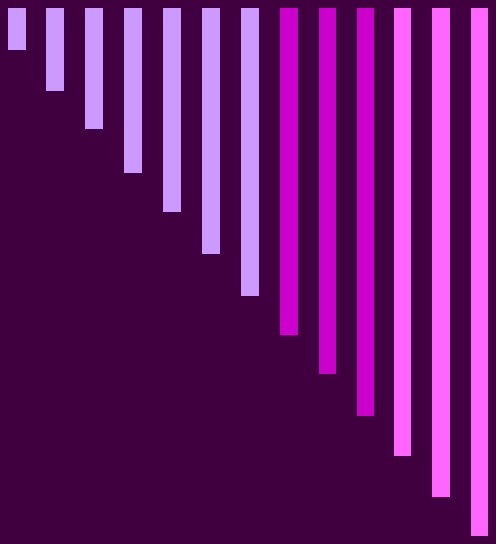
Les Cellules Excitables

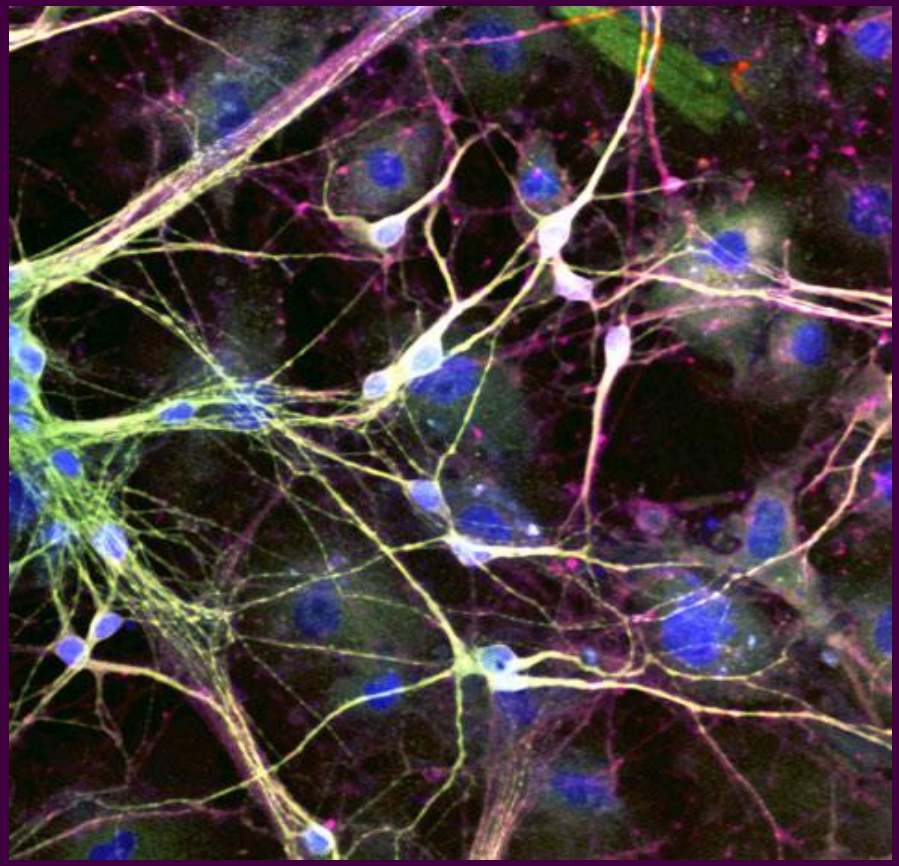
INTRODUCTION

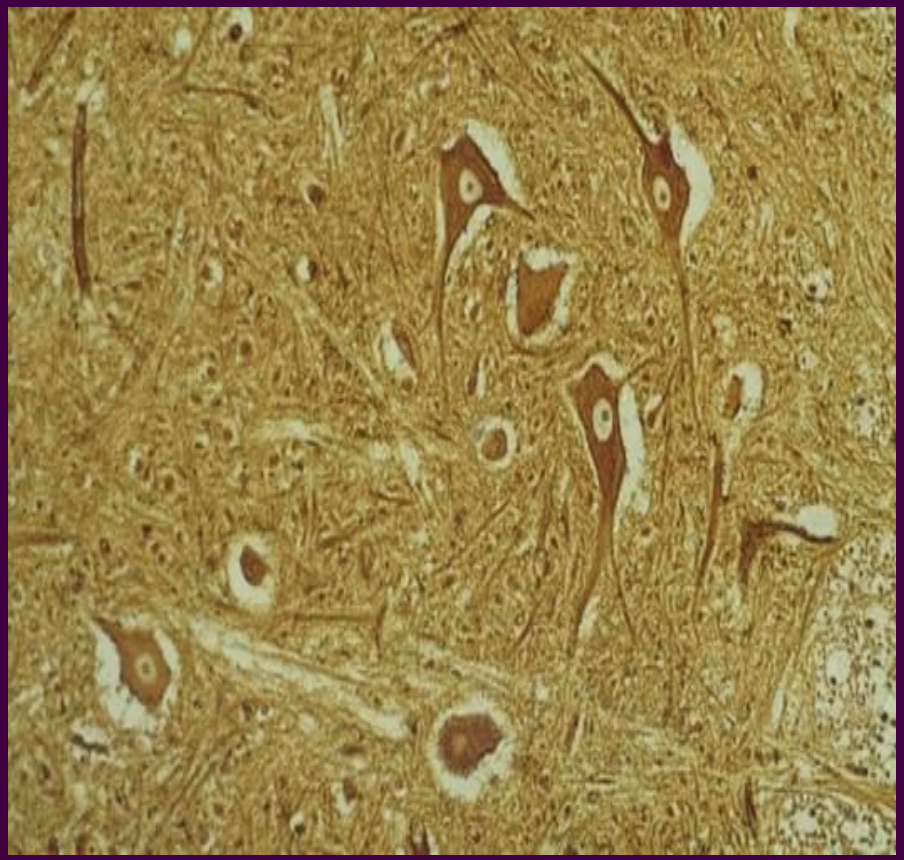
- Sont des cellules qui modifient leur activité suite à une stimulation
  - Les cellules nerveuses ou Neurones
  - Les cellules musculaires ou Myocytes



Les cellules nerveuses ou Neurones

RESEAU DE NEURONES





- I - Tissu Nerveux
- II - Arc Réflexe
- III - Les Neurones
- IV - Les fibres nerveuses
- V - Le névroglie
- VI - La Synapse
- VII - L'Influx nerveux

TISSU NERVEUX

- **T nerveux central** : le cerveau, cervelet, tronc cérébral et moelle épinière,
- **T nerveux périphérique :** les nerfs (12 paires de nerfs crâniens et 31 paires de nerfs rachidiens), ganglions et terminaisons nerveuses.

TISSU NERVEUX
Fonctions

- RECEPTION DES STIMULI
- FIBRES SENSITIVES
- FIBRES MOTRICES

ARC REFLEXE

- Définition :

Un **réflexe** est une réponse musculaire involontaire, stéréotypée et très rapide à un stimulus.

Une activité réflexe est produite par un *arc réflexe*, le mécanisme de réponse intégrée d'un centre nerveux sans intervention du cerveau et de la volonté consciente.

Les réflexes sont souvent des réactions de défense, comme le retrait du membre en cas de brûlure, avant que le cerveau ait perçu la douleur.

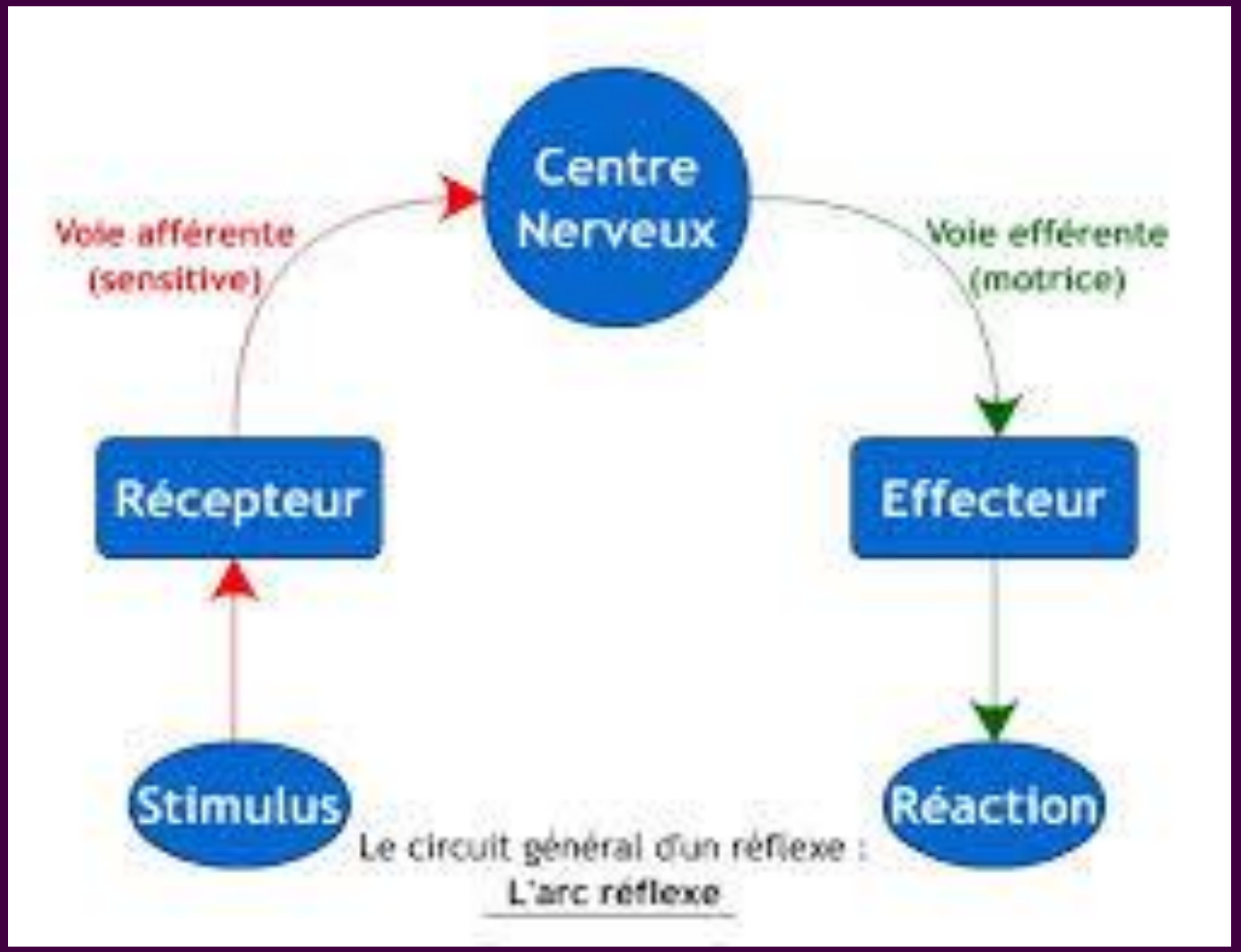
ARC REFLEXE

- Mécanisme :

- Lorsqu'un stimulus, appelant une réponse immédiate, est perçu par un récepteur logé dans une partie du corps, l'influx nerveux se propage sur les fibres afférentes vers la moelle épinière ou le tronc cérébral

- Après le passage par une ou plusieurs synapses des neurones moteurs , la réponse efférente, sous la forme d'un second influx nerveux, part vers l'organe effecteur (muscle par exemple) ou vers les centres moteurs, supérieurs ou inférieurs

