

Résumé – Bases de l'électrophysiologie cardiaque

Rédigé à partir du cours de la Pr. THIBAULT

I. Contraction du cœur

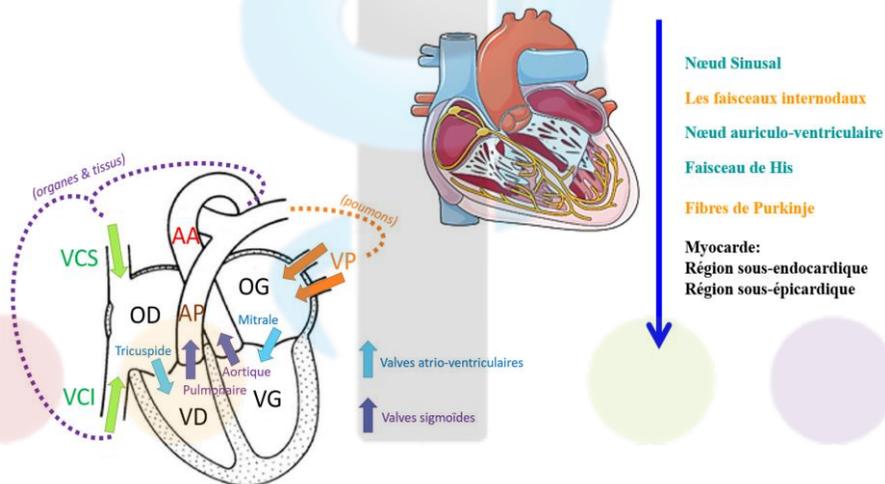
A. Histologie et anatomie cardiaque

Cardiomyocytes :

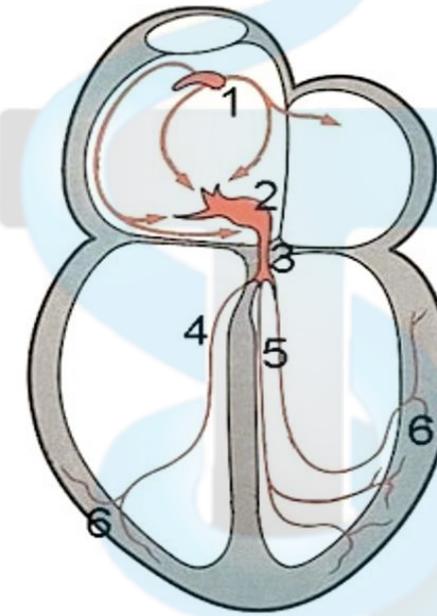
- Cellules du tissu contractile musculaire ;
- Répondent à une stimulation électrique : **couplage excitation-contraction**.

Cellules cardionectrices :

- Cellules du tissu électrogénique ;
- Capables de générer automatiquement des impulsions électriques ;
- Peu de myofibrilles et pas de tubules T.



Le tissu électrogénique de la conduction.



Représentation du tissu électrogénique.

- 1 = Le Nœud Sinusal (Keith et Flack), correspond au **centre rythmogène** du cœur ;
- 2 = Le Nœud Auriculo-Ventriculaire (Tawara) ;
- 3 = Le faisceau de His ;
- 4, 5 & 6 = Les fibres de Purkinje ;
- Entre 1 et 2, on retrouve les faisceaux internodaux.

B. Dimensions et vitesses de conduction

- Nœud sinusal : bande musculaire de **10 × 3 × 1 mm** ;
- Faisceaux de conduction inter-nodaux : conduction rapide de l'ordre de **1 m/s**. De plus, il y a une transmission moins rapide de l'impulsion électrique à l'oreillette gauche : **0,3 m/s** (de cardiomyocytes en cardiomyocytes) ;
- Nœud auriculo-ventriculaire : **6 × 3 × 1 mm**. Ralentissement de la conduction de l'ordre de **0,12 m/s** → permet le décalage de contraction entre oreillette et ventricule ;
- Faisceau de His : vitesse de conduction la plus rapide, de **1,5 à 4 m/s** ;
- Fibres de Purkinje : nouveau ralentissement, vitesse de propagation de **0,3 m/s**.

