

ECG

Dr Hervé Zender

Médecin chef

Service des soins intensifs

Département de médecine

Hôpital neuchâtelois - La Chaux-de-Fonds

Médecin consultant

Service des soins intensifs

Département APSI

Hôpitaux universitaires de Genève

2012

ECG



ECG

Définition :

L'électrocardiogramme (ECG), terme cité pour la première fois en 1893, correspond à la mesure de l'activité électrique des 10 milliards de cellules du myocarde (cœur). Une image graphique représentant des variations de millivoltages en fonction du temps est ainsi obtenue habituellement sur une feuille millimétrée.

ECG

Définition : (suite)

1 Volt (V) correspond à la différence de potentiel (ou tension) électrique qui existe entre deux points d'un conducteur traversé par un courant constant de 1 ampère (intensité électrique) lorsque la puissance dissipée entre ces deux points est égale à 1 watt (puissance électrique).

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W} / 1 \text{ A}$$

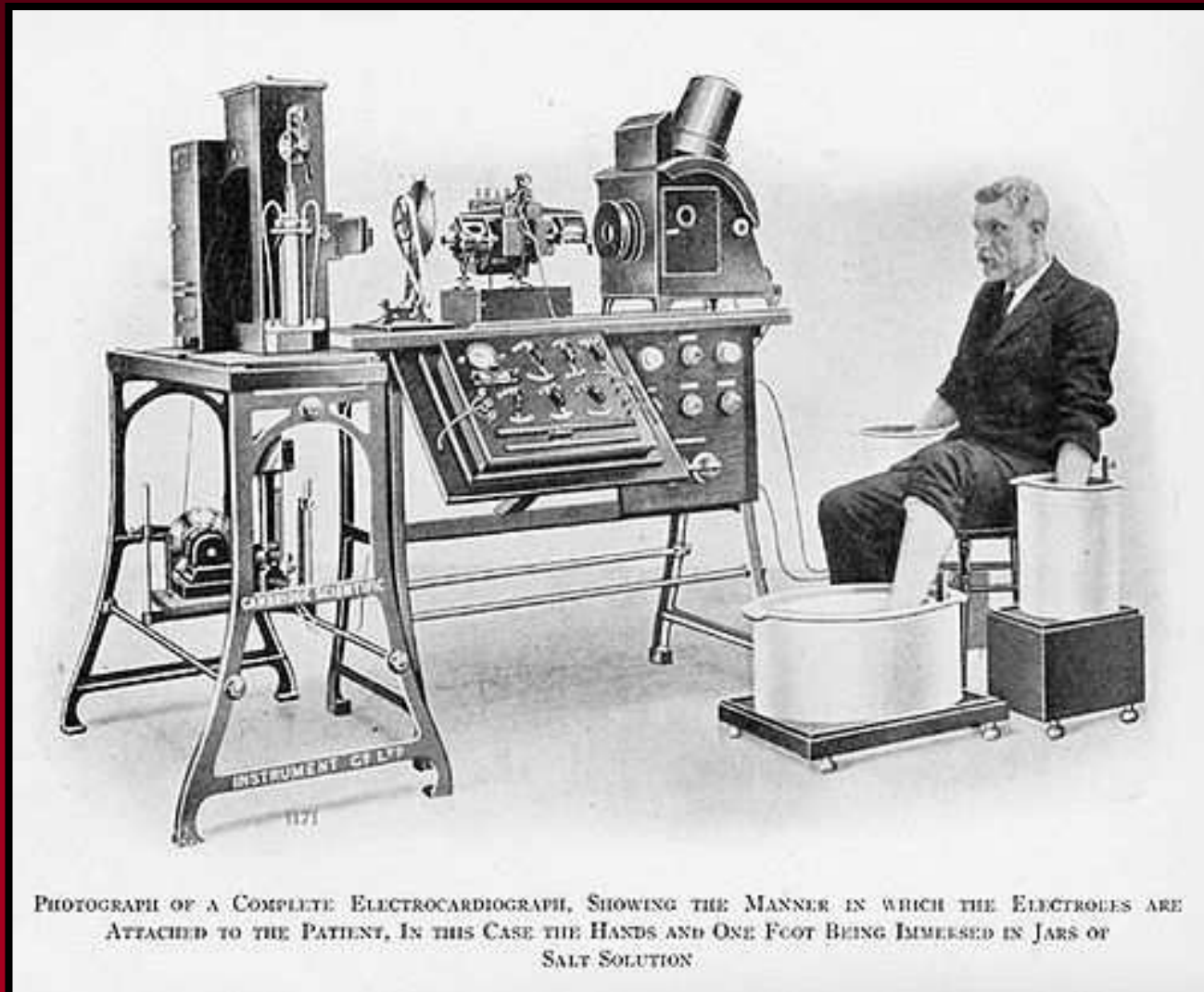
$$1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V.}$$

ECG

Historique :

L'électrocardiogramme (ECG) a été enregistré pour la première fois par l'anglais AD. Waller en 1887 (ondes ABCD) au moyen de l'électromètre capillaire de G. Lippmann de 1872, mais le premier vrai appareil de mesure fiable (galvanomètre à cordes, 300 kg) remonte à 1901 par le hollandais W. Einthoven (ondes PQRST) qui obtiendra pour ceci le prix Nobel en 1924.