- Cette boucle *récepteur-afférence-SNC-efférence-effecteur* constitue l'« arc réflexe » le plus court. Un arc réflexe n'est jamais modifiable par la volonté de l'individu : c'est la "*loi du tout ou rien*"


Centre Nerveux
Voie afférente (sensitive)
Voie efférente (motrice)
Récepteur
Effecteur
Stimulus
Réaction
Le circuit général d'un réflexe :
L'arc réflexe

Tissu Nerveux

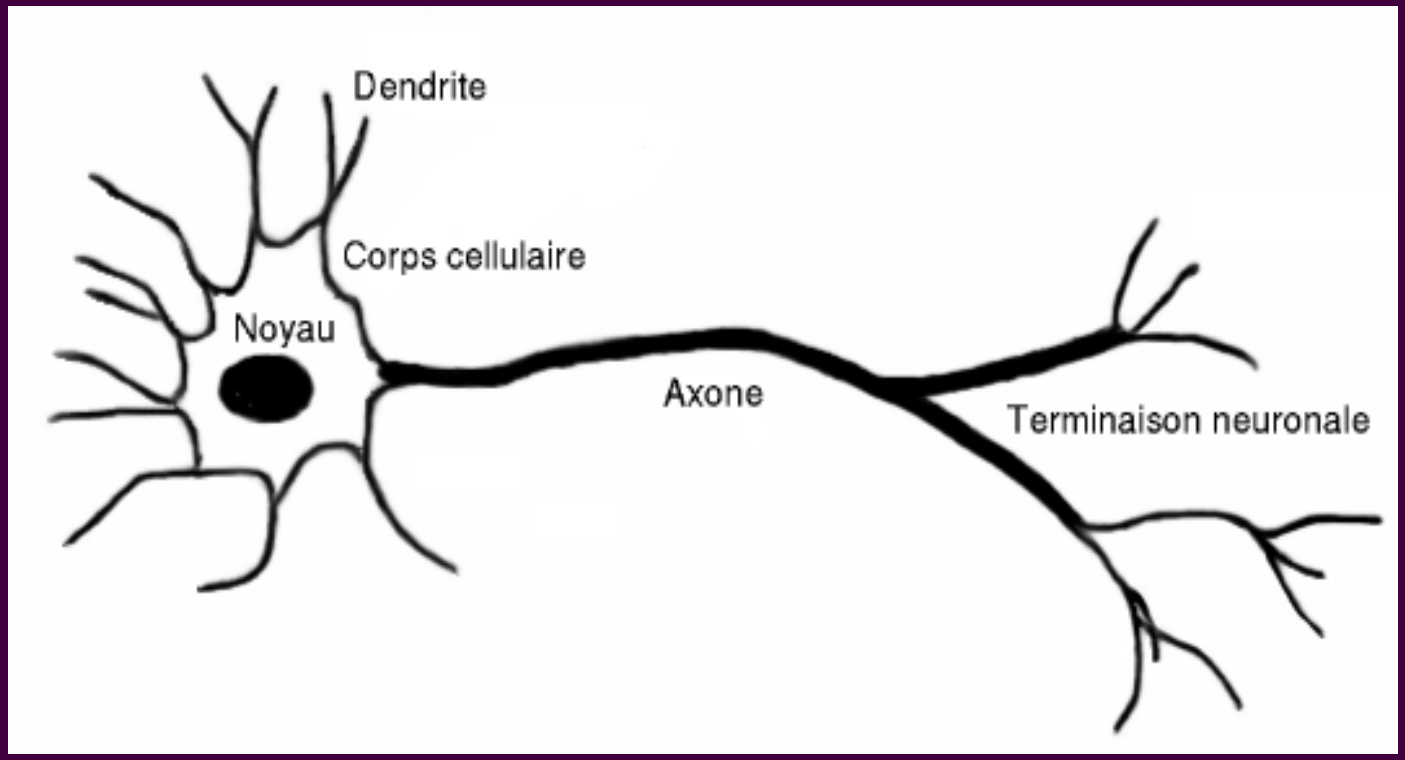
- Composé de 2 types de cellules :
  - Les neurones (10%)
  - Les cellules gliales (90%)

NEURONES (80 à 100 milliards de cellules)

- Les neurones ont 2 propriétés physiologiques :
  - L'excitabilité : la capacité de répondre aux stimulations et de convertir celles-ci en impulsions nerveuses
  - La conductivité : la capacité de transmettre les impulsions à d'autres tissus pour les activer (muscles, glandes sécrétrices…)

LES NEURONES

- Le CORPS CELLULAIRE (ou Péricaryon, soma) partie vitale du neurone
- Les DENDRITES : prolongements du corps cellulaire
- L'AXONE : dont l'extrémité forme une arborisation terminale, se terminent par des synapses, peut mesurer 1m.

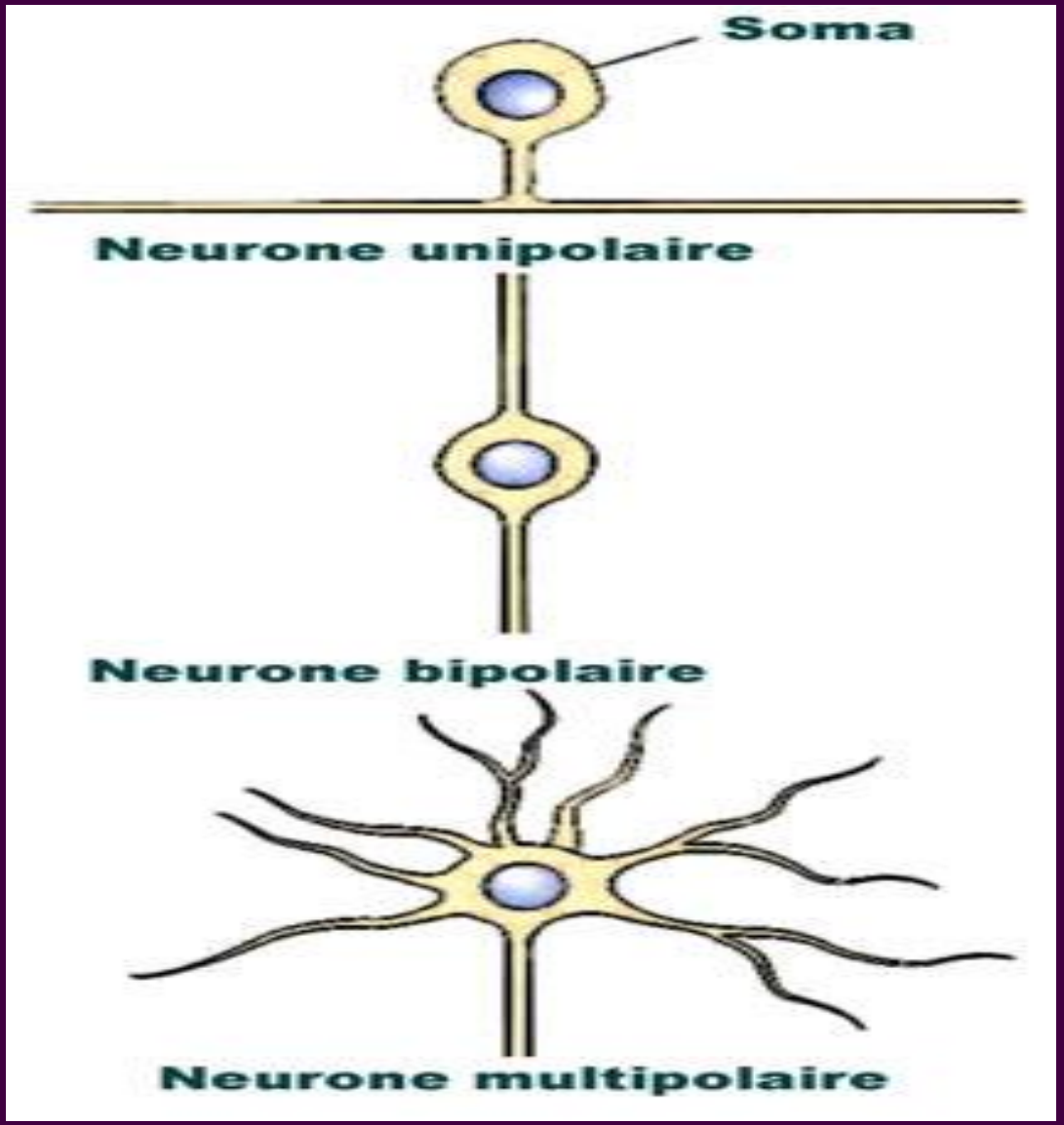

Dendrite
Corps cellulaire
Noyau
Axone
Terminaison neuronale

Neurones
Classification Fonctionnelle

- 3 catégories de neurones :
  - Les neurones sensitifs : Amène l'information des organes sensoriels vers le SNC
  - Les Interneurones : transmission d'information entre neurones
  - Les neurones moteurs : Transmissions des information entre le SNC et les organes effecteurs

Neurones
Classification Structurale

- 3 types de neurones :
  - Cellule unipolaire
  - Cellule bipolaire
  - Cellule multipolaire


