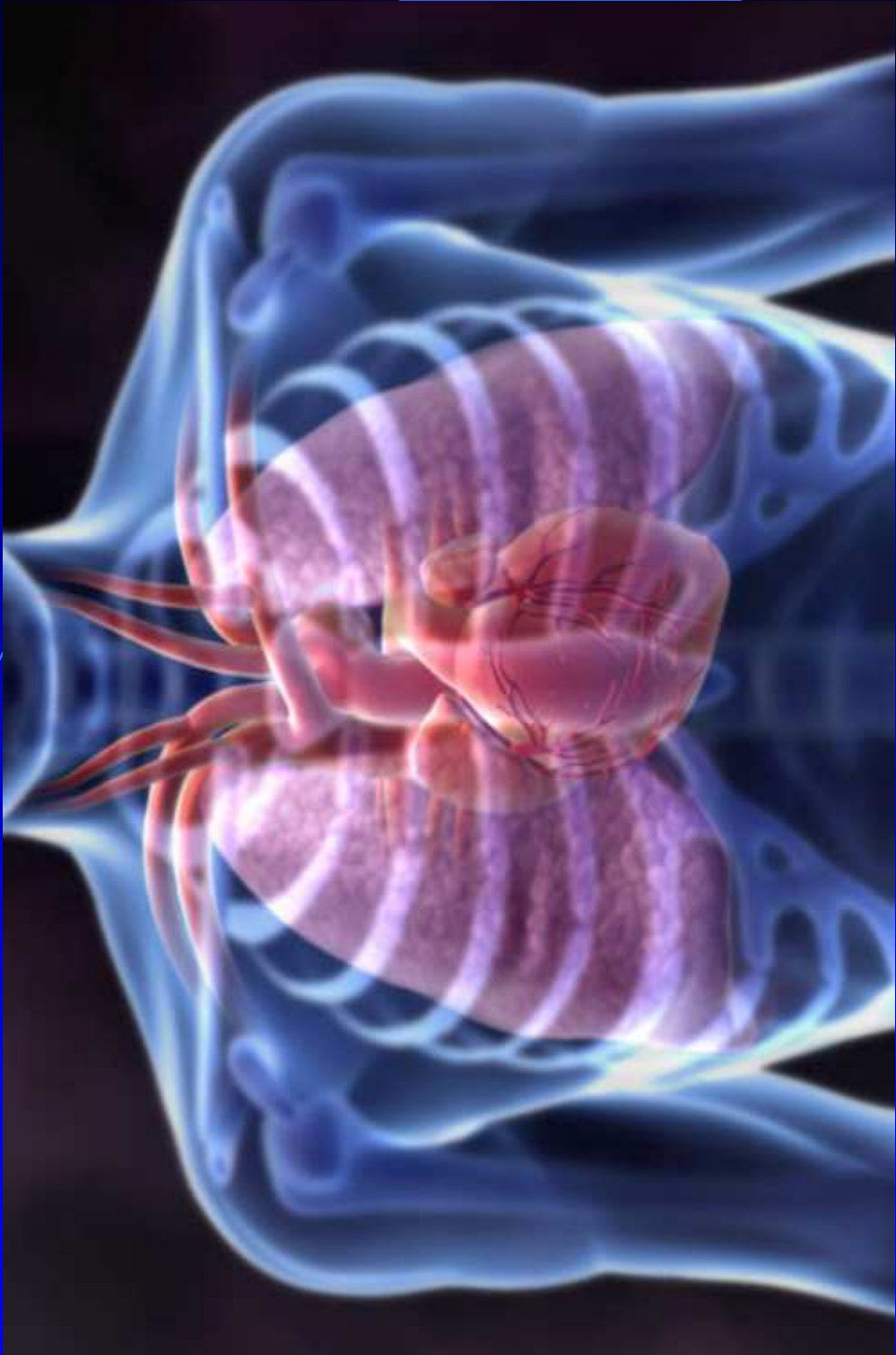


ELECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE

Faculté de Médecine Université Constantine 3
Service de Physiologie Clinique et Explorations Fonctionnelles
CHU Constantine
Présenté par : M.Bougrida



Anatomie du Coeur

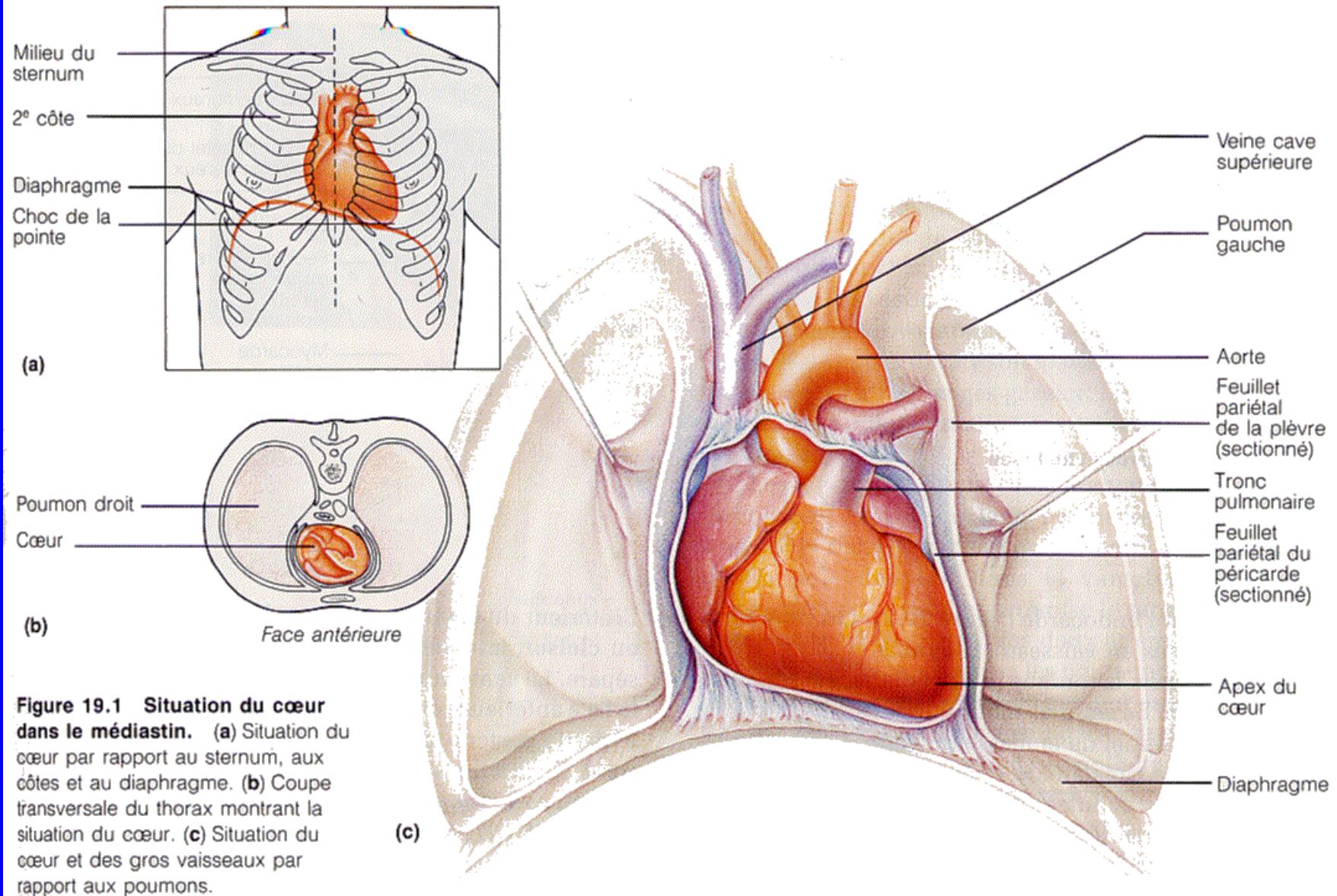
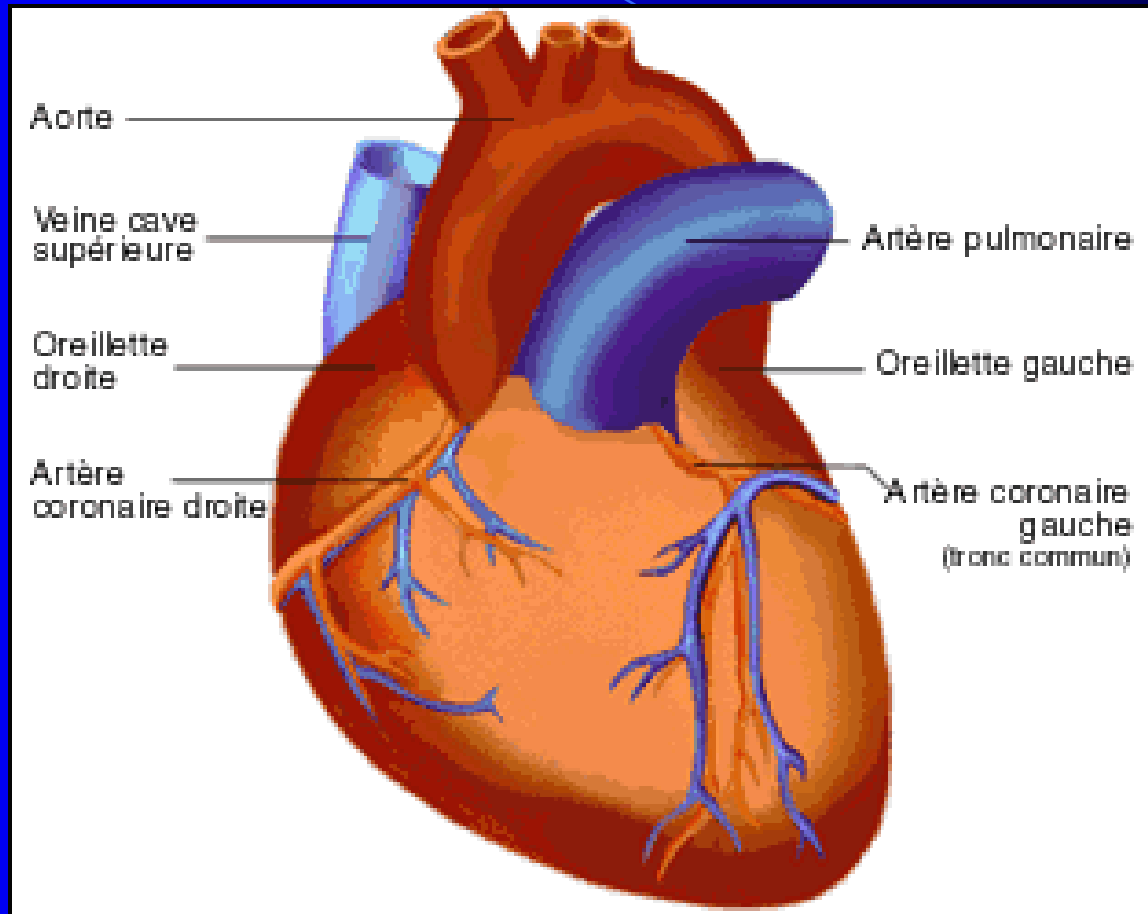
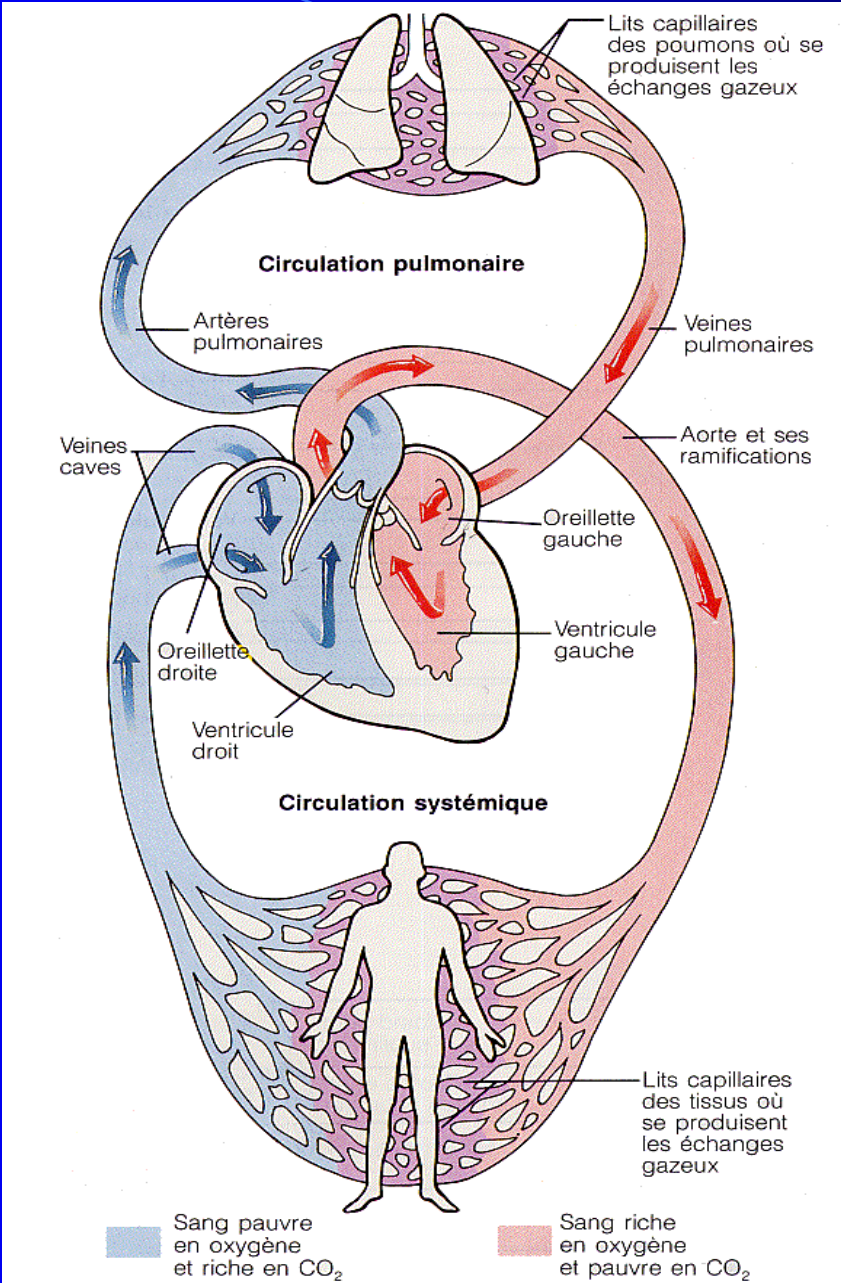


