

# Comprendre l'ECG

## PLAN DU CHAPITRE

---

- 1.1. Acquisition du signal
- 1.2. Cycle cardiaque
- 1.3. Pièges classiques

## 1.1. Acquisition du signal

L'ECG est l'impression sur papier du signal produit par l'activité électrique du cœur recueillie par des électrodes cutanées (Fig. 1.1). La dépolarisation et la repolarisation des cellules cardiaques (potentiel d'action) se fait de proche en proche et, pour un ensemble de cellules, c'est un front d'onde orienté enregistré. Sa traduction sur l'ECG est une déflexion (onde). La déflexion est positive lorsque l'influx électrique se dirige vers l'électrode et négative lorsqu'elle la fuit (typiquement si elle naît au niveau de l'électrode avec alors un pouvoir localisateur). Enfin, une onde est plate (isoélectrique) ou diphasique (positive puis négative ou l'inverse) lorsqu'elle se dirige de manière perpendiculaire à l'électrode (Fig. 1.2).

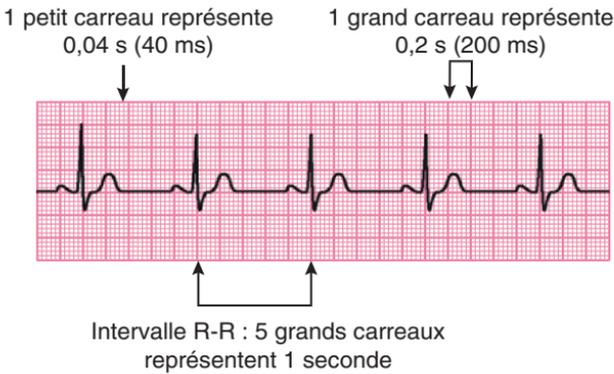


Figure 1.1. ECG : le papier millimétré.

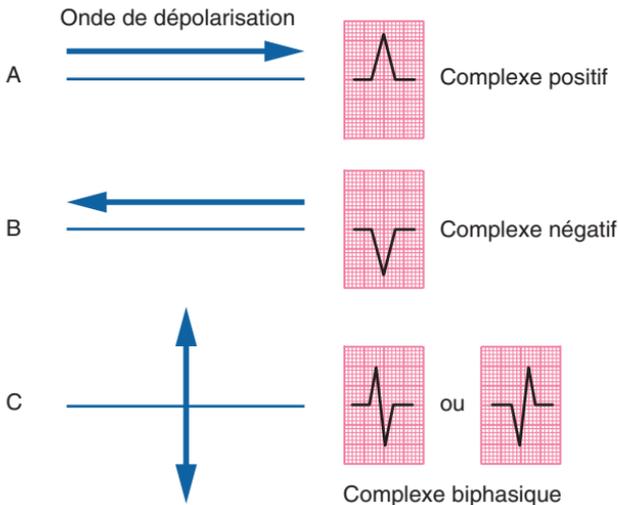
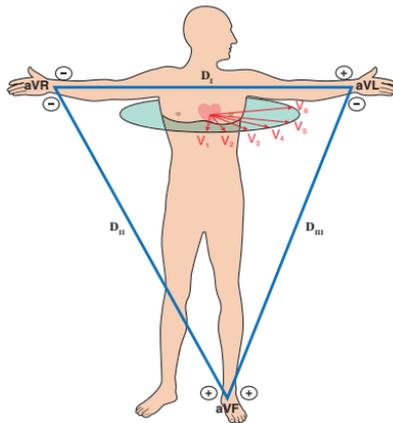


Figure 1.2. Principe de l'influx électrique.

Les dix électrodes placées à la surface de la peau, quatre sur les membres et six sur le thorax, permettent de définir 9 dérivations unipolaires (pont virtuel entre l'électrode unipolaire et une électrode neutre, nécessitant une amplification notée « a », l'électrode placée sur la jambe droite étant considérée comme l'électrode neutre) et 3 bipolaires (entre deux électrodes) (Fig. 1.3).