ECG

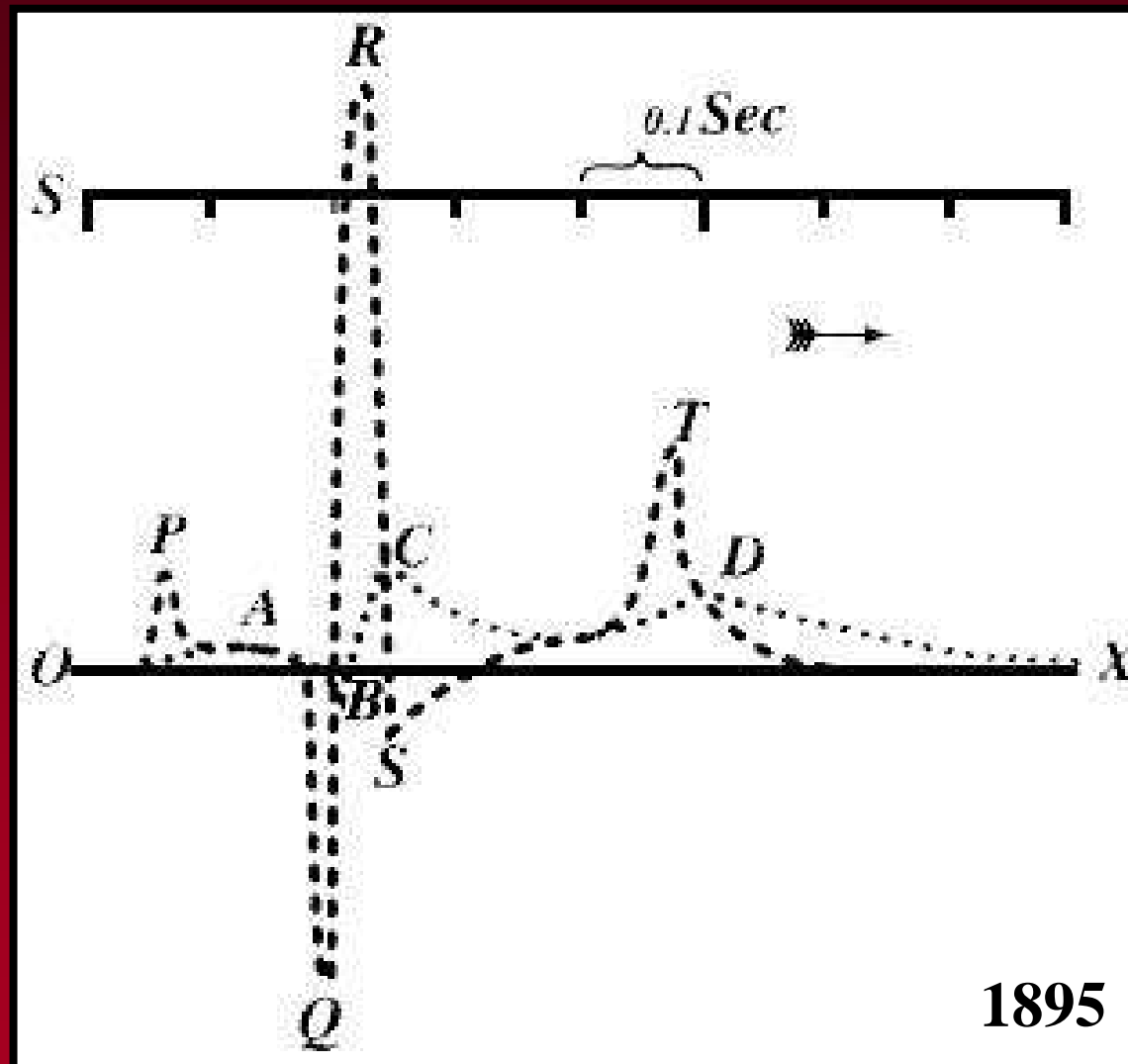


ECG

Historique : (suite)

Les lettres PQRST (puis U en 1906) ont été choisies par Einthoven dès 1895 d'une part pour se distancier des travaux de Waller qui avait décrit des ondes moins précises de A à D et d'autre part en référence à René Descartes qui avait inventé la géométrie analytique (17^e siècle) avec description de points P et Q sur des courbes lors de sa présentation de la loi de la réfraction.

ECG



ECG

Rappel anatomique :

L'«horloge» physiologique du cœur se situe dans le nœud sinusal [voir schéma : ①] ou nœud sino-auriculaire ou nœud de Keith-Flack (cellules myocardiques spécialisées sous-épicardiques dans la partie supérieure de l'oreillette droite, proche de la jonction avec la veine cave supérieure).

ECG

Rappel anatomique : (suite)

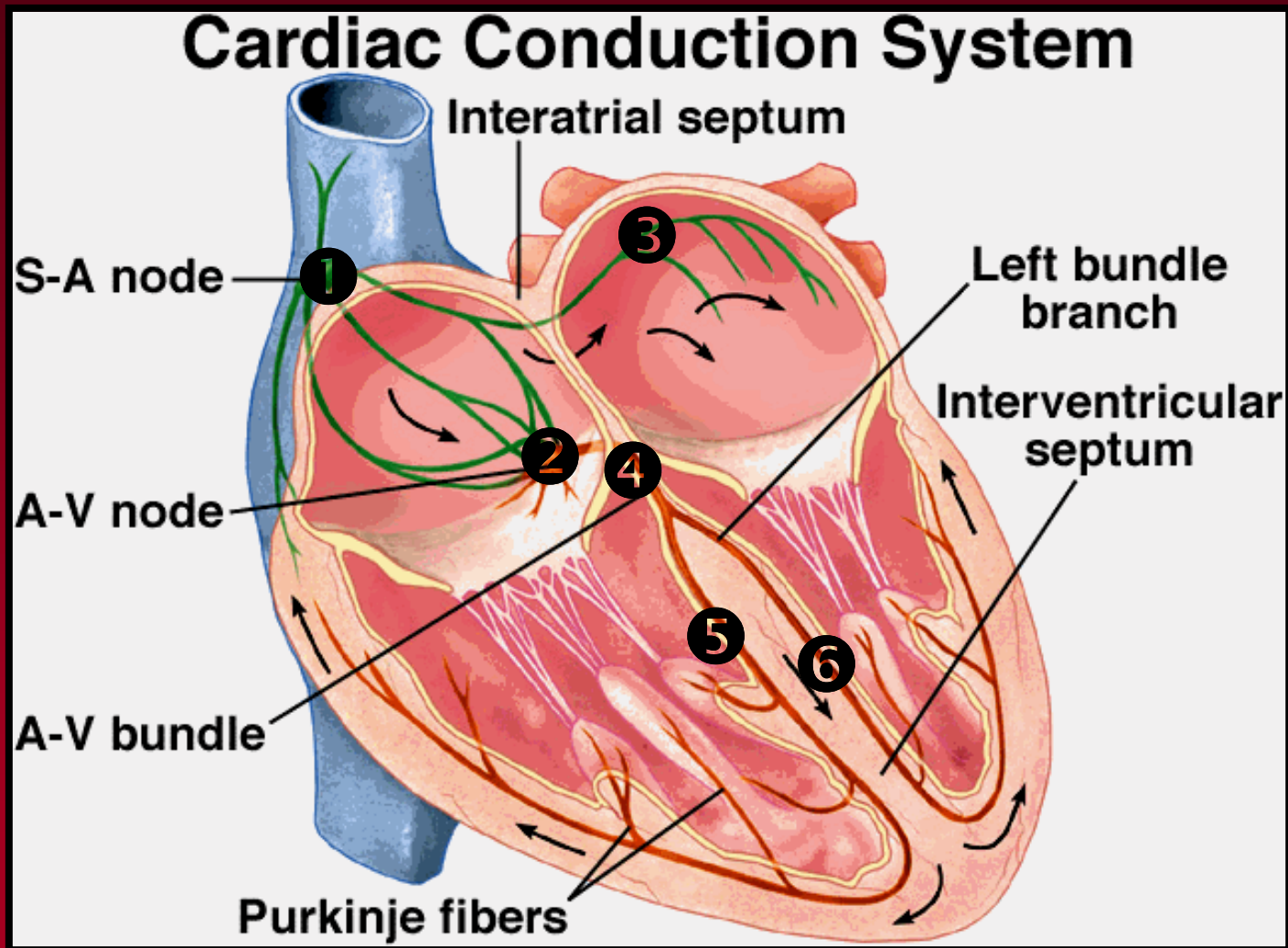
La conduction du signal électrique au nœud atrio-ventriculaire [②] ou nœud d'Aschoff-Tawara (cellules myocardiques spécialisées sous-endocardiques dans la partie inférieure de l'oreillette droite, proche de l'anneau de la tricuspide et du sinus veineux coronarien) se fait par trois voies préférentielles dont l'une (faisceau de Bachmann [③]) va aussi stimuler l'oreillette gauche.

