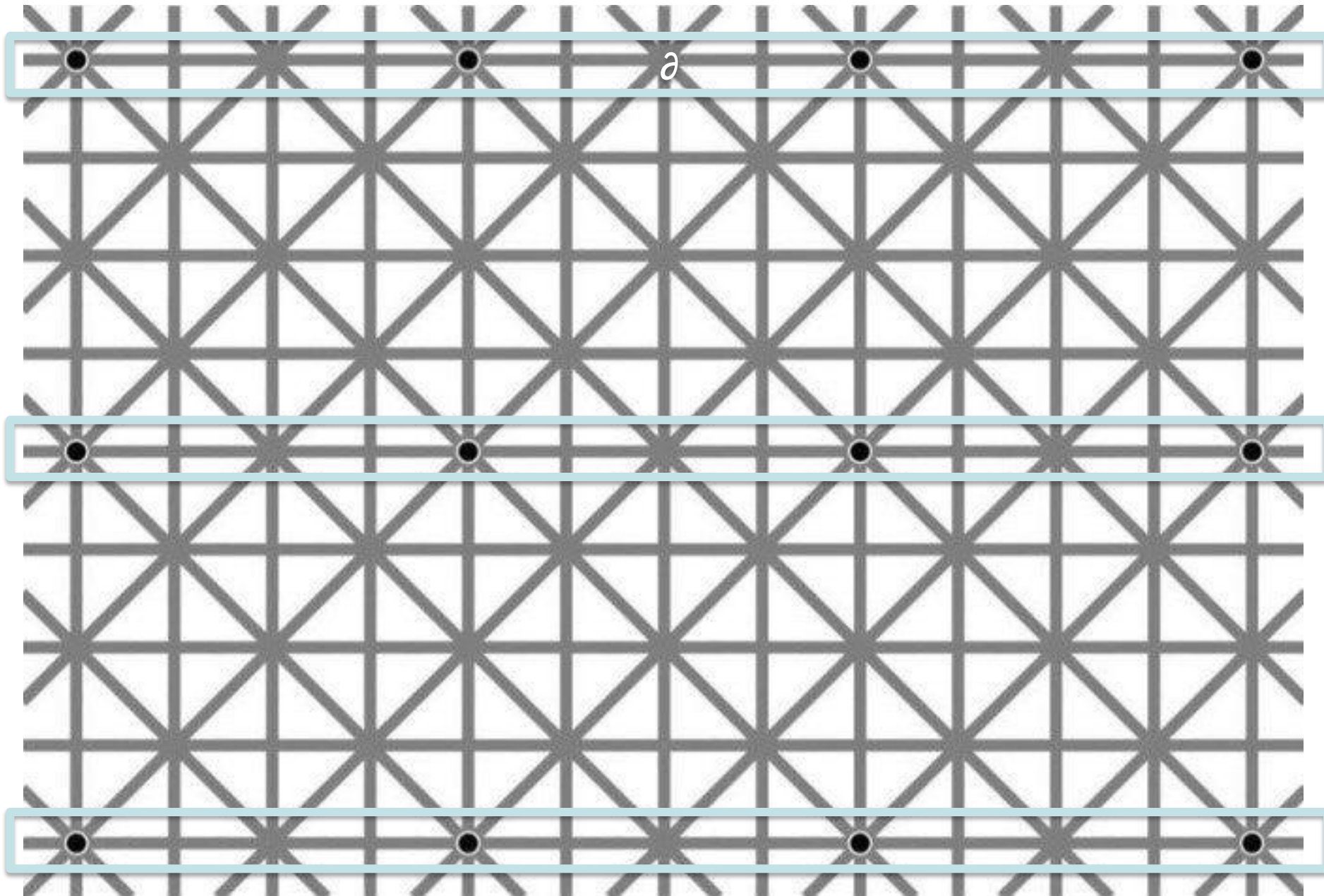
Surfaces

Luminosité-Contrastes



Axes de symétrie et mouvement





En matière de fonctionnement de l'esprit, plus cela paraît simple, moins ça va de soit...



Pour 2 dimensions, x et z, sans frottements ni effets, il faut résoudre en temps réel

$$z(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{V_x^2} x^2 + \left(\frac{V_z}{V_x} - \frac{g}{V_x^2} x_0 \right) x - \frac{1}{2} \frac{g}{V_x^2} x_0^2 - \frac{V_z}{V_x} x_0 + z_0$$

Beaucoup de choses simples de la vie quotidienne nécessitent en fait des calculs horriblement compliqués

Pour résumer

- L' esprit est une fonction biologique sélectionnée pour son efficacité dans le traitement de l' information

Toute information qui s'inscrit dans notre conscience a été fortement traitée en amont par notre système nerveux

- Comment ça marche ?



Pour traiter de l'information il faut

Des dispositifs d'entrée (organes des sens), de distribution (nerfs) et de stockage de l'information (mémoire de travail, mémoire à long terme).

Des machines capables de traiter les informations, c'est-à-dire de faire des opérations logiques (+, -, =, si-alors, soit-soit...).

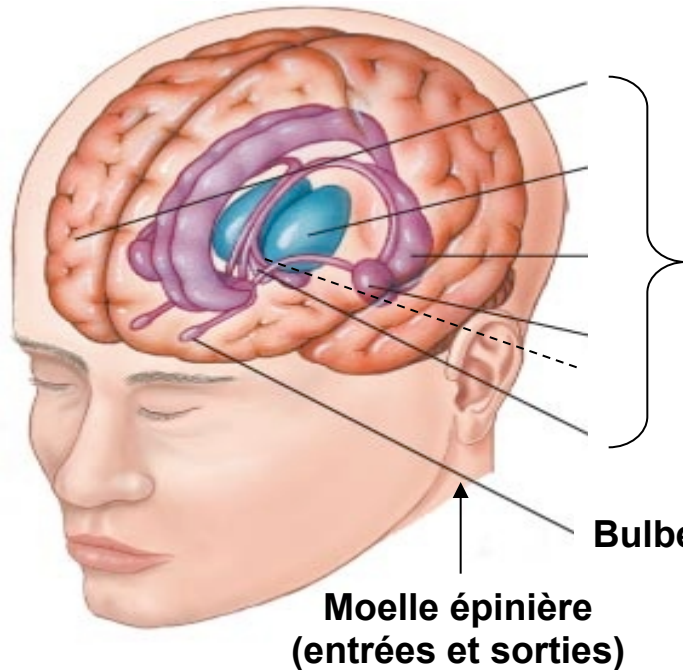
Si plusieurs informations différentes arrivent en même temps, il faut

Soit une architecture sérielle très rapide.

Soit une architecture parallèle avec des dispositifs capables d'envoyer les bonnes informations au bon endroit.

Soit les deux.

Dispositifs d'entrée et de routage de l'information

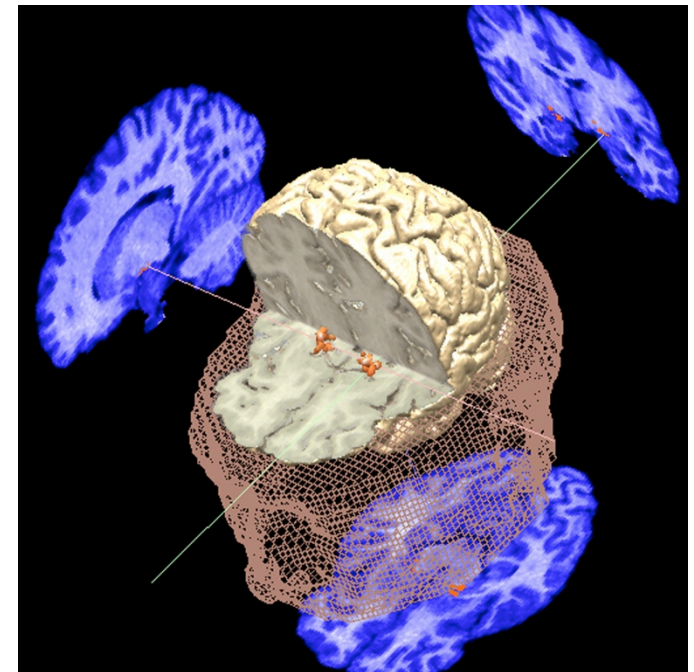


Connexions interhémisphériques
Routage des informations vers les zones du cortex
Associations mémorielles
Emotions (plaisir/récompense, déplaisir/punition, peur)
Fonctions végétatives