Pour un ECG à 18 dérivations, il faut déplacer les électrodes afin d'obtenir six dérivations unipolaires supplémentaires :  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V_3$  sont respectivement positionnées en VE (sous-xyphoïde),  $V_3R$  et  $V_4R$  (symétrique à droite du sternum de  $V_3$  et  $V_4$ ), et  $V_4$ ,  $V_5$  et  $V_6$  sont respectivement positionnées dans le dos sur la même ligne horizontale en  $V_7$ ,  $V_8$  (pointe de l'omoplate) et  $V_9$  (Fig. 1.4). Ces modifications sont immédiatement reportées par écrit sur le tracé pour éviter toute confusion.

Plusieurs territoires (Tableau 1.1) définis à partir d'un ensemble de dérivations permettent une description ECG correspondant aux parois cardiaques et à leur vascularisation coronaire. Il faut toujours se demander si une anomalie ECG fait partie d'un ou de plusieurs territoires, si elle est diffuse sur toutes les dérivations (en faveur d'une cause générale, métabolique ou médicamenteuse) ou isolée à une dérivation (considérée le plus souvent comme non pathologique).



**Figure 1.3. Représentation des différentes électrodes et dérivations de l'ECG 12 dérivations.**

Classiquement, les trois dérivations bipolaires forment ensemble le triangle d'Einthoven.

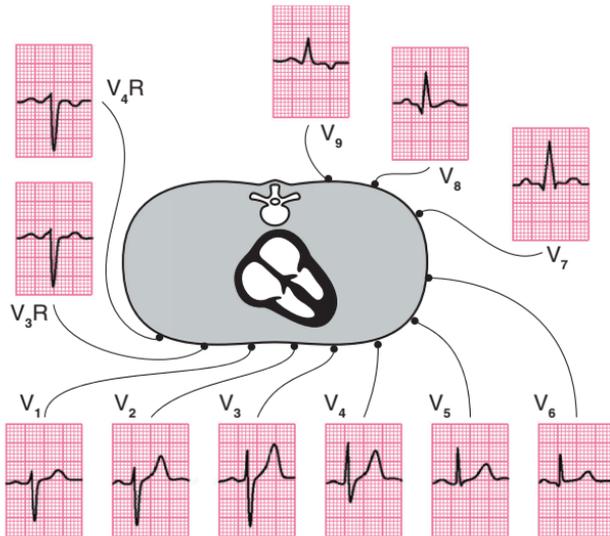


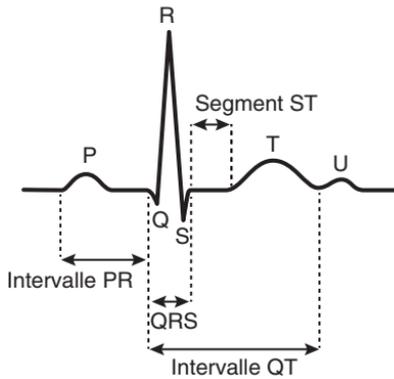
Figure 1.4. ECG 18 dérives.

Tableau 1.1. Différents territoires ECG.

