



## I. INTRODUCTION

La fonction principale du cœur est de pomper le sang au travers de deux circuits:

1. **Circuit Pulmonaire:** au travers des poumons pour oxygéner le sang et enlever le dioxyde de carbone.
2. **Circuit Systémique:** pour transporter oxygène et nutriments aux tissus et éliminer le dioxyde de carbone.

Le cœur est parfois décrit comme une pompe duale, car il pourvoit deux circuits séparés en sang.



Pour battre, le cœur nécessite trois types de cellules:

1. Des cellules de contractions rythmiques, qui produisent un signal électrique (nœud sino-auriculaire ou pile cardiaque).
2. Des cellules conductrices pour que se propage le signal.
3. Des cellules contractiles (myocarde) pour pomper mécaniquement le sang.

### Les Etapes Electriques et Mécaniques d'un Battement de Cœur

Le cœur contient des cellules spécialisées qui agissent comme des **stimulateurs cardiaques** ou des **pacemakers**. Ces cellules induisent la séquence électrique de **dépolarisation** puis de **repolarisation**. Cette propriété des tissus cardiaques est appelée **rythmique inhérente** ou **automatic**. Le signal électrique est généré par le **nœud sino-auriculaire** (nœud SA) et se propage vers les muscles ventriculaires via des chemins conducteurs particuliers: **chemins internodaux** et **fibres auriculaires**, le **nœud auriculo-ventriculaire** (nœud AV ou AV nodal), le **faisceau de His** et les bandes droite et gauche, les **fibres de Purkinje** (Fig. 5.1).

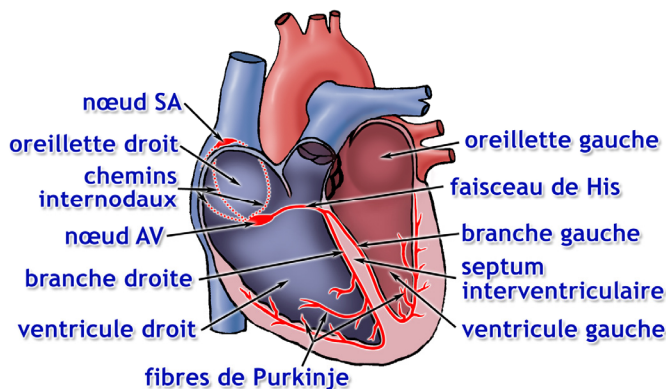


Fig. 5.1 Le Cœur

Quand le signal électrique de dépolarisation atteint les cellules contractiles, celle-ci se contractent—un événement mécanique nommé **systole**. Durant la phase de repolarisation, elles se relâchent—un événement mécanique nommé **diastole**. Ainsi, les signaux électriques provoquent le mécanisme de pompage du cœur; des événements mécaniques qui suivent toujours des événements électriques (Fig. 5.2).

Le nœud SA est le stimulateur normal du cœur, initiant chaque cycle mécanique et électrique. Quand le nœud SA se dépolarise, le stimulus électrique se propage au travers des muscles auriculaires, induisant leur contraction. Ainsi, la dépolarisation du nœud SA est suivie de la contraction des oreillettes.

L'impulsion du nœud SA passe ensuite dans le **nœud auriculo-ventriculaire** (nœud AV) via **les fibres internodales**. (L'onde de dépolarisation ne passe pas directement aux ventricules car le tissu séparant les oreillettes des ventricules n'est pas conducteur.) Le signal électrique est retardé à son passage dans le nœud AV pendant à peu près deux cents millisecondes quand les oreillettes se contractent. Ensuite le signal est envoyé aux ventricules via le **faisceau de His**, par les branches conductrices droites et gauches et les **fibres de Purkinje**. Les fibres de Purkinje répercutent les potentiels d'actions directement sur les muscles ventriculaires, provoquant ainsi la contraction des ventricules (**systole**). Durant la systole ventriculaire, les ventricules commencent à se repolariser et puis entrent dans une période de diastole (Fig. 5.2).

Bien que le cœur génère son propre battement, le pouls (battement par minute – BPM) et la force de contraction sont modifiés par les branches **sympathiques** et **parasympathiques** du système nerveux autonome.

- La branche **sympathique** augmente l'automatisme et l'excitabilité du noeud SA, augmentant la fréquence cardiaque. Cela augmente aussi la conductivité des impulsions électriques à travers le système de conduction atrioventriculaire et augmente la force de contraction atrioventriculaire. L'influence des nerfs sympathiques s'accroît pendant l'inspiration.
- La branche **parasympathique** diminue l'automatisme et l'excitabilité du noeud SA, diminuant la fréquence cardiaque. Cela diminue aussi la conductivité des impulsions électriques à travers le système de conduction atrioventriculaire et diminue la force de contraction atrioventriculaire. L'influence des nerfs parasympathiques s'accroît pendant l'expiration.