Soma
Neurone unipolaire
Neurone bipolaire
Neurone multipolaire

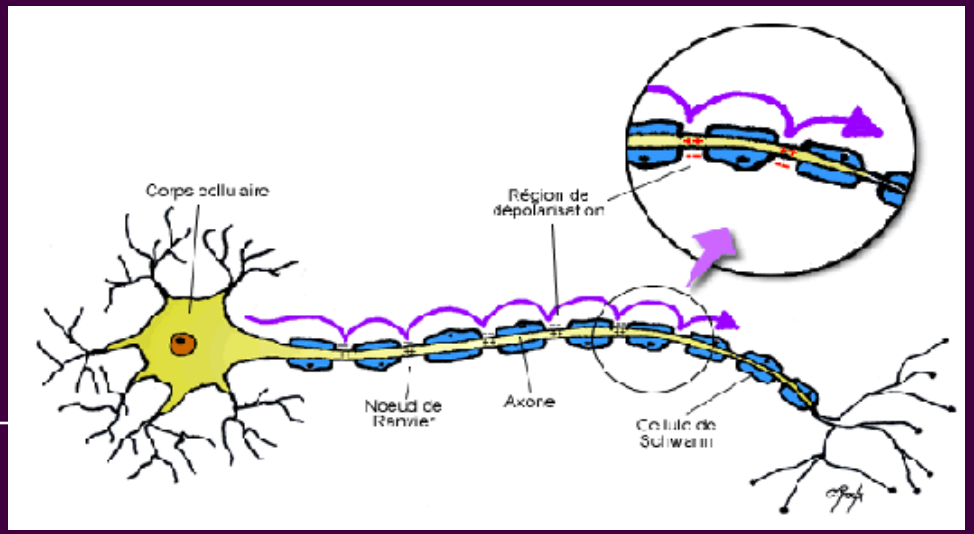
LES FIBRES NERVEUSES

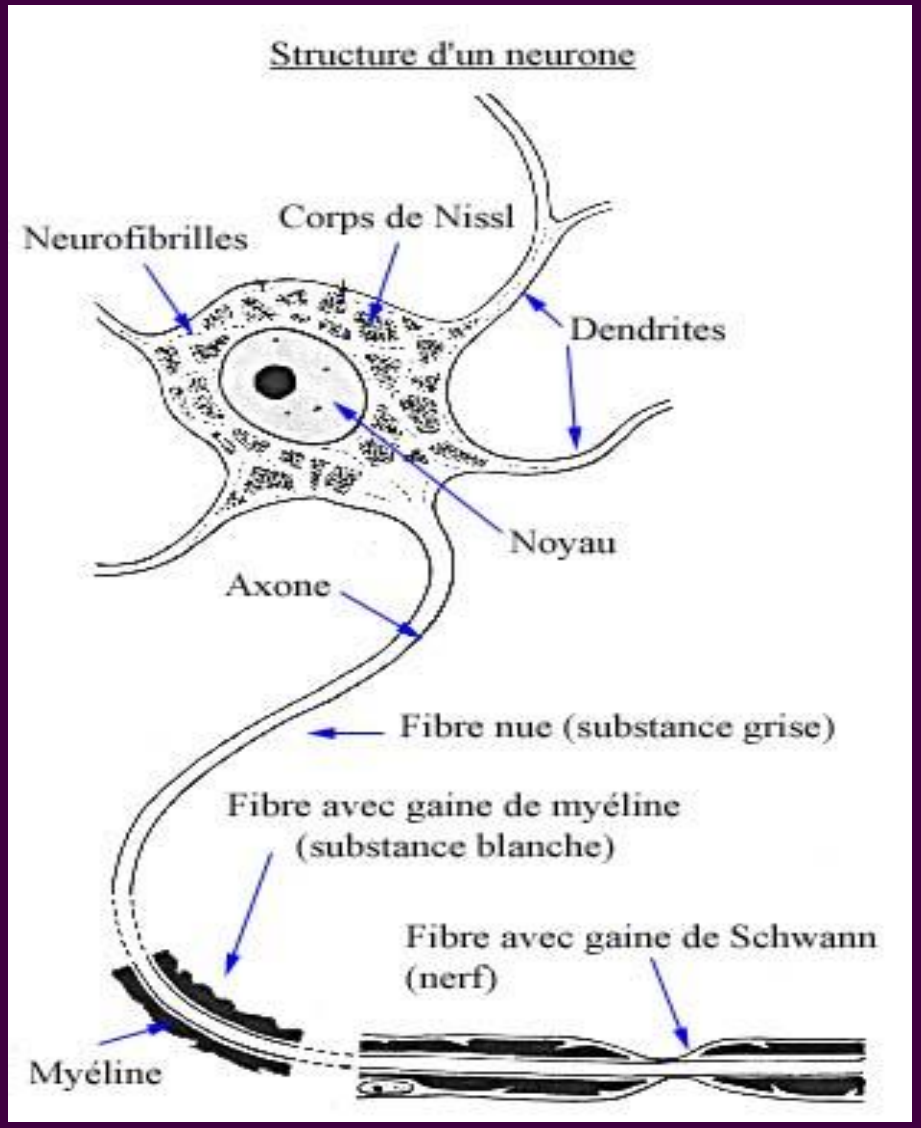
- L'Axone est entouré d'enveloppes, on lui donne le nom de **Fibres nerveuses**
- Gaine de **myeline** et gaine de **schwann**
- **4 types de fibres**

LES FIBRES NERVEUSES

- Les fibres sans myéline ni gaine de Schwann : fibres nues / n'existent pendant le développement de l'embryon
- Les fibres sans myéline mais à gaine de Schwann : nerfs viscéraux
- Les fibres myélinisées sans gaine de Schwann : système nerveux central et du nerf optique

- les fibres myélinisées avec gaine de Schwann :
  - Possèdent une gaine de myeline
  - Gaine discontinue
  - Entrecoupée de nœuds de Ranvier
  - + gaine de Schwann
  - Transmission rapide de l'influx nerveux




Structure d'un neurone
Neurofibrilles
Corps de Nissl
Dendrites
Noyau
Axone
Fibre nue (substance grise)
Fibre avec gaine de myéline
(substance blanche)
Fibre avec gaine de Schwann
(nerf)
Myéline

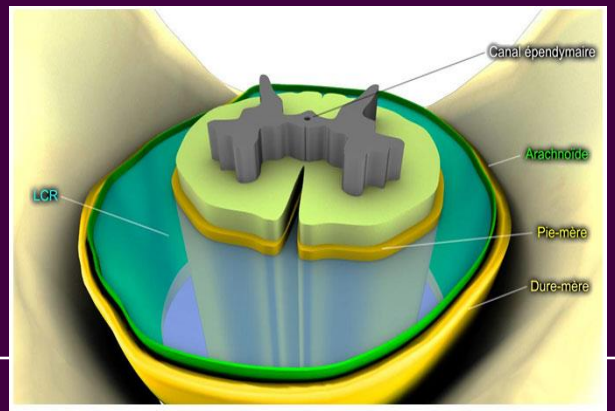
NERF

- C'est un regroupement de fibres nerveuses enveloppées dans une gaine du tissu conjonctif
- Un nerf peut se diviser plusieurs fois lors de son chemin
- Un nerf peut contenir aussi bien des fibres sensitives et motrices = Nerf Mixte

Substance Blanche et Grise

- Substance blanche : est constituée de fibres nerveuses myélinisées et de cellules gliales

- Substance grise : est constituée des corps cellulaires des cellules nerveuses, des cellules gliales et de fibres amyéliniques



La moelle épinière entourée des trois tuniques de méninges.

LA NEVROGLIE

- C'est l'ensemble des cellules « non nerveuses »
- Elle est constituée **de cellules gliales**, qui ne transmettent pas l'influx nerveux,
- Elle entoure les neurones
- A un rôle de nutrition des neurones
- ont la possibilité de se diviser, sont responsables de l'augmentation de taille du cerveau.

Cellules gliales

- Astrocytes
- Oligodendrocytes
- Cellules de Schwann
- Cellules épendymaires
- Cellules microgliales
- Cellules satellites

Sclérose en plaque

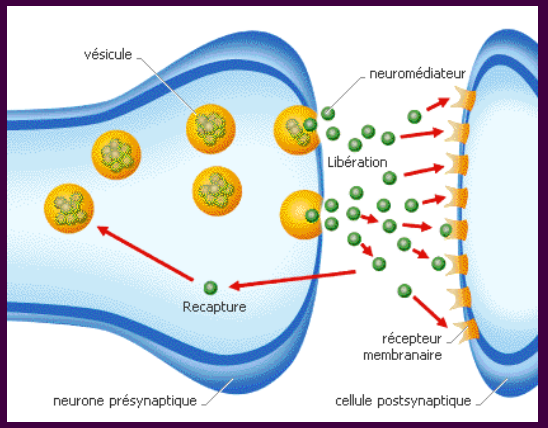
- maladie neurologique auto-immune chronique
- liées à une démyélinisation des *fibres nerveuses* du cerveau, de la moelle épinière et du nerf optique
- Cette démyélinisation entraîne une altération de la conduction électrique dans l'axone
- Les causes restent inconnues
- Évolution lente par poussées régressives

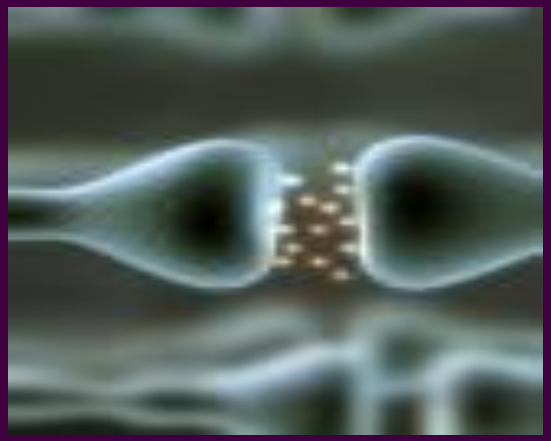
- http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=2lG0LmHMzNU

- L'influx nerveux circule dans le sens dendrites vers corps cellulaire et corps cellulaire vers axone

DEFINITION D'UNE SYNAPSE

C'est une région d'articulation entre deux neurones ou entre un neurone et l'organe qu'il innerve (si muscle : plaque motrice)





Synapses Inter neuronales

- Différents types :
  - Si la terminaison d'un axone (présynaptique) s'articule avec le neurone post-synaptique au niveau de son corps cellulaire : **synapse axo-somatique**
  - Si la terminaison d'un axone (présynaptique) s'articule avec une dendrite : **synapse axo-dendritique**
  - Si la terminaison d'un axone (présynaptique) s'articule avec un axone :**synapse axo-axonale**.

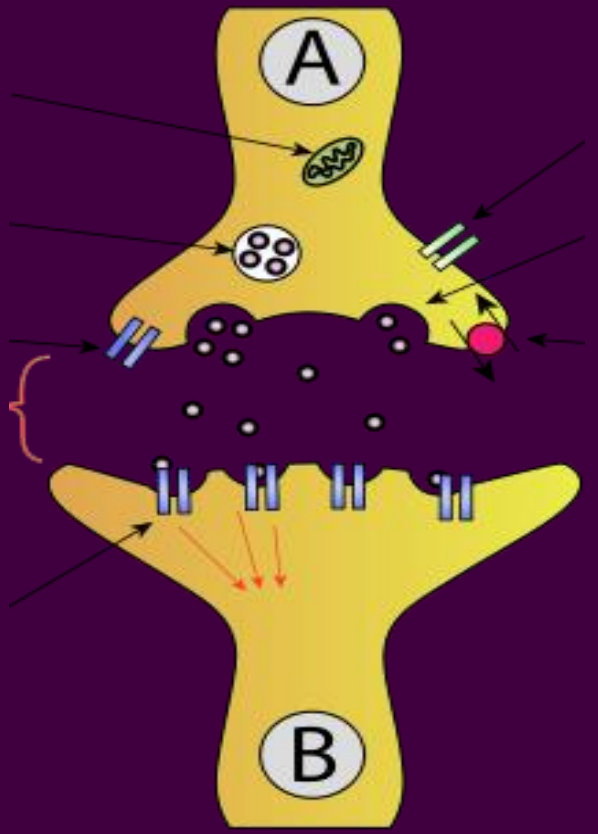
Structure d'une Synapse

- Elément présynaptique,

se présente sous la forme d'un renflement de l'axone, rempli de petites vésicules contenant le neurotransmetteur

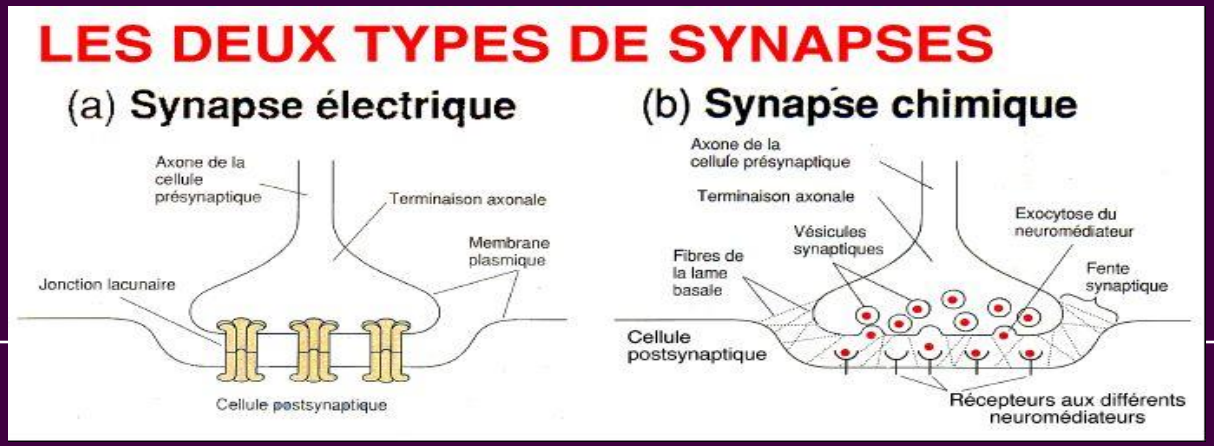
- Fente synaptique
- Elément postsynaptique

porte les récepteurs du neurotransmetteur



Synapse

- On distingue 2 types de synapses :
  - Synapse chimique : qui utilise des neurotransmetteurs pour transmettre l'information
  - Synapse électrique : le signal est transmis électriquement par l'intermédiaire d'une jonction communicante (peu répandue)



Fonctionnement d'une Synapse

- La membrane présynaptique possède des canaux calciques
- Lorsque l'influx nerveux arrive : entrée du Calcium
- L'augmentation de C° en Ca favorise la libération du neurotransmetteur dans la fente
- Le neurotransmetteur se fixe sur son récepteur spécifique sur la membrane postsynaptique, puis est détruit.