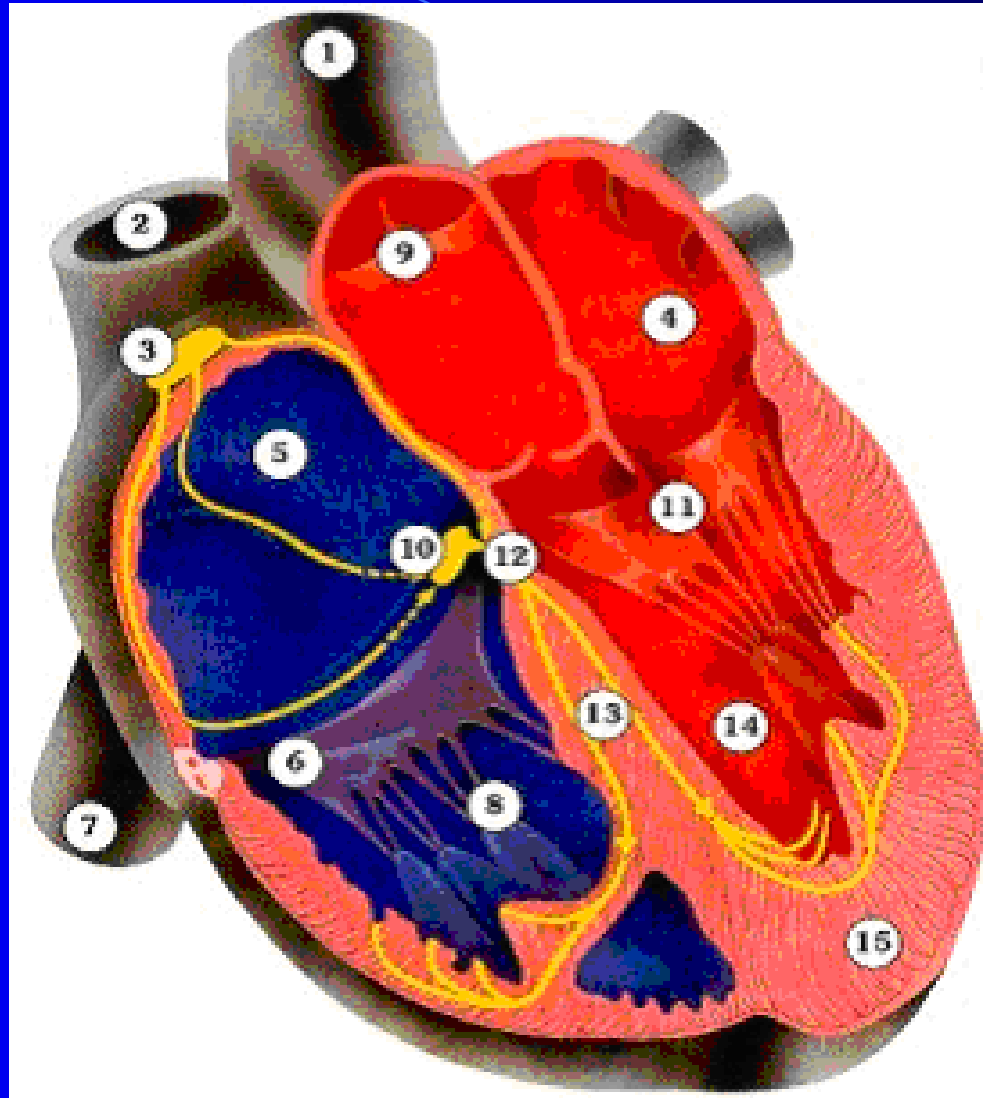
Figure 19.1 Situation du coeur dans le médiastin. (a) Situation du coeur par rapport au sternum, aux côtes et au diaphragme. (b) Coupe transversale du thorax montrant la situation du coeur. (c) Situation du coeur et des gros vaisseaux par rapport aux poumons.





*Circulation
pulmonaire*

*Circulation
systémique*



ELECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE

L'électrophysiologie cardiaque est l'étude des processus par lesquels l'activité bioélectrique du tissu cardiaque apparaît, se propage et se pérennise.

La base de la compréhension des mécanismes :

- Troubles du rythme
- Principe de leurs traitement

L'activité des canaux ioniques : Base de l'activité électrique cardiaque

ELECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE

I – Rappel Anatomico-Histologique

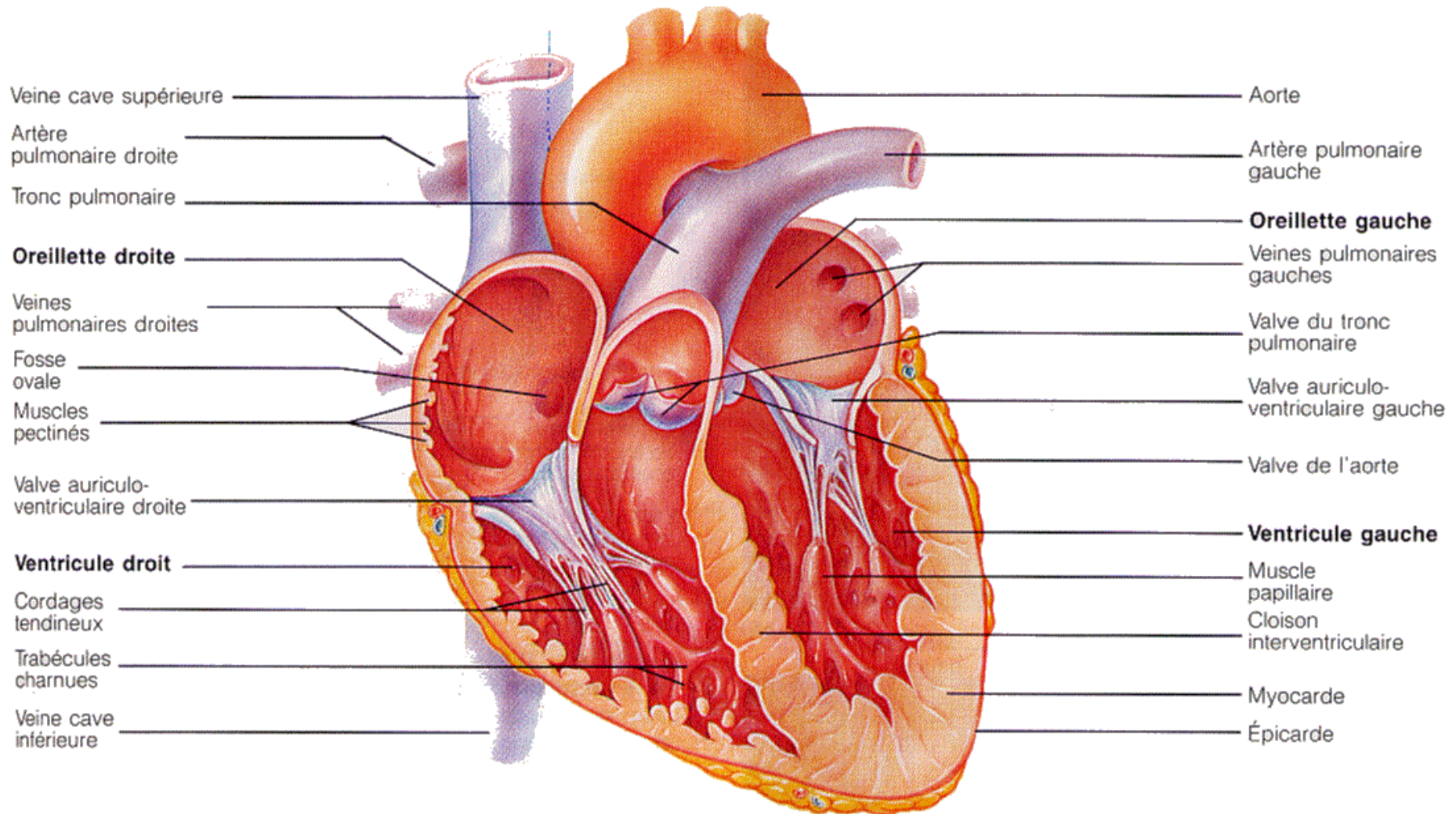
2 Tissus : Myocardique et Nodal

A / Tissu Myocardique

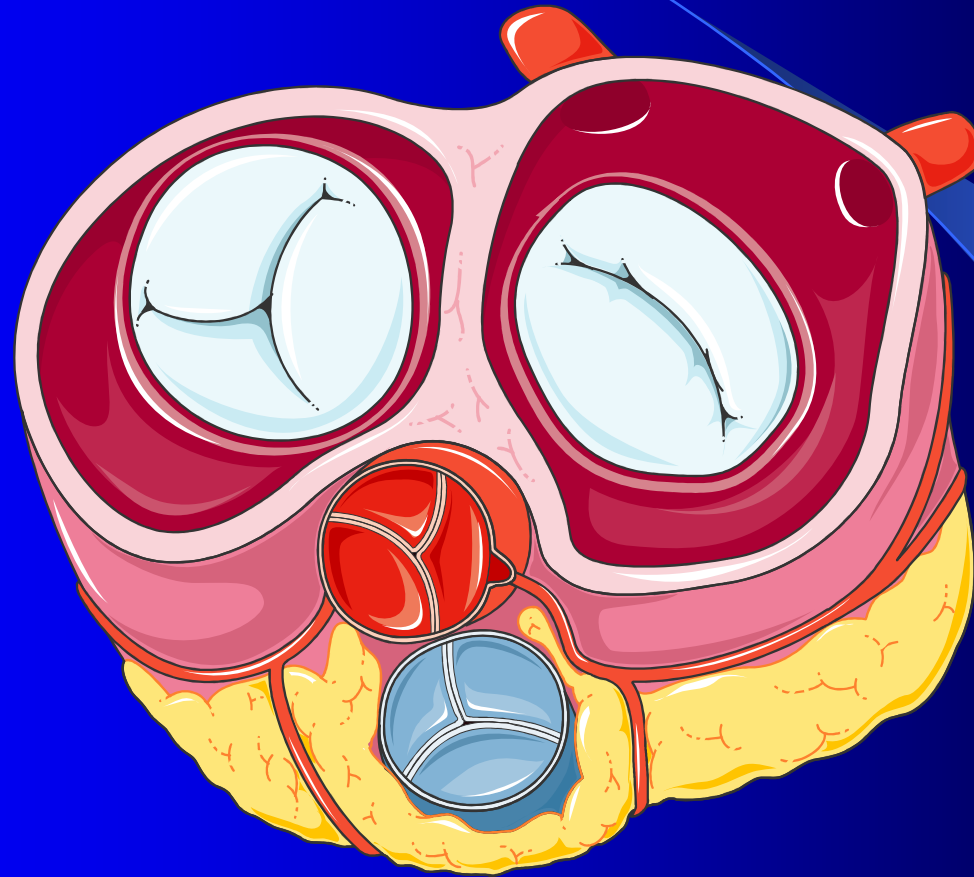
- ✓ Différences structurales répondants à des caractéristiques fonctionnelles, électriques et mécaniques, entre les parois des 4 cavités cardiaques.
- ✓ Valves :
 - ◆ Étanchéité et effacement total
 - ◆ Mouvements générés par la différence de pression , la mise en tension des piliers et cordages et par les déplacements intra cavitaire du sang.
- ✓ Microscopie : Sarcomère ,unité fonctionnelle dont la longueur varie selon l'activité électrique ;