II. Potentiels d'actions cardiaques

Le potentiel de repos des cellules myocardiques est négatif : -90mV.

Courant de dépolarisation DEPOL : on cherche à se rapprocher d'une ddp de 0, voire positive, on a donc :

- Courant entrant cationique : on diminue la négativité IC ;
- Courant sortant anionique : on diminue aussi la négativité IC.

Courant de repolarisation REPOL : on cherche à retrouver une ddp de -90mV, on a donc cette fois :

- Courant sortant cationique : on augmente la négativité IC ;
- Courant entrant anionique : on augmente aussi la négativité IC.

A. Potentiel d'action rapide (sodique)

Concerne les myocards communs (myocytes auriculaires et ventriculaires contractiles), au potentiel de repos stable à -90mV.

Phase 0	Dépolarisation (rapide) ; Entrée de sodium Na^+ par un canal sodique.
Phase 1	Repolarisation initiale ; Début de repolarisation par sortie de potassium K^+ .
Phase 2	Plateau ; Entrée de Ca^{2+} et ralentissement de la sortie de K^+ : repolarisation "retardée".
Phase 3	Repolarisation complète ; Sortie importante de potassium K^+ .
Phase 4	Potentiel membranaire de repos -90 mV (stable) ; Retour de la ddp de repos par sortie de Ca^{2+} et de Na^+ et par entrée de K^+ .

Ces cellules sont donc dépourvues d'automatisme.

B. Potentiel d'action lent (calcique)

Concerne les cellules du tissu nodal, soit les cellules cardionectrices (NS, NAV, réseau de His-Purkinje), au potentiel de repos instable à -50mV.

Phase 4	Dépolarisation diastolique lente spontanée. Entrée progressive de sodium Na^+ et de potassium K^+ par le canal I_f . <i>Remarque – f pour « funny », même si on ne sait pas trop pourquoi.</i>
Phase 0	Dépolarisation systolique vraie (lente). Entrée de Ca^{2+} dans la cellule nodale lorsque le niveau de dépolarisation atteint le potentiel seuil de -40mV.
Phases 1 et 2	Plateau / <i>Overshoot</i> . Plateau inexistant, remplacé par un <i>overshoot</i> = instant où le potentiel est transitoirement positif lors du PA.
Phase 3	Repolarisation complète. <i>Overshoot</i> → ouverture des canaux à K^+ : sortie importante de potassium K^+ . La repolarisation passe par un maximum de négativité appelé potentiel diastolique maximum.
Phase 4	Potentiel membranaire de repos instable à - 50 mV. Entrée de cations Na^+ et K^+ par le canal I_f : phase de repos et de dépolarisation lente = confondues. Dès que le potentiel seuil sera atteint, on aura le déclenchement du PA et donc la boucle reprend.

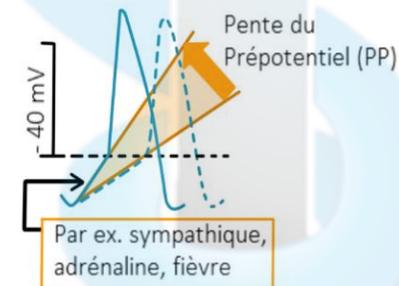
⚠ Ne pas confondre calcique et sodique.

Moyen mnémotechnique – Sonic, le hérisson bleu, est rapide. Sodique = rapide. À l'inverse, une calcification (en bref une ossification) est lente. Calcique = lent. Tout est dans la sonorité !)

III. Modification physiologique, pathologique et pharmacologique de la fréquence cardiaque

A. Modification de la pente du pré potentiel

Pente pré potentiel plus raide → Potentiel seuil atteint plus rapidement
→ Dépolarisation cardiaque plus rapide → Élévation de la fréquence cardiaque (tachycardie).



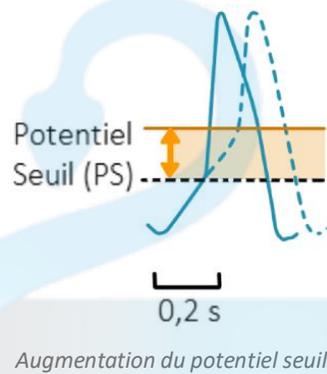
Modification de la pente du pré potentiel.