Neurotransmetteurs

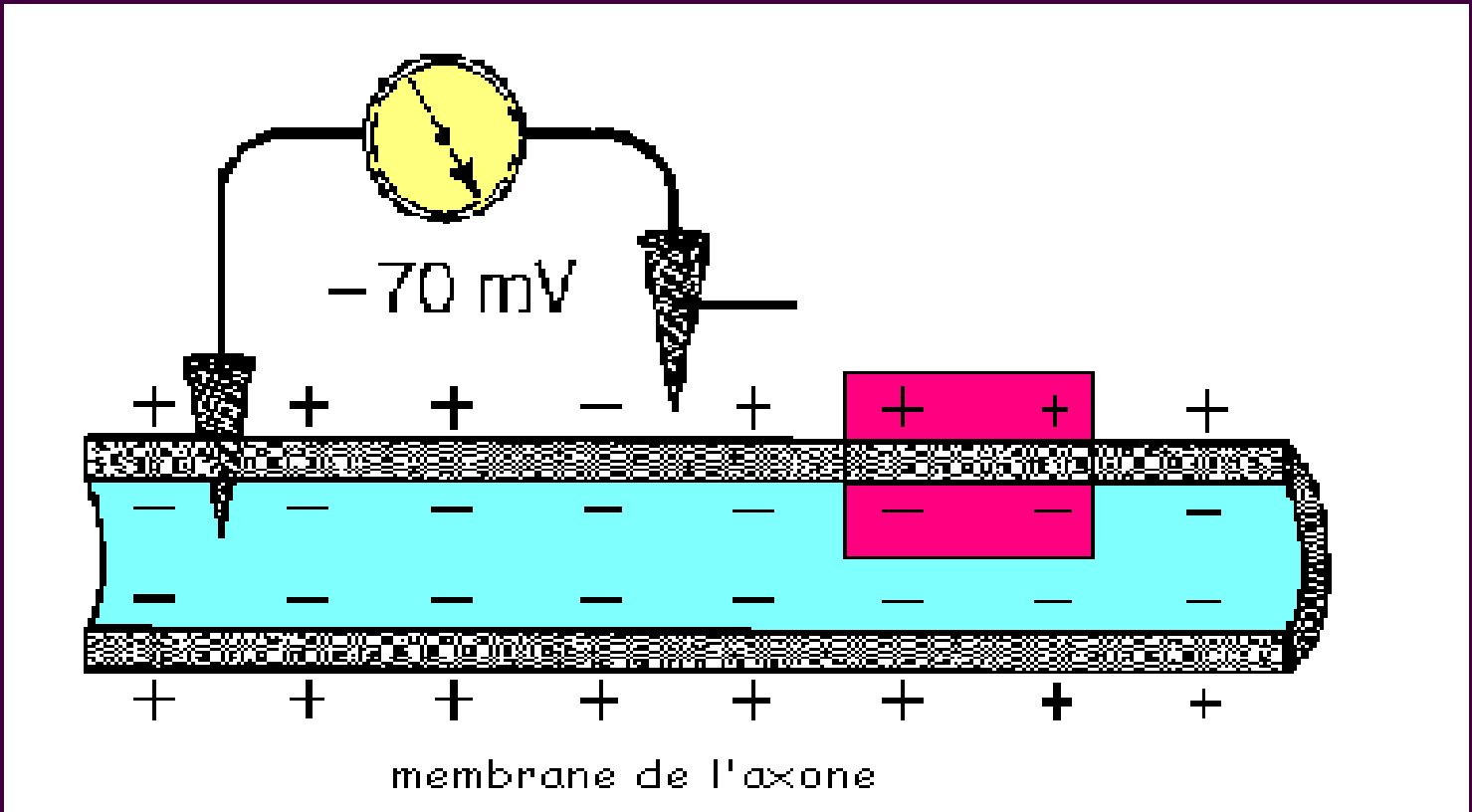
- Acetylcholine
- Dopamine
- Noradrenaline
- GABA
- Sérotonine
- ….

- http://musibiol.net/biologie/exercice/relation/synapse.htm

Transmission de l'influx nerveux

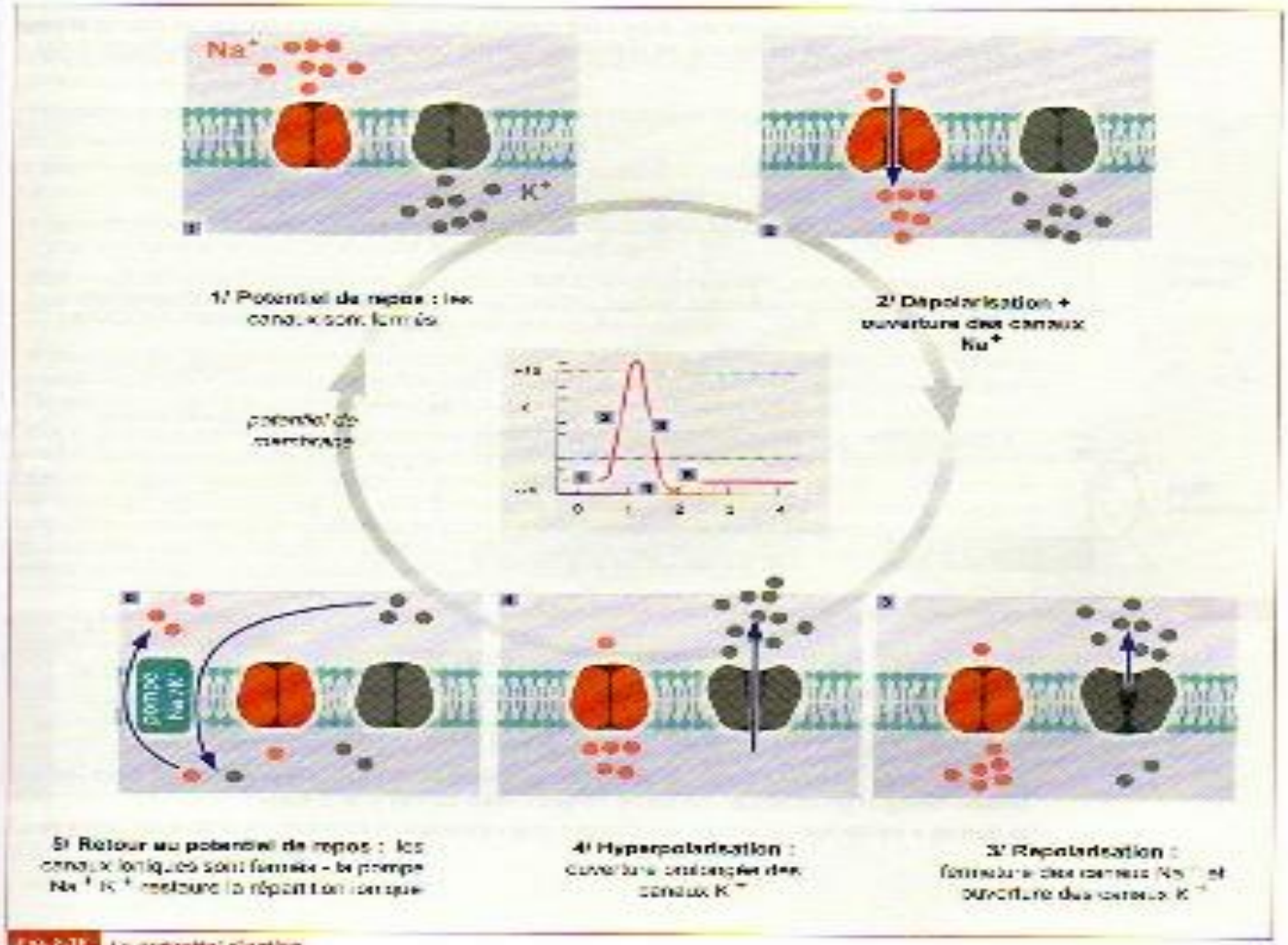
- Est une activité électrique transmise le long d'un axone sous la forme d'une séquence de potentiel d'action
- Dans une cellule au repos : il existe une différence de répartition des ions entre le milieu intra et extra cellulaire
- Canaux ioniques, pompes Na / K
- Différence de charge = membrane polarisée = Potentiel de repos (-70mvolt)

Transmission de l'influx nerveux



Transmission de l'influx nerveux

- Lorsque le neurone reçoit un stimulus :
  - Ouverture de canaux sodique voltage dépendant
  - Entrée massive d'ions Na+
  - La polarité de la membrane s'inverse : **Dépolarisation**
  - Fermeture des canaux Na+ et ouverture des K+, le K+ sort de la cellule : **Repolarisation**
  - Ouverture prolongée des canaux K+ : **Hyperpolarisation**
  - Fermeture de tout les canaux : le potentiel de membrane revient au potentiel de repos
  - Rétablissement des répartitions en ions par la pompe Na+ / K+
  - Cette variation du potentiel de membrane s'appelle **POTENTIEL D'ACTION**



Le potentiel d'action

Transmission de l'influx nerveux

- http://www.youtube.com/watch?v=cHA5aQH-oJc&list=PL33C6D5D50AA8CD09

Les cellules musculaires

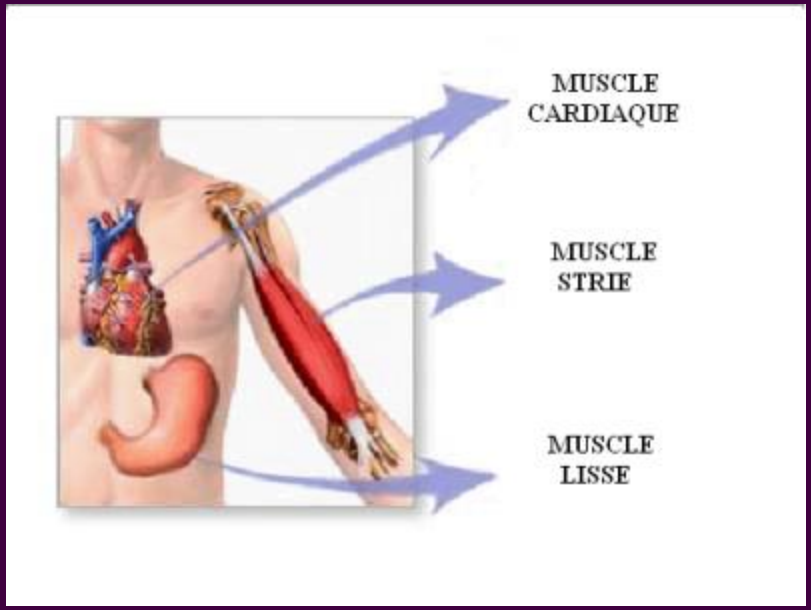
TISSUS MUSCULAIRES INTRODUCTION

- Fonctions de mouvement
- Les T muscu sont parfaitement vascularisés et innervés

T Musculaire - Propriétés

- L'excitabilité : Réaction à une stimulation
- La contractilité : Capacité à se raccourcir sous l'effet d'un stimulus
- L'élasticité : reprendre sa forme initiale lorsque s'arrête la contraction ;
- La tonicité : est la propriété du muscle à être dans un état permanent de tension (tonus musculaire).