Repos = $2,2 \mu$ Activité $1,9 < L < 2,2 \mu$

Anatomie du Coeur



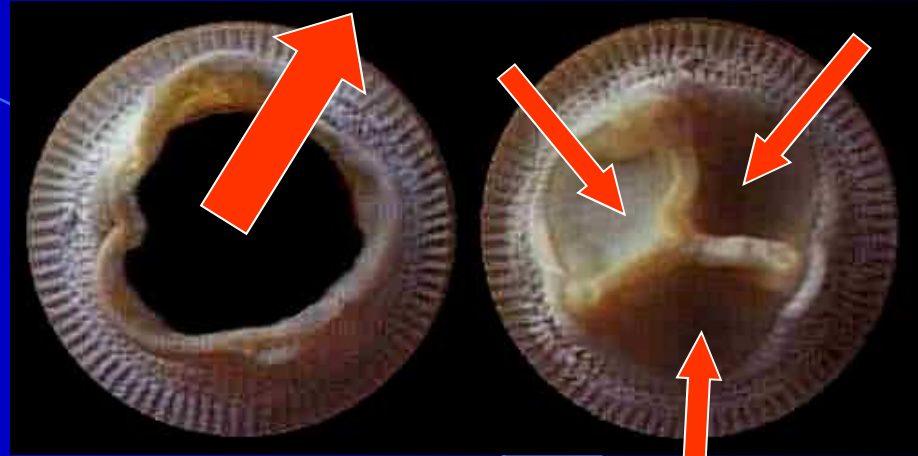
Valves



Valvules sigmoïdes

Valvule aortique

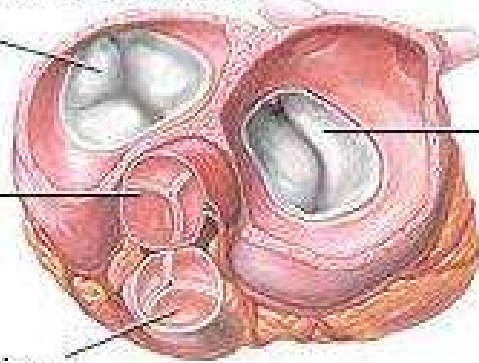
Valvule pulmonaire



Valvule auriculo-ventriculaire droite

Valvule aortique

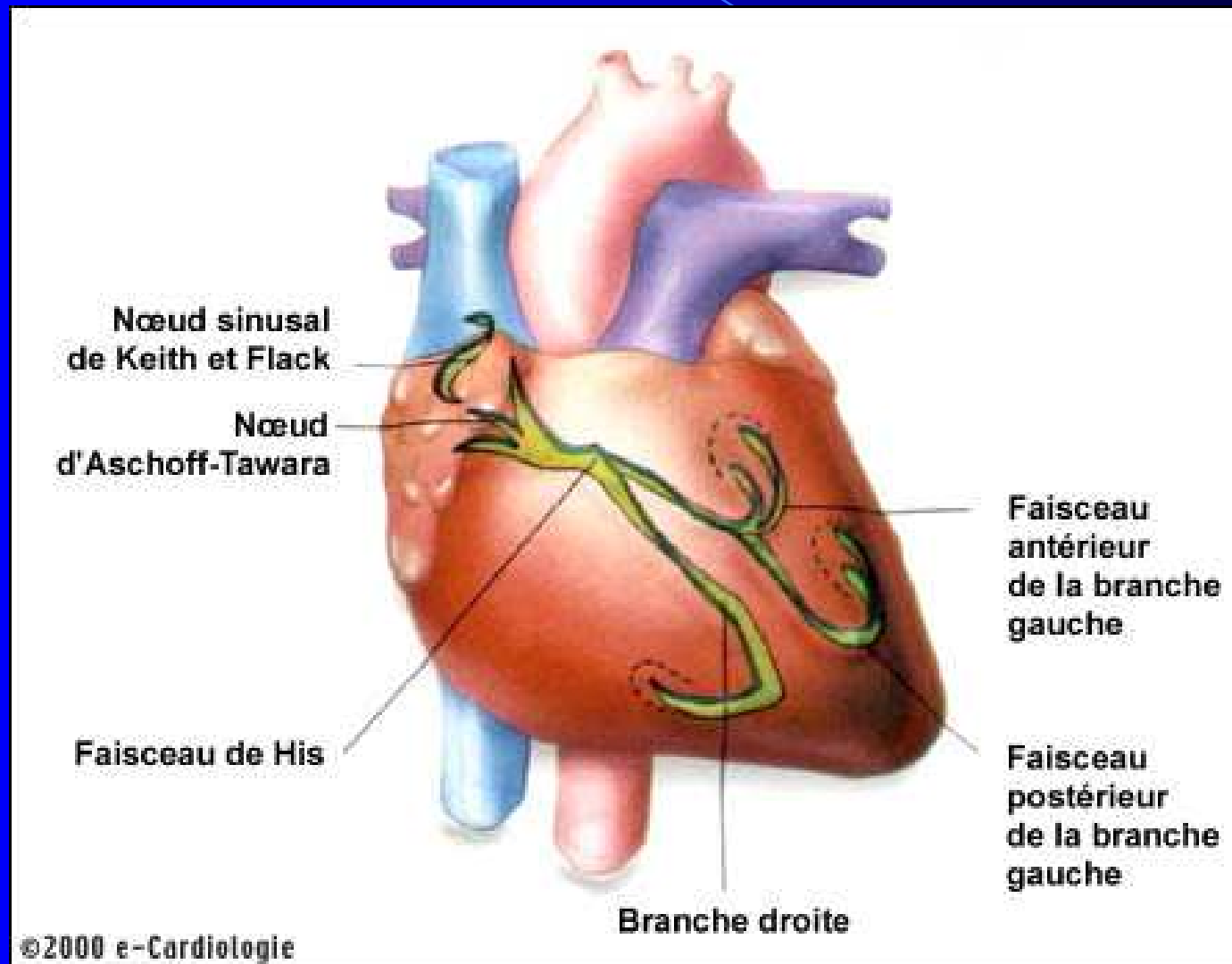
Valvule pulmonaire



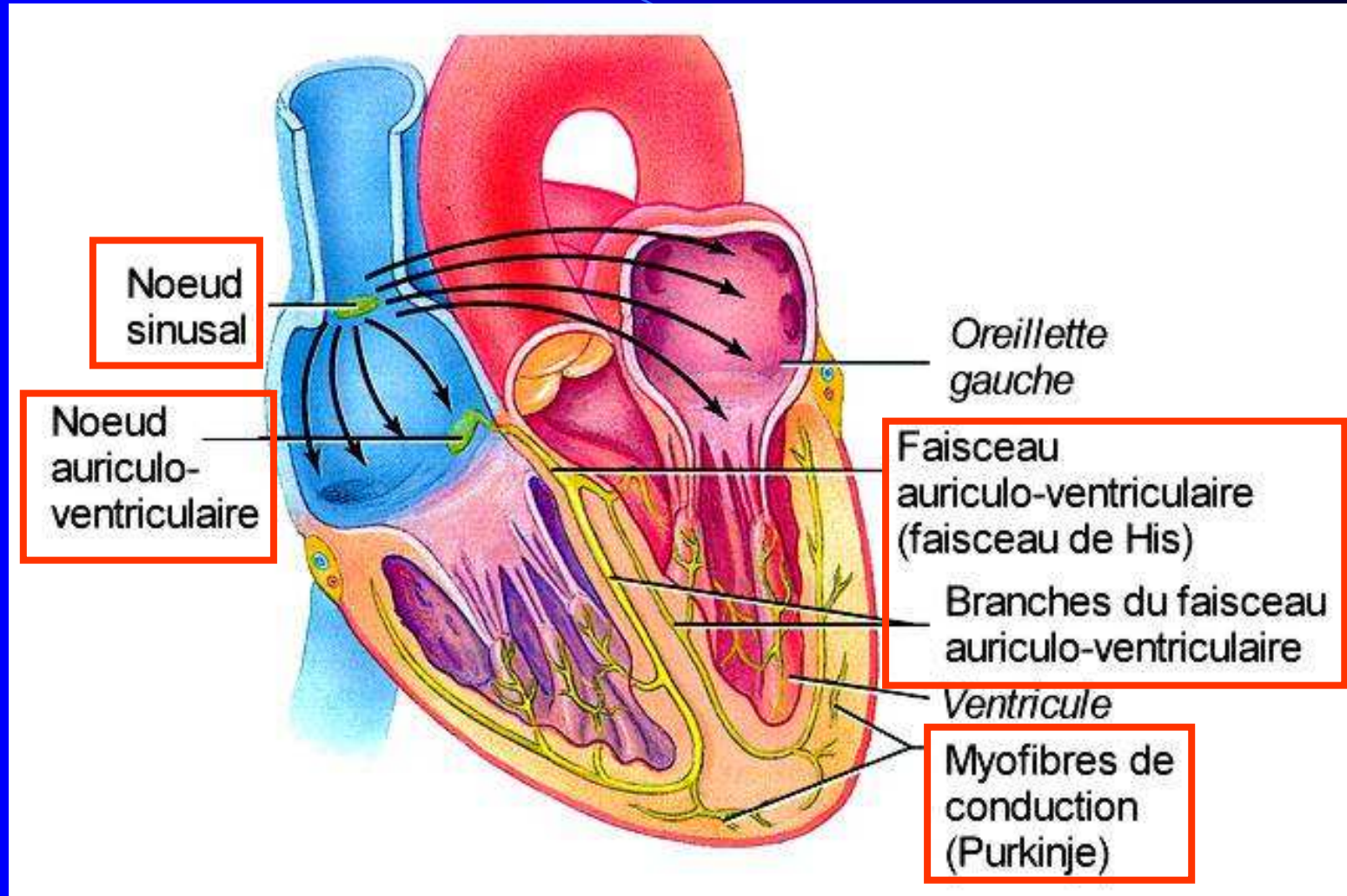
Valvule auriculo-ventriculaire gauche



B / Tissu Nodal



Centres rythmogènes



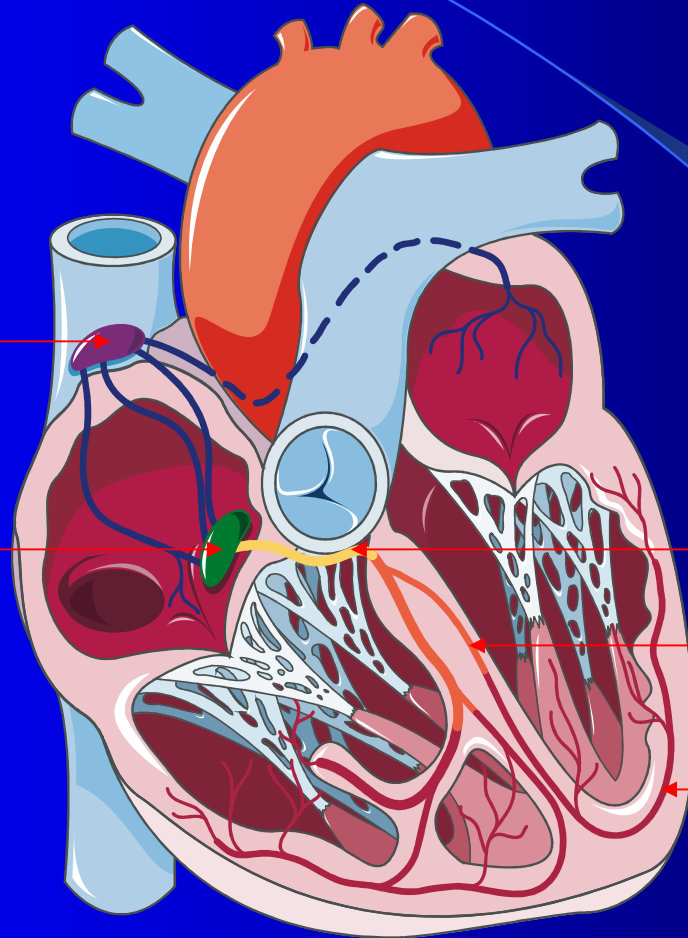
Nœud sinusal

Nœud AV

Faisceau de His

Branches Droite et Gauche

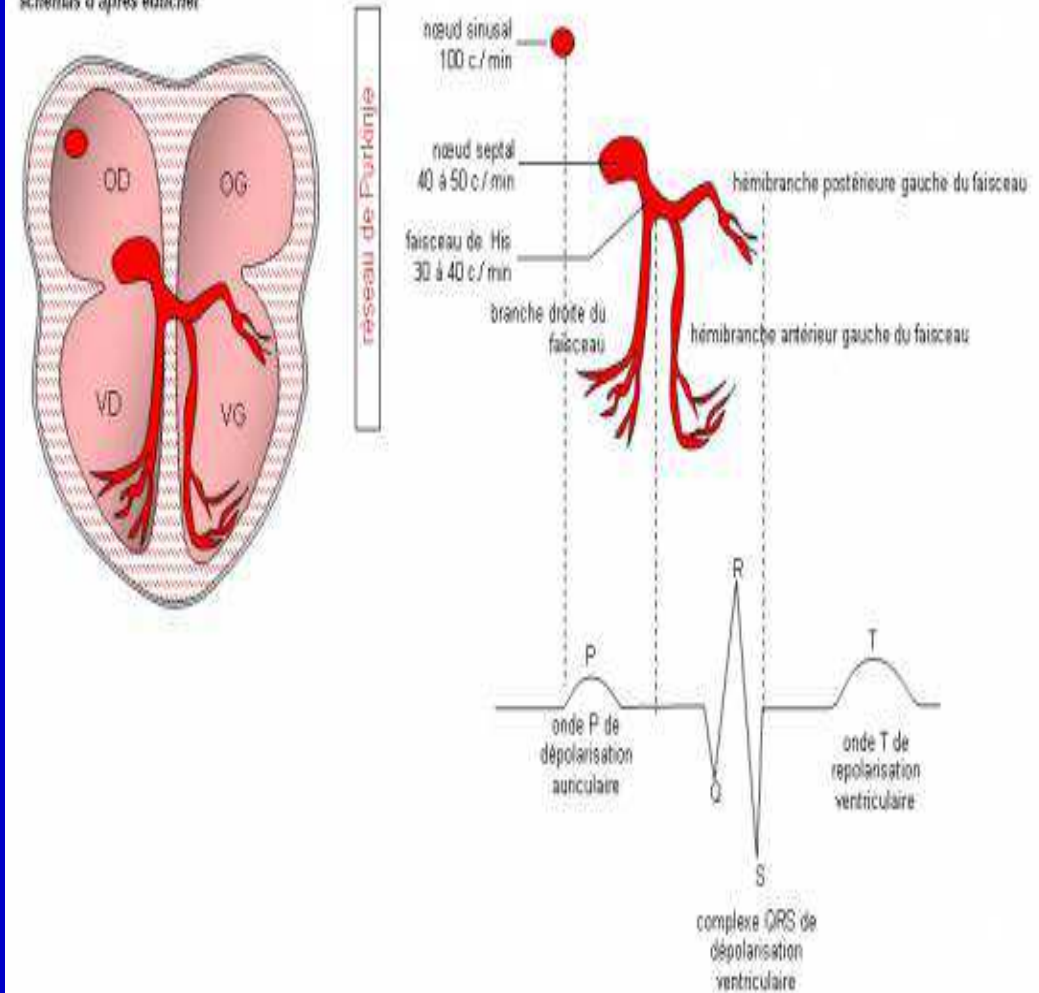
Réseau de Purkinje



- ✓ Nœud Sinusal ou de KEITH-FLACK.
- ✓ Nœud Auriculo-Ventriculaire ou d'ASCHOFF-TAWARA.
- ✓ Faisceau de His.
- ✓ Réseau de Purkinje.

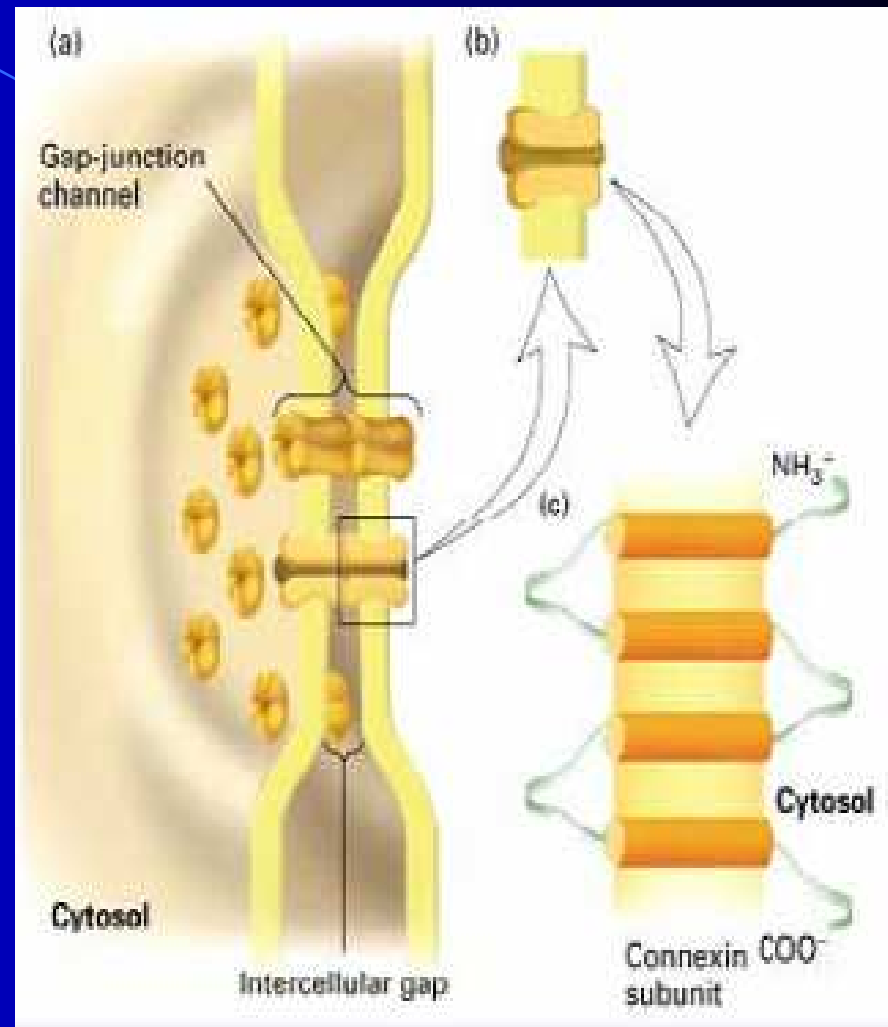
Tissu responsable de l'automatisme, de la conduction et de l'excitabilité.