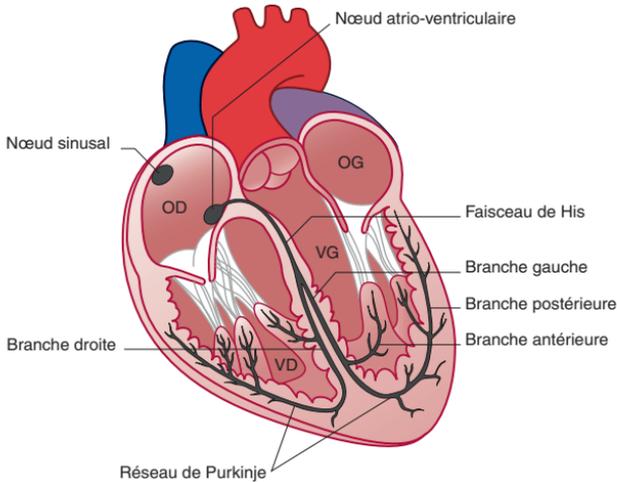
Électrodes	Territoires	Vascularisation coronaire
V <sub>1</sub> V <sub>2</sub> V <sub>3</sub>	Antéroseptal	IVA ou diagonale
V <sub>4</sub>	Apical	IVA ou diagonale
V <sub>1</sub> à V <sub>4</sub>	Antéro-septo-apical	IVA ou diagonale
V <sub>5</sub> V <sub>6</sub>	Latéral bas	Cx ou marginale
DI, aVL	Latéral haut	Marginale ou diagonale
V <sub>1</sub> -V <sub>6</sub> DI, aVL	Antérieur étendu	IVA proximale
DII, DIII, aVF	Inférieur	Coronaire droite ou Cx
V <sub>1</sub> -V <sub>3</sub> + DII, DIII, aVF	Septal profond	IVA
V <sub>7</sub> V <sub>8</sub> V <sub>9</sub>	Postérieur ou basal	Coronaire droite ou Cx
DII, DIII, aVF + V <sub>7</sub> V <sub>8</sub> V <sub>9</sub>	Inférobasal	Coronaire droite ou Cx
VE, V <sub>3R</sub> , V <sub>4R</sub>	Ventricule droit	Coronaire droite ou Cx

## 1.2. Cycle cardiaque (Fig. 1.5)

L'activité électrique du cœur est coordonnée par un réseau de cardiomyocytes « électriciens » : le **tissu nodal**. Ces cardiomyocytes propagent l'influx électrique aux milliards de cardiomyocytes « mécaniciens » qui, eux, ont la mission de transformer l'activité électrique en énergie mécanique.



**Figure 1.5. Nomenclature ECG d'un cycle cardiaque.**



**Figure 1.6. Tissu nodal.**

Le tissu nodal comporte successivement le nœud sinusal, le nœud atrioventriculaire, le faisceau de His, ses branches droite et gauche, et enfin le réseau de Purkinje (Fig. 1.6).

Le cheminement de l'activation de ce tissu nodal se traduit sur l'ECG par un cycle cardiaque; chaque cycle comprend 3 signaux (P de la dépolarisation atriale, QRS de la dépolarisation ventriculaire, et T de la repolarisation ventriculaire) et 2 intervalles (PR de la conduction atrioventriculaire, et QT de l'ensemble du cycle ventriculaire incluant dépolarisation et repolarisation) (Fig. 1.1. et 1.5). Ces lettres ont été choisies par convention. La masse musculaire des oreillettes étant plus faible que celle des ventricules, les signaux relatifs aux modifications électriques atriales sont beaucoup plus faibles que celles des ventricules.

L'**automatisme** est l'aptitude à générer un influx. L'automatisme le plus élevé se situe dans le NS, puis il est de moins en moins rapide au fur et à mesure que l'on descend vers les ventricules (NAV, faisceau de His et ses branches, réseau de Purkinje). Les cellules automatiques présentent un potentiel d'action ayant une pente de dépolarisation diastolique spontanée; les cellules non automatiques (c'est-à-dire hors tissu nodal) n'en ont pas et doivent être excitées par les cellules avoisinantes.

La **conduction** du courant électrique dans le tissu nodal se fait à des vitesses différentes, lente dans le nœud sinusal et le NAV, rapide dans le faisceau de His, ses branches et le réseau de Purkinje. La vitesse de conduction dépend de la pente de la phase 0 du potentiel d'action (Fig. 1.7). Par ailleurs, les cardiomyocytes sont fusiformes et la conduction est plus rapide dans leur grand axe que transversalement.

L'**onde P** caractérise la dépolarisation des oreillettes propagée de haut en bas. Elle est visible au mieux en  $D_2$  et  $V_1$ . Une onde P provient du nœud sinusal quand elle est positive sur toutes les dérivations du plan frontal, sauf en aVR. Dans les dérivations précordiales, les ondes P sont diphasiques ( $\pm$ ) en  $V_1$ .