- MUSCLE STRIE SQUELETIQUE
- MUSCLE LISSE
- TISSU MUSCULAIRE CARDIAQUE



MUSCLE STRIE SQUELETIQUE

MUSCLE STRIE

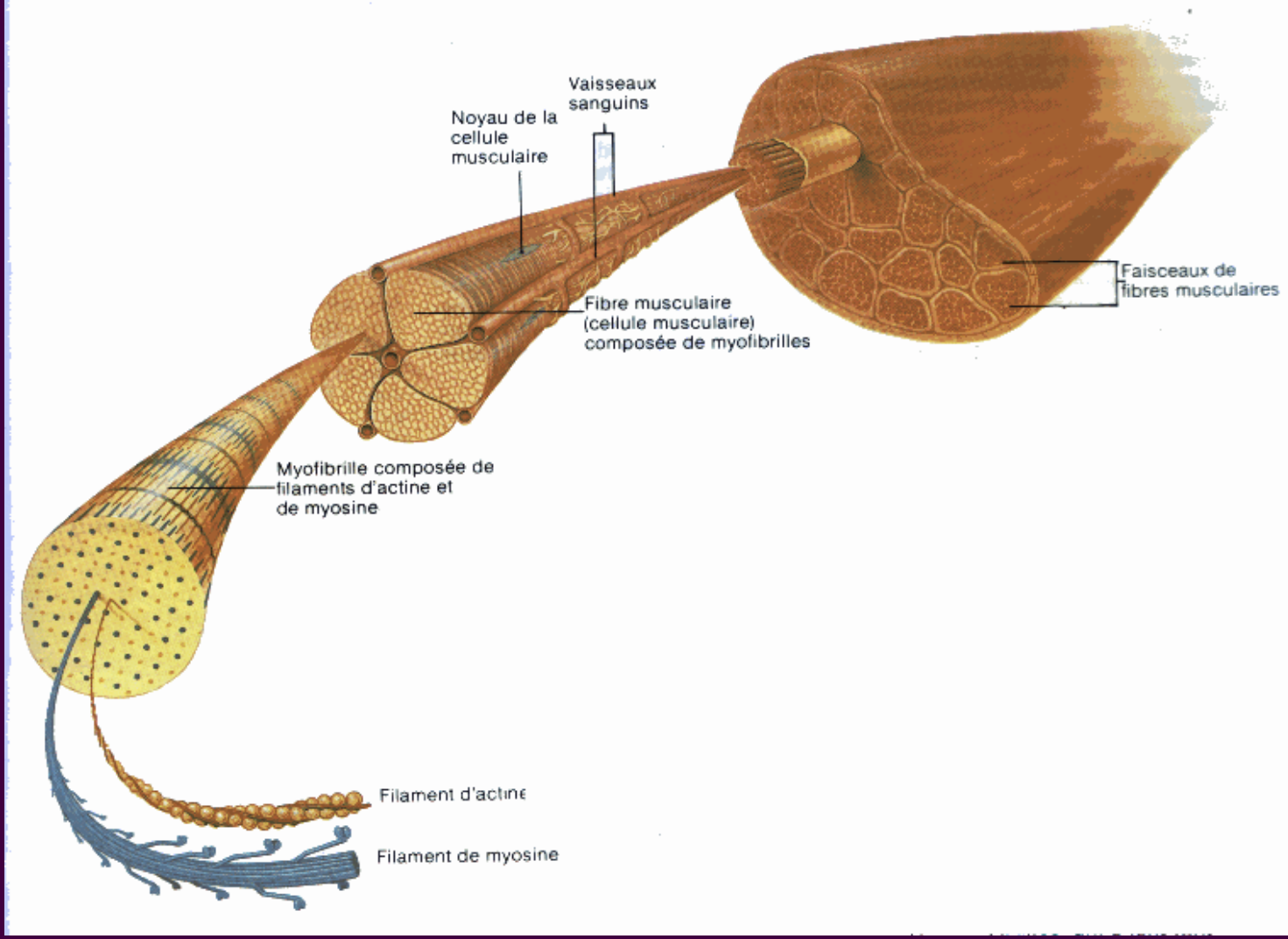
MUSCLE STRIE SQUELETIQUE

- **Contraction volontaire**,
- Il est rattaché au squelette
- Il intervient dans le maintien postural et assure le mouvement des membres
- **Fibre musculaire ou Myocytes ou Rhabdomyocyte**
- **Actine et de myosine**

Fibre Musculaire Strié

- **Cellule longue** : peut mesurer **jusqu'à 20-30 cm**
- Elle a **beaucoup de cytoplasme à contrôler** : **multi-nucléée**

La structure d'un muscle volontaire



Muscle

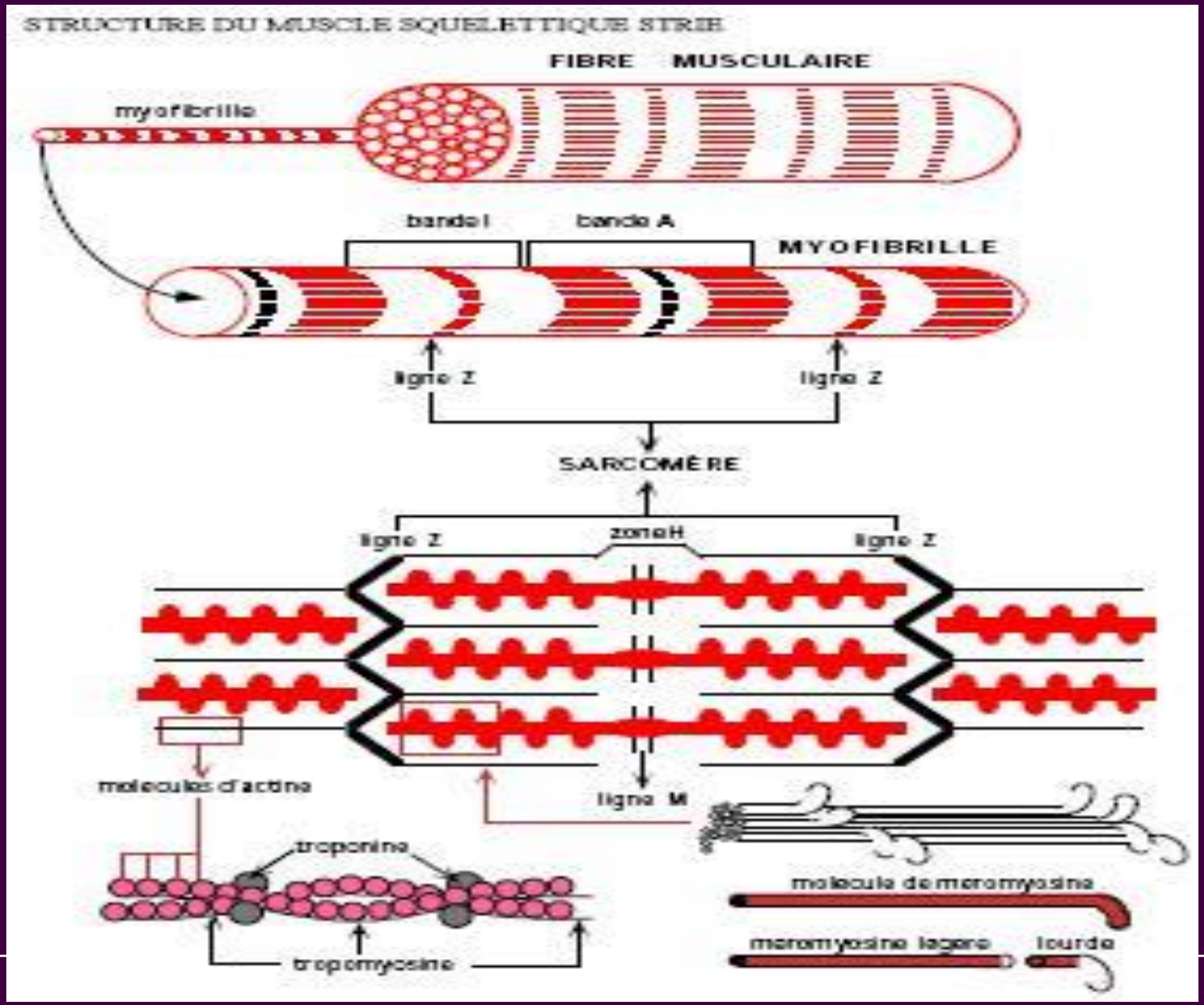
- Le muscle est constitué de faisceaux de fibres musculaires
- Chaque fibre est composées de Myofibrilles
- Chaque Myofibrille est composée de filaments d'actine et de myosine.
- Actine et myosine sont des protéines contractiles

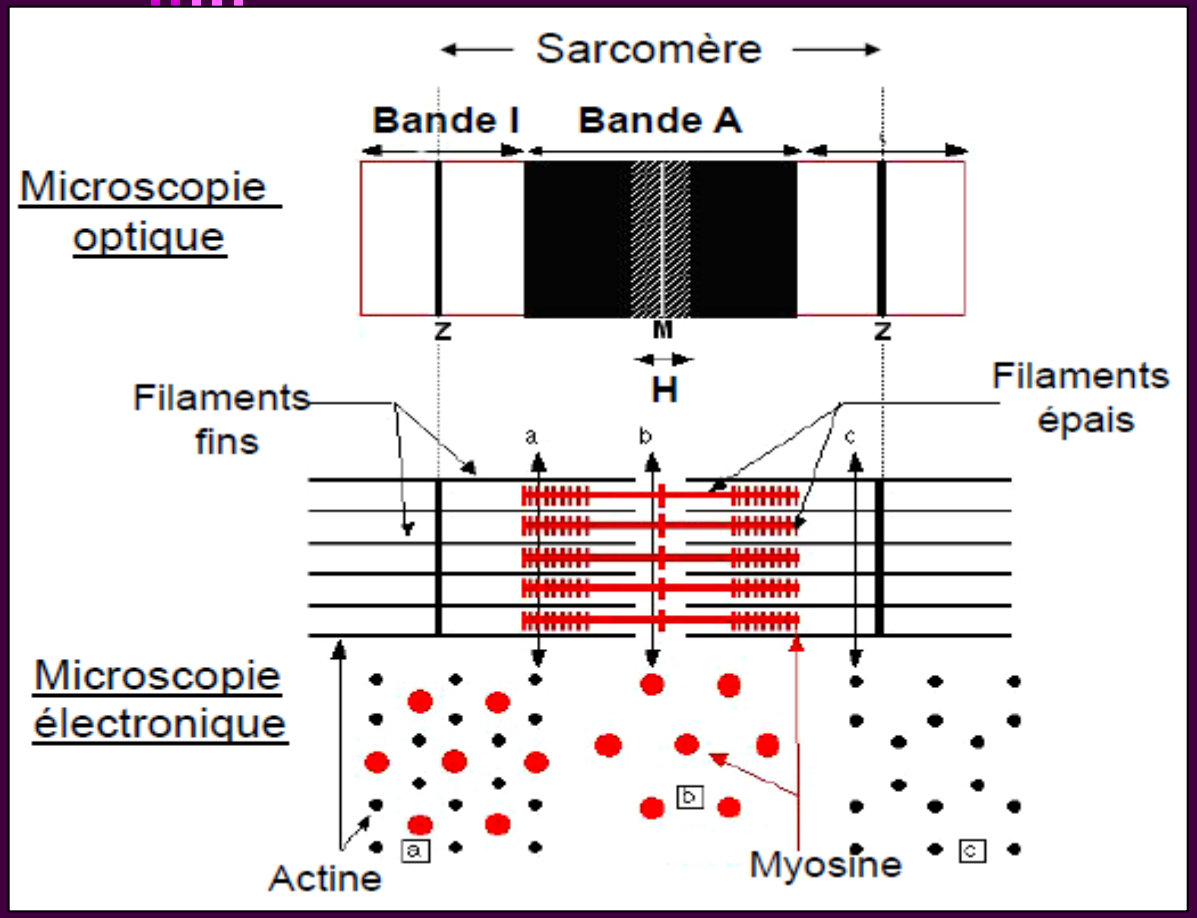
Protéines contractiles

- 4 protéines principales :
  - Myosine
  - Actine
  - Tropomyosine
  - Troponine