### L'Electrocardiogramme (ECG)

De même que l'activité électrique des stimulateurs cardiaques est communiquée aux muscles cardiaques, des “échos” de dépolarisation et repolarisation du cœur sont envoyés dans tout le corps. En plaçant des paires d'**électrodes** très sensibles sur d'autres parties du corps, les échos de l'activité électrique du cœur peuvent être mesurés. L'enregistrement du signal électrique s'appelle un **électrocardiogramme** (ECG). Il est possible de déduire l'activité mécanique du cœur de l'ECG. L'activité électrique varie au cours du cycle de l'ECG comme montré ci-dessous (Fig. 5.2):

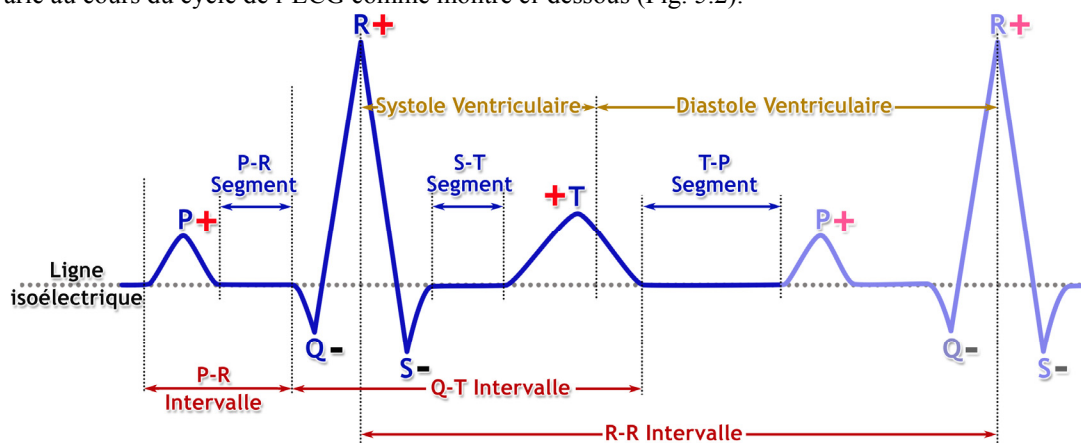


Fig. 5.2 Composantes de l'ECG & événements électriques et mécaniques du cycle cardiaque

Comme l'ECG reflète l'activité électrique, c'est une mesure utile de l'activité cardiaque. S'il y a des interruptions du signal électrique généré ou transmis, l'ECG change. Ces changements sont parfois utiles au diagnostic de pathologies cardiaques. Durant cet exercice, cependant, la position du cœur elle-même change, aussi vous ne pouvez pas standardiser ou quantifier les changements de voltage.

### Composantes de l'ECG

Les événements électriques du cœur (ECG) sont généralement enregistrés comme une ligne de base (ligne isoélectrique), cassée par l'onde P, un **complexe QRS** et une **onde T**. En plus des composantes de l'ECG, il existe des **intervalles** et des **segments** (Fig. 5.2).

- La ligne isoélectrique est le point de départ de l'activité électrique de dépolarisations et repolarisations des cycles cardiaques et indique les périodes où les électrodes d'ECG ne détectent pas d'activité électrique.
- Un **intervalle** est une période de temps incluant ondes et/ou complexes.
- Un **segment** est une période de temps n'incluant pas ondes et/ou complexes.

Tableau 5.1 Composantes de l'ECG &amp; valeurs typiques des dérivation II\*

Composantes De l'ECG		Surface de mesure...	Représentent...	Durée (secondes)	Amplitude (millivolts)
Ondes	P	Commence et finit sur la ligne isoélectrique (ligne de base); normalement au-dessus dans upright in standard limb leads	Dépolarisation des oreillettes droite et gauche	0.07 – 0.18	< 0.25
	Complexe QRS	Commence et finit sur la ligne isoélectrique (ligne de base) du début de l'onde Q vers la fin de l'onde S	Dépolarisation des ventricules droit et gauche. La repolarisation auriculaire fait aussi partie de ce segment, mais le signal électrique pour la repolarisation atriale est masquée par le complexe QRS plus important (voir Fig. 5.2)	0.06 – 0.12	0.10 – 1.50
	T	Commence et finit sur la ligne iso-électrique (ligne de base)	Repolarisation des ventricules droit et gauche	0.10 – 0.25	< 0.5
Intervalles	P-R	Du début de l'onde P vers le début du complexe QRS	Temps entre la dépolarisation auriculaire et la dépolarisation ventriculaire	0.12-0.20	
	Q-T	du début du complexe QRS jusqu'à la fin de l'onde T	Temps entre la dépolarisation ventriculaire et la fin de la repolarisation ventriculaire. Cela représente la période réfractaire des ventricules	0.32-0.36	
	R-R	Du pic de l'onde R au pic de l'onde R suivante	Temps entre 2 dépolarisations ventriculaires successives.	0.80	
Segments	P-R	De la fin de l'onde P vers le début du complexe QRS	Temps de la conduction de l'influx du noeud AV au myocarde ventriculaire	0.02 – 0.10	
	S-T	Entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T	Période de temps représentant la phase précoce de la repolarisation ventriculaire où les ventricules sont plus ou moins uniformément excités	< 0.20	
	T-P	De la fin de l'onde T au début de l'onde P suivante	Temps de la fin de la repolarisation ventriculaire à la dépolarisation auriculaire	0.0 – 0.40	