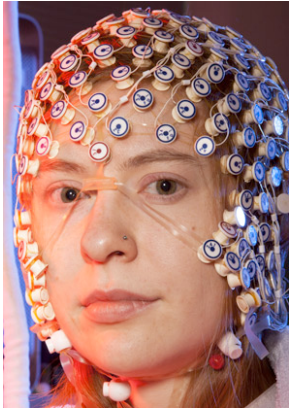
Bulbe olfactif (entrée)

Moelle épinière
(entrées et sorties)

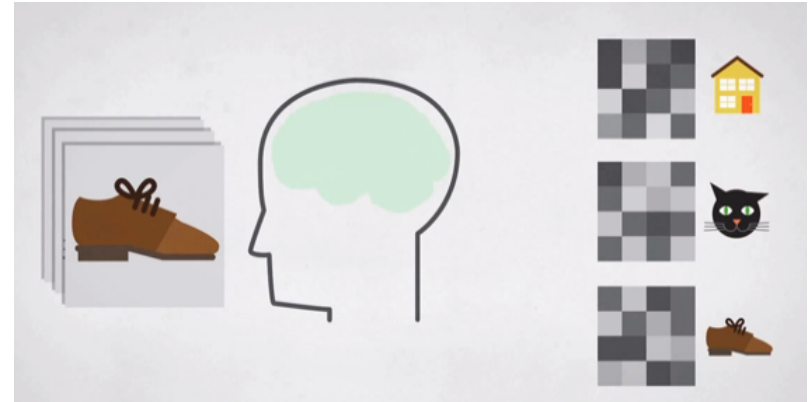
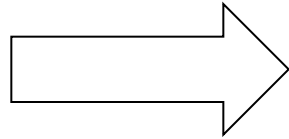
Régions s'allumant chez un individu auquel on a présenté des images déplaisantes (soustraction avec des images neutres)



Les progrès de l'imagerie cérébrale permettent de commencer à lire l'activité mentale d'un individu



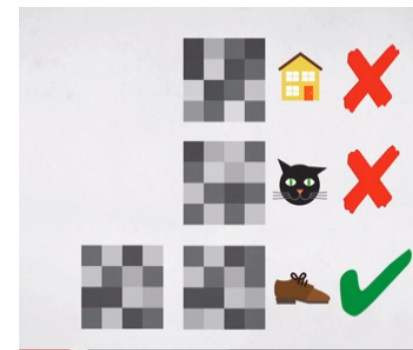
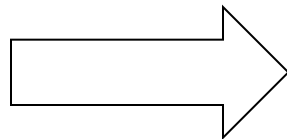
Des volontaires regardent des bibliothèques de milliers d'images



Pour chacune d'elles un scan de l'activité cérébrale est enregistré et mémorisé dans un programme informatique



On demande ensuite au sujet de penser à un objet

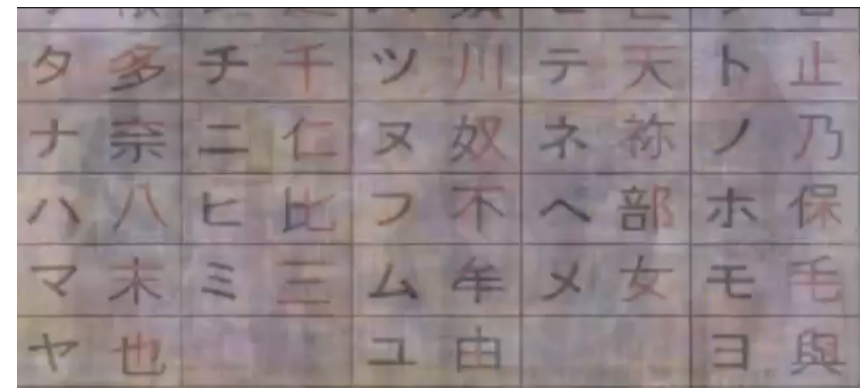


Le programme compare le scan cérébral à ceux de la bibliothèque et en déduit l'objet en question

Il est ensuite possible de visualiser les images auxquelles les individus pensent



Ou rêvent ...



Ces techniques appelées à des développements rapides auront de multiples applications

Pour résumer

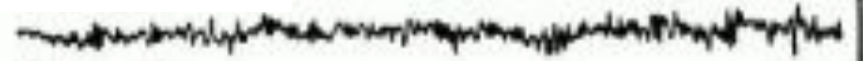
- Le cerveau est le support anatomique d' une fonction biologique qu' est le traitement de l' Information (l' esprit).
- Chez l' homme cet organe est hypertrophié, ce qui nous donne un avantage sélectif sur les autres êtres vivants.
- Il s' agit d' un assemblage d' organes mentaux spécialisés (de la même façon, le système digestif est un assemblage d' organes spécialisés dans le traitement de la nourriture. Ces organes sont le support d' une fonction biologique, la digestion...)
- Le traitement d' informations complexes suppose le travail parallèle et donc la communication entre aires spécialisées très différentes (vision, moteur, langage, opérations logiques, jugement...).

Normalement à ce stade on devrait commencer à avoir envie de comprendre comment ça marche en détails....

Le cerveau a une activité électrique qui varie selon les états de conscience



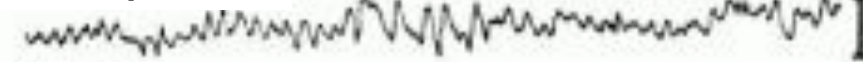
Stimulé



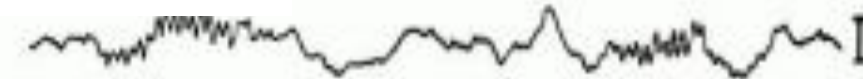
Non-stimulé



Assoupi



Endormi



Deep

Sommeil profond

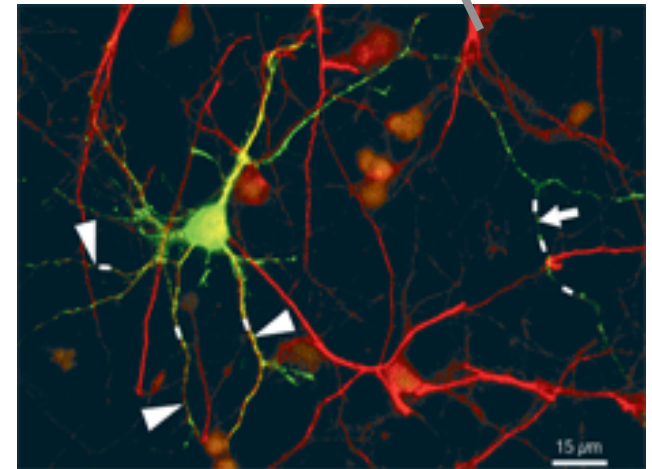
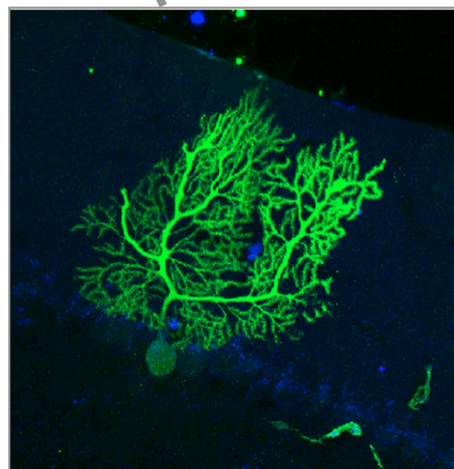
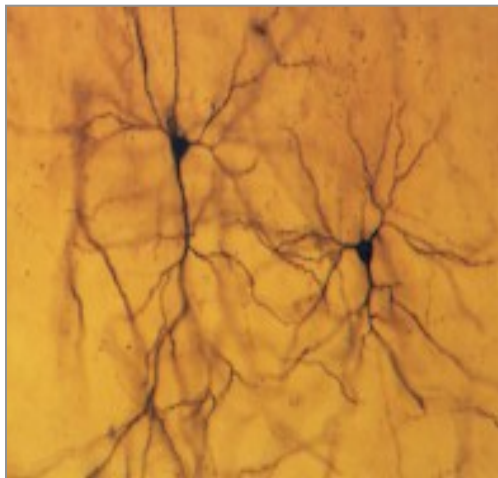
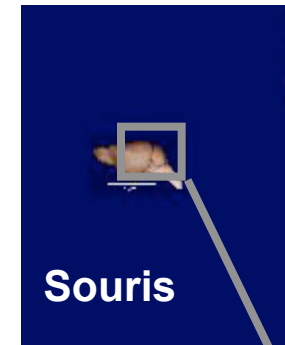
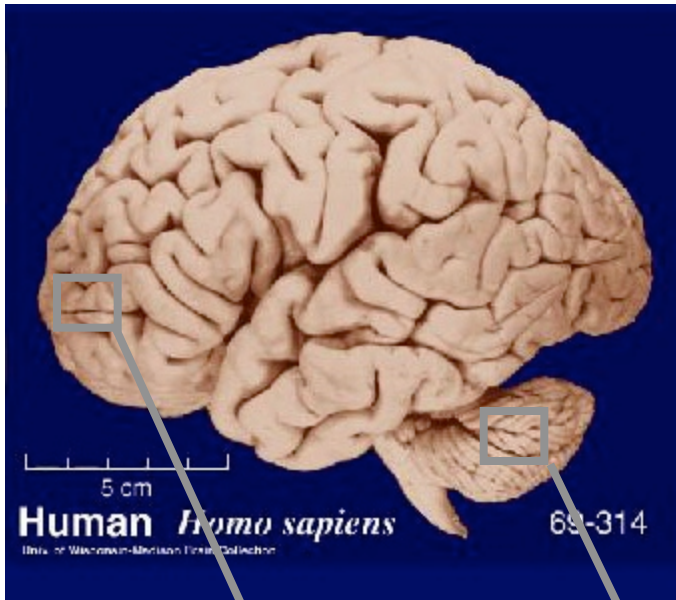