Myosine } Filaments **épais**

Actine, Tropomyosine, Troponine } Filaments **fins**

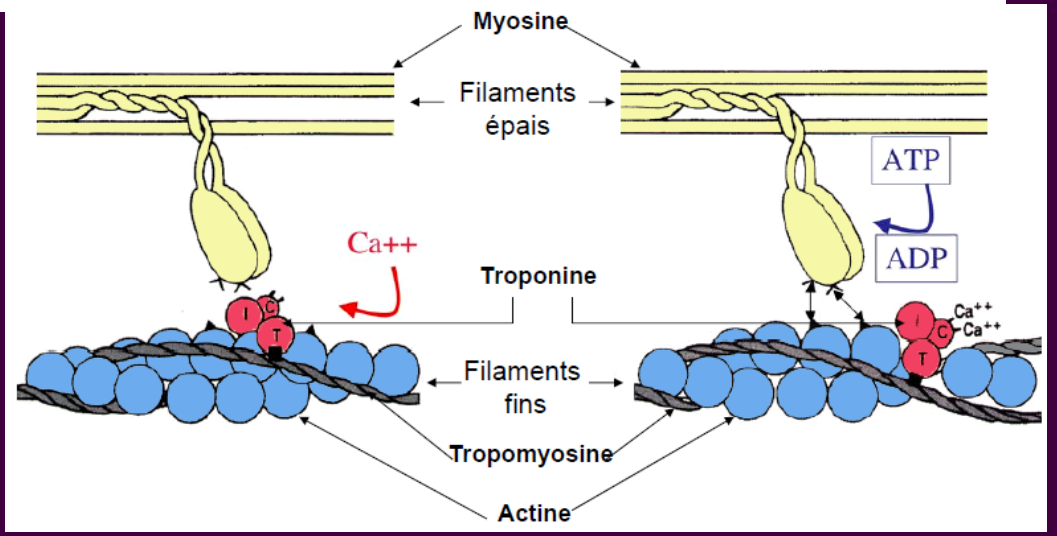

STRUCTURE DU MUSCLE SQUELETTIQUE STRIE
FIBRE MUSCULAIRE
myofibrille
bande I
bande A
MYOFIBRILLE
ligne Z
ligne Z
SARCOMÈRE
ligne Z
zone H
ligne Z
molecules d'actine
ligne M
troponine
tropomyosine
molecule de meromyosine
meromyosine legere
lourde

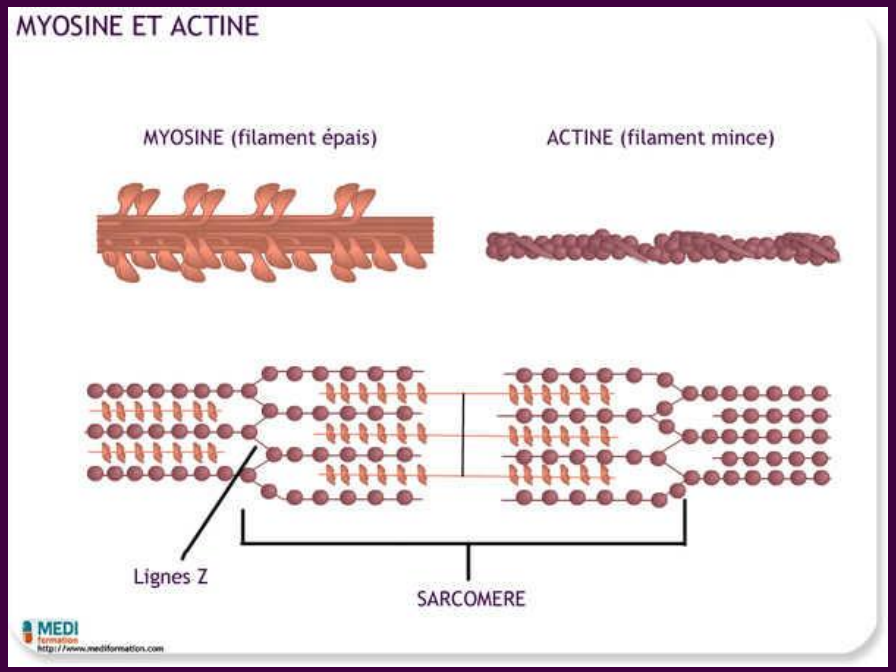


- Bande I : Constituée uniquement de filaments fins d'actine
- Bande A : Chevauchement de filaments d'actine et de Myosine
- Zone H : Uniquement filaments de Myosine

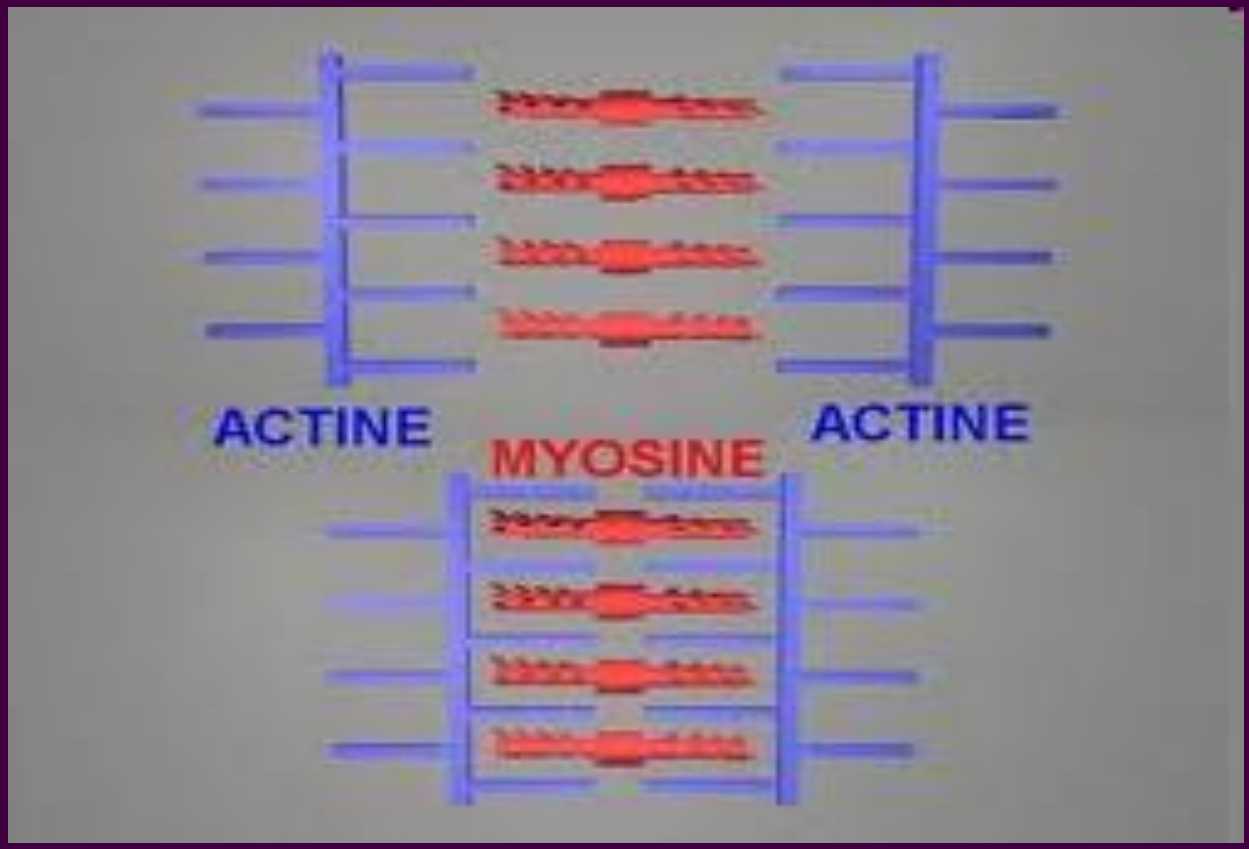
Sarcomère

- C'est l'unité de base des myofibrilles
- Constitué de l'agencement de plusieurs protéines d'actine et myosine
- Il est délimité par 2 stries Z
- La fibre musculaire peut contenir plus de 100 000 sarcomères





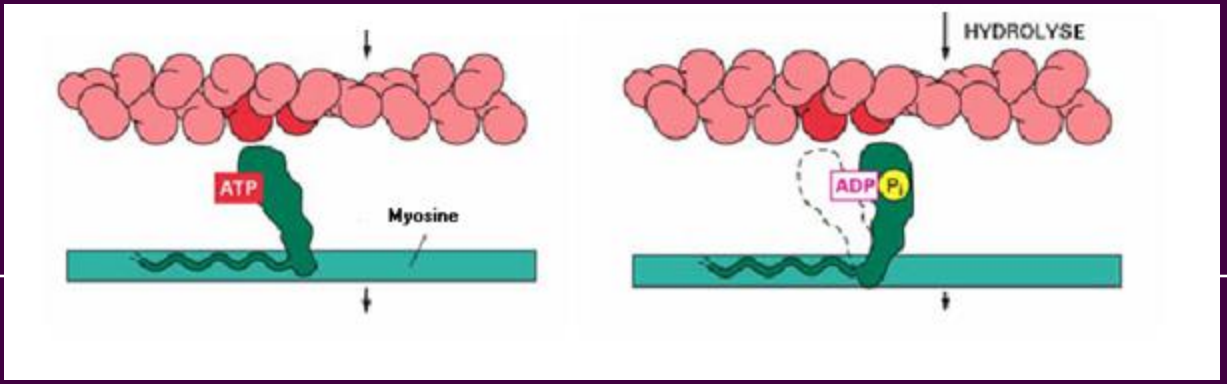
- La **myosine** comprend des **têtes globulaires** qui vont **interagir** avec l'actine
- Filaments fins : Actine + Troponine + Tropomyosine