L'**intervalle PR** mesure le temps de conduction atrioventriculaire.

Le **complexe QRS** correspond à la dépolarisation ventriculaire. La forme des ondes qui la compose est précisée par des lettres majuscules quand elles sont amples et par des lettres minuscules quand elles sont peu marquées. La nomenclature du QRS est la suivante : l'onde R est la première onde positive du complexe, Q est la première onde négative précédant R, et S est l'onde négative survenant après R. R' est la deu-

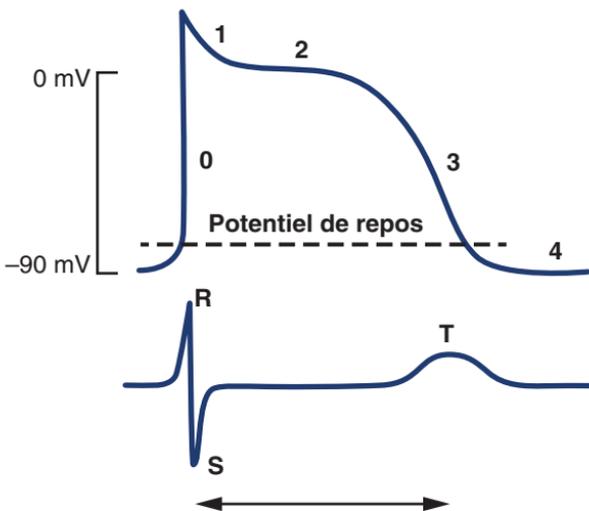


Figure 1.7. Potentiel d'action des myocytes contractiles.

xième onde positive, après R. Lorsqu'il n'y a qu'une seule onde négative sans onde R dans le complexe, cette déflexion négative est nommée **QS**. Quand il n'y a qu'une onde R, on la dit **R exclusif**. La déflexion intrinsèque (intrinsécoïde pour les puristes) est le temps qui sépare le début du QRS du sommet de l'onde R.

La morphologie du QRS physiologique change selon les dérivations (Fig 1.4 et 1.8). Lors de la dépolarisation ventriculaire, l'influx initial provient du SIV et se dirige (dans un cœur normal) de gauche à droite. Les dérivations  $V_1$ - $V_2$  sont en regard du VD,  $V_3$ - $V_4$  en regard du septum,  $V_5$ - $V_6$  en regard du VG. Il en résulte donc :

- initialement, une onde r en  $V_r$ , alors qu'une petite onde q « septale » est inscrite en  $D_1$  et  $V_6$ ;
- ensuite, une onde S est inscrite en  $V_r$ , en raison de la dépolarisation du VG (masse plus importante que celle du VD), et une onde R en  $V_6$ ;
- enfin, quand la totalité du myocarde est dépolarisée, le tracé regagne la ligne isoélectrique.

L'ascension de l'onde R et la régression de l'onde S sont donc progressives de  $V_1$  à  $V_6$ . La transition, quand R et S sont d'amplitude identique (habituellement  $V_3$ - $V_4$ ), indique l'emplacement du SIV.

L'axe du QRS, appelé classiquement l'axe du cœur, représente la résultante vectorielle des dépolarisations ventriculaires (Fig. 1.9). L'axe normal est compris entre  $-30^\circ$  et  $+90^\circ$ . Il est calculé automatiquement par tous les appareils actuels. En regardant les unipolaires du plan frontal, on peut définir rapidement quatre cadrans (supérieur droit, supérieur gauche, inférieur droit, inférieur gauche).

Le **segment ST** correspond à la repolarisation ventriculaire (cf. infra, section 2.2.3.1).

L'**onde T** correspond à la phase rapide de la repolarisation ventriculaire.

L'**intervalle QT** est la durée de dépolarisation et de repolarisation des ventricules. C'est la systole électrique du cœur.

L'**onde U** est une onde surnuméraire après l'onde T.