"Le **tissu cardionecteur** ou **tissu nodal** est un tissu incrusté dans le cœur, à l'origine de la contraction automatique du myocarde. L'automatisme cardiaque est la propriété que présente le cœur de se contracter rythmiquement en l'absence de toute stimulation qui pourrait lui parvenir d'autres organes." - wikipédia
schémas d'après educnet



➤ **HISTOLOGIE :**

- Les cellules du tissu nodal se distinguent des cellules myocardiques environnantes par :
- Petit diamètre (*NS* , *NAV*).
- Absence de disques intercalaires.
- Absence du système tubulaire transverse.
- Réticulum sarcoplasmique peu développé.
- Rareté des mitochondries.
- Relative rareté des myofibrilles qui sont périphériques.
- Abondance de leur glycogène.



Innervation Vascularisation

Le Tissu Nodal est innervé par :
Le système nerveux autonome

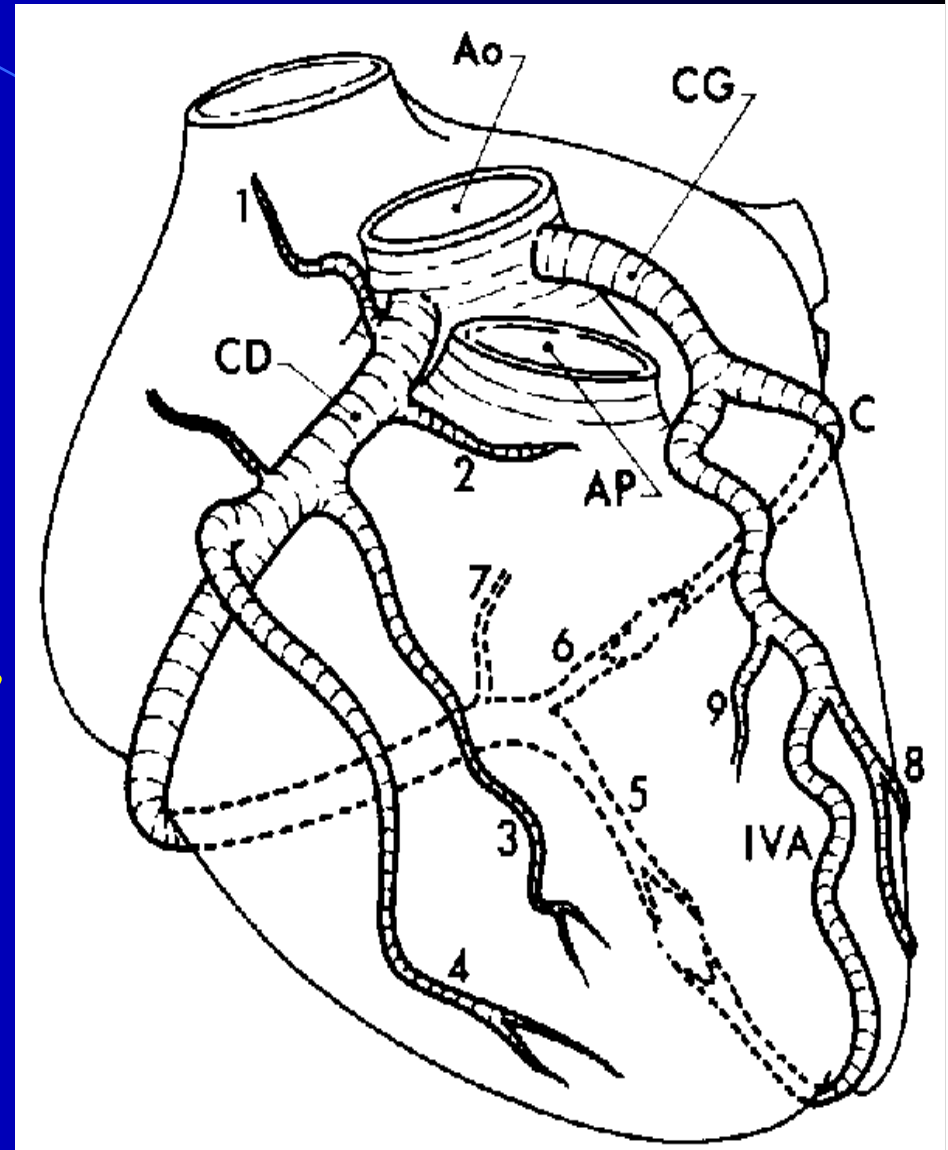
✓ Système Nerveux Sympathiques :
NS , NAV et le Myocarde

Activité électrique et contractile du cœur

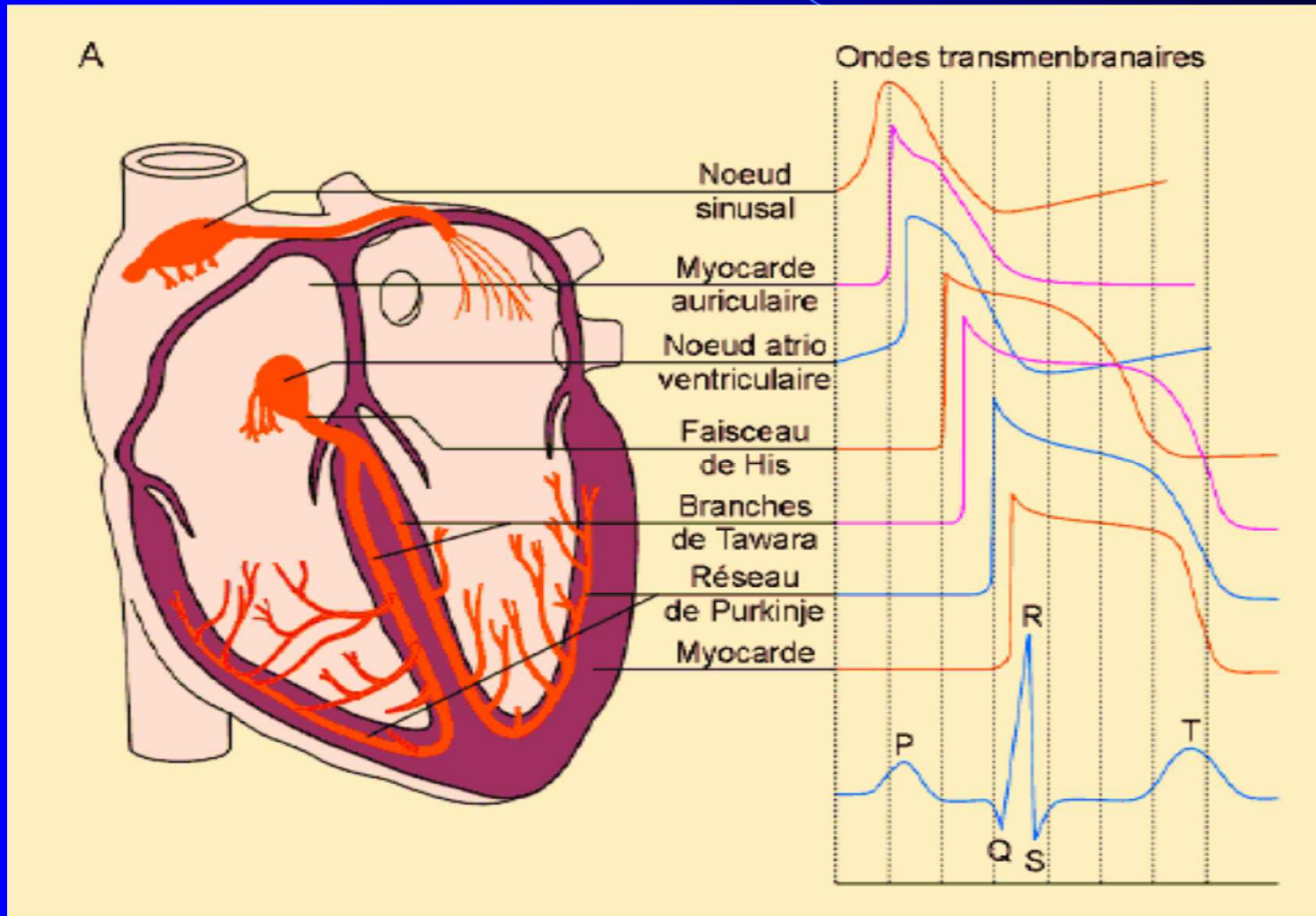
✓ Système Nerveux Parasymphatique :
NS , NAV pas pour le Myocarde

