

# Le Système Nerveux

→ cours Neurophysiologie

Pauline Neveu, PhD

docteur en biologie

# Plan

1-Rôle du système nerveux (SN)

2-Organisation macroscopique du SN

3- Organisation microscopique du SN

4- Communication nerveuse

# 1-Rôle du système nerveux

## Histoire de la Terre (Ma=millions d'années)

-4 600 Ma: Terre

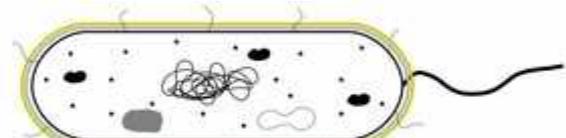
-3 500 Ma: apparition vie: unicellulaires de structure procaryote  
(origine unique de la vie, tous les êtres vivants sont apparentés)

-1 500 Ma: diversification vie : unicellulaires de structure eucaryote

-600 Ma: diversification vie : pluricellulaires

(tous faits de cellules de type eucaryote)...

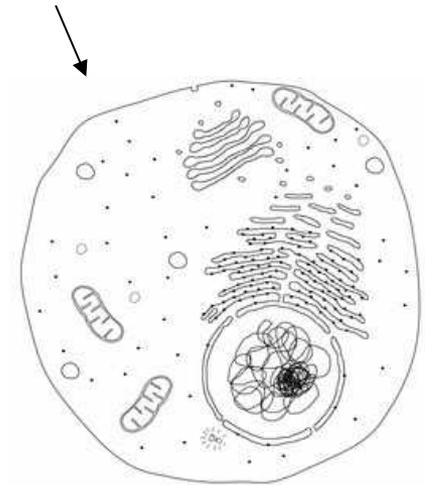
(datations plus anciennes existent)



cellule bactérienne



cellule archéenne



cellule eucaryote

# 1-Rôle du Système Nerveux

Le SN:

→ apparaît chez des pluricellulaires

- assure coordination entre les cellules en intimité avec le système hormonal

- autonomise ces pluricellulaires; il leur permet d'agir sur leur environnement

# 1-Rôle du Système Nerveux

Rôle du SN?

«Un SN, ça sert à agir. » *Sic Laborit*

# 1-Rôle du Système Nerveux

- un exemple: on vous appelle...
- schématiquement, les fonctions du SN sont:

-Réception des stimulations

-Transport des informations

-Intégration/élaboration d'une réponse

-Transport des informations

-Exécution de la réponse

Réception



Action

# 2-Organisation macroscopique du SN

Deux SN:

## -SN Central (SNC)

- Encéphale

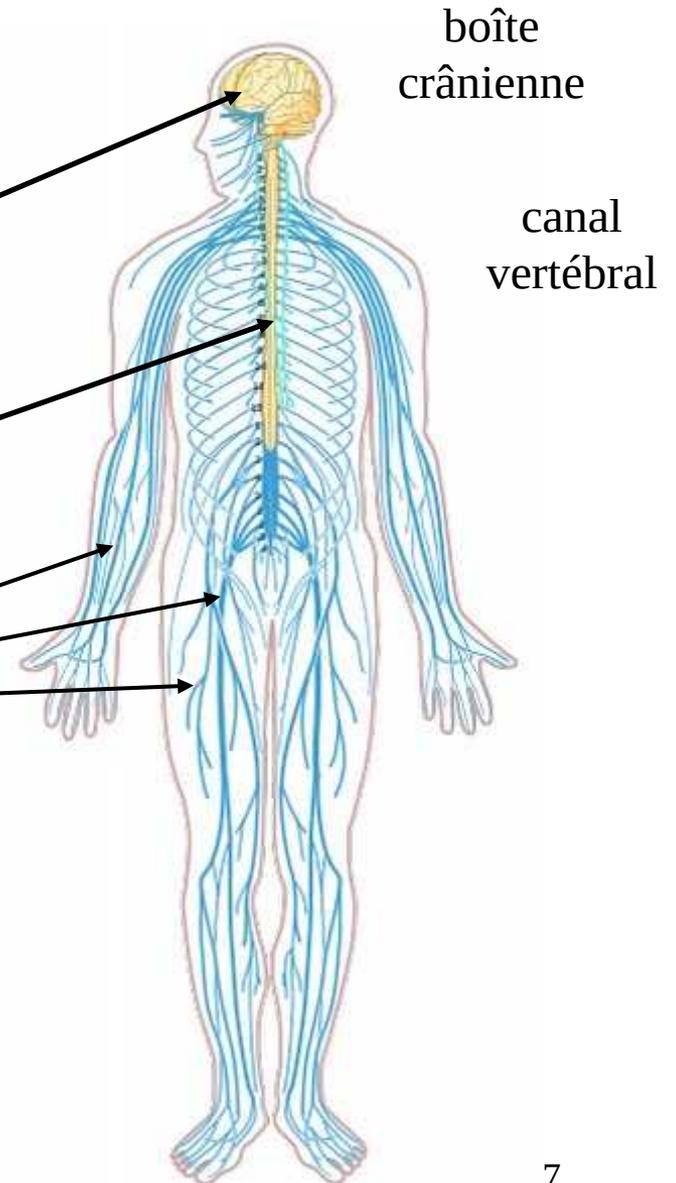
- Moelle épinière

## -SN Périphérique (SNP)

- Nerfs

- Ganglions

- Récepteurs sensoriels



# 2-Organisation macroscopique

## 2.1-Le SNP

- Récepteurs sensoriels
- Ganglions
- Nerfs:
  - nerfs crâniens liés à l'encéphale (12 paires)
  - nerfs rachidiens liés à la moelle épinière (31 paires)

# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.1-Développement du SNC

- rencontre ovule et spermatozoïde
- formation d'une cellule (cellule œuf)
- divisions de la cellule œuf en de nombreuses cellules
- spécialisation et organisation des cellules: formation des différents organes

→ le SNC embryonnaire est un **tube creux** qui se forme dans le dos de l'embryon