Exemples –

- Tachycardie : **Système nerveux sympathique, fièvre et adrénaline** ;
- Bradycardie : **Procorolan®** (inhibe le canal I_f).

B. Modification du potentiel seuil

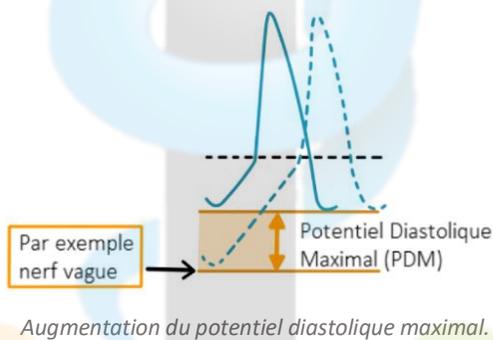
Potentiel seuil augmenté → Atteint plus tard → Ralentissement de la fréquence cardiaque (bradycardie).



Exemple – Bradycardisant : anti-arythmique.

C. Modification du potentiel diastolique maximal

Potentiel diastolique maximal augmenté → Écart plus tard avec le potentiel seuil → Dépolarisation retardée → Ralentissement de la fréquence cardiaque (bradycardie).



Exemple – Bradycardisant : nerf vague (système parasympathique).

D. Système parasympathique VS sympathique

1. SN parasympathique

⚠ Ne concerne que les oreillettes : NS et NAV +++.

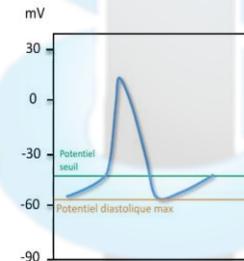
- Diminution de l'automatisme = effet **chronotrope négatif** ;
- Diminution de la vitesse de conduction = effet **dromotrope négatif**.

2. SN sympathique

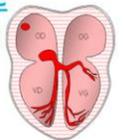
Concerne les fibres musculaires des oreillettes ET ventricules.

- Augmentation de l'automatisme = effet **chronotrope positif** ;
- Augmentation de la vitesse de conduction = effet **dromotrope positif**.

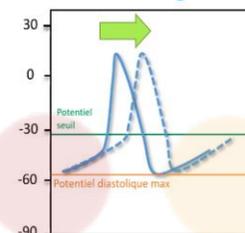
Cellules nodales : 3 exemples de variation



Potentiel lent
calcique instable
à automatisme

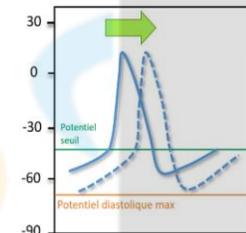


mV Si le PS augmente



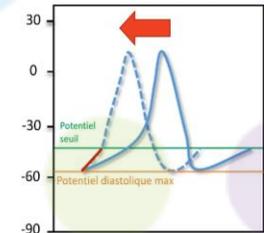
Effet bradycardisant

mV Si le PDM s'abaisse



Effet bradycardisant

mV Si la PP est + abrupte



Effet tachycardisant

Schéma récapitulatif des modifications électrophysiologiques.

E. Période réfractaire

Définition de cours : laps de temps consécutif à un PA pendant lequel même une stimulation d'intensité suffisante ne génèrera pas de nouveau PA.

C'est grâce à cette période que l'influx est unidirectionnel et antérograde.

On distingue 2 types de périodes réfractaires :

Période réfractaire absolue (PRA)	Si la stimulation survient pendant les phases 0, 1 ou 2 : il n'y aura absolument <u>aucune</u> réponse locale.
Période réfractaire relative (PRR)	Si la stimulation survient pendant la phase 3 , cela dépendra de l'intensité de cette dernière et si elle n'est pas suffisante on observera une réponse incomplète .

⚠ La Période Réfractaire Totale est $PRT = PRA + PRR$.