ECG

Rappel anatomique : (suite)

La conduction du signal électrique aux ventricules se fait d'abord par le faisceau de His [④] puis par une branche droite [⑤] et une branche gauche [⑥] se subdivisant elle-même en un faisceau antérieur et un faisceau postérieur (la majorité de ces structures se situant dans le septum interventriculaire), stimulant finalement, via le réseau des fibres de Purkinje, les cellules myocardiques, de l'endocarde vers l'épicarde. Tout ce système est nommé système cardionecteur.

ECG



ECG

Electrophysiologie :

Comme toutes les cellules du corps humain, les cellules myocardiques au repos sont polarisées au niveau de la membrane cellulaire : entre l'extérieur de la cellule (chargé positivement) et l'intérieur (chargé négativement), il existe une différence de charge électrique. Cette différence de charge électrique, nommée aussi potentiel de repos ou potentiel de membrane est maintenue activement grâce à des pompes $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}_{ase}$ faisant sortir du Na^+ et entrer du K^+ dans la cellule. Ce potentiel de repos est d'environ - **90 mV** pour les cellules myocardiques contractiles.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Lors de l'activation de la cellule myocardique, un courant électrique généré par l'entrée brutale mais courte de Na^+ dans la cellule déclenche une dépolarisation (changement de polarité électrique de la membrane cellulaire avec extérieur devenant négatif et intérieur devenant positif). Cette augmentation brutale de la perméabilité de la membrane cellulaire au Na^+ est rapidement suivie par une entrée plus prolongée dans la cellule de Ca^{2+} le tout donnant lieu à un potentiel d'action d'environ **+ 30 mV** pour les cellules myocardiques contractiles.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Après l'entrée brutale de Na^+ et de Ca^{2+} , la cellule va retrouver son potentiel de repos en faisant sortir du K^+ de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur permettant ainsi de retrouver le potentiel de membrane négatif. De plus, les pompes $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{ATP}_{\text{ase}}$ sont aussi activées, faisant ressortir du Na^+ de la cellule et faisant rentrer du K^+ pour revenir aux conditions électrolytiques initiales. On parle alors de repolarisation de la membrane cellulaire (extérieur redevenant positif et intérieur redevenant négatif).

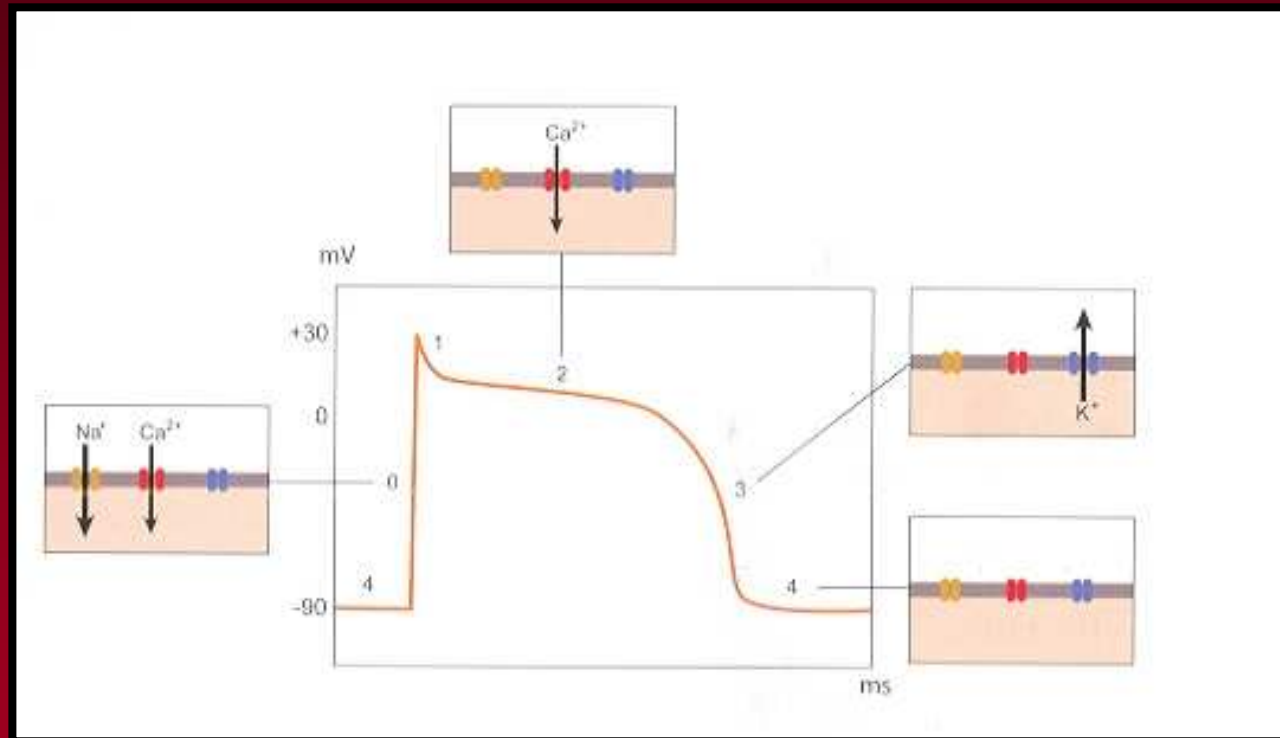
ECG

Electrophysiologie : (suite)

On distingue 5 phases du potentiel d'action:

- Phase 0: entrée de Na^+ et de Ca^{2+} (dépoléarisation).
- Phase 1: brève entrée de Cl^- (baisse le potentiel d'action).
- Phase 2: persistance d'entrée du Ca^{2+} (détermine la durée du potentiel d'action).
- Phase 3: sortie du K^+ (ramène le potentiel d'action à sa valeur de repos).
- Phase 4: sortie du Na^+ et réentrée du K^+ .