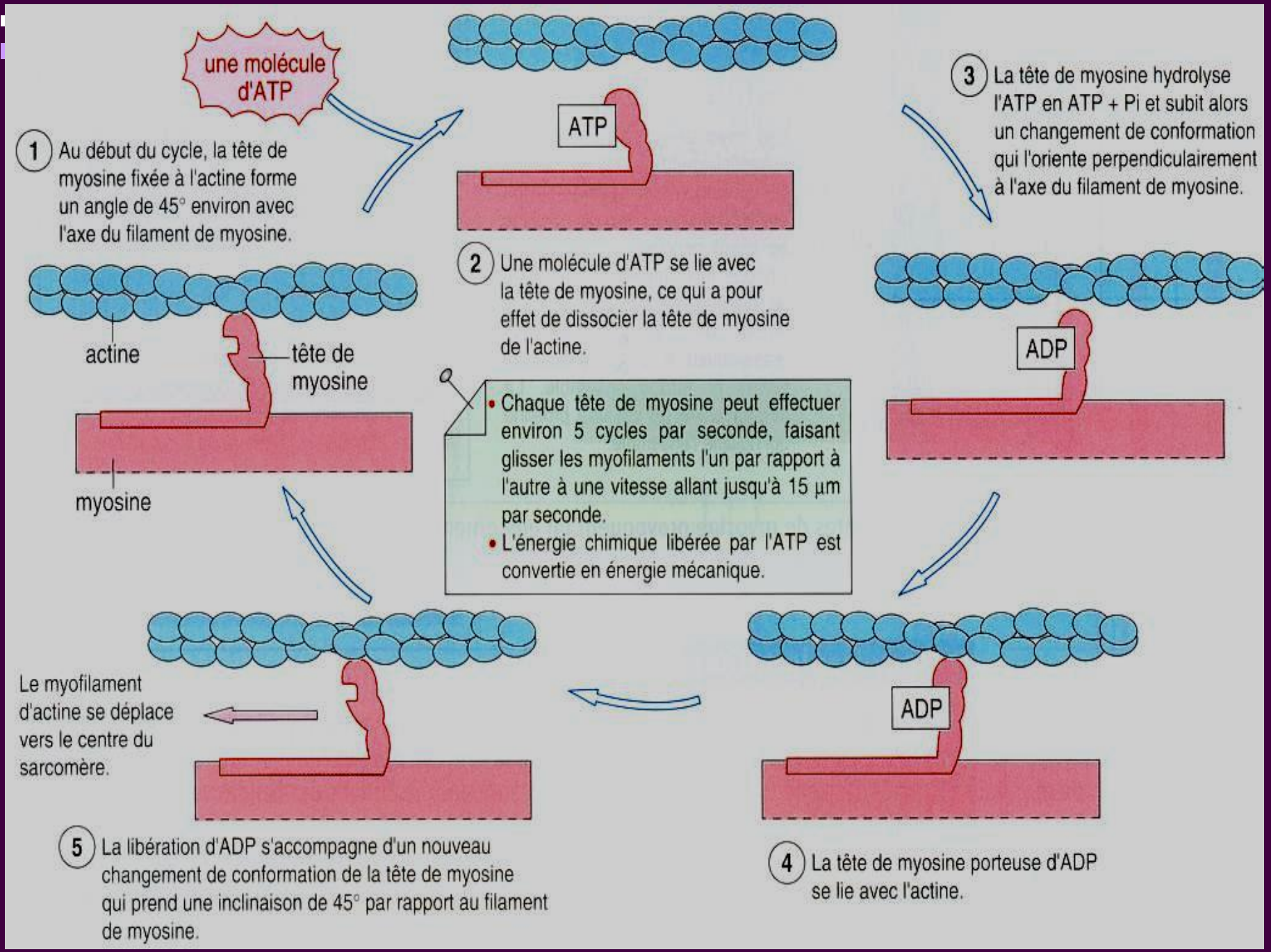


Contraction musculaire

Mécanisme de la Contraction Musculaire

- Glissement des filaments d'actine le long des filaments de myosine
- Grace à la structure des protéines de myosine qui présente des têtes qui se lient à l'actine
- La contraction nécessite de l'ATP et du Ca^{2+}




une molécule d'ATP
ATP
1 Au début du cycle, la tête de myosine fixée à l'actine forme un angle de 45° environ avec l'axe du filament de myosine.
2 Une molécule d'ATP se lie avec la tête de myosine, ce qui a pour effet de dissocier la tête de myosine de l'actine.
3 La tête de myosine hydrolyse l'ATP en ATP + Pi et subit alors un changement de conformation qui l'oriente perpendiculairement à l'axe du filament de myosine.
actine
tête de myosine
myosine
ADP
• Chaque tête de myosine peut effectuer environ 5 cycles par seconde, faisant glisser les myofilaments l'un par rapport à l'autre à une vitesse allant jusqu'à 15 µm par seconde.
• L'énergie chimique libérée par l'ATP est convertie en énergie mécanique.
ADP
Le myofilament d'actine se déplace vers le centre du sarcomère.
4 La tête de myosine porteuse d'ADP se lie avec l'actine.
5 La libération d'ADP s'accompagne d'un nouveau changement de conformation de la tête de myosine qui prend une inclinaison de 45° par rapport au filament de myosine.

TROPOMYOSINE

- Protéine présente sur l'Actine
- Au niveau des sites de liaison de la Myosine
- Lorsque la cellule est au repos, elle cache les sites de fixation de la myosine sur l'actine

Troponine

- Protéine présente sur l'Actine
- Au niveau des sites de liaison de la Myosine
- Possède le site de fixation du Calcium
- Fixation du Calcium entraine un changement de conformation de la Tropomyosine

- http://www.youtube.com/watch?v=gJ309LfHQ3M

Déclenchement de la contraction

- La contraction est sous le contrôle du SN via les motoneurones.
- La transmission de l'information se fait au niveau de la Plaque Motrice

- Lorsqu'un potentiel d'action arrive au niveau de la terminaison axonale :
  - Entrée d'ions Ca au niveau présynaptique
  - Exocytose d'Acetylcholine
  - Entrée d'ions Na au niveau postsynaptique, dans la cellule musculaire
  - Ce qui entraine la propagation d'un Potentiel d'action
  - PA se propage jusqu'au réticulum endoplasmique lisse (REL)

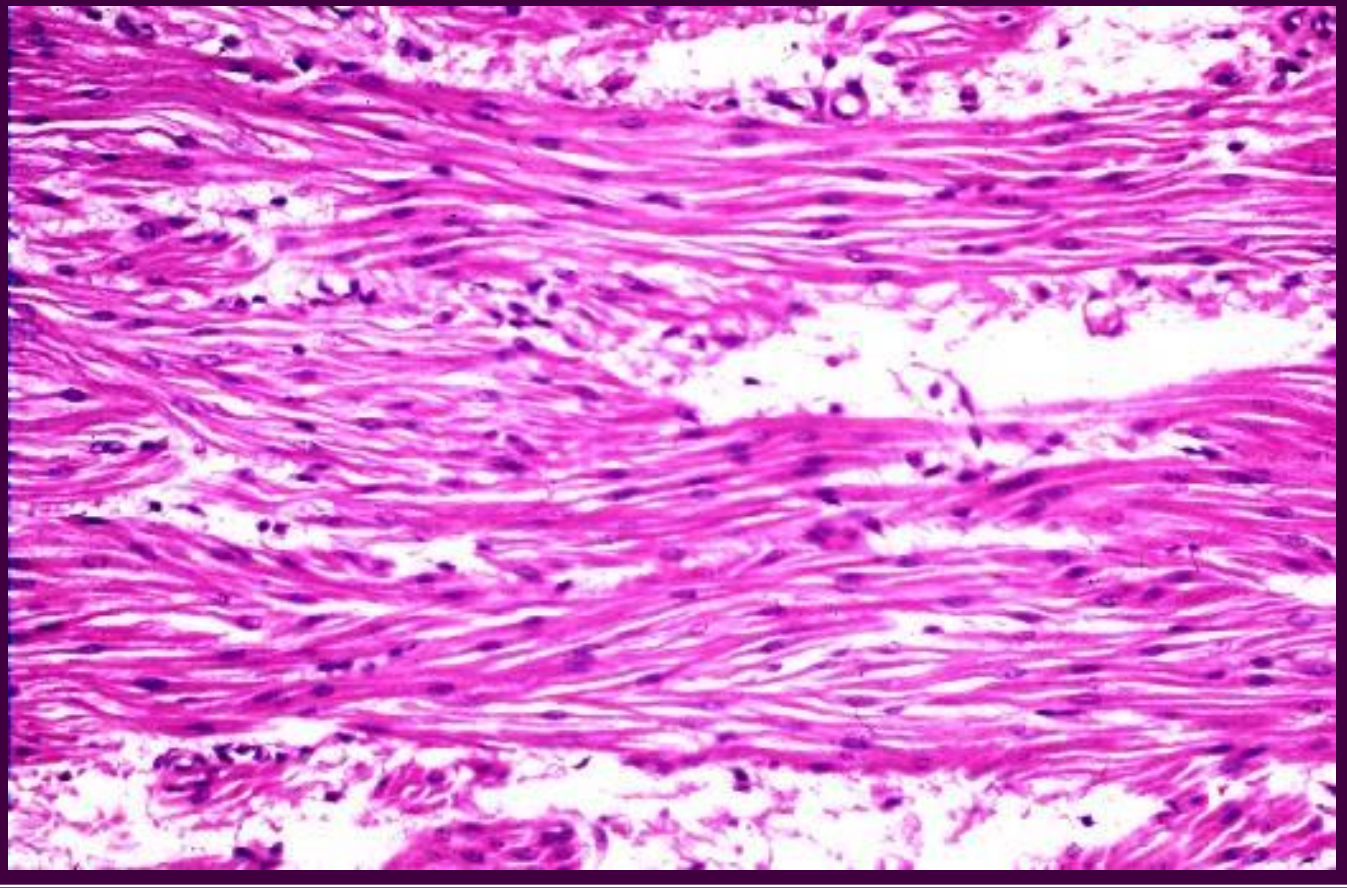
- PA provoque la libération dans le sarcoplasme de Ca2+ stocké dans le REL.
- Le Ca2+ se fixe sur la troponine, changement conformation tropomyosine, fixation de la myosine sur l'actine
- Myofilaments glissent les uns par rapport aux autres: les myofilaments d'actine glissent entre les filaments de myosine
- Aboutir à la Contraction musculaire
- Ca2+ est repompé dans le REL.