1 seconde

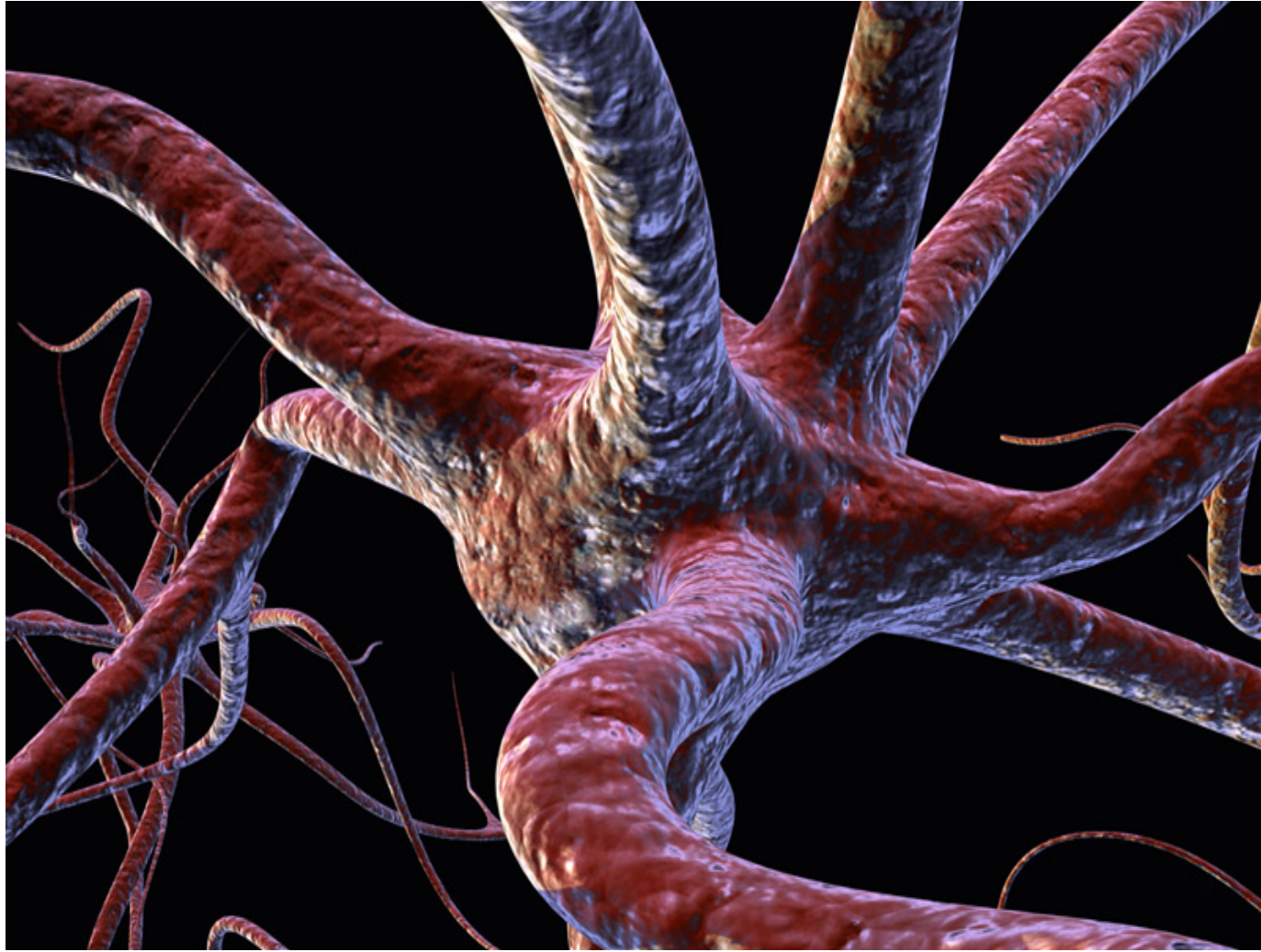
50 μ V

Quelle est la relation entre cette activité et le fonctionnement mental ?
Où se situe l'électricité du cerveau ?

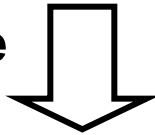
Le cerveau est formé de neurones



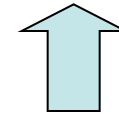
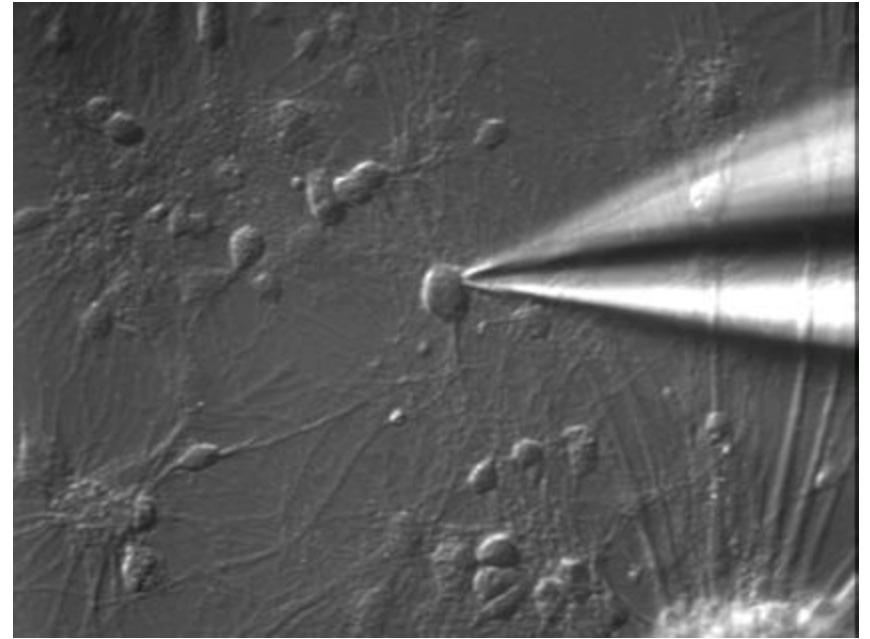
Dendrites



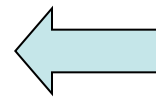
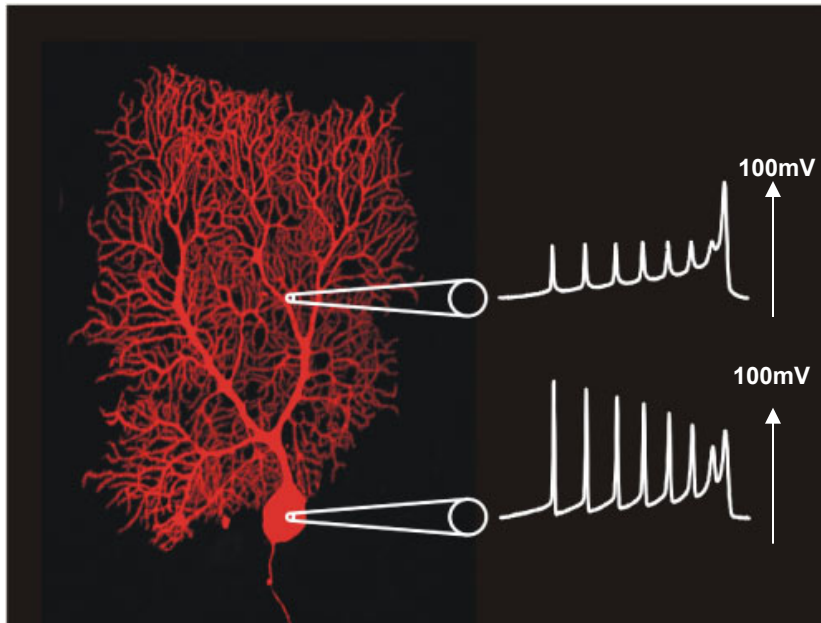
Axone