Activité électrique seulement

La vascularisation du cœur est assurée par :
les artères coronaires droite et
gauche

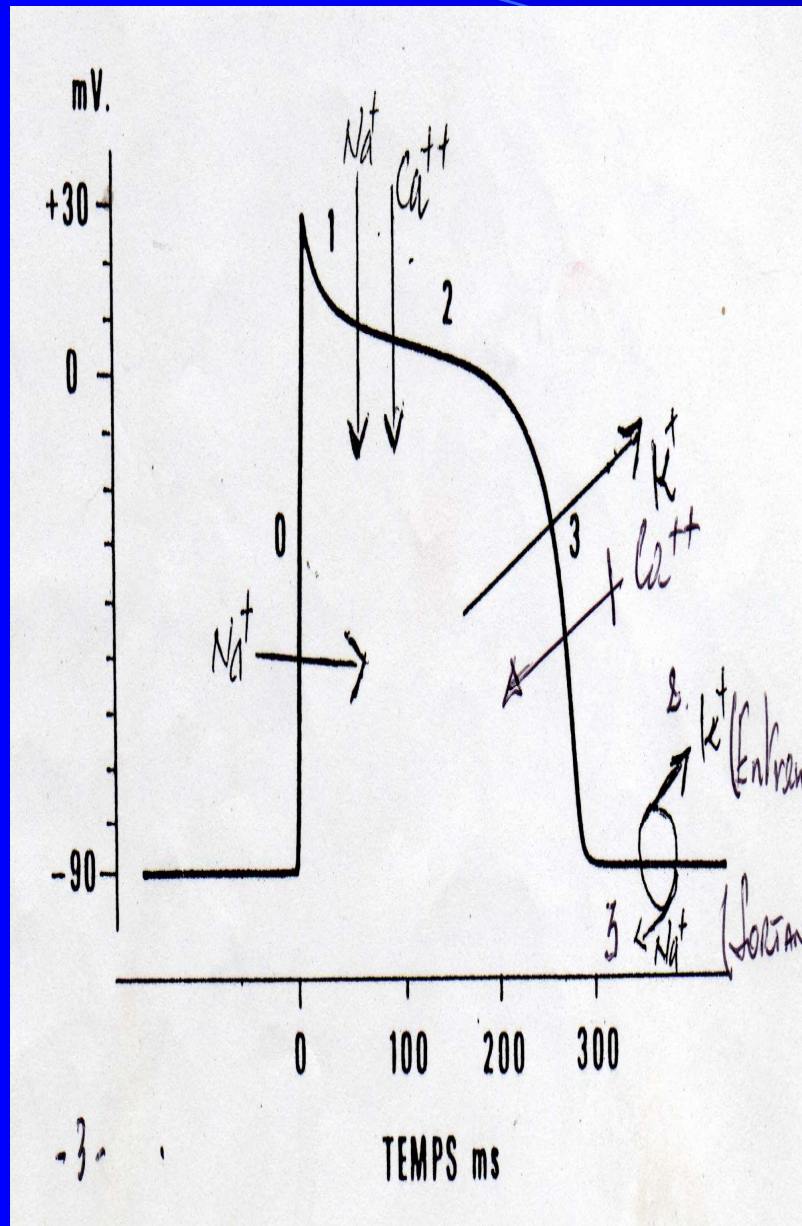


II – Potentiels d'actions

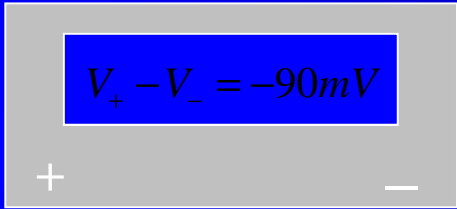


A / Potentiel d'action des cellules myocardiques

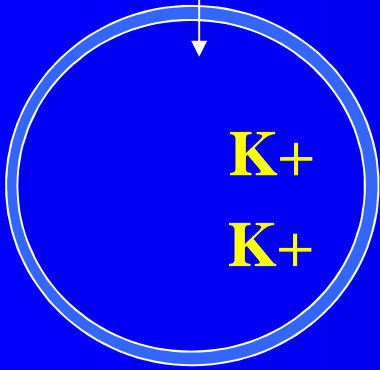
La fibre musculaire cardiaque contractile est
une fibre à réponse rapide



- **Phase 0 : dépolarisation , ouverture d'un canal sodique , entrée rapide de Na^+**
- **Phase 1 : repolarisation rapide , probablement entrée de Cl^- , inactivation du flux sodique**
- **Phase 2 : repolarisation en plateau, courant calcico-sodique lent entrant**
- **Phase 3 : repolarisation , ↓ de la conductance du Ca^{++} ($g_{\text{Ca}^{++}}$) et ↑ de la conductance du K^+ (g_{K^+})**
- **Phase 4 : rétablissement des concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane grâce à la pompe Na^+ / K^+ ATP ase**



$V_+ - V_- = -90mV$



Na+

Na+

Na+

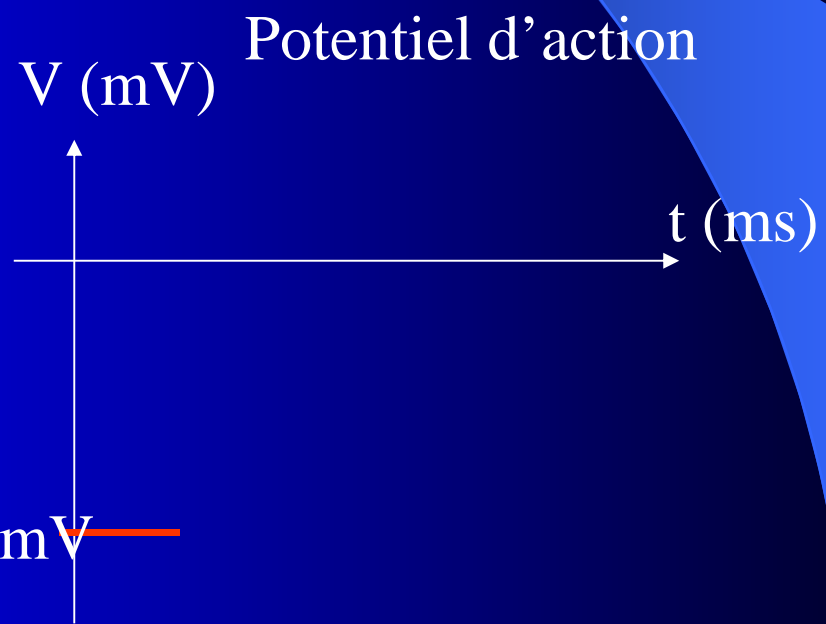
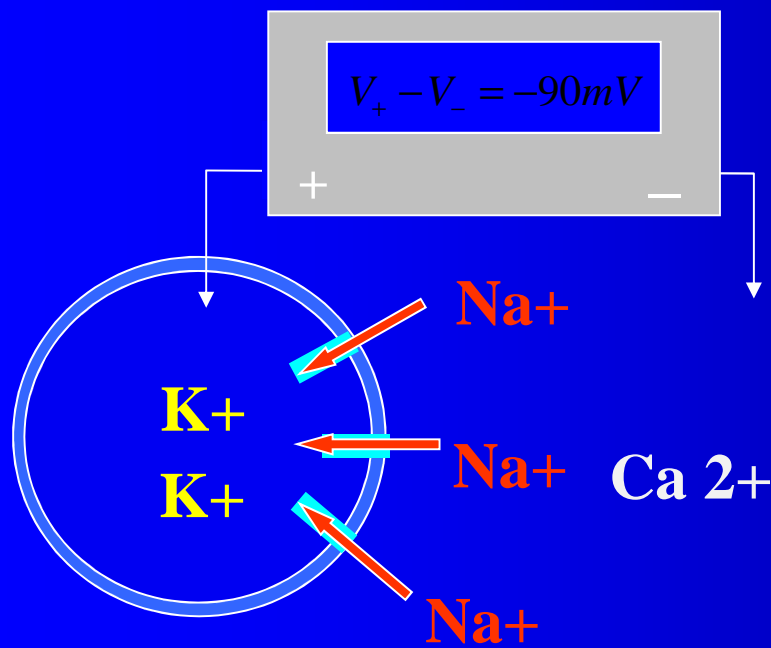
Ca 2+

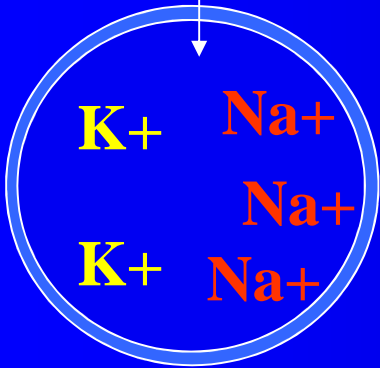
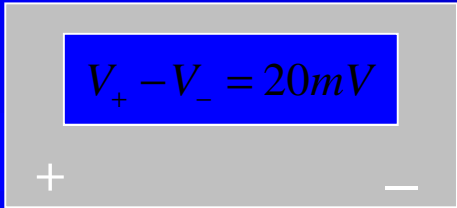
V (mV)

Potentiel d'action

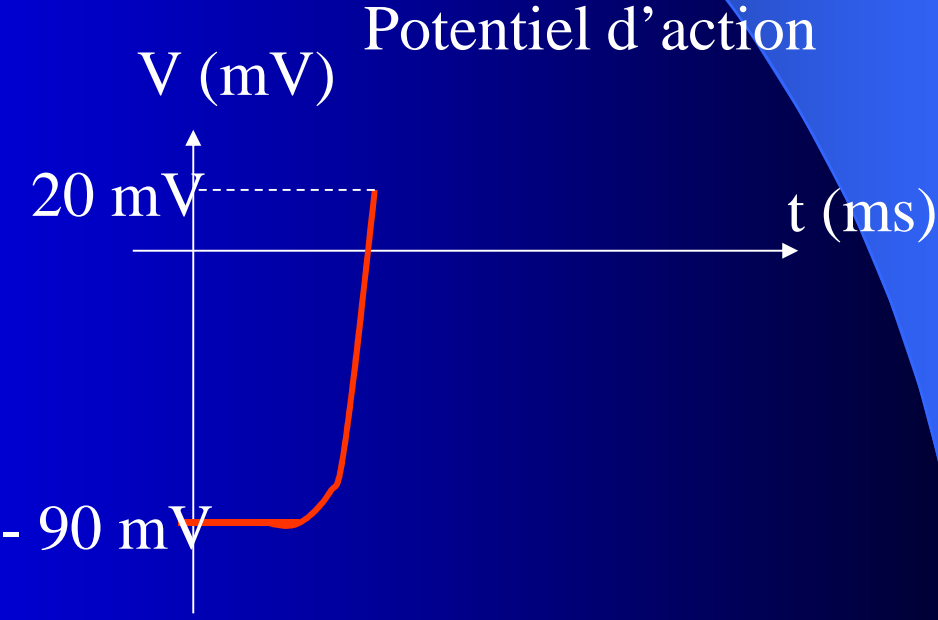
t (ms)