ECG



ECG

Electrophysiologie : (suite)

Toutes les cellules myocardiques ont la propriété d'être auto-excitables, processus capable d'entraîner une contraction automatique rythmique. Cette capacité d'auto-excitabilité est physiologiquement maximale au niveau du nœud sinusal (sa fréquence de dépolarisation intrinsèque est supérieure à celle de tous les autres éléments du système de conduction du myocarde).

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Cette capacité d'auto-excitabilité du nœud sinusal explique pourquoi celui-ci est le pacemaker naturel du cœur, générant une fréquence cardiaque soumise cependant à des influx du système nerveux autonome accélérateurs pour le système sympathique et freinateurs pour le système parasympathique.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Ce «pilotage» de la fréquence cardiaque par le nœud sinusal explique la dénomination classique de rythme sinusal. En une vie de 80 ans, à une fréquence moyenne de 80/min, ce lacis de cellules excitables de 2,5 cm sur 0,2 cm va «piloter» plus de **3 milliards** de contractions cardiaques. Au sein du nœud sinusal, les variations électriques sont moins importantes que dans les cellules myocardiques contractiles : le potentiel de repos est à environ - **60 mV** et le pic du potentiel d'action est vers **0 mV** (Δ de 60 mV contre 120 mV pour les cellules myocardiques contractiles).

ECG

Electrophysiologie : (suite)

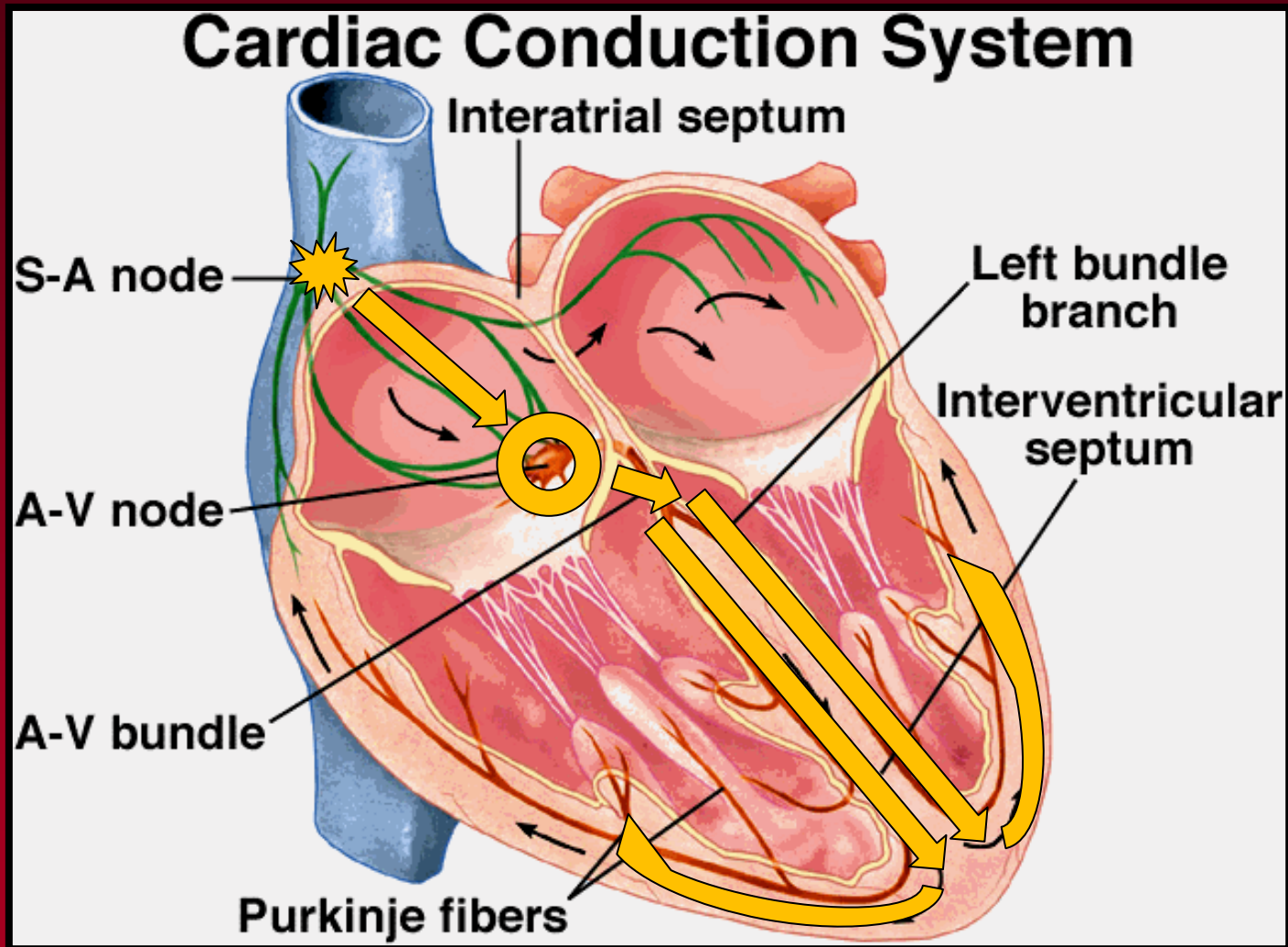
Après la génération d'un courant électrique par sommation de potentiels d'action des cellules myocardiques spécialisées au niveau du nœud sinusal, celui-ci va se propager préférentiellement dans les structures de conduction (ou système cardionecteur, sorte de câblage électrique à l'intérieur du cœur sans capacité contractile, voir schéma). Les trois faisceaux atrio-nodaux (faisceaux de Thorel, de Wenckebach et de Bachmann) vont permettre une contraction quasiment simultanée des deux oreillettes.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Le signal électrique est ensuite freiné au niveau du nœud atrio-ventriculaire pour permettre un bon remplissage ventriculaire puis le faisceau de His et ses branches droite et gauche vont à leur tour permettre une contraction quasiment simultanée des deux ventricules. Le passage finalement du courant électrique dans les cellules myocardiques des ventricules se fait de l'endocarde vers l'épicarde tandis que la repolarisation va suivre un chemin inverse, de l'épicarde vers l'endocarde.