Les neurones sont porteurs de l'activité électrique du cerveau



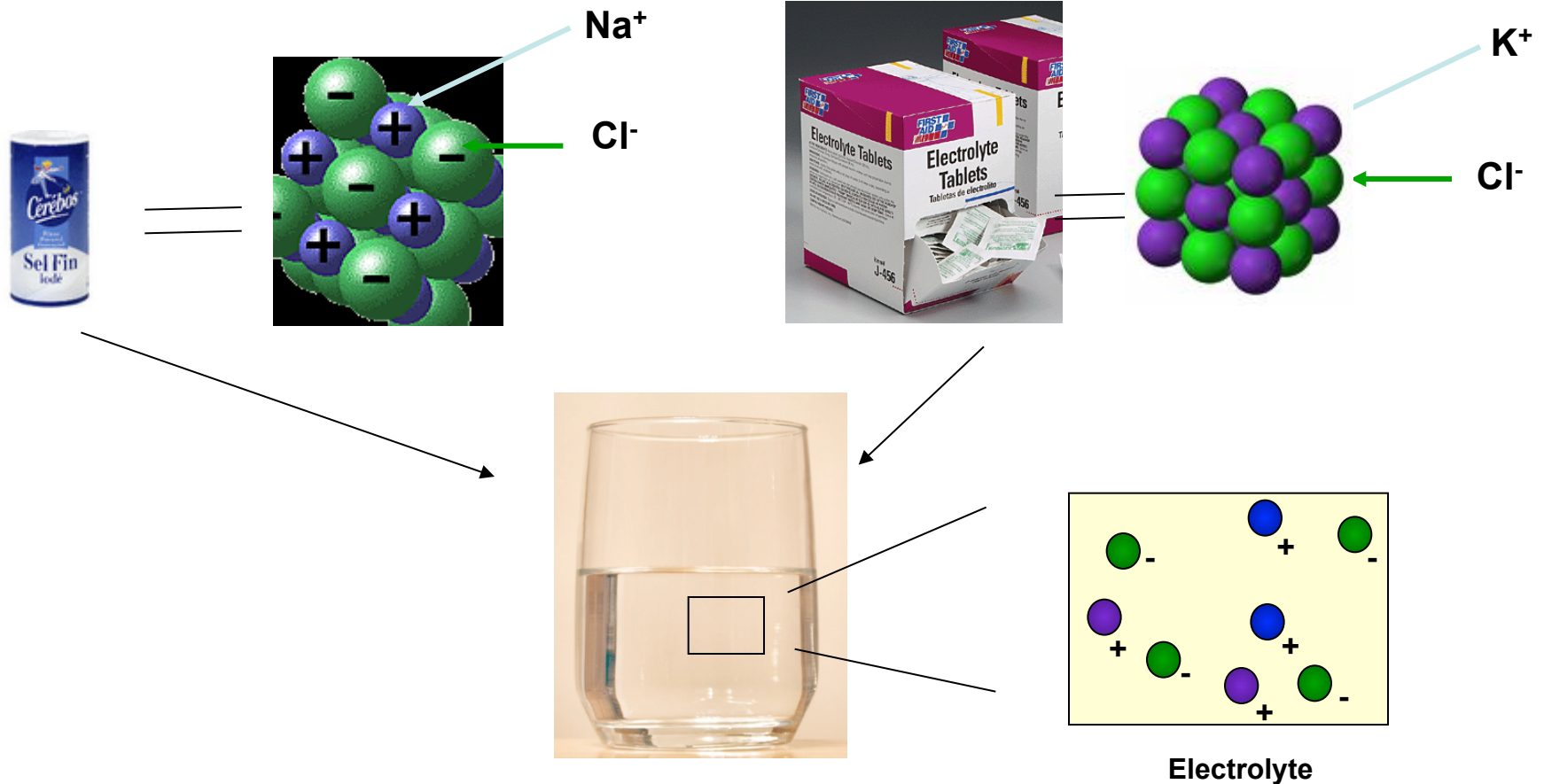
Ce que l'on voit sur la platine du microscope



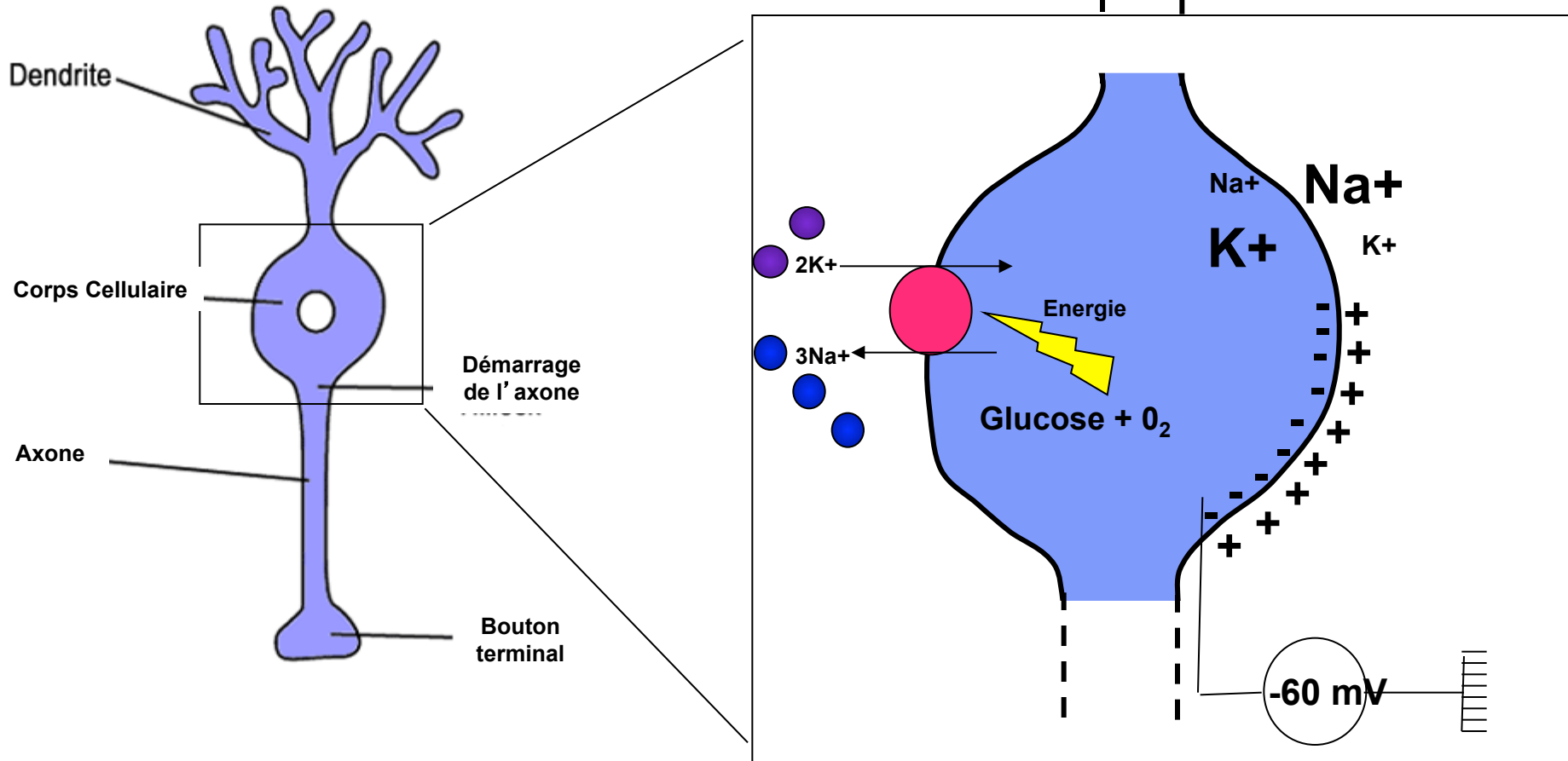
Les courants que l'on enregistre grâce au système

Pour faire de l'électricité il faut des charges électriques...

- Dans le corps, où sont les charges électriques ?