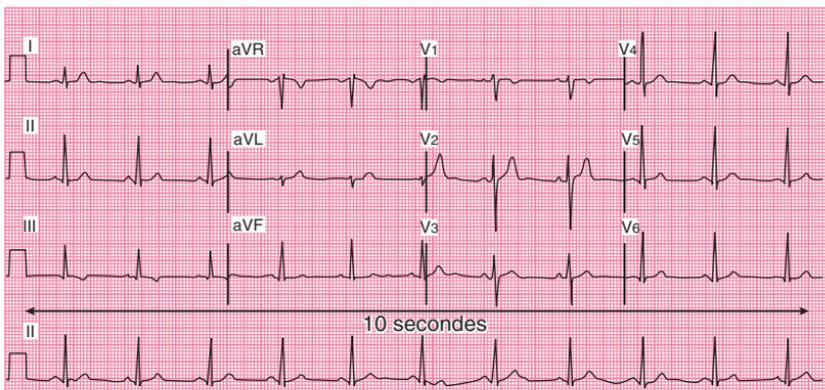
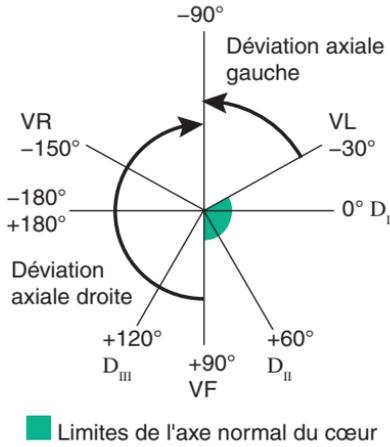


Figure 1.8. ECG normal.



■ Limites de l'axe normal du cœur

**Figure 1.9. Représentation vectorielle de l'axe cardiaque.**

La repolarisation atriale ne se voit pas car elle est d'amplitude trop faible et confondue à la dépolarisation ventriculaire.

Pour que les données numériques soient bien précises, il faut que l'enregistrement soit correctement étalonné (vitesse de déroulement, en routine, de 25 mm/s et échelle d'amplitude à 1 mV/cm).

### 1.3. Pièges classiques

Des vérifications systématiques (rapides) doivent être effectuées pour chaque ECG afin d'éviter **trois pièges** classiques : erreurs d'étalonnage, erreurs de fils et artefacts.

#### 1.3.1. Erreur d'étalonnage

Si le recueil est électronique, le déroulement mécanique peut être défaillant et rendre inexacte la mesure des intervalles. L'erreur d'amplitude gêne les mesures de voltage. Une erreur de vitesse de déroulement peut alors montrer un rythme lent/rapide avec des QRS élargis/fins.

#### 1.3.2. Erreur de branchement des électrodes

Le placement de chacune des électrodes est noté à son extrémité : «Le sang (rouge) sur le bitume (noir), et le soleil (jaune) au-dessus de la prairie (vert)». Les inversions d'électrodes sont des pièges classiques. Des ondes P négatives en  $D_I/aVL$ , un QRS négatif en  $D_I/aVL$  et/ou un QRS ou une onde T positifs en aVR

doivent intriguer le lecteur. Il faut alors vérifier les électrodes périphériques des membres. Toutes les erreurs sont possibles et doivent être envisagées quand des ECC successifs sont très différents.

### 1.3.3. Artefacts

Les artefacts peuvent être évités en enregistrant l'ECC dans des conditions favorables : patient au calme et détendu, en décubitus dorsal, les membres supérieurs le long du corps.

La ligne de base doit être isoélectrique (horizontale). Dans le cas contraire, il faut s'assurer que le patient ne bouge pas. Pour ceux qui ont des tremblements des extrémités (maladie de Parkinson), il est possible de placer les électrodes des membres supérieurs sur les épaules, et celles des membres inférieurs sur les cuisses ou les crêtes iliaques. Il importe d'éloigner montre, smartphone ou barreaux de lit pour éviter toutes interférences, et de vérifier les défauts de contact des électrodes. Il est possible d'activer le filtre de l'électrocardiographe.