ECG

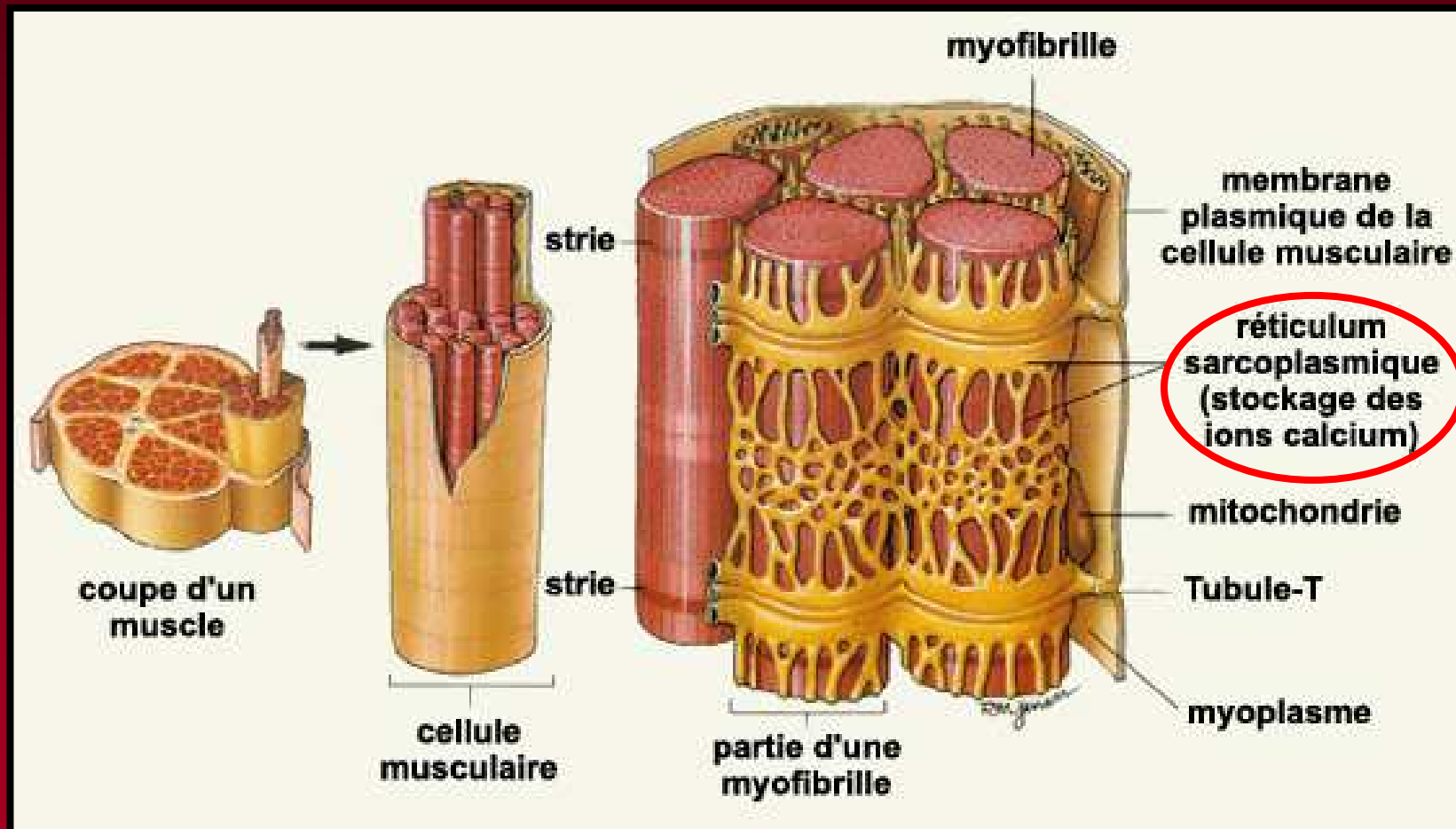


ECG

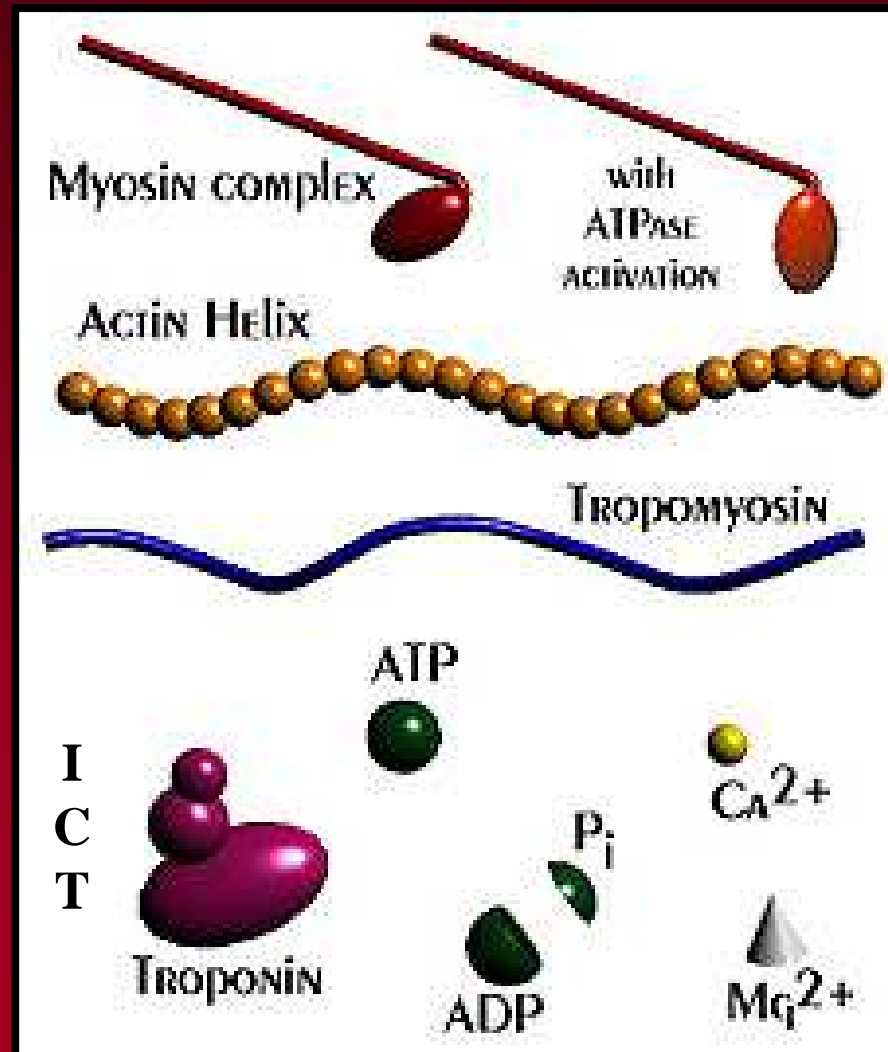
Electrophysiologie : (suite)