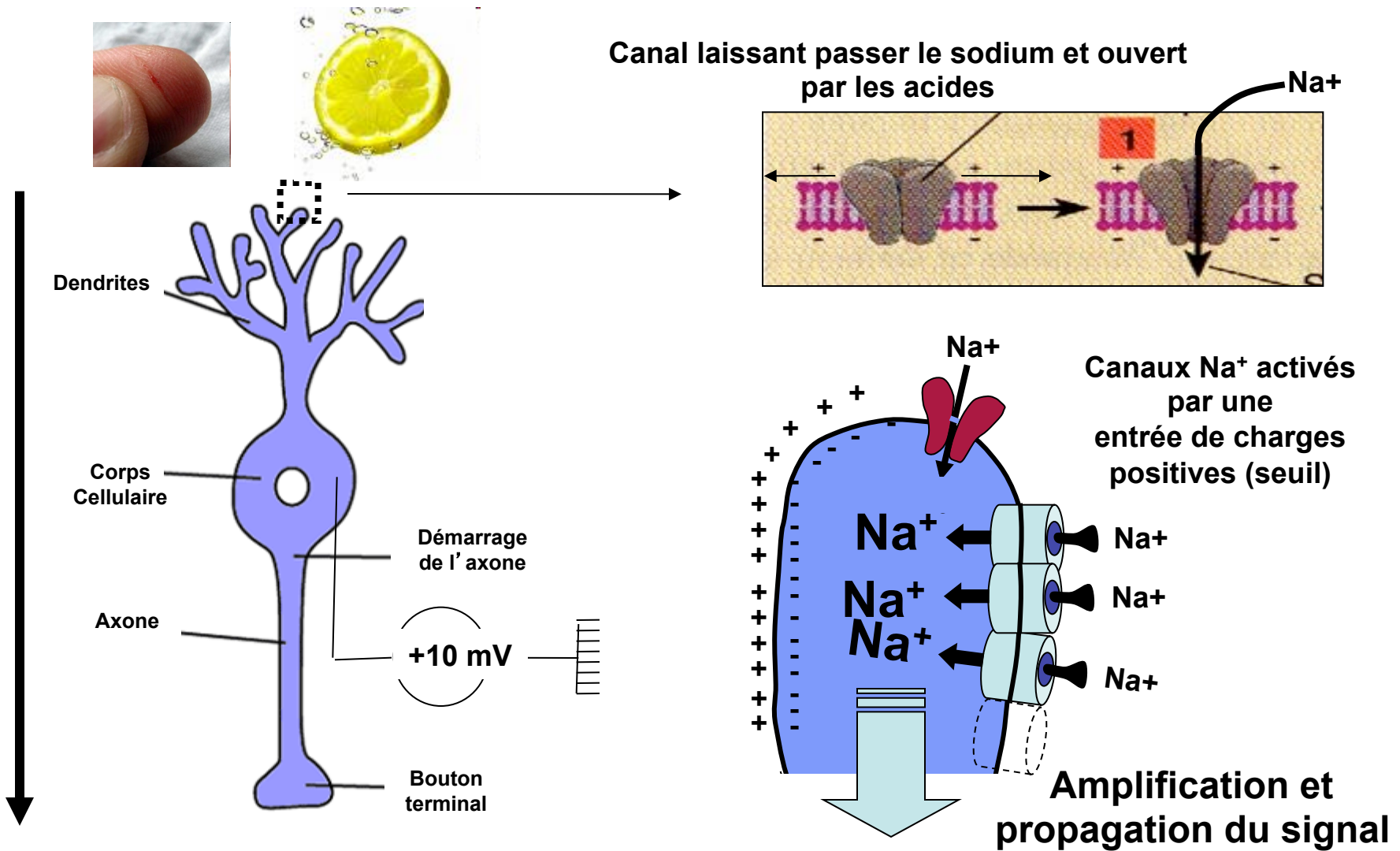


D'où vient l'électricité des neurones ?



Dans leur état normal (au repos), nos neurones sont chargés négativement à l'intérieur

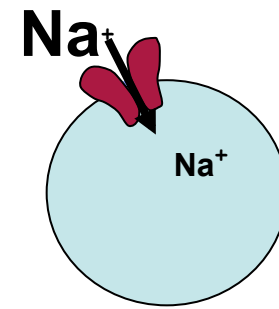
Stimulus et Potentiel de Membrane



On a ici un neurone qui répond à un changement de milieu par un changement de voltage, Ceci constitue un signal qui est propagé par l'axone

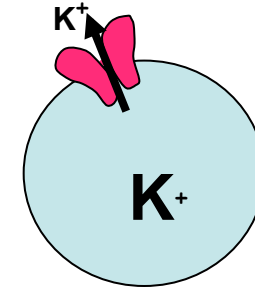
Le Sodium a tendance à rentrer et à rendre les cellules plus positives

Les canaux qui laissent rentrer le sodium sont excitateurs



Le potassium a tendance à sortir et à rendre les cellules plus négatives.

Les canaux qui laissent sortir le potassium ramènent les cellules dans un état de repos



Nos gènes contiennent les plans pour fabriquer plusieurs centaines de canaux différents ouverts ou fermés par différents stimuli, par exemple

Modification de la charge de la membrane

Pression

Acidose (inflammation, ischémie)

Oxygène

Chaleur (capsaïcine)

Froid (menthol)

Pour résumer

- **La détection et la transmission d'informations se fait grâce à des canaux situés dans la membrane des neurones.**
- **Ces canaux**
 - **Laissent passer spécifiquement certains ions**
 - **Sont activés, ou bloqués par des stimuli spécifiques.**

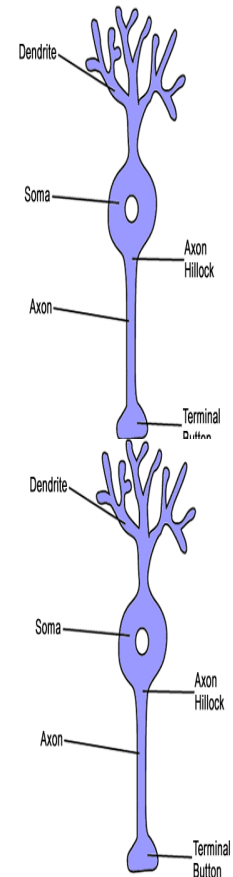
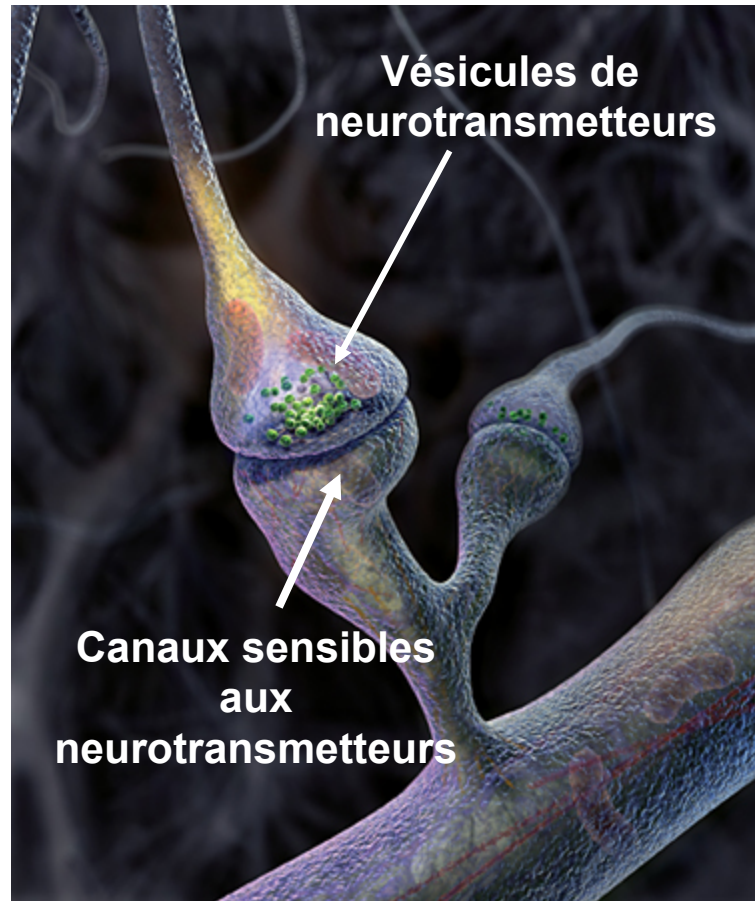
Il existe toute une série de molécules naturelles ou synthétiques qui se fixent sur ces canaux ou dans leur environnement et modifient leurs propriétés (analgésiques, neuroleptiques, anesthésiques, drogues récréatives...)