# 2-Organisation macroscopique

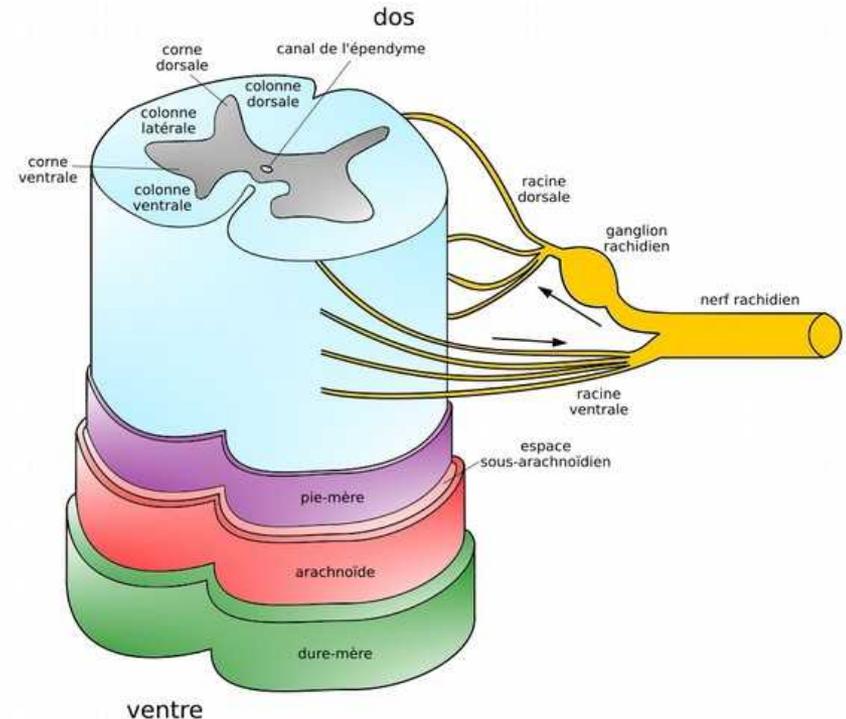
## 2.2-Le SNC

### 2.2.2-La moelle épinière

- tube creux de 45cm de long pour un diamètre de 1cm

- paroi

- lumière: canal de l'épendyme

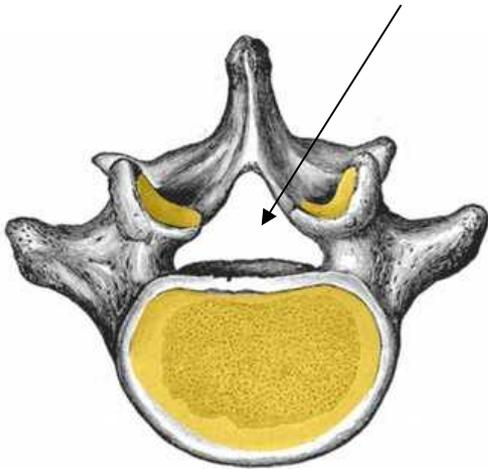


# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

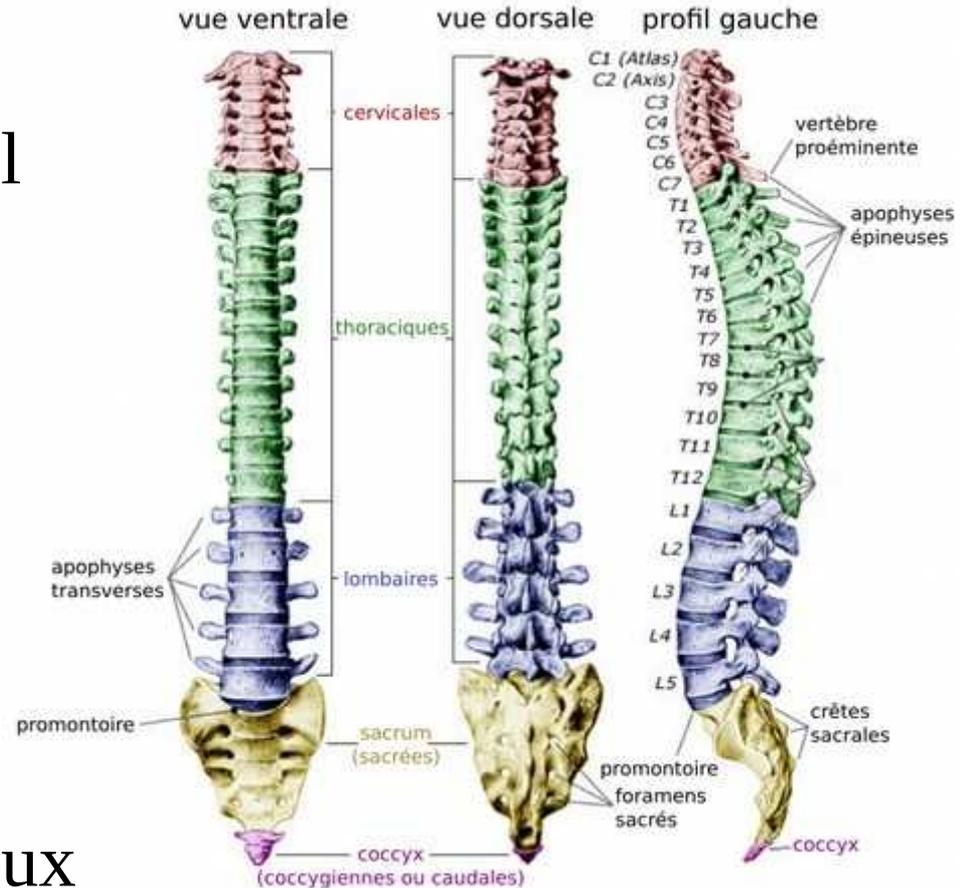
### 2.2.2-La moelle épinière

- logée dans le canal vertébral



d'après Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

- logée dans un fourreau osseux constitué par l'empilement des vertèbres



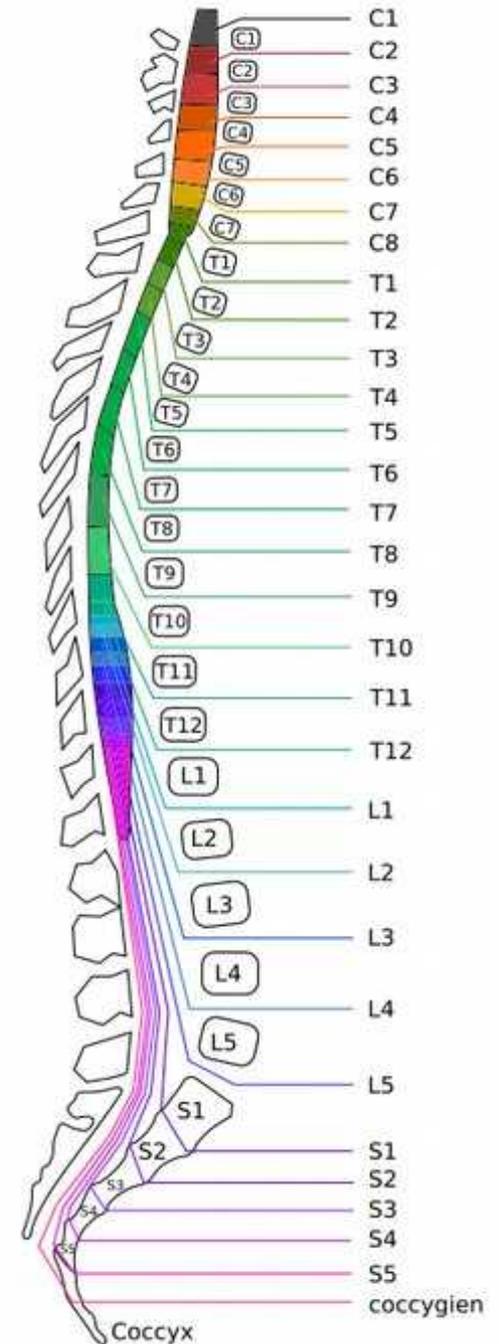
d'après Nenamoralessalazar, CC BY-SA 4.0  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.2-La moelle épinière

- 'reliée' aux nerfs rachidiens



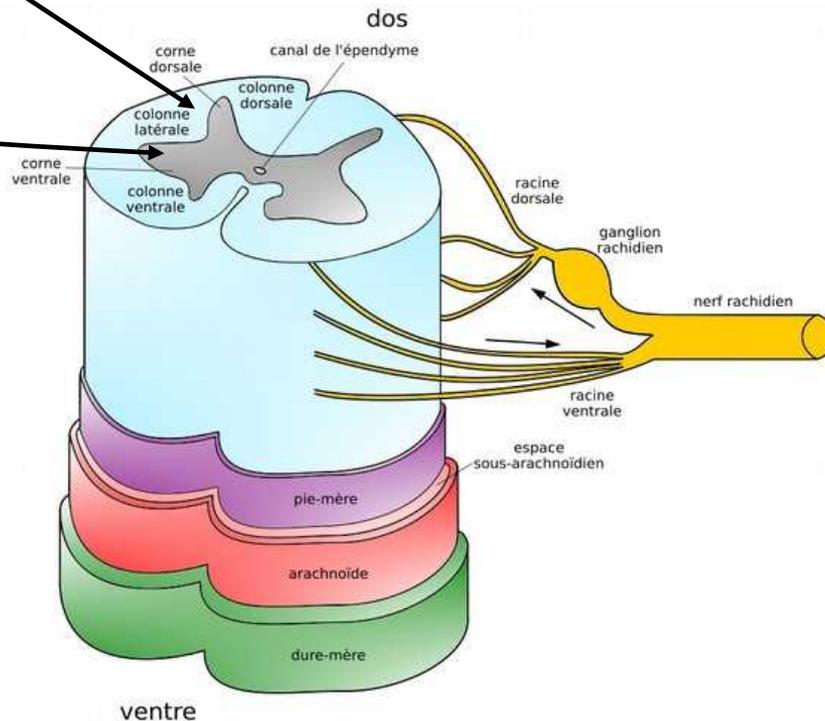
# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.2-La moelle épinière

Deux types de substances dans sa paroi:

- substance grise, centrale ← soma des neurones/processeurs
- substance blanche, périphérique ← prolongements des neurones/fils



# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

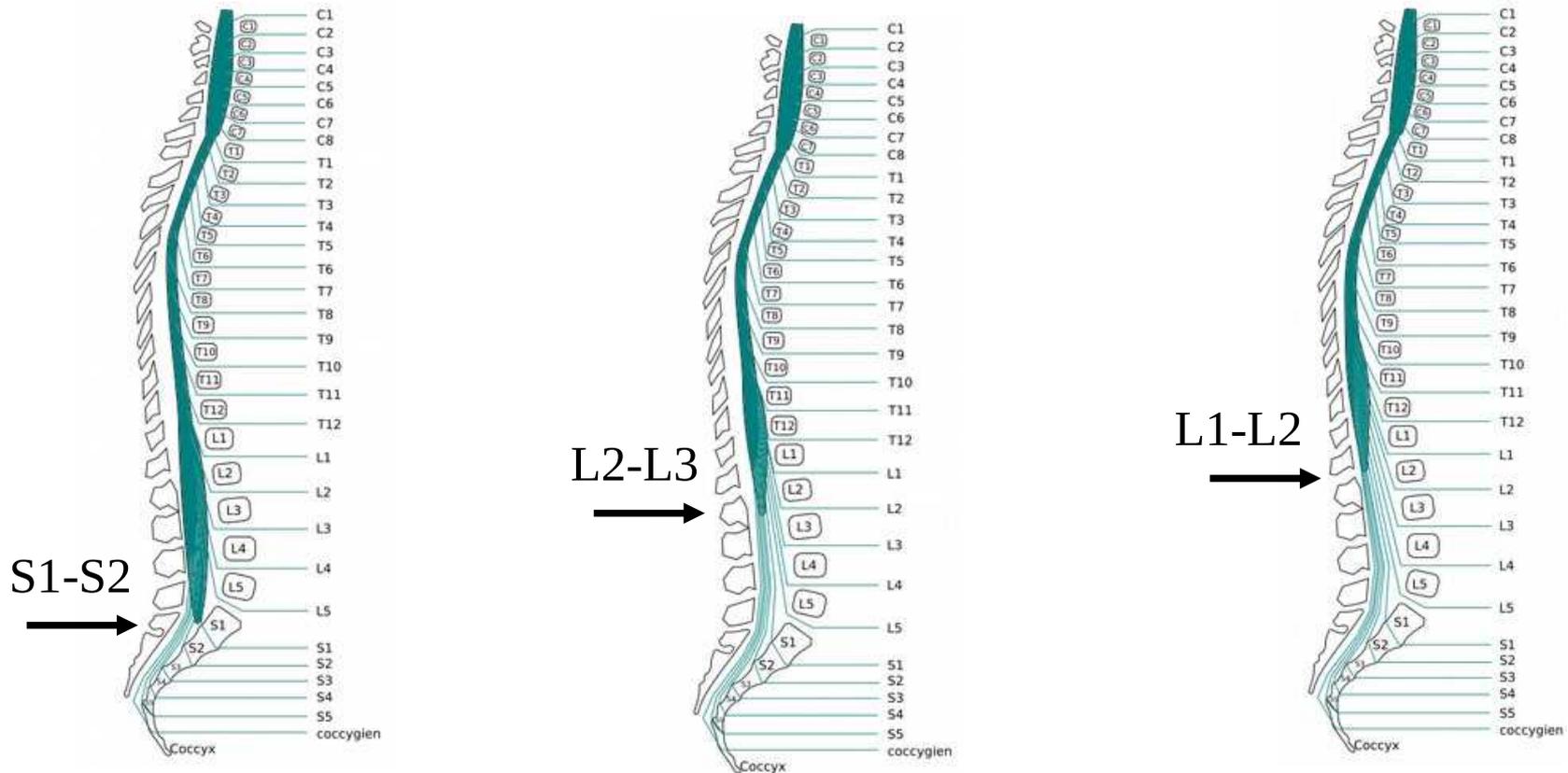
### 2.2.2-La moelle épinière

Moelle épinière et colonne vertébrale pendant le développement:

24 semaines

nouveau-né

adulte



# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

- masse d'environ 1.4Kg
- logée dans la boîte crânienne



# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

L'encéphale se forme à partir de l'extrémité d'un tube creux:

- lumière: ventricules
- paroi: substance blanche + substance grise

Trois phénomènes affectent ce tube creux:

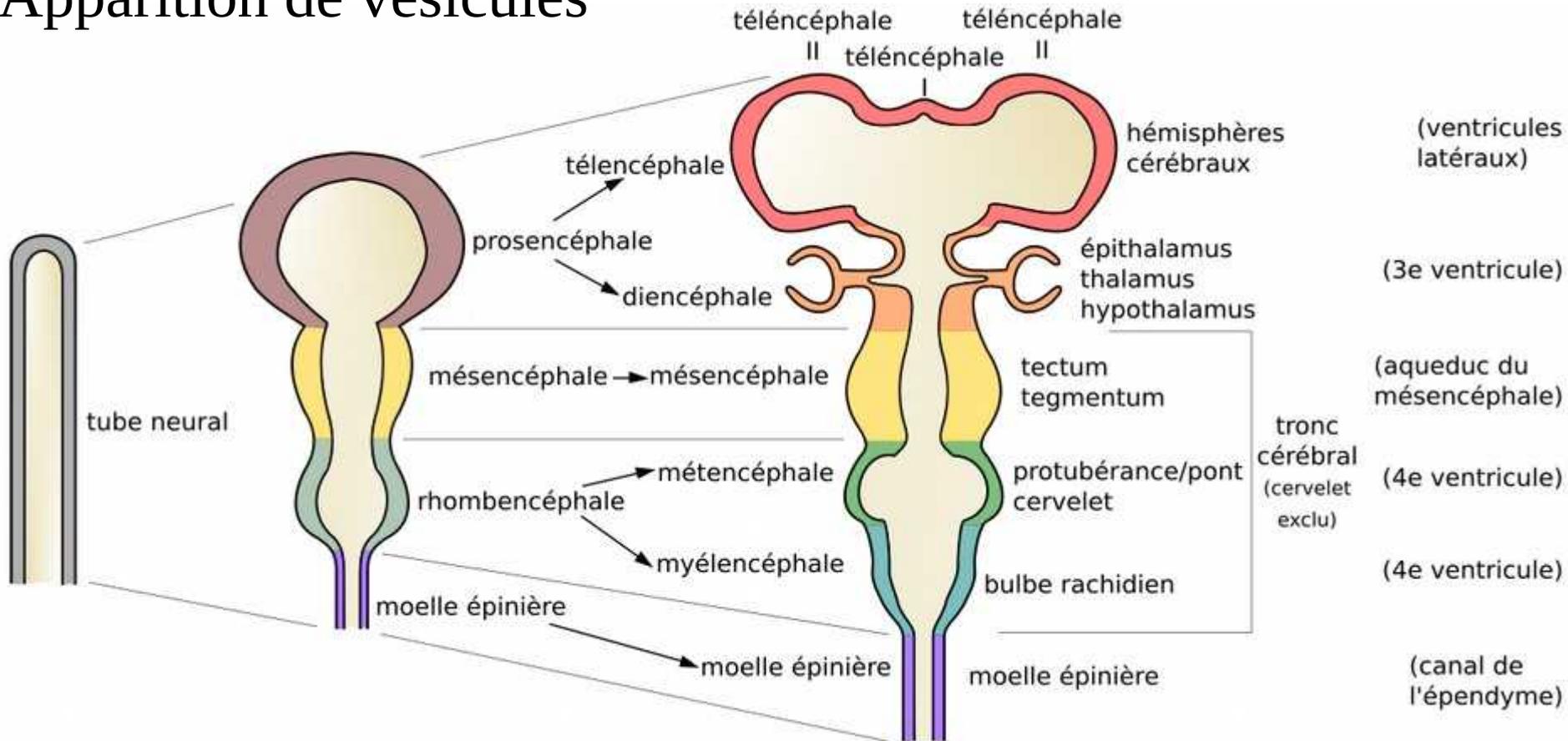
- apparition de vésicules
- apparition de courbures
- croissance

# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

#### Apparition de vésicules



*dès le 25e jour*

*dès le 35e jour*

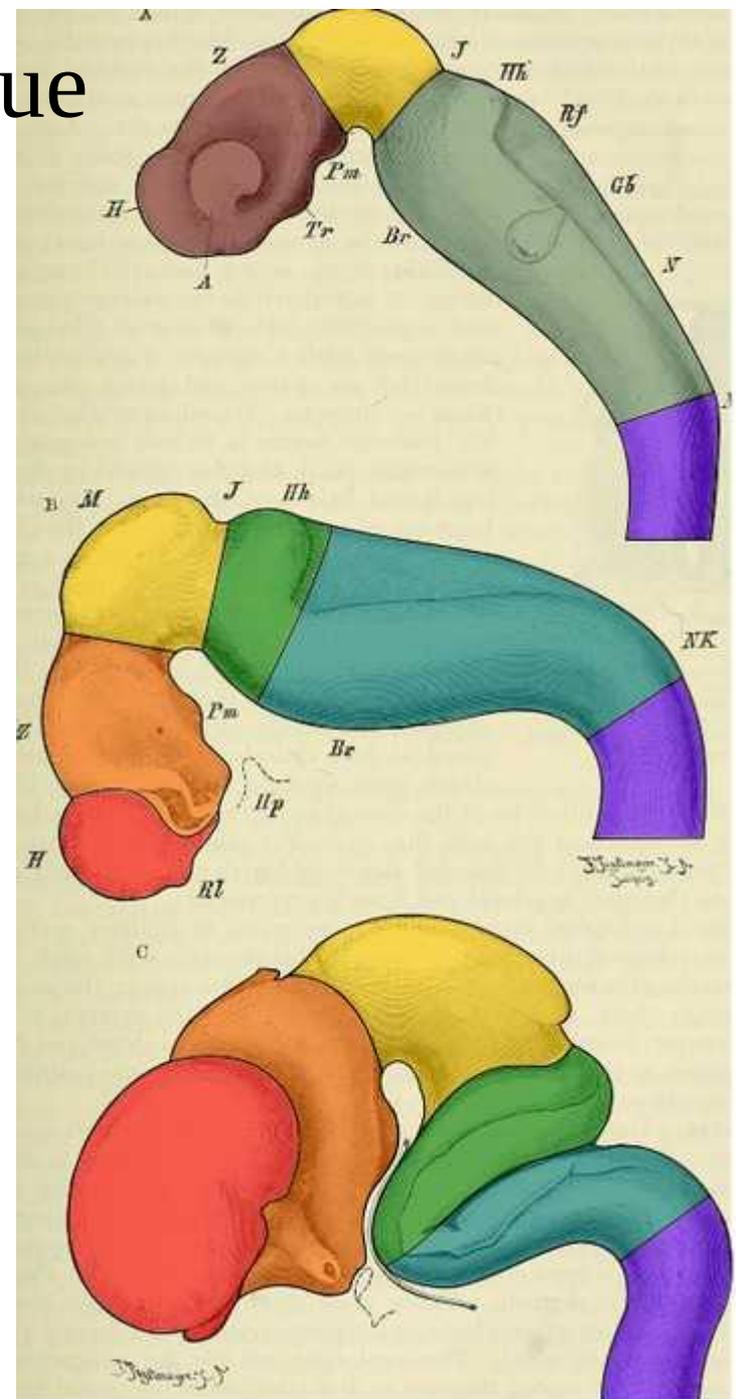
# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

#### Apparition de courbures

(vues de profil)



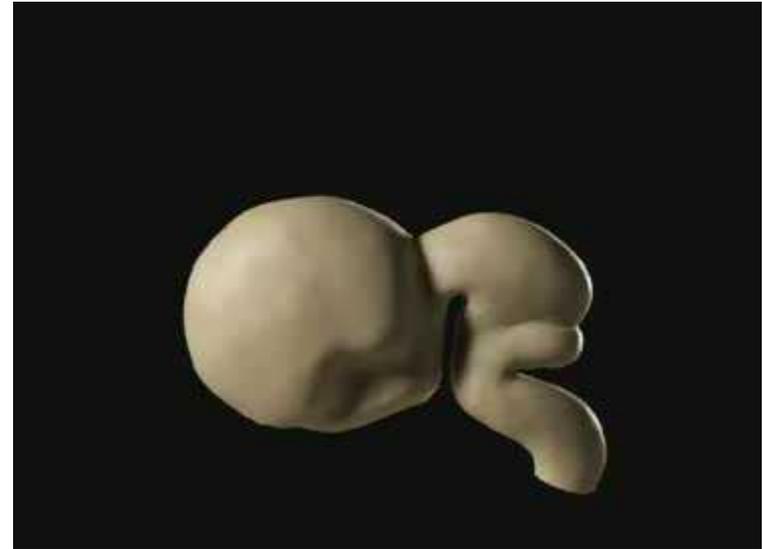
d'après Gray, Henry, 1825-1861; Carter, H. V. (Henry Vandyke), 1831-1897; Pick, T. Pickering (Thomas Pickering), 1841-1919, No restrictions, via Wikimedia Commons



# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale



Films à visionner sur :