L'arrivée du potentiel d'action au niveau de la membrane cellulaire myocardique va déclencher la sortie, à l'intérieur de la cellule, du Ca^{2+} stocké dans le réticulum sarcoplasmique. Le Ca^{2+} dont la concentration augmente alors dans le cytoplasme, est utilisé pour le glissement des filaments d'actine et de myosine et donc la contraction cellulaire. On parle alors du couplage excitation-contraction.

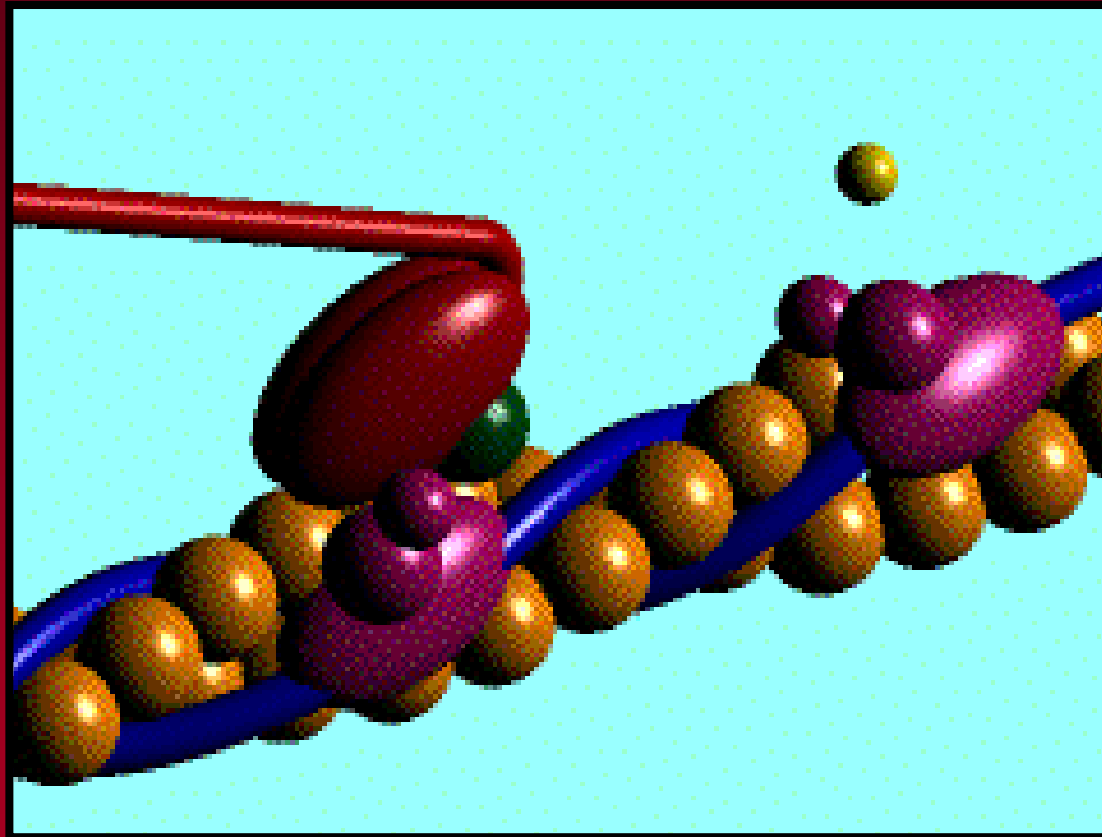
ECG



ECG



ECG



ECG

Electrophysiologie : (suite)

Ces phénomènes de dépolarisation - repolarisation se propageant dans le muscle myocardique de proche en proche génèrent un courant électrique par sommation des potentiels d'action des cellules myocardiques contractiles (l'activité électrique de dépolarisation - repolarisation du système cardionecteur ou du système de conduction n'est pas directement visible sur l'ECG). Lors d'une mesure entre 2 électrodes au repos, il n'y a donc aucune activité électrique, ce qui va se traduire par une ligne plate sur l'ECG.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Lors de la génération d'un courant électrique positif (ou plutôt passant de négatif à positif comme lors de la dépolarisation), si le courant électrique positif se rapproche de l'électrode, une déflexion positive va s'observer sur l'ECG tandis que si le courant électrique positif s'éloigne de l'électrode, une déflexion négative va s'observer sur l'ECG.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