\*Notes: Ces valeurs représentent les résultats d'une configuration Dérivation II typique (électrodes au poignet et cheville) avec comme fréquence cardiaque du sujet ~75 BPM. Les valeurs sont influencées par la fréquence cardiaque et le placement des électrodes; ces valeurs pourraient être différentes pour un autre placement d'électrodes.

### Câbles

La disposition particulière de deux électrodes (l'une **positive**, l'autre **négative**) par rapport à un troisième (la **terre**) est appelée une **dérivation**. La disposition des électrodes pour différentes dérivation a été standardisée. Dans cette leçon, vous prendrez des mesures avec la Dérivation II: l'électrode positive est placée sur la cheville gauche, une électrode négative sur le poignet droit et l'électrode de terre sur la cheville droite. Des ordres de grandeurs pour la Dérivation II sont donnés dans le Tableau 5.1.

La composante dominante de l'ECG dans tout enregistrement standard est le complexe QRS. Habituellement, dans la Dérivation II, les ondes Q et S sont de petite taille et négatives et l'onde R est grande et positive, comme indiqué Fig. 5.2. Cependant, il est important de noter que de nombreux facteurs, normaux et anormaux, déterminent la durée, la forme, la fréquence et le rythme du complexe QRS.

- Les facteurs normaux incluent la taille corporelle et la distribution de la graisse corporelle, la taille du coeur (masse ventriculaire), la position du coeur dans la poitrine relative à la position des électrodes, le taux métabolique et autres.

Par exemple, chez une personne ayant un diaphragme haut, la pointe du coeur peut être légèrement décalée vers le haut et à gauche. Cette modification de la position du coeur modifie "l'image électrique" de dépolarisation ventriculaire vue par les électrodes de la Dérivation II, ce qui entraîne une diminution de la positivité de l'onde R et une augmentation de la négativité de l'onde S. En d'autres termes, l'amplitude positive de l'onde R diminue et l'amplitude négative de l'onde S augmente.

Des changements similaires dans le complexe QRS de la Dérivation II peuvent être observés chez une personne, un athlète par exemple, qui n'a pas de maladie cardiaque, mais a une masse ventriculaire gauche supérieure à la normale. En fait, la diminution de la positivité de l'onde R couplée à l'augmentation de la négativité de l'onde S peut être si extrême que cela peut donner lieu à l'impression erronée que l'onde R a été inversée. En réalité, le pic inversé est une onde S élargie précédée par une onde R beaucoup plus faible mais toujours positive. Lorsque les amplitudes des ondes Q, R et S de la Dérivation II sont toutes négatives, le résultat est un complexe QRS inversé et anormal.

- Les facteurs anormaux incluent l'hyper- et l'hypothyroïdisme, l'hypertrophie ventriculaire (observée par exemple, dans l'insuffisance chronique valvulaire), l'obésité morbide, l'hypertension essentielle et beaucoup d'autres états pathologiques. Une discussion plus détaillée des changements du complexe QRS en réponse à des facteurs normaux et anormaux nécessite une introduction aux vecteurs cardiaques, pour lesquels le lecteur est renvoyé à la leçon 6.

### Effets du cycle respiratoire au repos sur la fréquence cardiaque

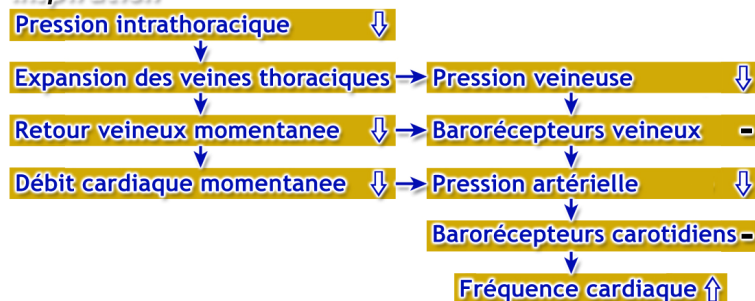
Des augmentations ou diminutions temporaires mineures dans la fréquence cardiaque sont associées au cycle respiratoire au repos reflétant l'adaptation de la fréquence cardiaque par les récepteurs (barorécepteurs) de pression artérielle systémique et veineuse réflexes en réponse au cycle de la pression intrathoracique (Fig. 5.3).