Transmission neuro-musculaire

- https://www.youtube.com/watch?v=L2r0kn6Jt0w

MUSCLE LISSE

MUSCLE LISSE

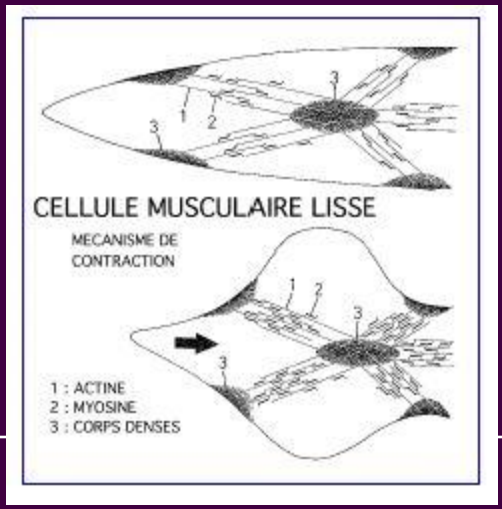


MUSCLE LISSE

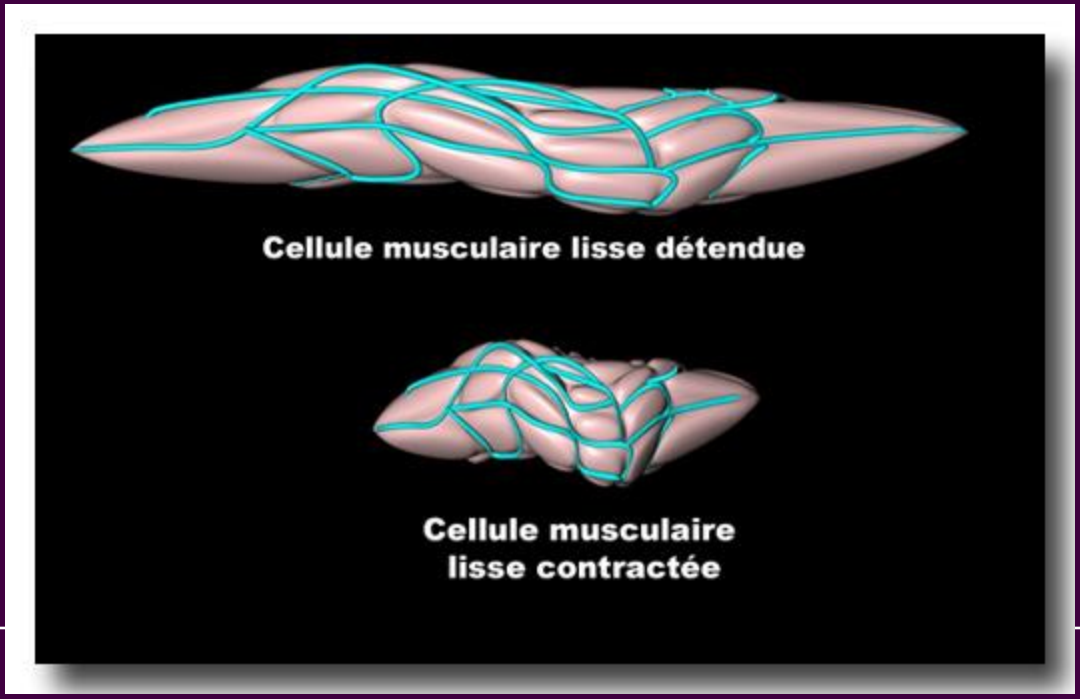
- La contraction des f. musculaires lisses est **involontaire, lente et puissante**.
- La contraction est sous le contrôle du SN autonome,
- Petites cellules fusiformes, organisées en couche concentriques, un seul noyau
- Présence d'actine et myosine
- Le T muscu lisse est très répandu dans l'organisme

MUSCLE LISSE

- Parois **vasculaires** : artères
- Voies **digestives** : dans les parois du tube digestif
- Voies **respiratoires** : bronches
- Voies **urinaires** : vessie
- Voies **génitales** : l'utérus

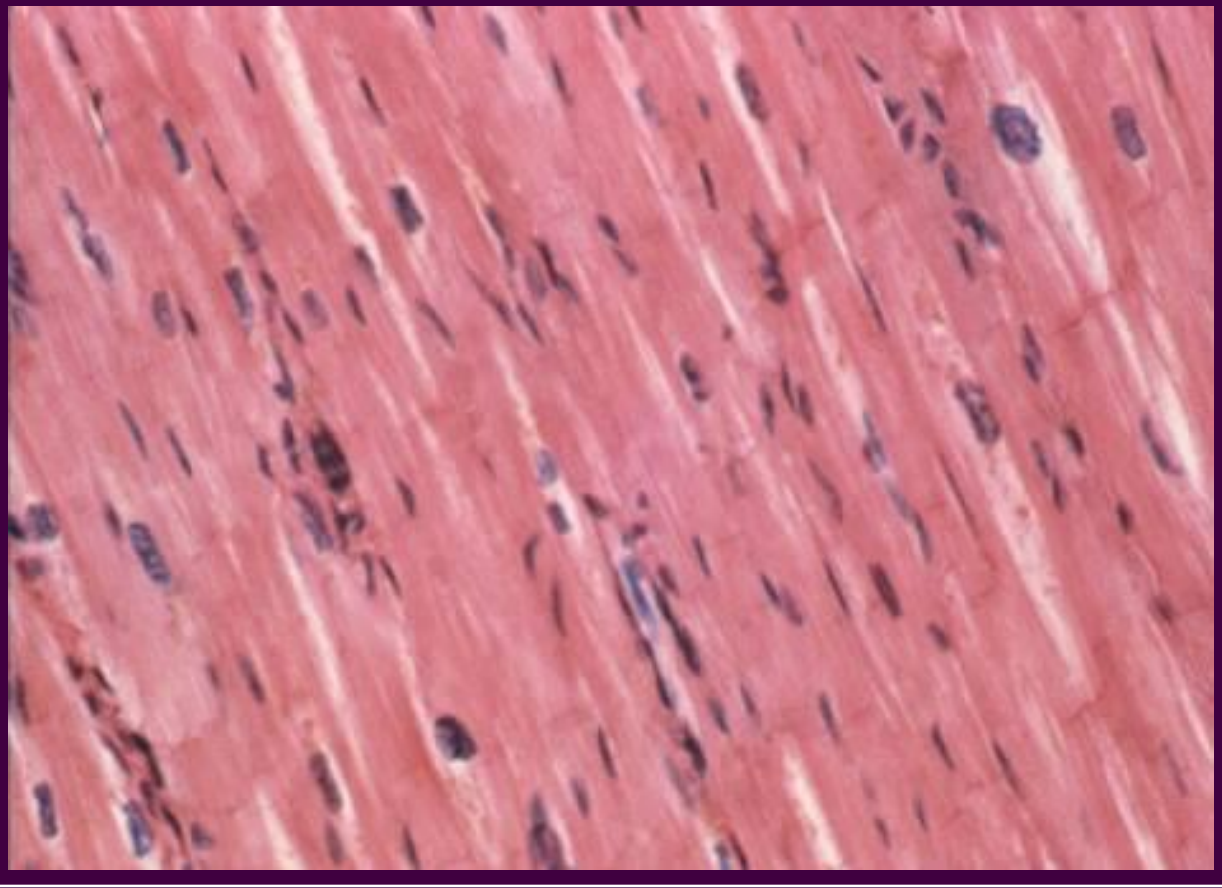


- Ces cellules musculaires lisses (CML) s'organisent en couches concentriques dans l'épaisseur de la paroi de l'organe de telle façon que leur contraction diminue le diamètre et que leur relâchement augmente le diamètre

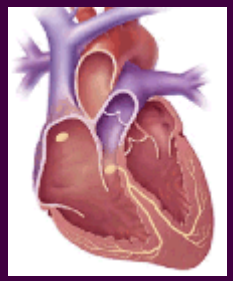


MUSCLE CARDIAQUE

MUSCLE CARDIAQUE



MUSCLE CARDIAQUE



- Le myocarde est un muscle strié involontaire
- La cellule : Cardiomyocytes

* cellules cylindriques
* noyau central
* extrémités ramifiées
* stries scalariformes (flèches)

- C'est un T qui est très bien irrigué, gd consommateur d'oxygène

- La contraction du myocarde est sous la dépendance d'un tissu interne : Tissu Nodal

- Les cardiomyocytes sont indépendants du système nerveux, Ces cellules peuvent se **contracter de manière rythmique**, **spontanément**

Tissu Nodal

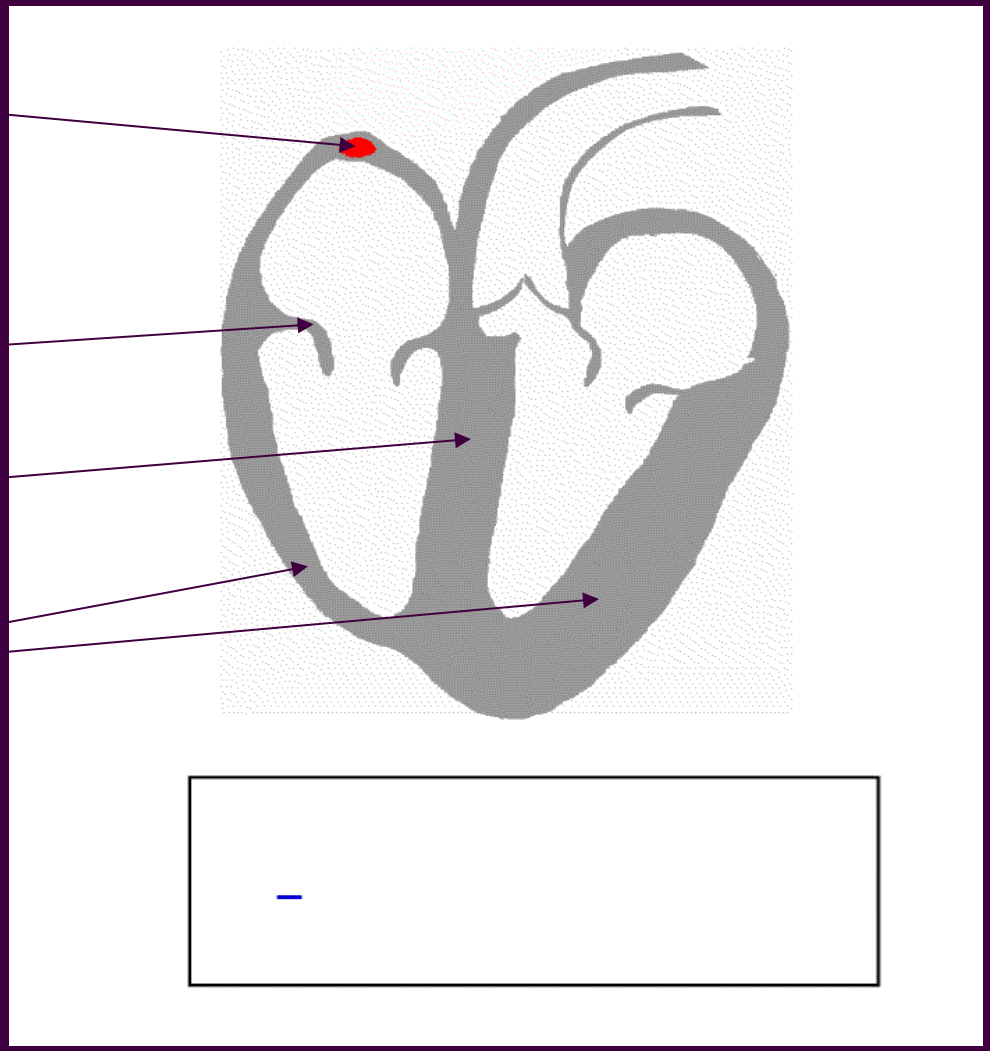
- Est responsable de l'automatisme cardiaque
- Innervation intrinsèque
- L'impulsion électrique nait du **noeud sinusal** qui agit comme un stimulateur (pace maker),
- parvient au **noeud auriculo- ventriculaire** qui déclenche le contraction des ventricules via les cellules du **faisceau de His**, de ses branches puis du **réseau de Purkinje**

nœud de Keith et Flack (nœud sinusal)

Nœud d'Aschoff Tawara
(nœud auriculo-ventriculaire)

Faisceau de His

Réseau sous endocardique de Purkinje
(qui contracte les cellules myocardiques)



MUSCLE CARDIAQUE

- La contraction des cellules myocardiques aboutie à la contraction coordonnée des 4 cavités du cœur
- **cardiomyocytes** vont assurer la **propulsion** du **sang** à partir du cœur et va faire la « vidange » des cavités cardiaques grâce à leur pouvoir de **contraction**