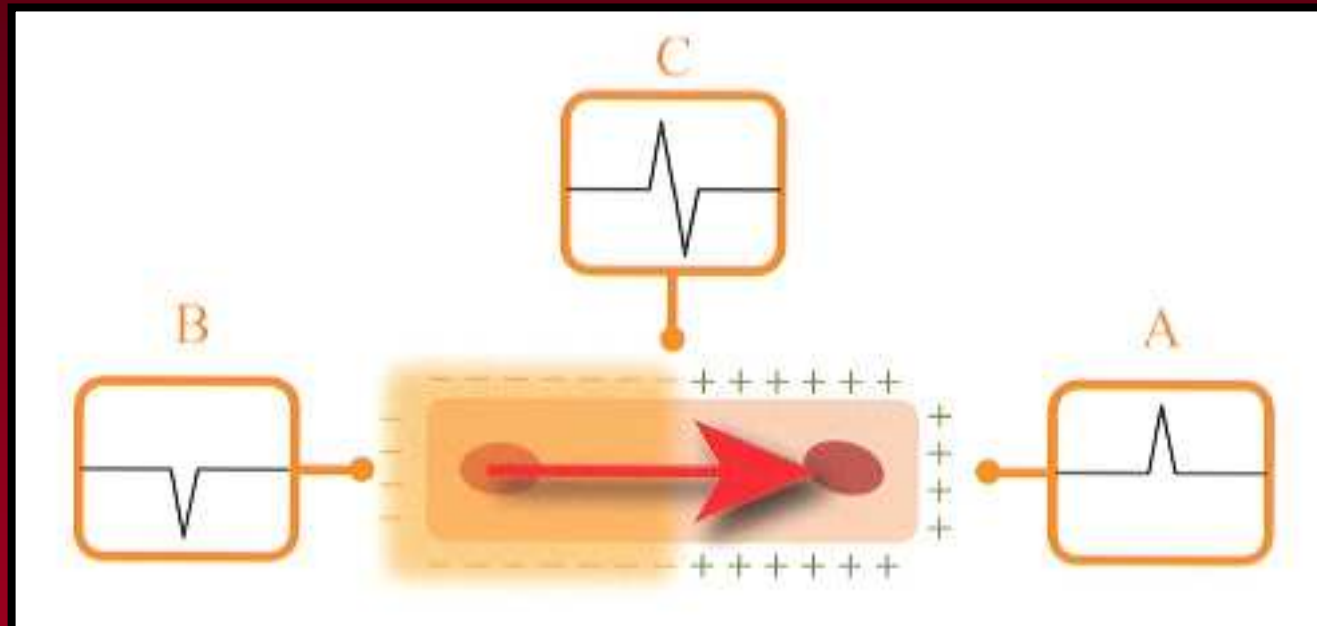
En cas de génération d'un courant électrique négatif (ou plutôt passant de positif à négatif comme lors de la repolarisation), si le courant électrique négatif se rapproche de l'électrode, une déflexion négative va s'observer sur l'ECG tandis que si le courant électrique négatif s'éloigne de l'électrode, une déflexion positive va s'observer sur l'ECG.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Ce phénomène explique pourquoi la dépolarisation et la repolarisation sont habituellement dans le même sens (par exemple déflexion positive du complexe QRS et de l'onde T en aVL) : lors de la dépolarisation, un courant électrique positif va se diriger vers aVL (onde électrique positive allant de l'endocarde à l'épicarde) et lors de la repolarisation, un courant électrique négatif va s'éloigner de aVL (onde électrique négative allant de l'épicarde vers l'endocarde).

ECG



ECG

Electrophysiologie : (suite)

L'amplitude de la déflexion va correspondre d'une part à la masse musculaire concernée et d'autre part à l'axe entre le vecteur d'activité électrique myocardique et l'axe de mesure de l'électrode. Les changements de direction du vecteur électrique myocardique en fonction du temps sont responsables des changements de déflexion observés particulièrement dans le complexe QRS.

ECG

Electrophysiologie : (suite)

Hormis la dépolarisation ventriculaire allant de l'endocarde à l'épicarde, la dépolarisation se déplace dans l'espace débutant dans le septum pour aller ensuite dans le ventricule droit puis dans la paroi antérieure du ventricule gauche puis dans la paroi postéro-latérale du ventricule gauche.

ECG

Technique :

L'ECG nécessite, outre un patient allongé, un appareil électronique (voire informatisé) amplifiant le signal électrique mesuré sur le corps. Des câbles électriques sont fixés sur le corps au moyen d'électrodes ou capteurs cutanés (voir positions plus loin) avec des systèmes améliorant le contact électrique (gel ou liquide conducteur). Le tracé est obtenu souvent sur un écran puis imprimé (papier thermique, jet d'encre, impression informatisée...) sur un papier millimétré permettant des mesures précises.

ECG



ECG

Technique : (suite)

Certains appareils proposent aussi une interprétation informatique du tracé (prudence !). Depuis 2007, 117 diagnostics ECG répartis dans 14 catégories sont répertoriés. Le papier se déroule habituellement à **25 mm/s** (possibilité aussi d'accélérer la vitesse à 50 mm/s pour certaines analyses plus fines) et l'étalonnage de la mesure de l'activité électrique est d'un cm pour **1 mV** (possibilité de diminuer à un cm pour 0,5 mV si les complexes sont très hauts).

ECG

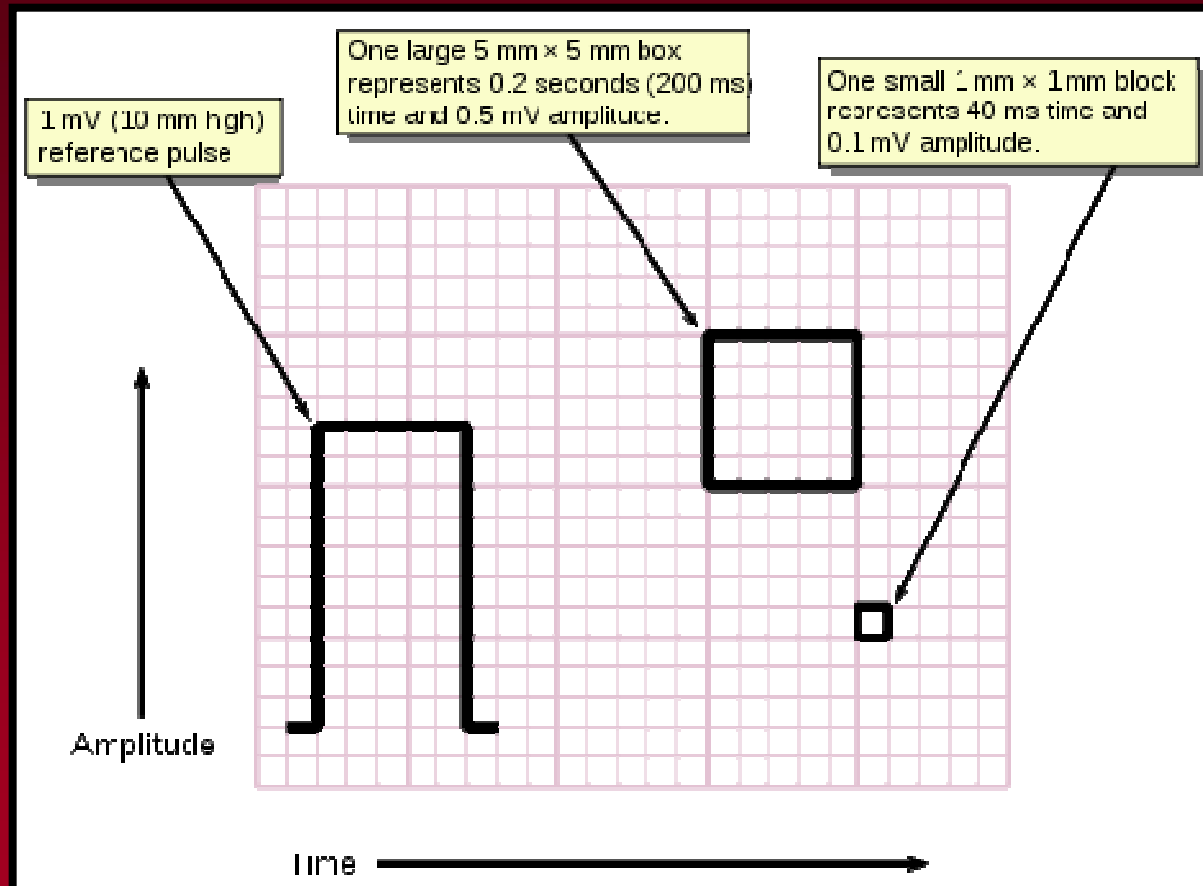
Technique : (suite)