Les neurones communiquent entre eux par des synapses

Signal électrique provenant d'un neurone

Synapse
(transmission chimique)

Transmission du signal au neurone suivant

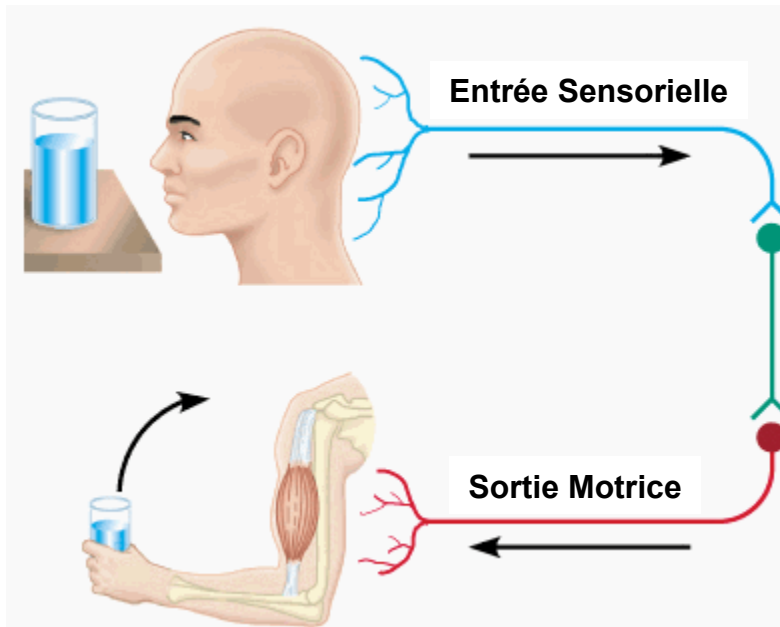


De proche en proche, les synapses permettent de transmettre les informations aux neurones du cerveau. De nombreuses molécules (drogues, médicaments) jouent sur la communication entre les neurones (synapses)

Pour résumer

Les prolongements des neurones (axones et dendrites) constituent les nerfs qui sont équipés de canaux sensibles à ces différents stimuli. Cela permet au système nerveux de recueillir à peu près tous les types d'information dans le milieu extérieur et intérieur.

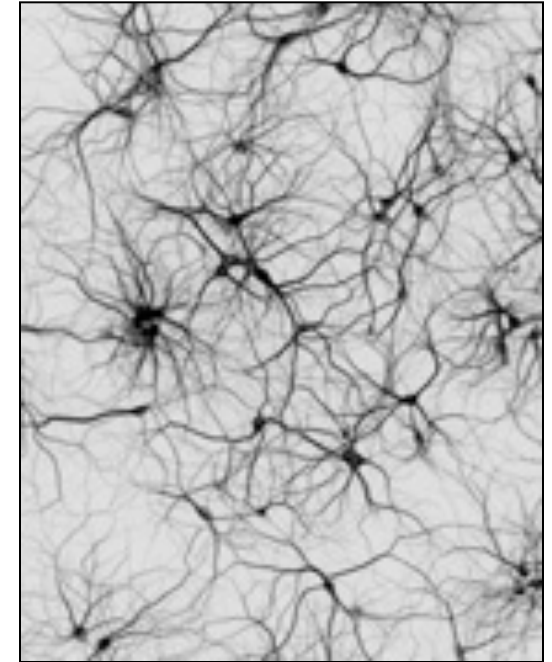
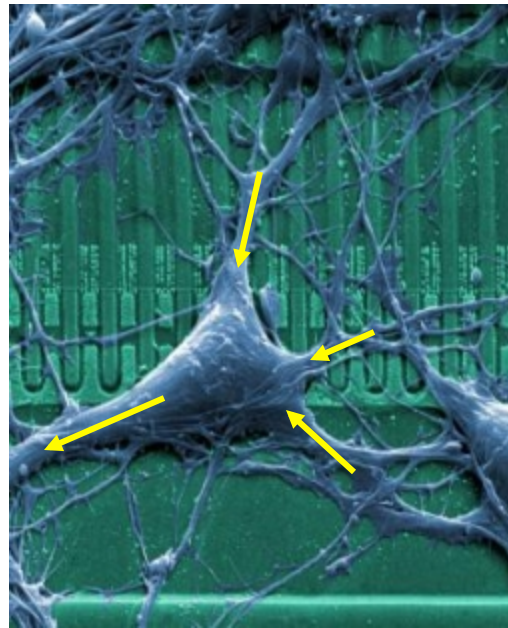
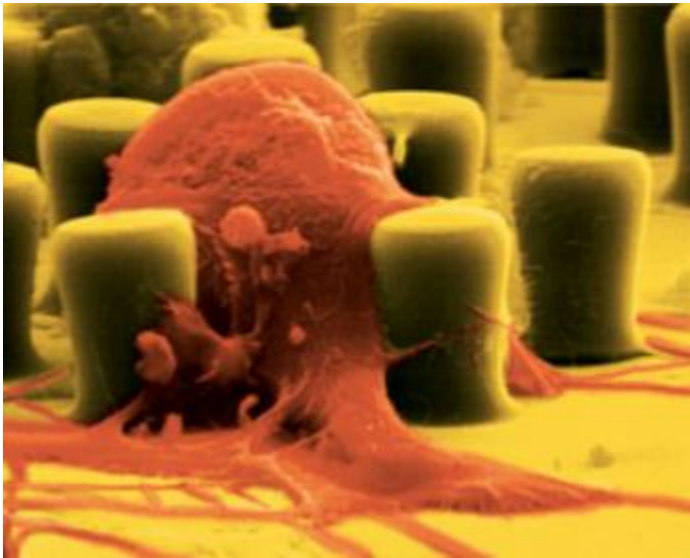
Cela permet aussi à certains neurones de transmettre des signaux électriques aux muscles (qui sont aussi des cellules excitables) et ainsi générer des réponses motrices.



Ces schémas simples sont ceux qui décrivent l'esprit des moules ou des vers de terre... Il décrivent aussi nos réflexes.

Il faut quelque chose de plus pour des fonctions mentales complexes...

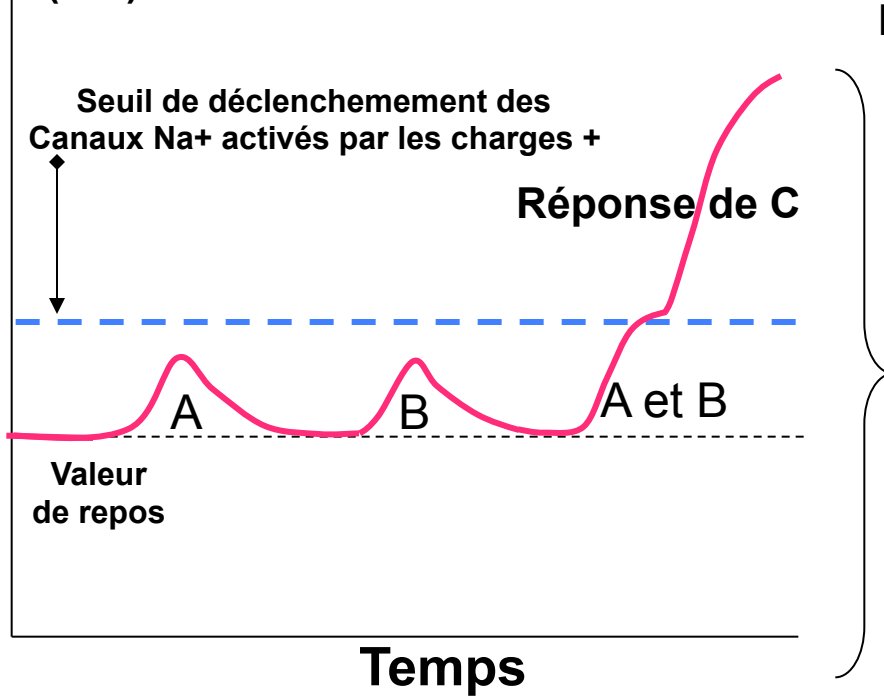
Les neurones forment des connexions pour donner des réseaux neuronaux



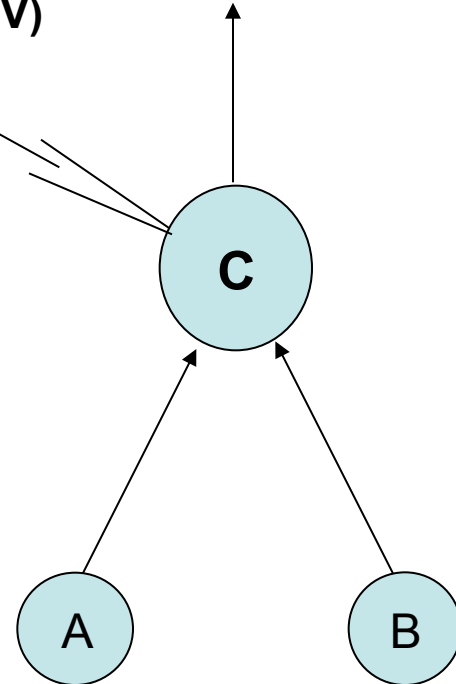
L'architecture en réseau permet à la fois à transporter et à traiter de l'information (faire des calculs)