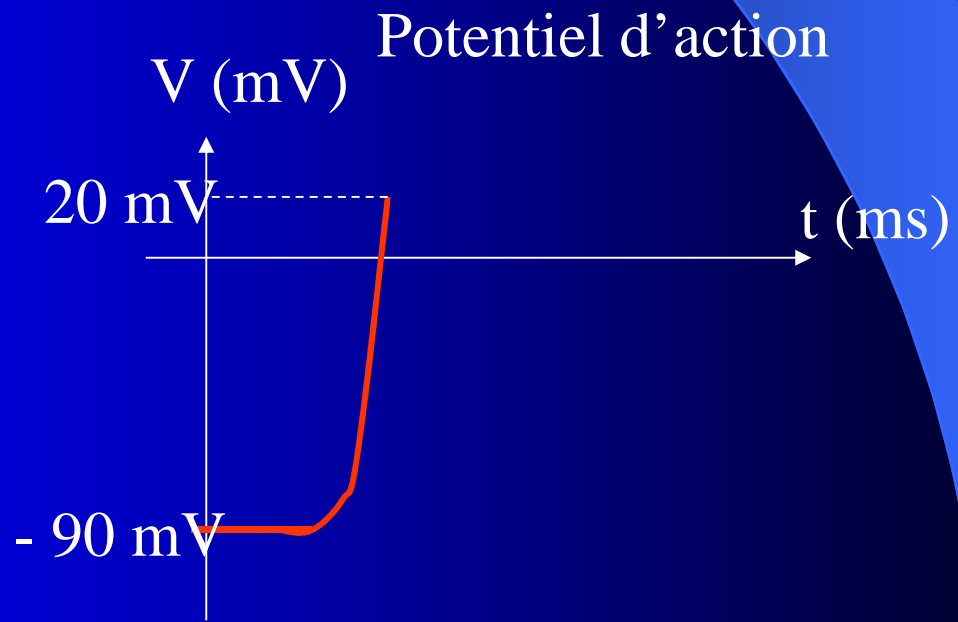
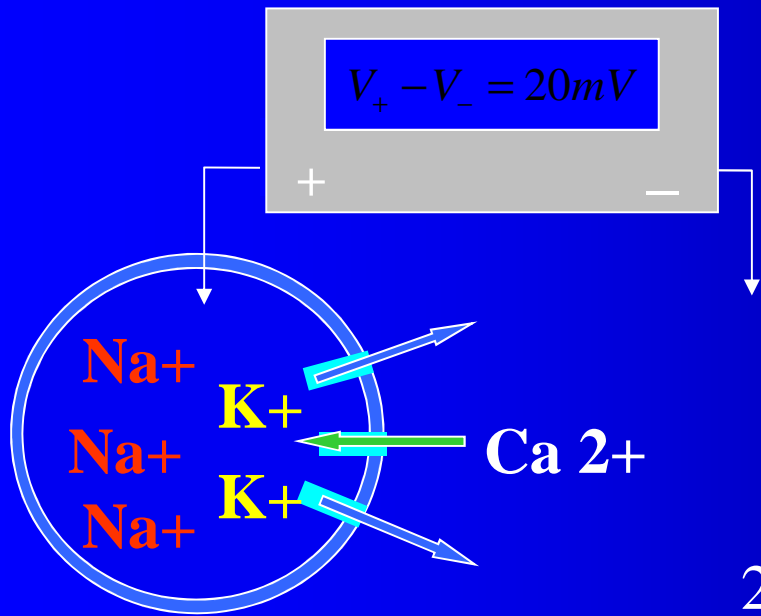
- 90 mV

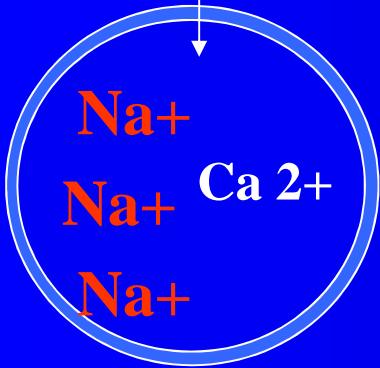
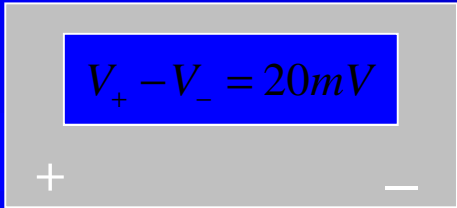




Ca 2+

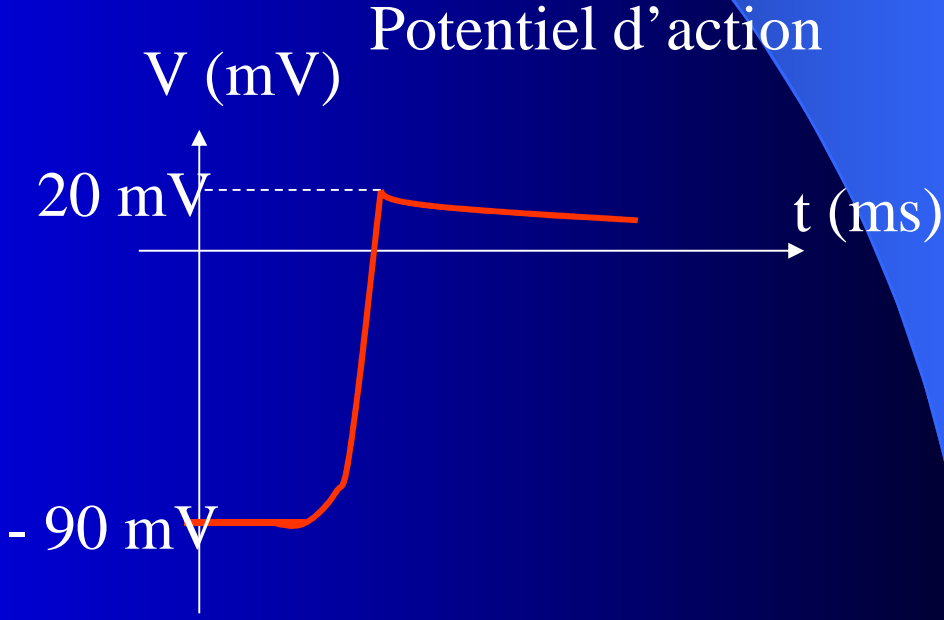


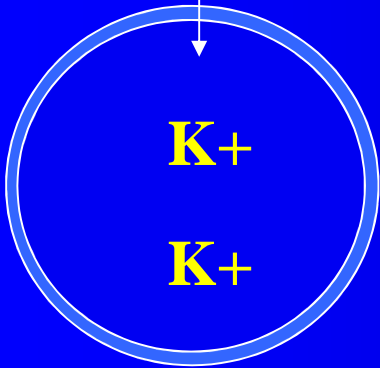
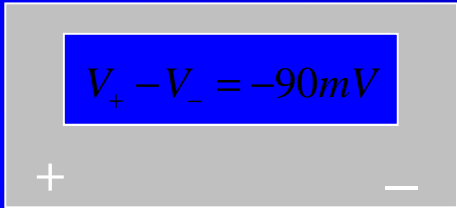




K+

K+



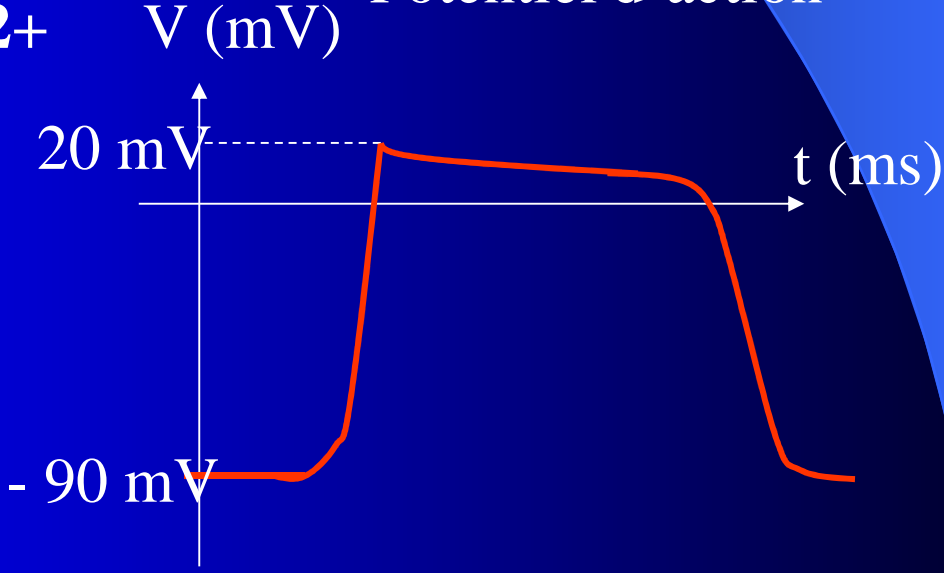


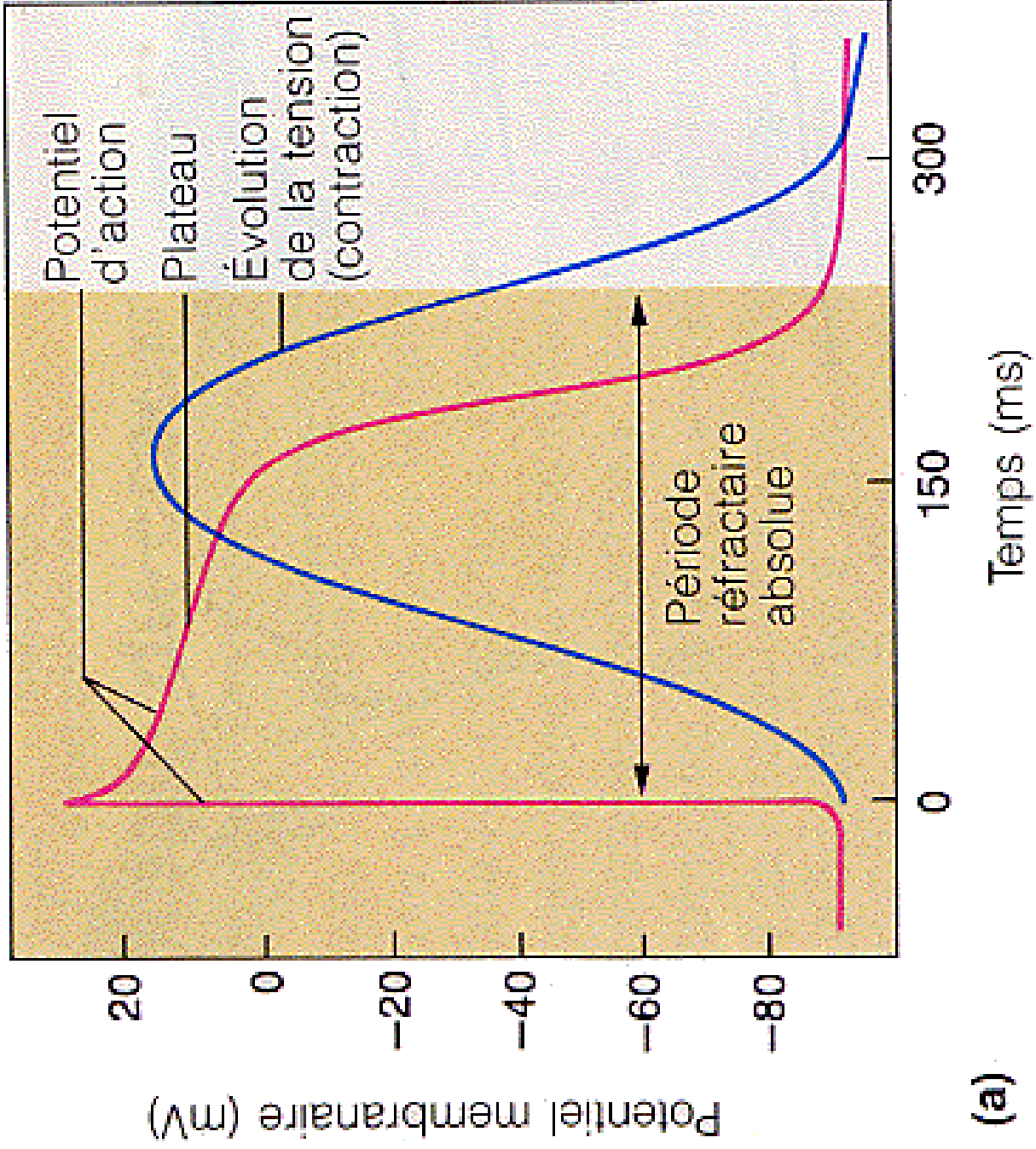
Na+

Na+ Ca 2+

Na+

Potentiel d'action





(a)

A / Potentiel d'action des cellules myocardiques

- ✓ Le Potentiel de Repos est situé entre -85 et -90 mV
- ✓ Absence de DDL à l'état physiologique, donc dépourvues d'automatisme
- ✓ Phase 2 longue, entrée massive des ions Ca^{++} , activation et libération du calcium du réticulum sarcoplasmique, enrichissement du pool plasmique intracytosolique nécessaire au déclenchement de la contraction musculaire et à l'efficacité de contractilité.