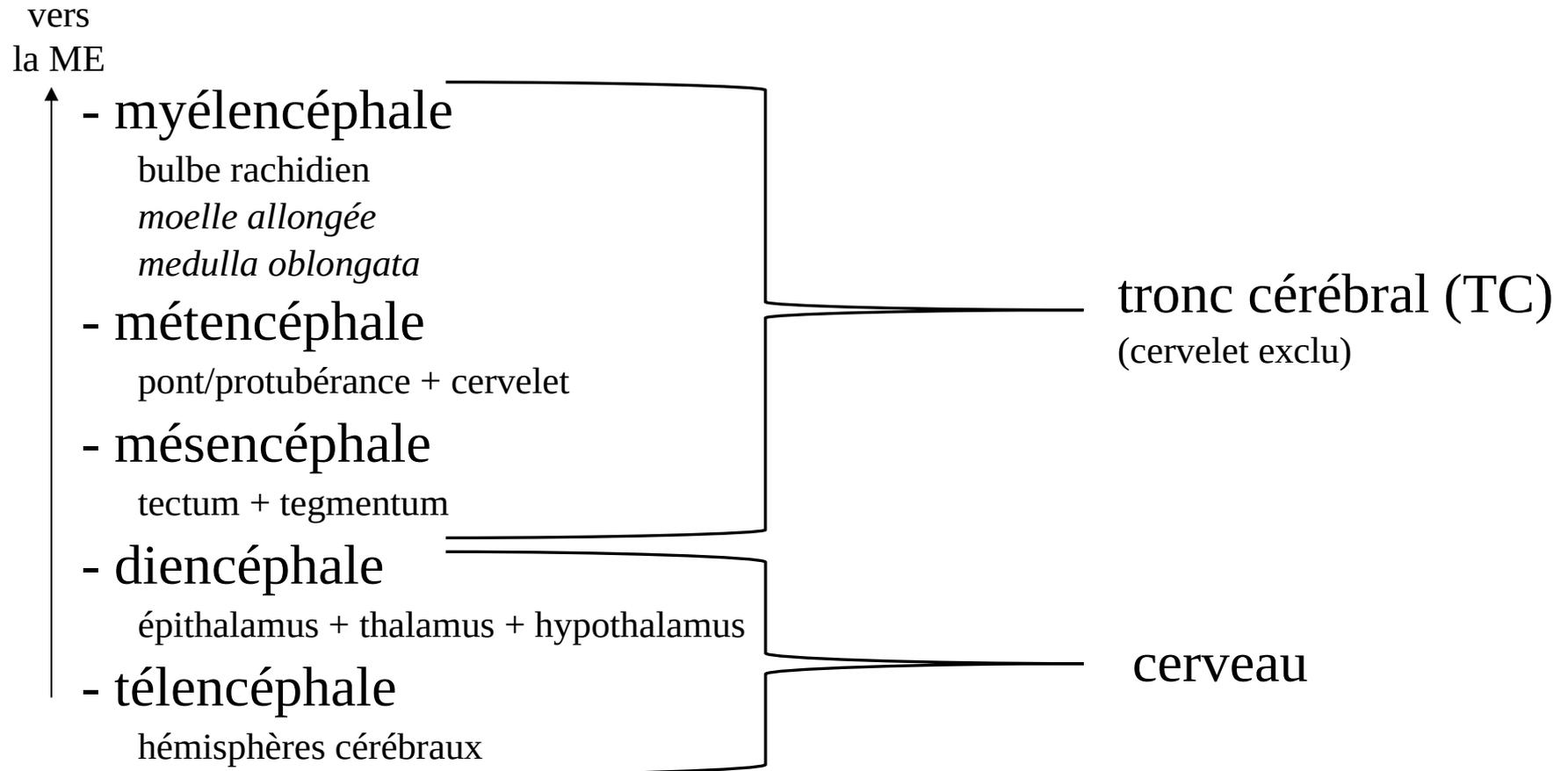
<http://www.embryology.ch/francais/vcns/telenceph01.html>

# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

#### Régions de l'encéphale:

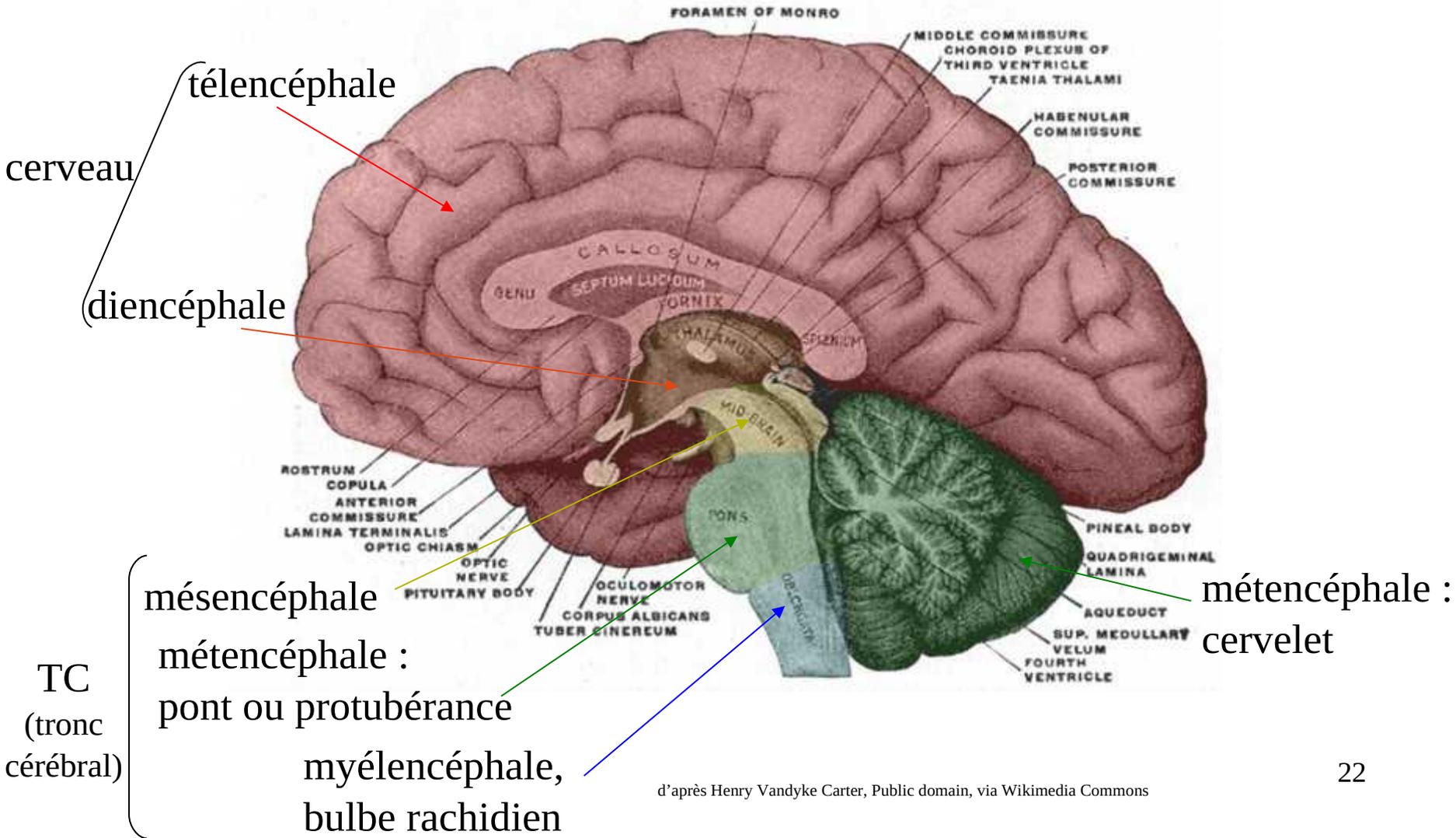


# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

coupe sagittale encéphale



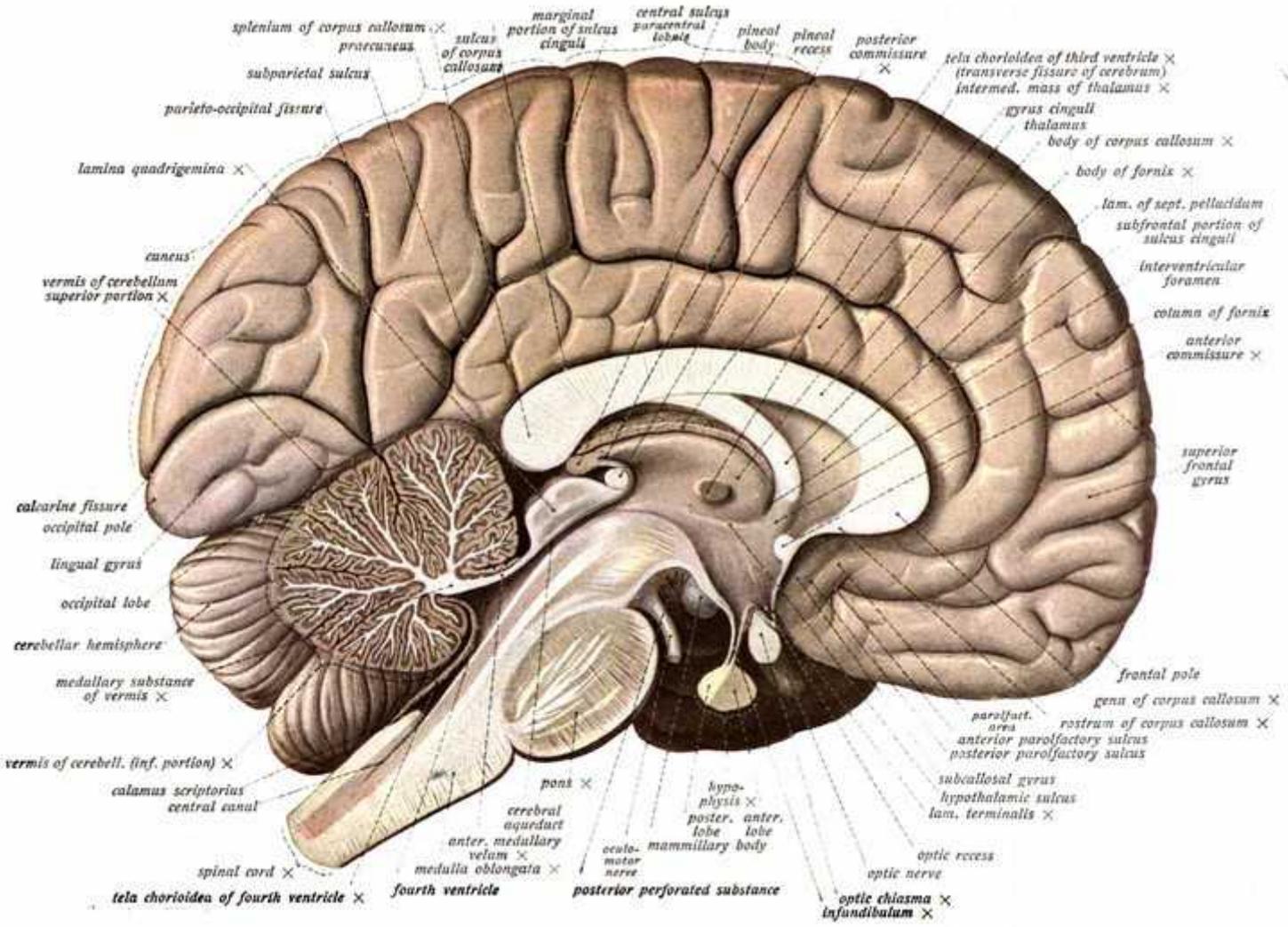
d'après Henry Vandyke Carter, Public domain, via Wikimedia Commons

# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

coupe sagittale encéphale

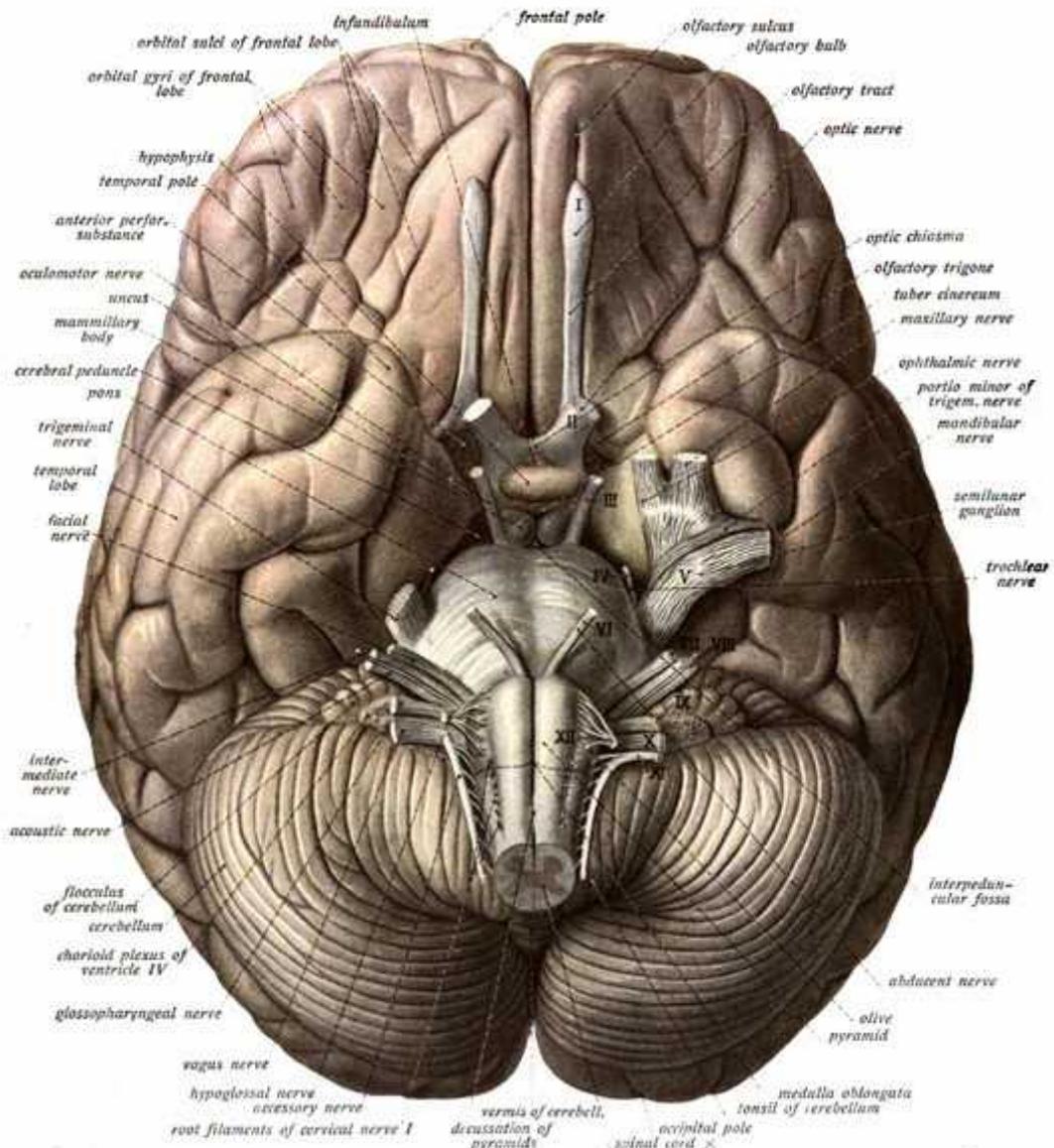


# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

encéphale vu du dessous

### 2.2.3-L'encéphale

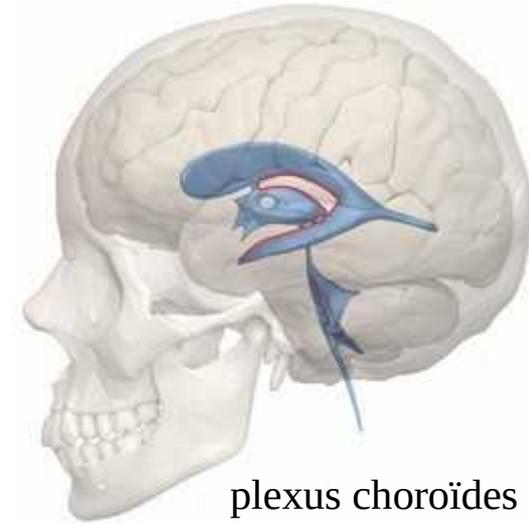


# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

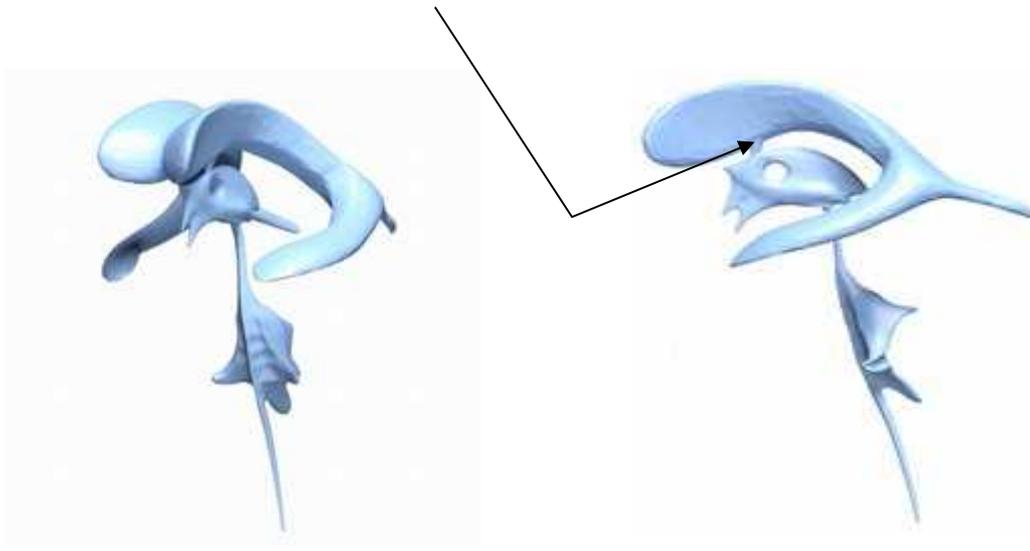
### 2.2.3-L'encéphale

#### Les ventricules et le LCR (liquide céphalo-rachidien)



plexus choroïdes  
(production LCR)  
(en rouge)

foramens interventriculaires (*trous de Monro*)

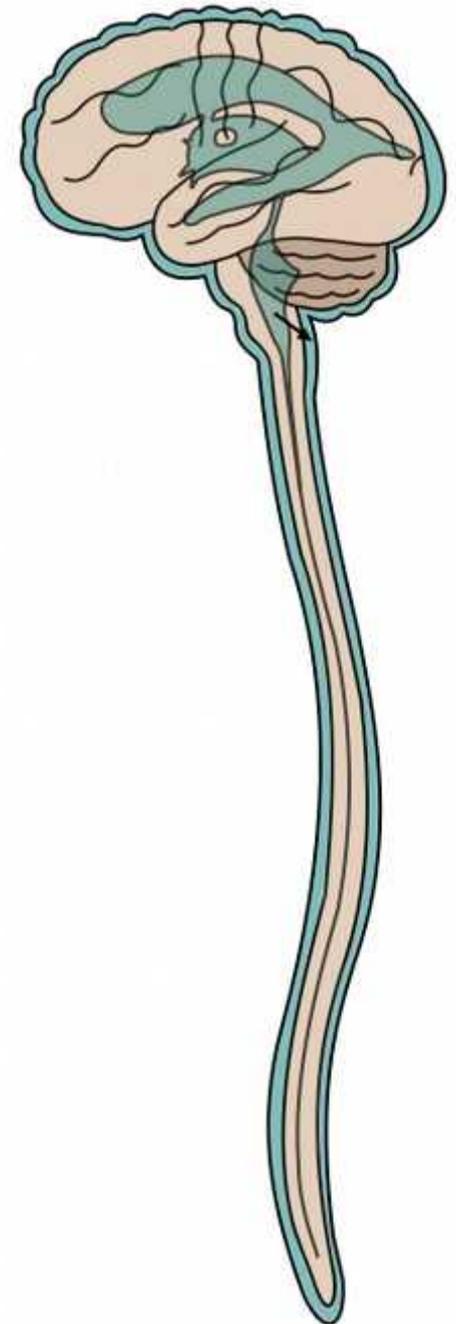
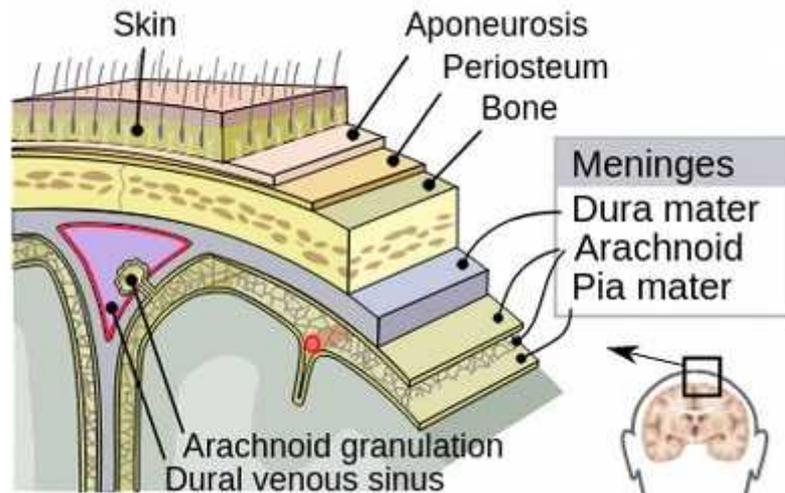


# 2-Organisation macroscopique

## 2.2-Le SNC

### 2.2.3-L'encéphale

## Les méninges et le LCR (liquide céphalo-rachidien)



SVG by Mysid, original by SEER Development Team [1], Jmarchn,  
CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via  
Wikimedia Commons

# 3-Organisation microscopique du SN

Le tissu nerveux comprend deux types cellulaires:

- neurones

- cellules gliales

Il y a de très nombreux sous-types cellulaires différents;  
 $10^{12}$  neurones et plus de cellules gliales

# 3-Organisation microscopique

## 3.1-Les cellules gliales



- beaucoup plus nombreuses que les neurones (glue des neurones)
- diverses formes
- peuvent se diviser
- pas de conduction de l'information nerveuse, mais modulation
- nombreux rôles vis à vis des neurones:
  - nourricier
  - soutien
  - isolation...