Un réseau neuronal peut faire des opérations logiques

Mesure (mV)



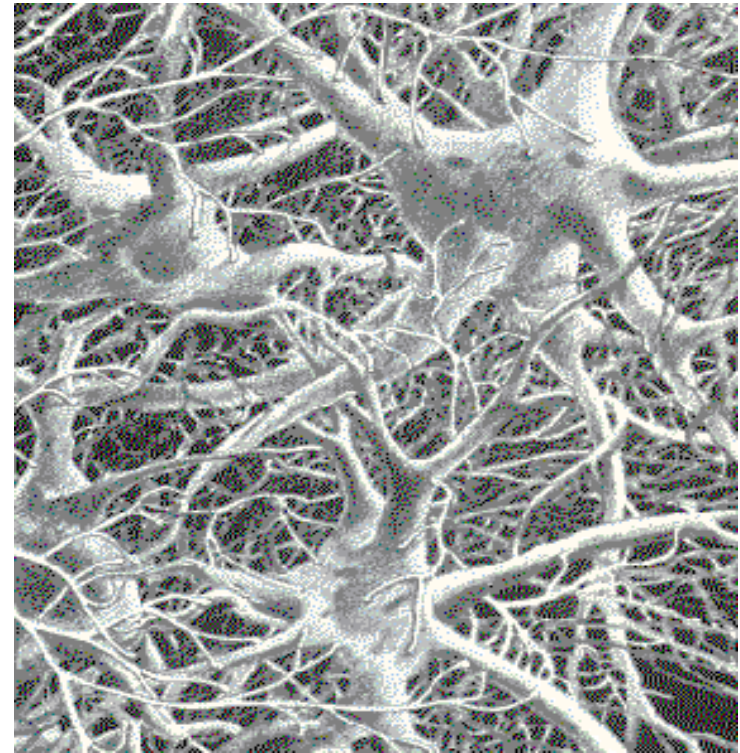
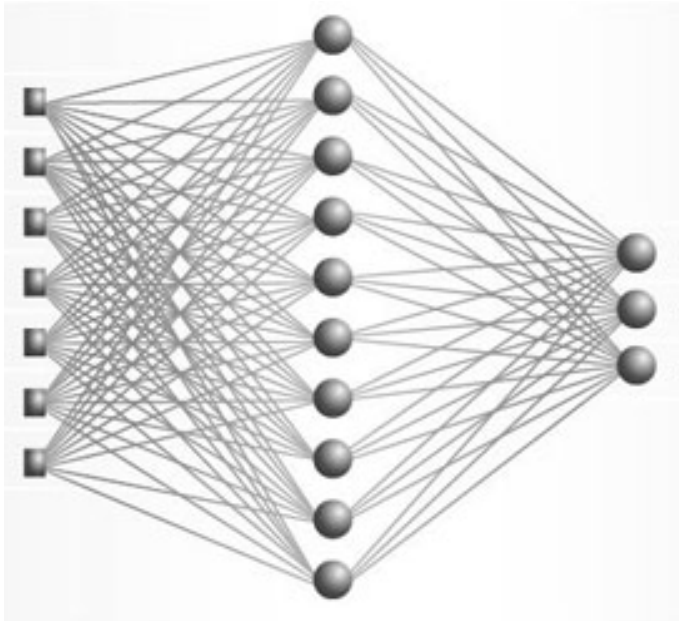
Mesure (mV)



Seul A et B donne une réponse de C

Ce mini-réseau très simplifié est capable d'ajouter deux informations

Il est très facile d'augmenter la taille des réseaux pour obtenir des propriétés complexes



Le cerveau humain contient environ 100 milliards de neurones capables de faire de l'ordre du millier de connexions chacun
Chez l'homme 1mm³ de matière grise contient 20km de fibres nerveuses

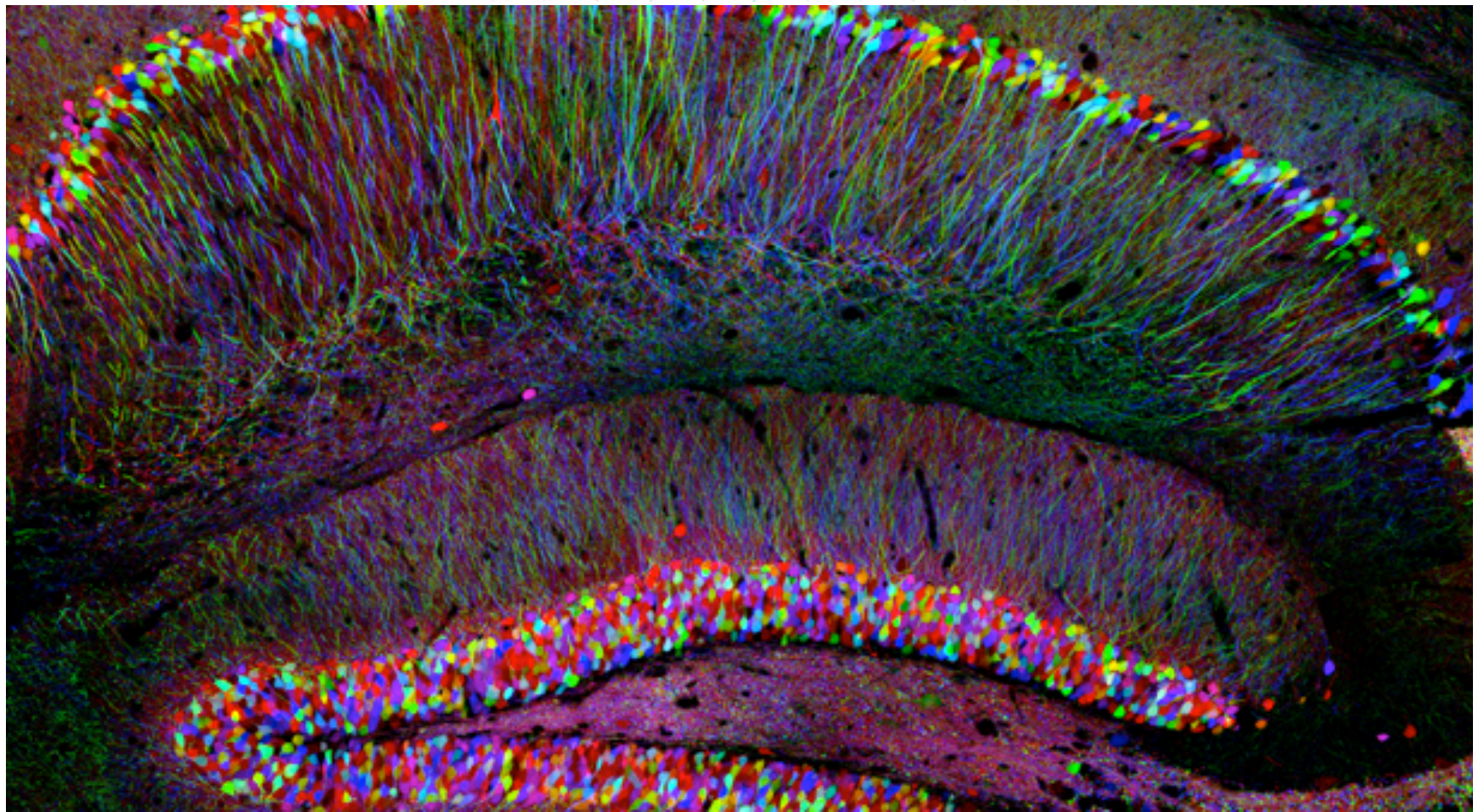
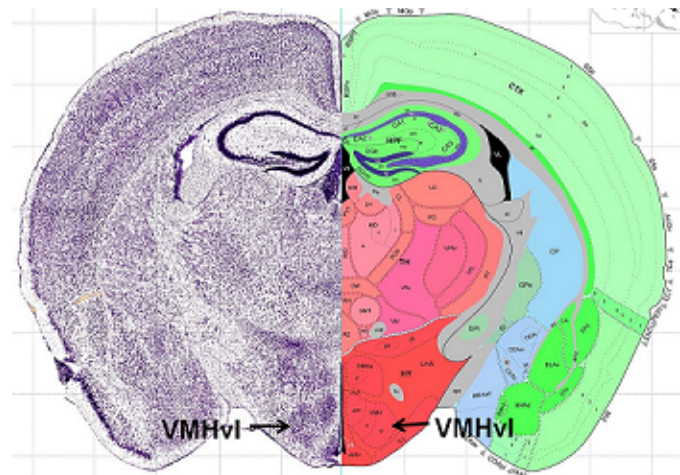
Chaque neurone a de très nombreuses connexions, de très nombreux canaux différents et donc déjà des capacités de computation complexes.
Ces capacités peuvent être modifiés au cours du temps en fonction de l'histoire de chaque neurone (apprentissage).