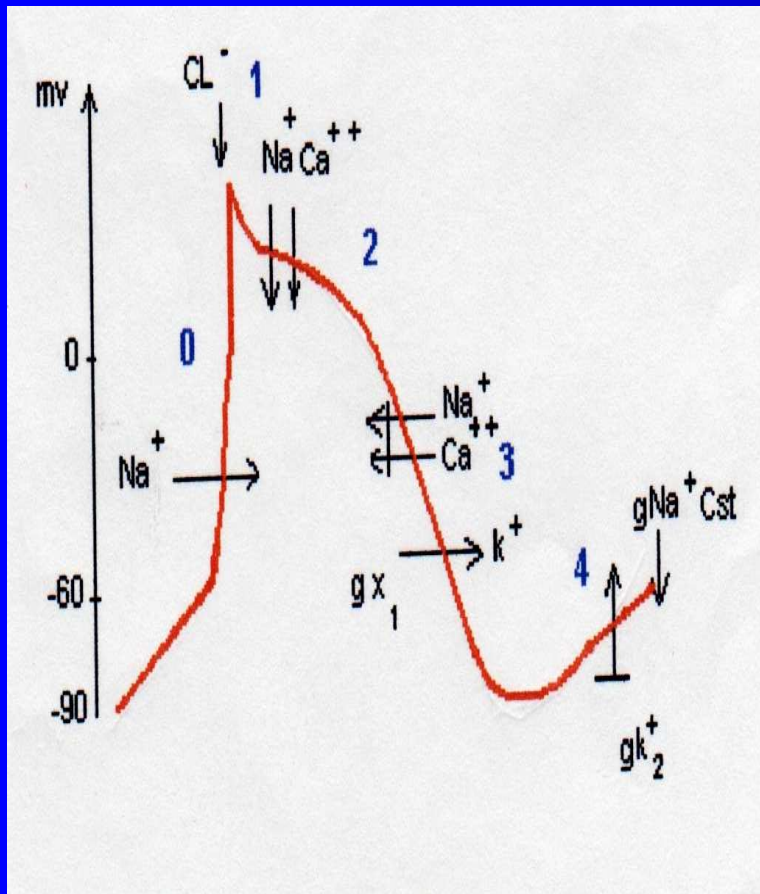
B / potentiel d'action des cellules du Tissu Nodal

Ce potentiel d'action est variable selon le type de fibre

1) Fibres à réponse rapide

Retrouvé essentiellement au niveau des cellules du faisceau de His et du réseau de Purkinje

PA des cellules du Faisceau de His et du R Purkinje



- **Phase 0** : Entrée rapide de Na^+ , canaux sodique rapides, la vitesse d'ascension de cette phase est responsable de la rapidité de la conduction dans ce type de fibres. Le relais est pris par l'ouverture d'un canal calcico-sodique lent pour un potentiel de l'ordre de -55 mV.
- **Phase 1** : Correspond à l'inactivation de la g_{Na^+} rapide et à un courant entrant repolarisant de Cl^-
- **Phase 2** : Phase maintenue en plateau sous l'influence d'un courant entrant calcico-sodique lent
- **Phase 3** : Repolarisation, inactivation progressive du canal calcico-sodique lent et sortie de charges positives (K^+)
- **Phase 4** : Liée à l'instabilité ionique, \uparrow progressif de la g_{Na^+} et une \downarrow de la g_{K^+}

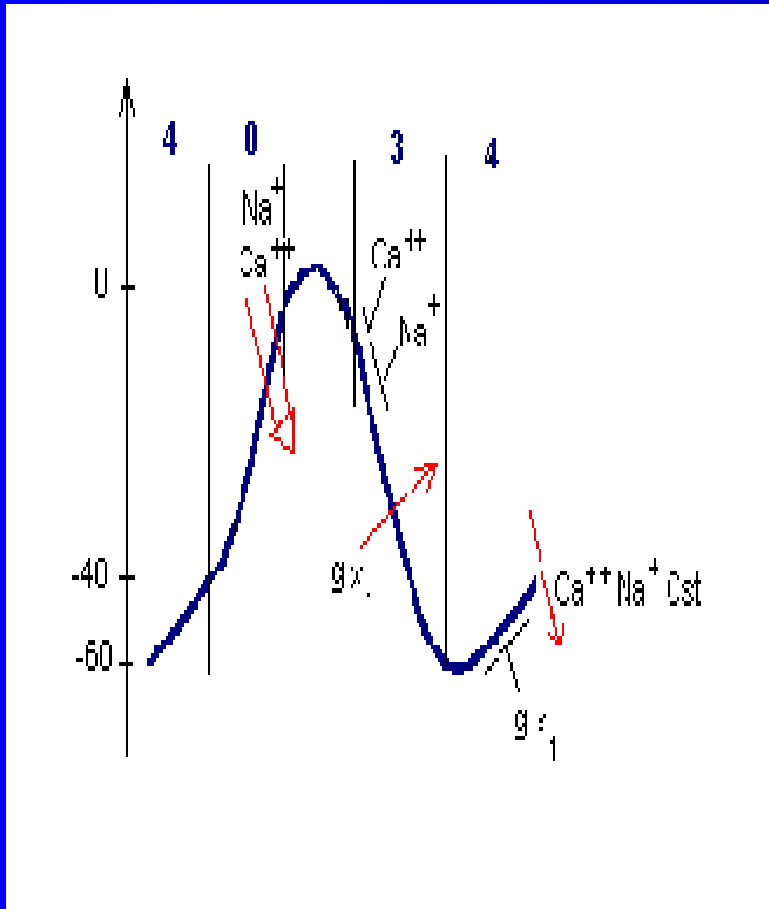
1) Fibres à réponse rapide

- ✓ *Phase 0 : liée à l'ouverture d'un canal sodique rapide dès que le potentiel membranaire atteint -55 mV*
- ✓ *DDL lente dont le mécanisme pourrait être attribué à une instabilité ionique (liée à l'entrée de Na^+ dans les cellules)*
- ✓ *Potentiel diastolique maximum (PDM) de l'ordre de -90 mV*

2) Fibres à réponse lente

Ce type de fibres est retrouvé au niveau des
cellules du *NS* et du *NAV*

P. A Cellules NS . NAV



- **Phase 0** : Ouverture de canaux calcico-sodique lent à -40 mv (potentiel liminaire).
- Absence des phases 1 et 2 donnant un aspect arrondi à l'allure du potentiel d'action.
- **Phase 3** : Correspondant à la repolarisation liée à la sortie de K^+ , inactivation du courant entrant calcico-sodique lent.
- **Phase 4** : DDL rapide, courant entrant constant Calcico-sodique théorie la plus admise «théorie d'oxford».

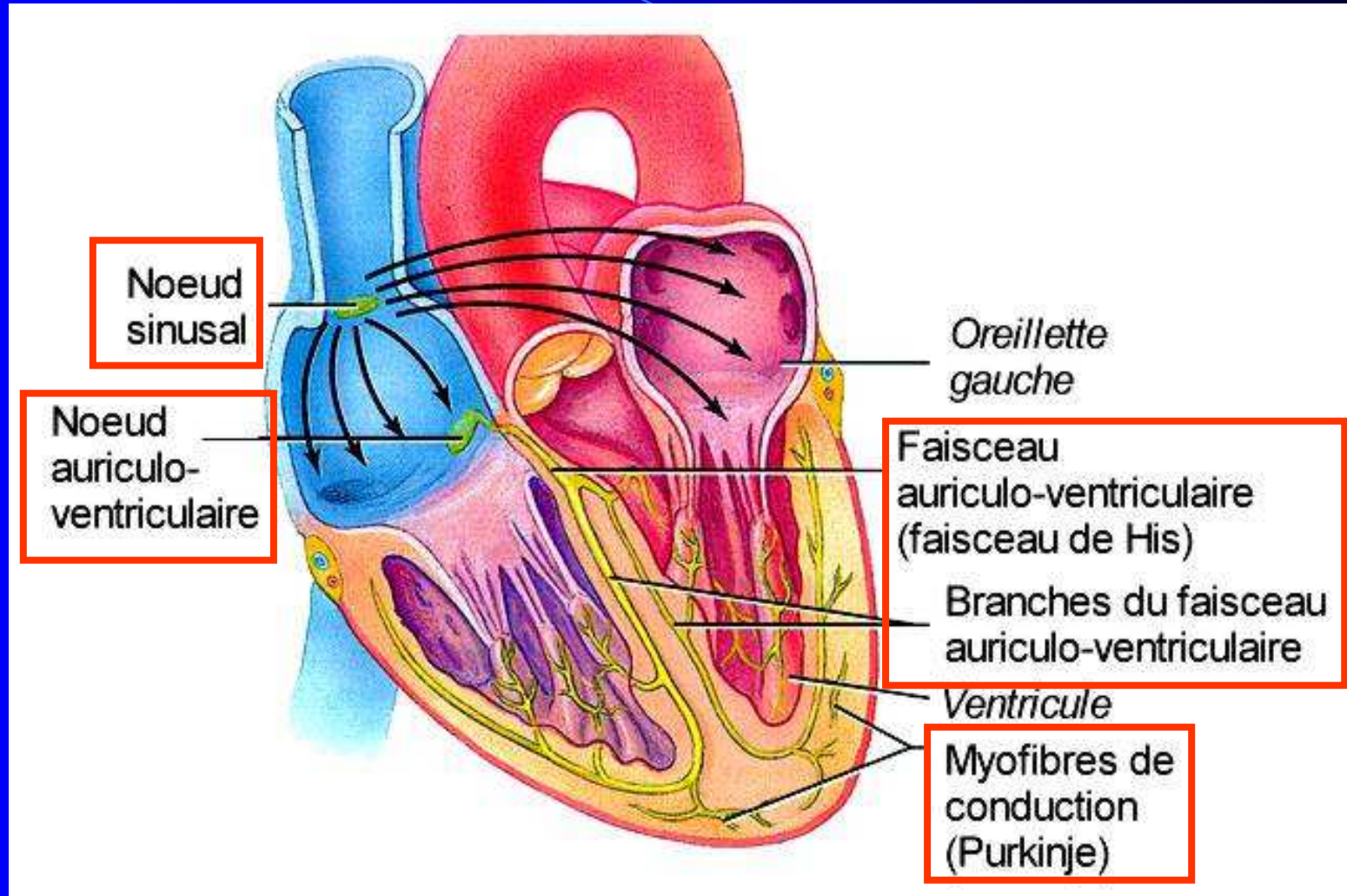
2) *Fibres à réponse lente*

- La phase 0 est liée à l'ouverture du canal calcico-sodique lent.
- La pente (DDL) est plus raide (rapide) et semble être expliquée par une entrée de l'ion Ca^{++} essentiellement.
- L'écart entre le Potentiel Diastolique Maximum (-60 mv) et le potentiel liminaire (-40 mv) est plus réduit par rapport aux cellules à réponses rapides dont l'écart est de 35 mv ($-90 \text{ mv} - 55 \text{ mv}$).
- La constante de temps est relativement courte.
- Les fibres sont dites à réponse lente car le potentiel liminaire est situé à -40 mv , c'est à dire à une période où le canal sodique rapide est fermé, inactivé.

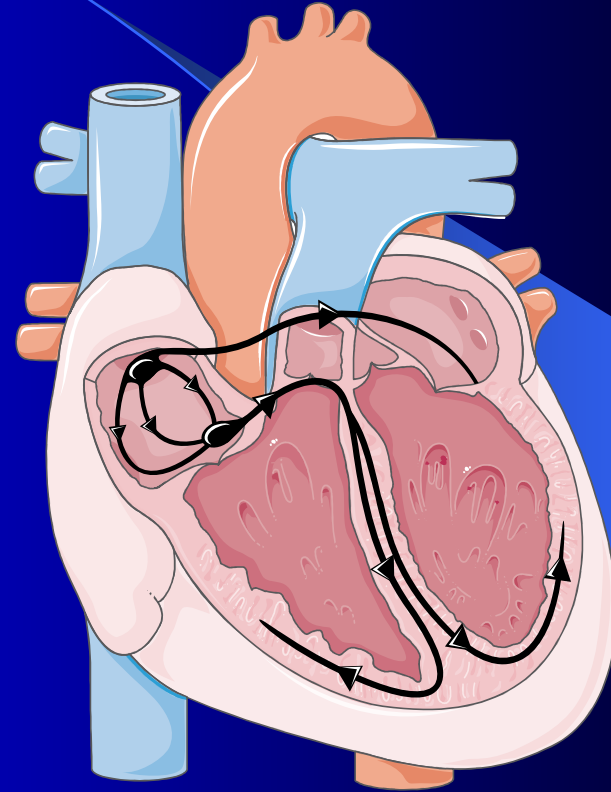
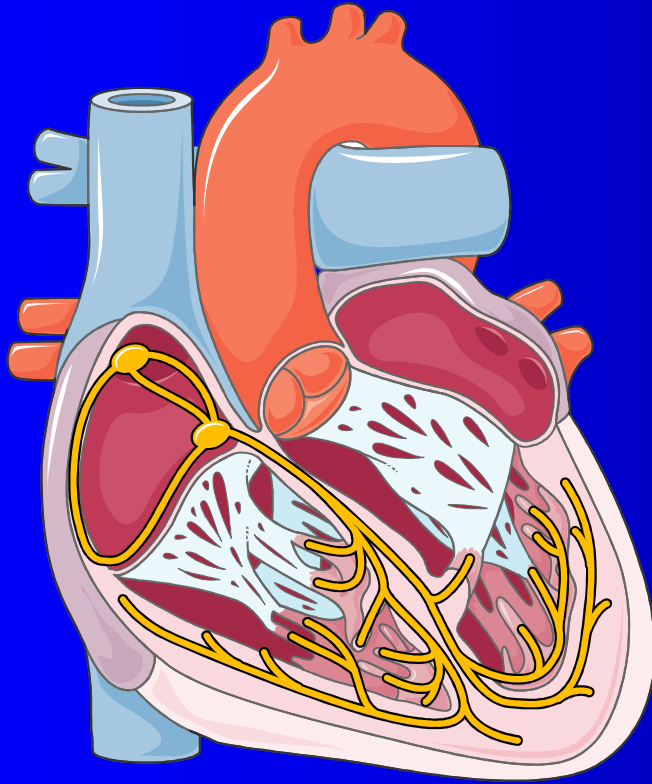
III - AUTOMATISME

- Propriété la plus remarquable du tissu nodal.
- C'est la faculté de se dépolariser spontanément et Rythmiquement en donnant naissance à un potentiel d'action.
- Toutes les cellules du tissu nodal possèdent cette propriété.
- C'est le nœud sinusal véritable chef d'orchestre qui est à l'origine des potentiels les plus fréquents et impose sa cadence aux centres sous jacents.
- Fréquence de pulsation des cellules Pace maker :
 - NS fréquence de dépolarisation = 120 à 140 pulsations / min
 - Tonus parasympathique frénateur = 70 P/min.
 - NAV: 30 à 40 P / min
 - Faisceau de His : 20 à 30 P /min

IV- Conduction



IV - Conduction cardiaque



IV - CONDUCTION

Propagation de l'onde de dépolarisation à l'ensemble du cœur grâce au réseau de Purkinje.

la vitesse de conduction au niveau de ces fibres dépend:

A / Facteurs anatomiques

B / Facteurs électrophysiologiques

A / Facteurs anatomiques :

- ✓ *Le diamètre des fibres :* La vitesse de conduction est plus rapide dans les fibres de Purkinje que dans les cellules du myocarde .
- ✓ *Type de jonctions intercellulaires :* Faible résistance électrique au niveau des disques intercalaires et des nexus permettant une conduction rapide de l'onde de dépolarisation.