# 3-Organisation microscopique

## 3.1-Les cellules gliales

*Différents types de cellules gliales:*

- *Cellules gliales du SNP:*

- *cellules de Schwann*

- *Cellules gliales du SNC:*

- *cellules épendymaires*

- *oligodendrocytes*

- *astrocytes*

- *microgliocytes*

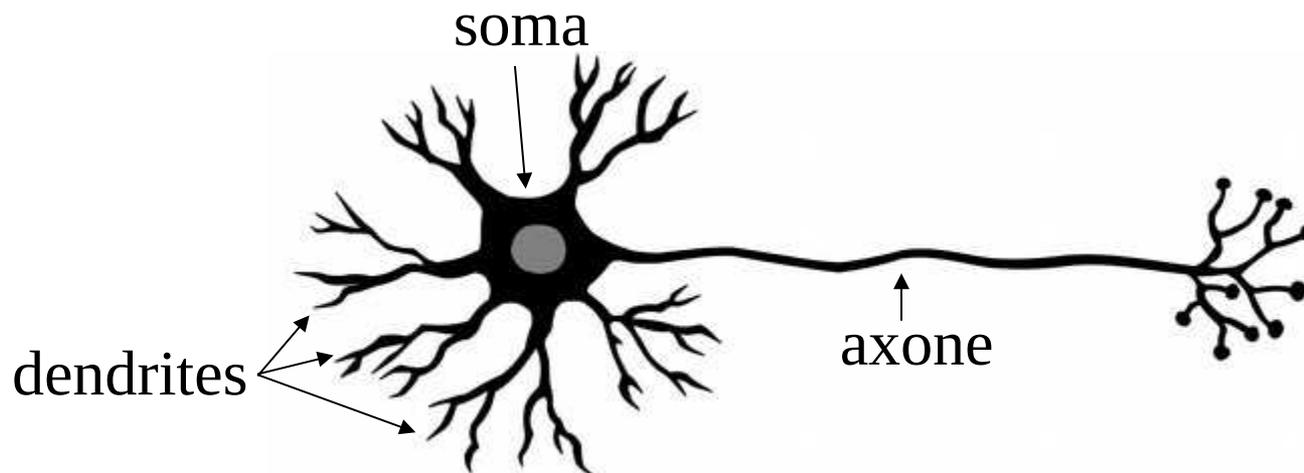
→ certaines forment, autour des fibres nerveuses, des manchons qui sont des isolants électriques

# 3-Organisation microscopique

## 3.2-Les neurones

Trois régions dans un neurone:

- corps cellulaire = péricaryon = soma
- axone = cylindraxe = fibre nerveuse
- dendrites



# 3-Organisation microscopique

## 3.2-Les neurones

### Classement des neurones:

- forme/nombre prolongements:

- multipolaires

- bipolaires

- *monopolaires ou unipolaires*

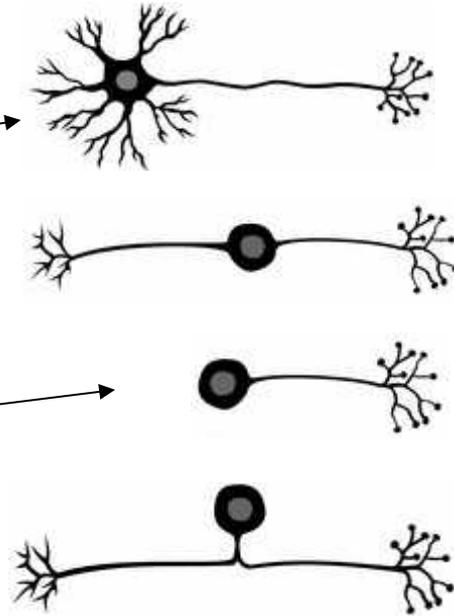
- pseudo-unipolaires

- taille du soma

- longueur de l'axone

- allure des dendrites

- neurotransmetteur utilisé



# 3-Organisation microscopique

## 3.2-Les neurones

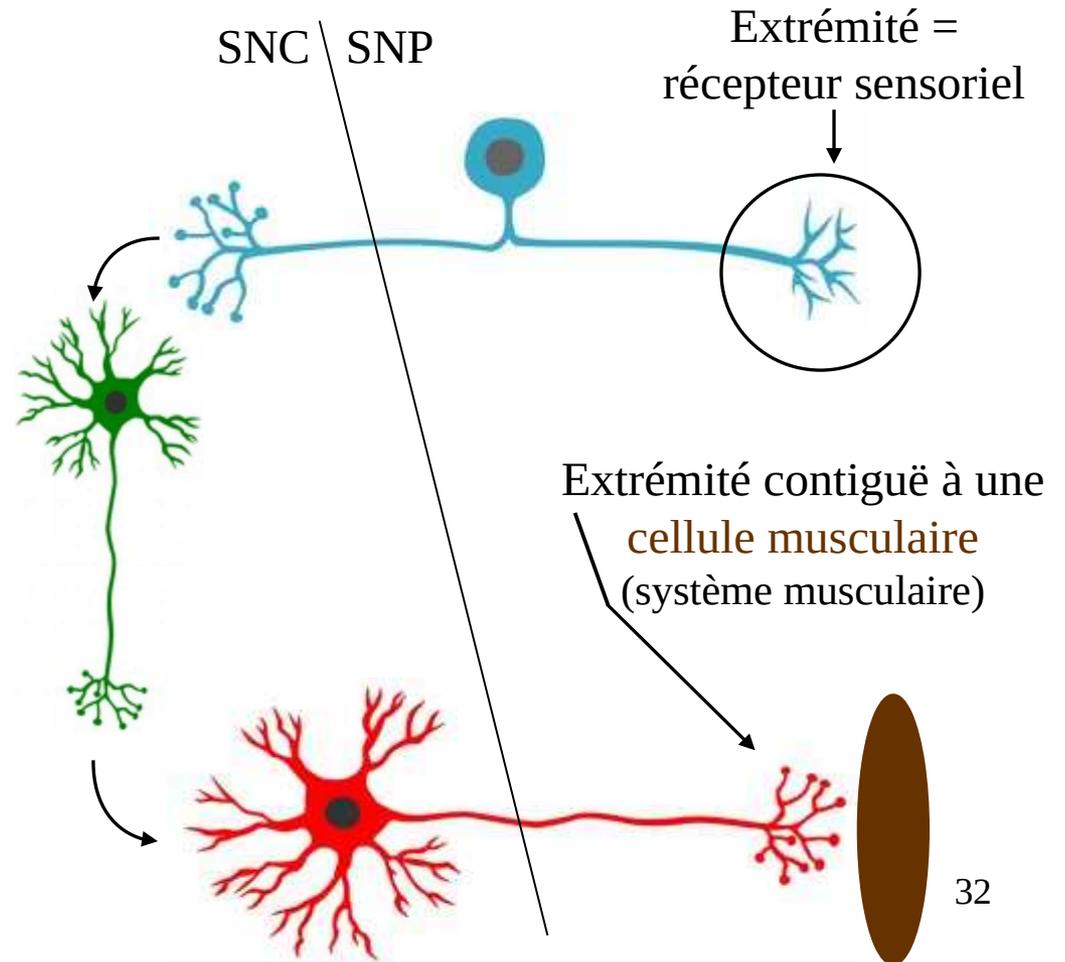
### Classement des neurones (suite):

- selon la fonction:

- neurones sensoriels

- interneurones

- motoneurones



# 3-Organisation microscopique

## 3.2-Les neurones

Evolution des neurones pendant la vie:

- le nombre de neurones diminue
- de nouveaux neurones peuvent apparaître: néoneurogenèse

Le tissu nerveux peut se réorganiser → plasticité

Les neurones ont une consommation énergétique très élevée:

- oxygène
- glucose

# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.1-Le potentiel de repos

- existe dans les cellules vivantes
- du à une répartition inégale des particules chargées (ions) de part et d'autre de la membrane cellulaire
- correspond à une différence de potentiel ou ddp d'environ  $-65\text{mV}$

→ une cellule est analogue à une pile:  
milieu intracellulaire = pôle négatif  
milieu extracellulaire = pôle positif



# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

- existe dans les cellules vivantes excitables: neurones et cellules musculaires lorsqu'elles sont stimulées
- du à une variation de la répartition des ions de part et d'autre de la membrane cellulaire, du fait de l'ouverture de canaux ioniques particuliers
- correspond à une variation du potentiel de repos
- se caractérise par une phase de dépolarisation suivie d'une phase de repolarisation

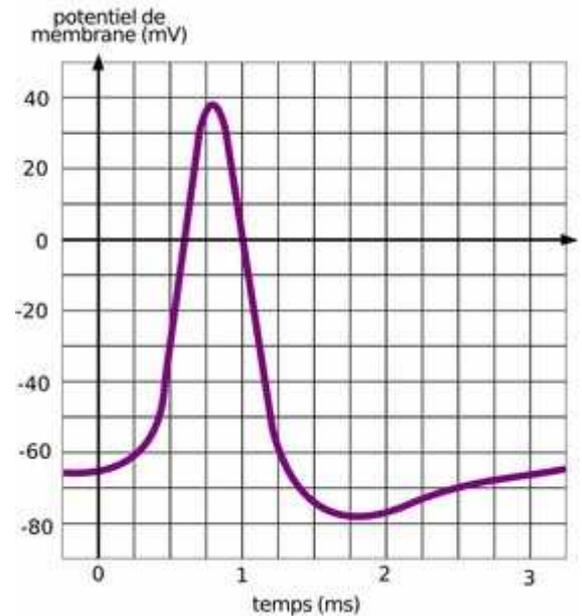
# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