Des Cerveaux Multicolores



Construction de souris transgéniques exprimant dans leurs neurones une combinaison aléatoire de protéines fluorescentes de couleur différente. Ceci permet de suivre les neurones, fibres, connexions...





Quelques informations à ramener à la maison

Il est utile de concevoir l'esprit comme une fonction biologique de traitement de l'information portée par le système nerveux

Le système nerveux est un assemblage d'organes mentaux tous formés de neurones

Les neurones fonctionnent selon une biophysique relativement simple, qui met en jeu des mouvements de charges électriques grâce à une pompe et des canaux ioniques

De par leur morphologie, les neurones peuvent faire des réseaux qui permettent la transmission et le traitement de l'information

• Actuellement on comprend des bases pour les mécanismes fondamentaux et on commence à avoir des informations en temps réel à haute résolution sur la constitution moléculaire, le fonctionnement des neurones et de leurs connexions.

Quelques informations à ramener à la maison (suite)

Comme les autres fonctions biologiques, l'esprit humain est le résultat du processus de **sélection naturelle**

Un grand nombre de réseaux traitant des informations cruciales pour la **survie/reproduction** sont **préinstallés**

physique quotidienne,
numération,
déductions logiques,
reconnaissance des formes,
reconnaissance des mouvements,
reconnaissance des visages,
structure informationnelle du langage
émotions (peur, colère...),
reproduction,

En parallèle la croissance colossale du cerveau humain génère un **très large excès de neurones (cortex)**, ce qui donne des **capacités de calcul très complexes** et une **capacité quasi-infinie** à traiter de **nouvelles informations**

Quelques questions à ramener à la maison

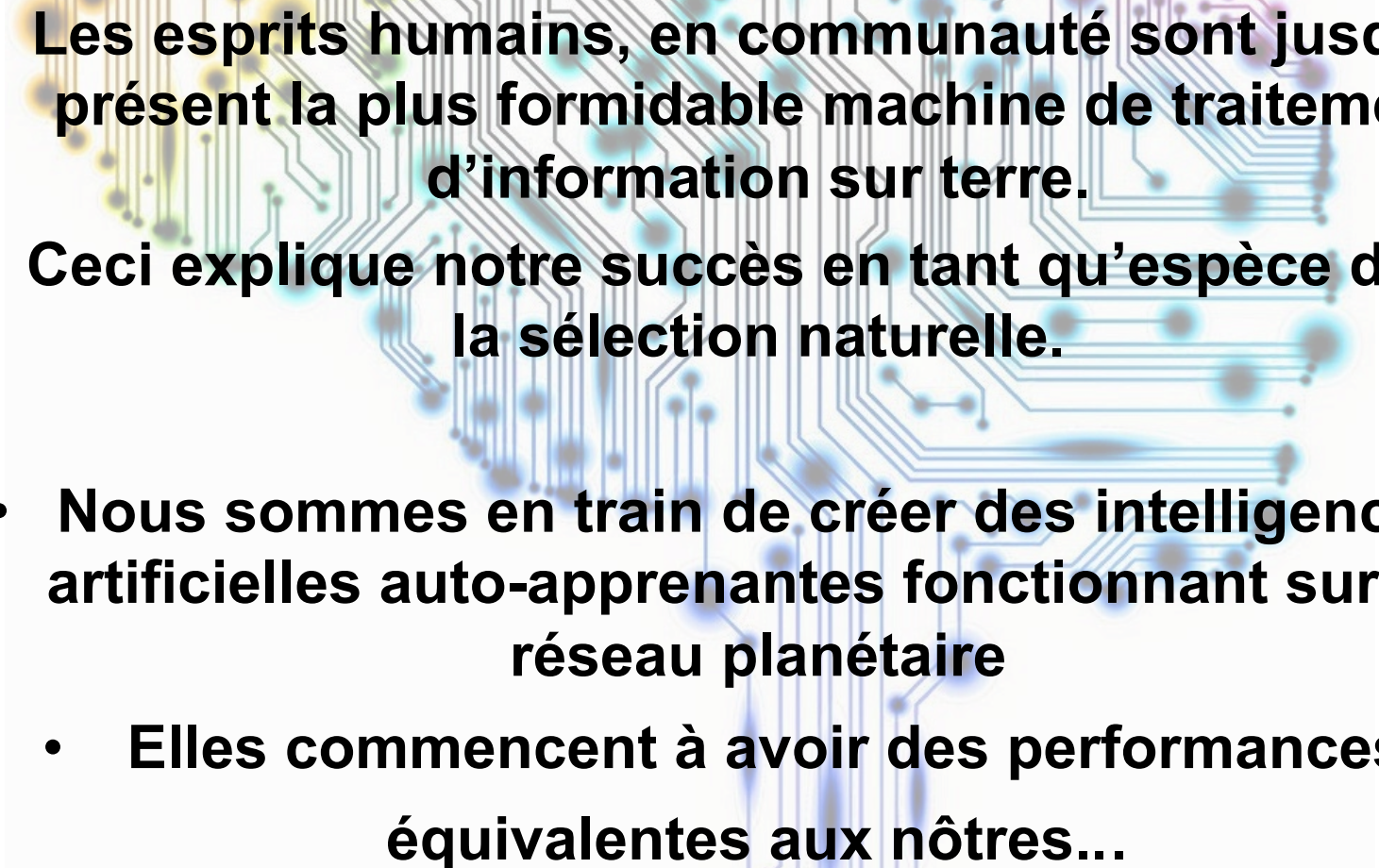
La sélection naturelle peut elle expliquer tout ce que fait l'esprit (loisirs, arts, religions...) ?

- Ce qui est préinstallé ce sont des **circuits produisant du plaisir**. Ceux-ci établissent des **corrélations** entre certaines actions (ou situations) et le **bénéfice** que l'organisme en tire en terme de sélection naturelle (survie/reproduction).
 - Un des comportements universels de l'humanité est de chercher **stimuler** ces circuits en dehors de ce contexte.
 - Il y a assez de possibilités de connexions pour créer des nouveaux réseaux qui stimulent les circuits du plaisir.
- Les opérations mentales à **très forte valeur adaptative** (par exemple celles qui fournissent des explications ou permettent l'appartenance à un groupe) stimulent très fortement ces circuits.
- Ceci peut expliquer pourquoi les individus ont une forte dépendance aux **mythes** et **explications** qui structurent les **groupes humains** et qui donnent du sens à la vie...

Quelques questions à ramener à la maison (suite et fin...)

La conscience c' est quoi là dedans ?

- Tout système bien conçu traitant de l' information doit contenir une fonction lui permettant à tout instant de **suivre les opérations** qu' il est en train de faire. Il est facile de concevoir que la conscience est l' activité d' un réseau de neurones dont la fonction est d' être stimulé par les réseaux en train de travailler.
- Dans un système traitant beaucoup d' information, **tout ne peut pas remonter en permanence à ce type de réseau**. Cela suppose :
 - la définition en amont de **priorités** dans ce qui va lui être présenté.
 - Pour être efficace, ce réseau doit recevoir uniquement des informations sous forme très synthétique et les effacer très rapidement pour en afficher de nouvelles. **Il doit ressembler à une mémoire à court terme** ne contenant que peu d' informations très fortement traitées en amont.
- **Il semble que ce type d' organisation soit caractéristique de la conscience**, mais son support neurologique n' est pas identifié. Il est possible que ce type de réseau soit totalement délocalisé sur différentes parties du cerveau.

- 
- **Les esprits humains, en communauté sont jusqu'à présent la plus formidable machine de traitement d'information sur terre.**
 - **Ceci explique notre succès en tant qu'espèce dans la sélection naturelle.**
 - **Nous sommes en train de créer des intelligences artificielles auto-apprenantes fonctionnant sur un réseau planétaire**
 - **Elles commencent à avoir des performances équivalentes aux nôtres...**

- Merci pour votre attention...