Ce type de jonction est retrouvé dans les fibres à réponses rapides
(Faisceau de His, réseau de Purkinje)

La disposition géométrique des fibres : La convergence de plusieurs fibres vers une grosse fibre facilite la conduction par un phénomène de sommation spatiale

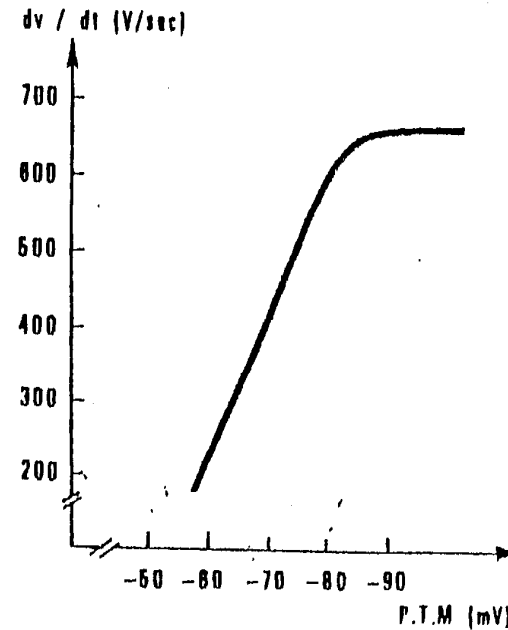
(Cours de physiologie de 1ère année) .

B / Facteurs électrophysiologiques

LOI de WEIDMANN

Selon cette loi plus le potentiel membranaire des cellules nodales conductrices est négatif (hyper polarisation voir cours de 1ère année) plus la vitesse de conduction est rapide.

« Tout facteur déplaçant le potentiel seuil vers une valeur plus négative accroît la vitesse de propagation de l'influx et l'inverse est vrai » .



C / Particularités de la conduction au niveau du NAV

La vitesse de conduction est plus faible au niveau du NAV, liée à des facteurs histologiques et électrophysiologiques :

- ✓ **Les cellules du NAV sont de petites cellules qui offrent une résistance plus élevée à la propagation de l'onde de dépolarisation.**
- ✓ **Le nombre de nexus et de désmosomes plus faible au niveau des cellules qui composent ce nœud oppose une résistance plus élevée à la propagation de l'onde de dépolarisation .**
- ✓ **La nature calcique du potentiel d'action.**

L'ascension plus lente de la phase 0 (courant calcico-sodique lent).

Les causes histologiques et électrophysiologiques ralentissent la transmission de l'influx électrique, permettant au NAV de jouer le rôle d'un véritable filtre, dont le but est de synchroniser la transmission de la dépolarisation entre les deux étages auriculaire et ventriculaire

D / Transmission dans le système de Purkinje

Ce système a des caractéristiques tout à fait opposées à celles des fibres du NAV :

- ✓ Il est pourvu de fibres de gros diamètres , très riches en désmosomes et nexus (résistance faible), ces facteurs favorisent une conduction plus rapide au niveau de ce réseau qui est de l'ordre de 1,5 à 4 m /s.
- ✓ L'accroissement de la vitesse de conduction à ce niveau permet une transmission de l'onde de dépolarisation presque immédiate dans tout l'étage ventriculaire.
- ✓ La durée totale entre l'entrée de l'impulsion cardiaque dans le faisceau Auriculo-ventriculaire et son arrivée aux terminaisons des fibres de purkinje n'est que de 0,03 s

VI - ELECTROPHYSIOLOGIE CARDIAQUE ET SNA

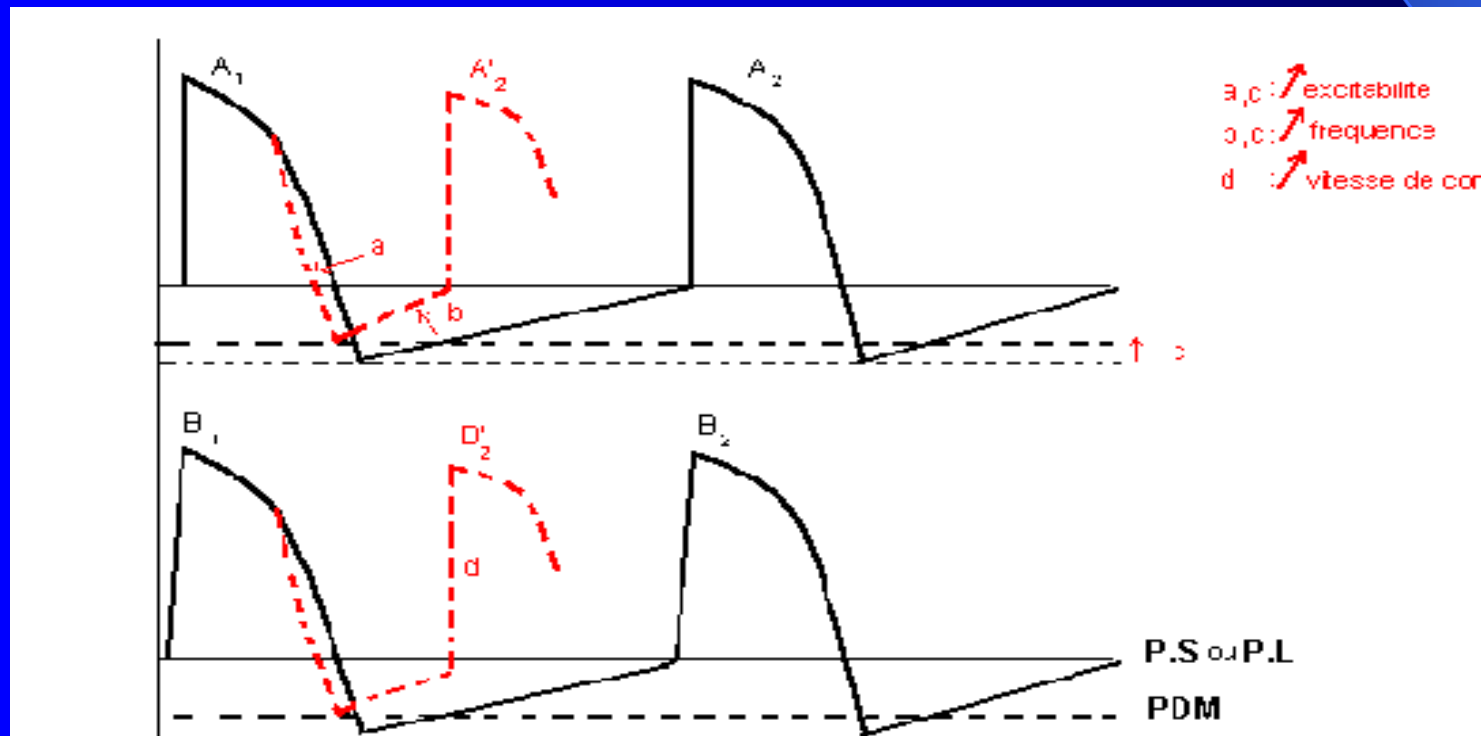
- ✓ Le SNA agit par des substances circulantes dans le sang (médiateurs, hormones, drogues) ainsi que par la température sur le fonctionnement électrophysiologique en influençant le rythme, l'excitabilité, la conduction et la contractilité cardiaque.
- ✓ L'automatisme cardiaque est ajusté ou régulé par le SNA.
- ✓ Tous ces facteurs agissent sur la DDL, le potentiel diastolique maximum et le potentiel liminaire

A / Système Nerveux Sympathique

Adrénaline et Noradrénaline agissent sur des récepteurs bêta 1 et inhib par les antagonistes bêta1 cardiaques (les β bloquants cardio sélectifs).

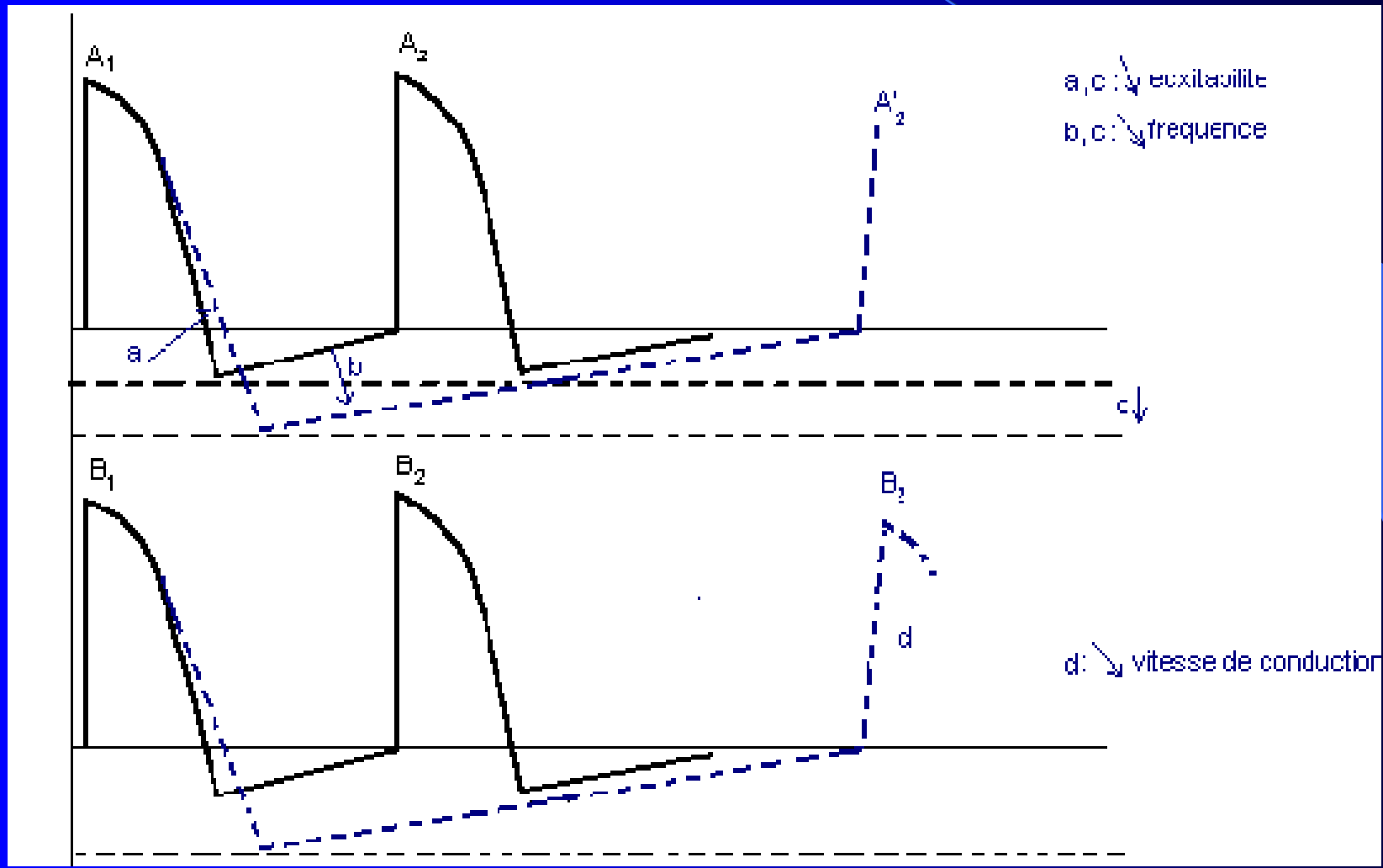
(Voir cours de 1ère année SNA)

✓ Fréquence	Chronotrope	+
✓ Excitabilité	Bathmotrope	+
✓ Conduction	Dromotrope	+
✓ Contractilité	Inotrope	+



B / Système Nerveux Parasymphatique

Acétylcholine agit sur les récepteurs Muscariniques, inhibé par l'atropine.



➤ Références Bibliographiques:

- ✓ Hoechst
- ✓ Arthur – C Guyton
- ✓ H. Guenard
- ✓ Ph Meyer

MERCI