Tracé du potentiel d'action (PA):

- phase ascendante: dépolarisation avec inversion du potentiel de membrane (+40mV)
- phase descendante: repolarisation
  - repolarisation
  - hyperpolarisation (-80mV)



La durée du potentiel d'action est de l'ordre de la milliseconde

# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

#### *Propriétés du PA:*

- *suit une loi de tout ou rien*

*si une stimulation est d'intensité suffisante, un PA se forme dont l'amplitude est maximale; si elle n'est pas d'intensité suffisante, pas de PA*

- *est non décrementiel*

*il se propage identique à lui-même*

#### *L'intensité d'une stimulation:*

- *ne peut être codée par l'amplitude du PA qui est constante*

- *est codée en fréquence de PA*

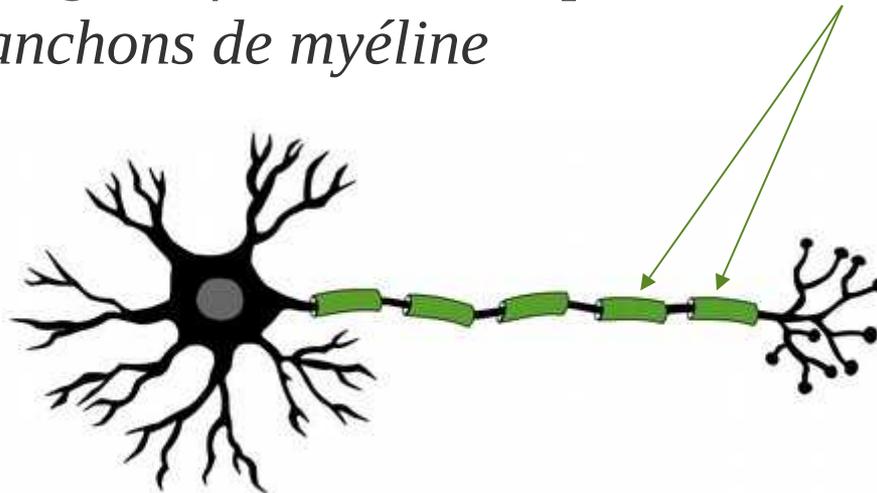
# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

#### *Propagation du PA:*

- *régénéré de proche en proche de l'amont vers l'aval*  
*comme une étincelle qui se déplace sur une traînée de poudre*
- *saltatoire le long des fibres isolées par des cellules gliales qui forment des manchons de myéline*



# 4-Communication nerveuse

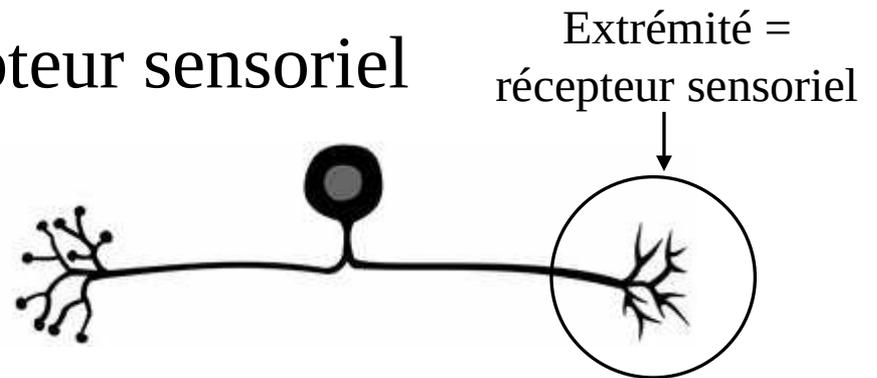
## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

#### Naissance des PA:

- conditions artificielles: par une stimulation électrique
- conditions naturelles: par une stimulation sensorielle

Le point de départ est le récepteur sensoriel



La naissance des PA a lieu dans la fibre sensorielle

→ transduction sensorielle

# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

### 4.1.2-Le potentiel d'action

#### La transduction sensorielle:

→ stimulation sensorielle

→ ouverture/fermeture de canaux ioniques :  
au niveau du site de transduction

→ potentiel de récepteur (potentiel gradué)

*-son amplitude dépend de l'intensité de la stimulation*

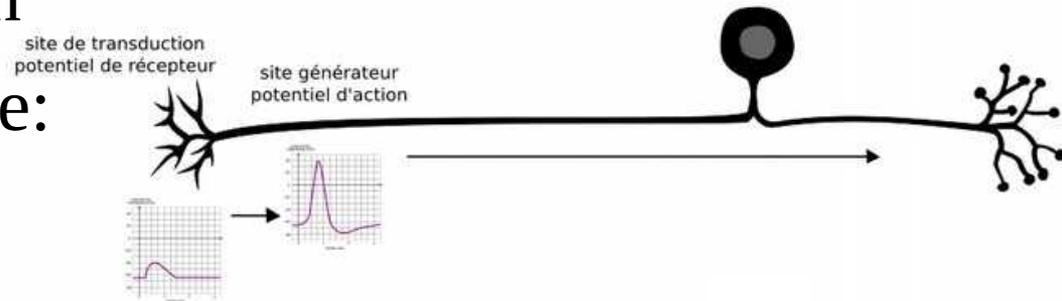
*-il est sommable temporellement et spatialement*

*-il se propage peu*

→ site générateur

→ si potentiel de récepteur > seuil

→ naissance de PA



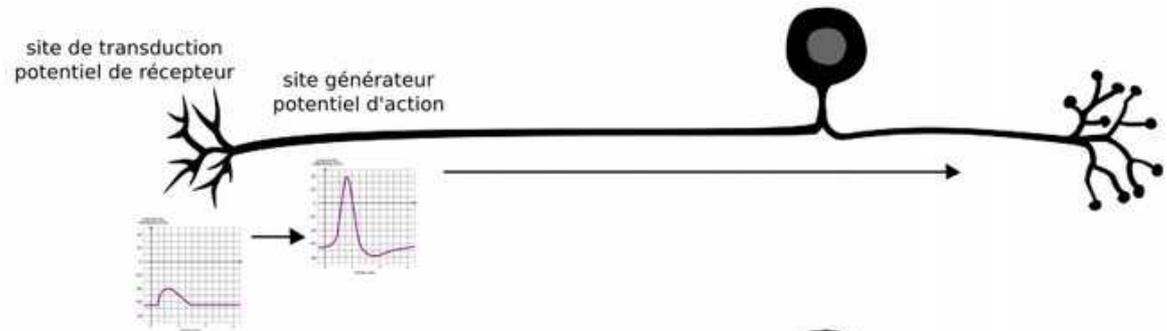
# 4-Communication nerveuse

## 4.1-L'information nerveuse

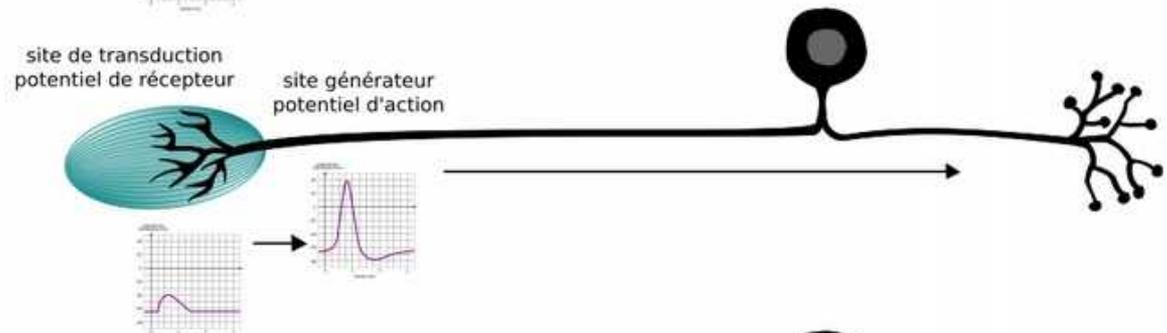
### 4.1.2-Le potentiel d'action

Différentes structures de récepteurs et transduction sensorielle:

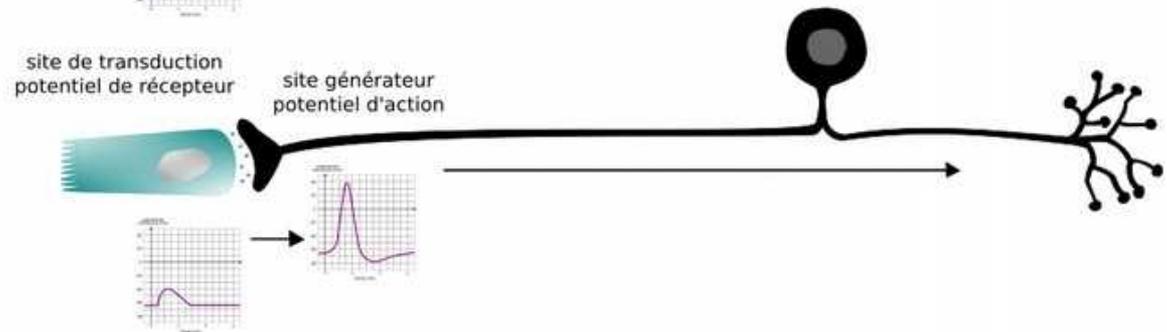
-fibre nerveuse nue



-fibre nerveuse encapsulée



-fibre nerveuse associée à une cellule spécialisée



# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### Les synapses

- sont des lieux d'articulation entre neurones
- sont des lieux où l'information nerveuse passe d'un neurone à un autre
- sont de deux types:
  - synapses électriques: lieux de continuité entre neurones
  - synapses chimiques: lieux de contiguïté entre neurones