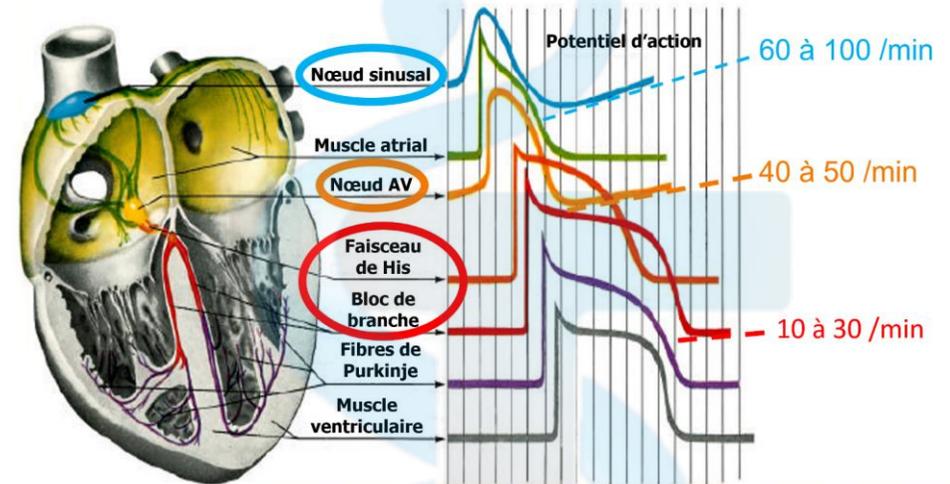
F. Différentes sources de potentiel d'action cardiaque

Pourquoi le rythme physiologique est sinusal ?

→ Différentes fréquences de genèse de PA :

- **Au niveau du nœud sinusal : 60 à 100 PA par min** ou battements par min (bpm) ;
- **Au niveau du NAV : 40 à 50 bpm ;**
- **Au niveau du faisceau de His : 10 à 30 bpm.**

Fréquence de genèse des PA



PENTE de la phase de dépolarisation diastolique lente.

Différents potentiels d'actions en fonction de la localisation dans le tissu électrogénique du cœur.

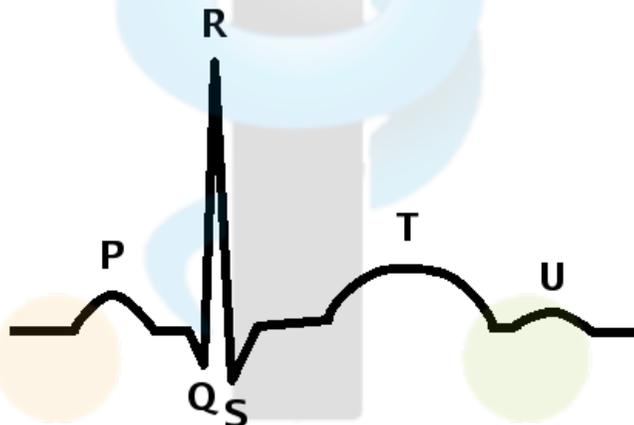
IV. Électrocardiogramme (ECG)

NLDR – *Bientôt la fin de cette looongue fiche récap je vous le promet ;). Passage important du cours, pour la suite de vos études +++.*

A. Analyse organique de la conduction cardiaque

- Rythme sinusal naît au niveau du NS → **Conduction rapide** jusqu'au NAV qui est le **frein de conduction** ;
- Puis conduction de nouveau très rapide via le faisceau de His et ses branches → direction les deux ventricules (dépolariation) ;
- Puis cette activation électrique sera conduite de cellules myocardiques à cellules myocardiques de manière un peu plus lente → **des régions sous-endocardique vers les régions sous-épicaudique** ;
- Pendant que les ventricules se font dépolariiser, les oreillettes se repolarisent.

B. Analyse graphique de la conduction cardiaque



Tracé typique de l'ECG de surface.

Sur un ECG, nous pouvons observer :

Onde P (P pour « pacemaker » du cœur) : témoigne de la dépolariation des oreillettes (la présence de cette onde devant chaque complexe d'activation ventriculaire permet de dire qu'un rythme cardiaque est normal/sinusal).

Complexe qRs : correspond à la dépolariation ventriculaire et à la repolarisation auriculaire simultanément (la repolarisation auriculaire est masquée par le complexe qRs).

Onde T : est un témoin de la repolarisation ventriculaire.

Remarque – L'onde U n'est pas à savoir, il s'agit probablement de la repolarisation des fibres de Purkinje.