Quand les muscles inspiratoires se contractent, la pression dans le thorax (pression intrathoracique) diminue, donc les veines thoraciques se dilatent légèrement. Cela produit une chute momentanée de la pression veineuse, du retour veineux, du débit cardiaque, et de la pression sanguine artérielle systémique. Le réflexe du sinus carotidien diminue normalement la fréquence cardiaque en réponse à une augmentation de la pression carotidienne.

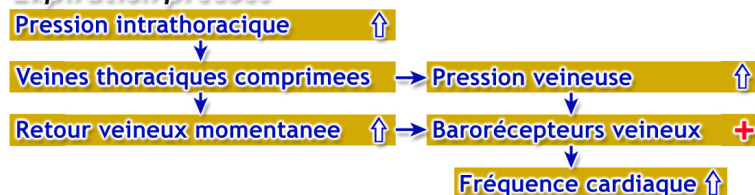
Cependant, la chute momentanée de la pression sanguine artérielle systémique durant l'inspiration réduit la fréquence d'activation des barorécepteurs carotidiens, causant une augmentation momentanée de la fréquence cardiaque.

Quand les muscles inspiratoires se relaxent, se produit au repos une expiration passive. Durant cette expiration passive, la pression intrathoracique augmente provoquant une compression des veines thoraciques, augmentant momentanément la pression veineuse et le retour veineux. En réponse, les barorécepteurs systémiques veineux en réflexe augmentent la fréquence cardiaque. Cependant, la légère augmentation de la fréquence cardiaque est temporaire car cela augmente le débit cardiaque et la pression sanguine artérielle systémique, ce qui augmente l'activation des barorécepteurs carotidiens provoquant une diminution de la fréquence cardiaque.

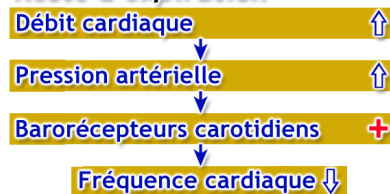
#### Inspiration



#### Expiration précoce



#### Reste d'expiration



Source: Richard Pflanzner, Ph.D., Associate Professor  
Indiana University School of Medicine, Purdue University School of Science

Fig. 5.3 Effets du cycle respiratoire au repos sur la fréquence cardiaque



La valeur moyenne de la fréquence cardiaque d'un adulte au repos est située entre 60-80 battements/min. (Moyenne 70 BPM pour les hommes et 75 BPM pour les femmes.) Des rythmes plus lents sont typiquement mis en évidence chez des individus qui font de l'exercice régulièrement. Certains athlètes sont capables de pomper assez de sang pour subvenir aux demandes du corps avec un rythme cardiaque de seulement 50 BPM. Ces athlètes ont développé des cœurs plus gros, surtout le muscle du ventricule gauche, un phénomène connu sous le nom d' "hypertrophie ventriculaire gauche". En raison de leurs cœurs plus gros et plus efficaces, les sportifs exhibent certaines différences sur l'ECG. Par exemple, un rythme cardiaque bas et une hypertrophie chez un individu sédentaire sont des signes d'une anomalie cardiaque, mais ces changements sont "normaux" chez un sportif bien entraîné.

Comme les ECGs sont couramment utilisés, les éléments élémentaires sont standardisés de façon à simplifier la lecture des ECGs. Les ECGs superposent une grille standardisée de carrés petits et clairs avec au-dessus une grille de carrés plus gros et plus foncés (Fig. 5.4). La grille la plus petite a toujours pour unité quarante millisecondes sur l'abscisse et les lignes verticales plus foncées sont espacées de deux cents millisecondes. Les ordonnées représentent l'amplitude en mV. L'ordonnée de la petite grille est graduée en intervalle de 0.1mV alors que les lignes horizontales foncées sont espacées de 0.5 mV. Au cours de cette leçon, vous allez enregistrer un ECG sous quatre conditions.

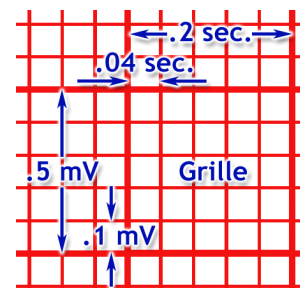


Fig. 5.4 Grille ECG standard