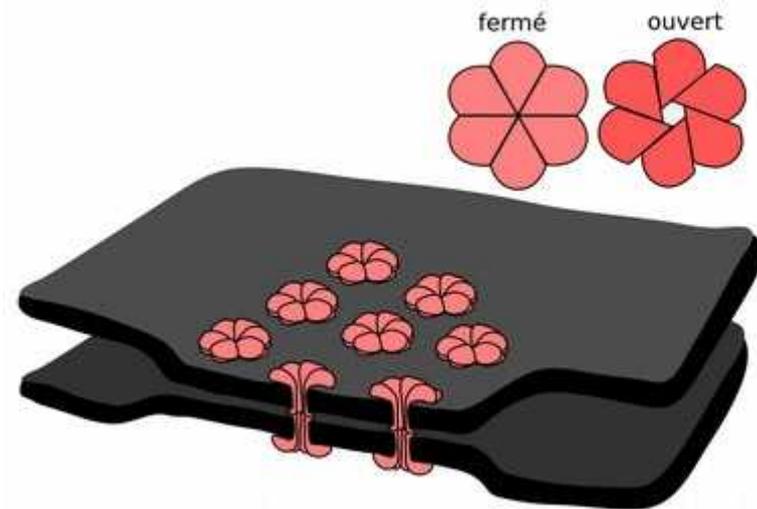
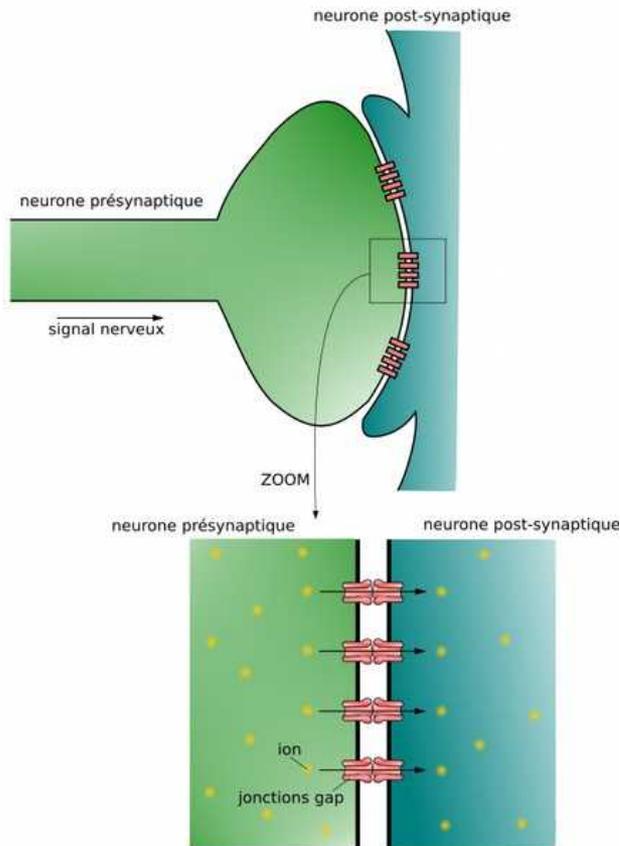
# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.1-Les synapses électriques

- mettent en continuité les neurones

- assurent une propagation très rapide de l'information nerveuse d'un neurone à un autre



d'après : snek01, Public domain, via Wikimedia Commons

# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

#### Organisation:

- élément présynaptique

- terminaison axonale le plus souvent

- apporte l'information

- possède des vésicules synaptiques contenant des molécules de neurotransmetteur (NT)

- espace synaptique

- élément postsynaptique

- dendrite le plus souvent

- reçoit l'information qui renaît

- possède des récepteurs au neurotransmetteur (NT)

# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

#### Fonctionnement:

-arrivée PA dans l'élément présynaptique

*-ouverture de canaux ioniques au calcium*

*-entrée  $Ca^{++}$*

→ inactivation et recyclage du NT

-migration des vésicules et libération du NT par exocytose

-liaison du NT à ses récepteurs post-synaptiques qui sont aussi des canaux ioniques

-ouverture des canaux ioniques et mouvements d'ions

-formation d'un potentiel post-synaptique ou PPS

# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

Les potentiels post-synaptiques ou PPS:

- deux types de PPS:

- PPS excitateurs ou PPSE → dépolarisation

- PPS inhibiteurs ou PPSI → hyperpolarisation

- *sont des potentiels gradués:*

- *amplitude variable*

- *peu propagé*

- *sommation temporelle et spatiale*

- entraînent la formation de PA au niveau du cône axonique si sommation > seuil déclenchement des PA<sup>46</sup>

# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

*Deux types de synapses chimiques existent:*

*- les synapses ionotropiques dont le récepteur post-synaptique est couplé à un canal ionique*

*→ à l'origine de PPS*

*- les synapses métabotropiques dont le récepteur post-synaptique est couplé à une molécule de transduction à l'origine de cascades réactions qui peuvent être:*

*→ à l'origine de PPS*

*→ à l'origine de modifications du fonctionnement du neurone*

## 4-Communication nerveuse

### 4.2-Les synapses

#### 4.2.2-Les synapses chimiques

*Les synapses sont des lieux d'intégration*

*Un neurone reçoit de nombreux influx et a deux options:*

*- décharger*

*- ne pas décharger*

*→ Opération fondamentale du SN (Sherrington)*

# 4-Communication nerveuse

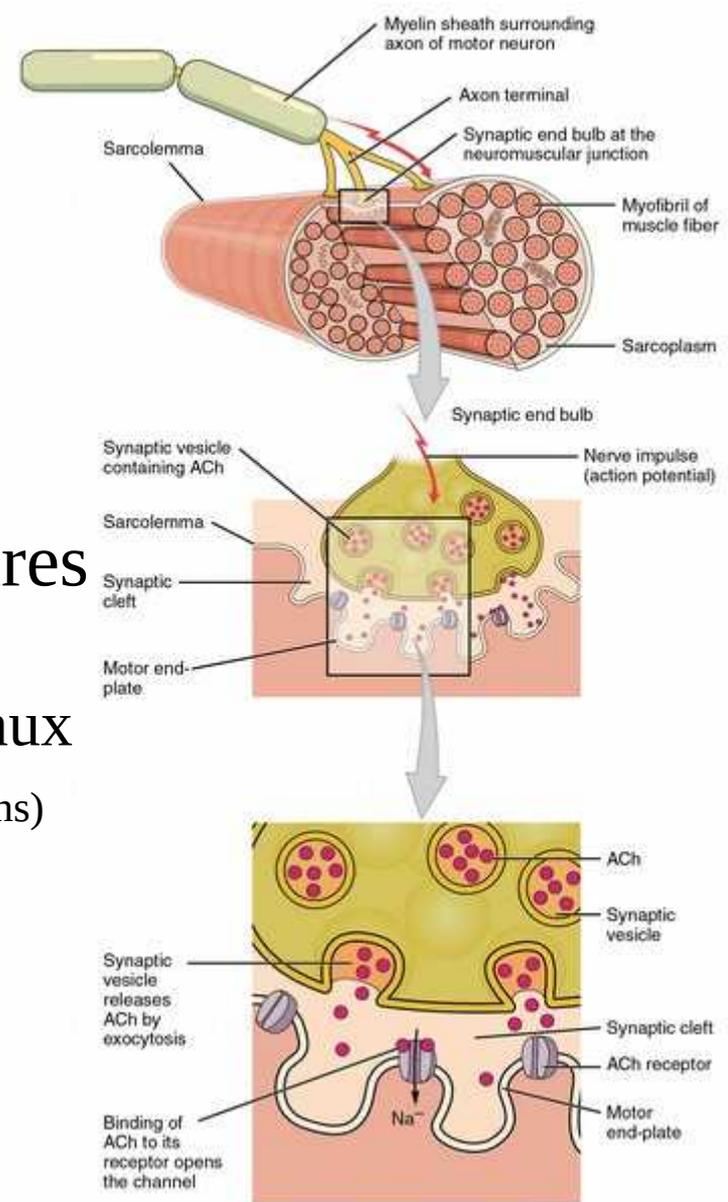
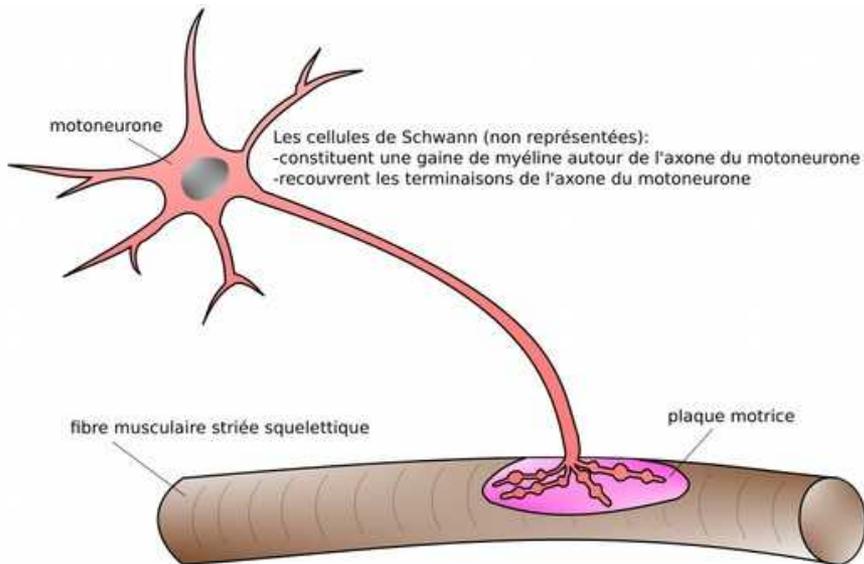
## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

Des synapses existent:

- entre neurones
- entre neurones et cellules musculaires (jonction neuro-musculaire)

permettent aux neurones d'ordonner aux muscles de se contracter (origine des actions)



OpenStax, CC BY 4.0

<<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons

# 4-Communication nerveuse

## 4.2-Les synapses

### 4.2.2-Les synapses chimiques

#### Quelques neurotransmetteurs (NT):

- acétylcholine Ach
  - amines ou monoamines ou amines biogènes:
    - catécholamines:
      - dopamine DA
      - noradrénaline NA
      - adrénaline A
    - sérotonine ou 5 hydroxytryptamine 5HT
    - histamine HA
  - acides aminés
    - glutamate Glu
    - aspartate Asp
    - GABA ou acide-gamma-aminobutyrique
    - glycine Gly
- peptides ou neuropeptides
    - substance P
    - morphines endogènes
    - somatostatine
    - prostaglandines
    - vasopressine...
  - NT atypiques
    - ATP et purines
    - endocannabinoïdes
    - gaz solubles