Ainsi, sur le papier :

- Sur l'axe horizontal : $1 \text{ mm} = 0,04 \text{ s}$ ou 40 ms .
- Sur l'axe vertical : $1 \text{ mm} = 0,1 \text{ mV}$.

Un filtre limite l'enregistrement entre $0,05 \text{ Hz}$ et 150 Hz pour diminuer les artéfacts.

ECG



ECG

Technique : (suite)

Dérivations :

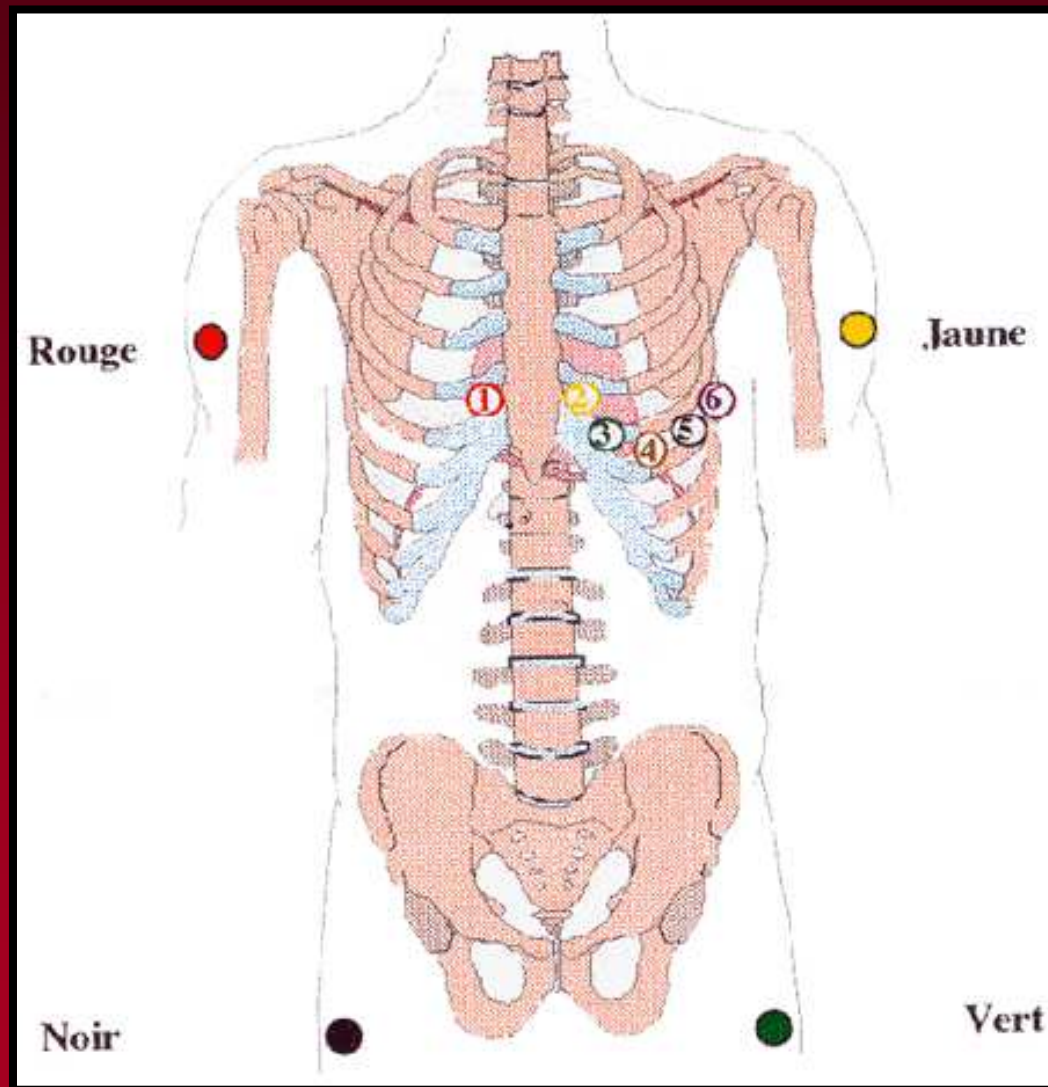
L'ECG comprend habituellement 12 dérivations **standards** (10 câbles) mais peut en comprendre jusqu'à 22 !

Les termes de dérivations bipolaires ou unipolaires sont actuellement abandonnés sachant que toutes les dérivations sont effectivement bipolaires.

ECG



ECG



ECG

Technique : (suite)

Les dérivations frontales historiques d'Einthoven, dérivations délimitent un triangle supposé équilatéral, le cœur étant supposé se trouver au centre de ce triangle (D pour Derivation ou Difference).

ECG

Technique : (suite)

Dérivations frontales historiques d'Einthoven (1912) :

DI : mesure entre le poignet droit (pôle négatif) et le poignet gauche (pôle positif).

DII : mesure entre le poignet droit (pôle négatif) et la cheville gauche (pôle positif).

DIII : mesure entre le poignet gauche (pôle négatif) et la cheville gauche (pôle positif).

ECG

Technique : (suite)

Les dérivations frontales augmentées (aVR, aVL, aVF). Ces dérivations frontales donnant de petits potentiels, leur amplitude est artificiellement augmentée de 50% pour permettre une meilleure comparaison avec les dérivations frontales historiques, d'où la lettre "a" en minuscule précédant les autres lettres en majuscule (V pour Voltage ou Vector, R pour Right, L pour Left et F pour Foot). Ces dérivations frontales mesurent une activité électrique selon un axe partant du cœur (ou plus précisément du centre du triangle d'Einthoven) vers un membre (pôle positif).

ECG

Technique : (suite)

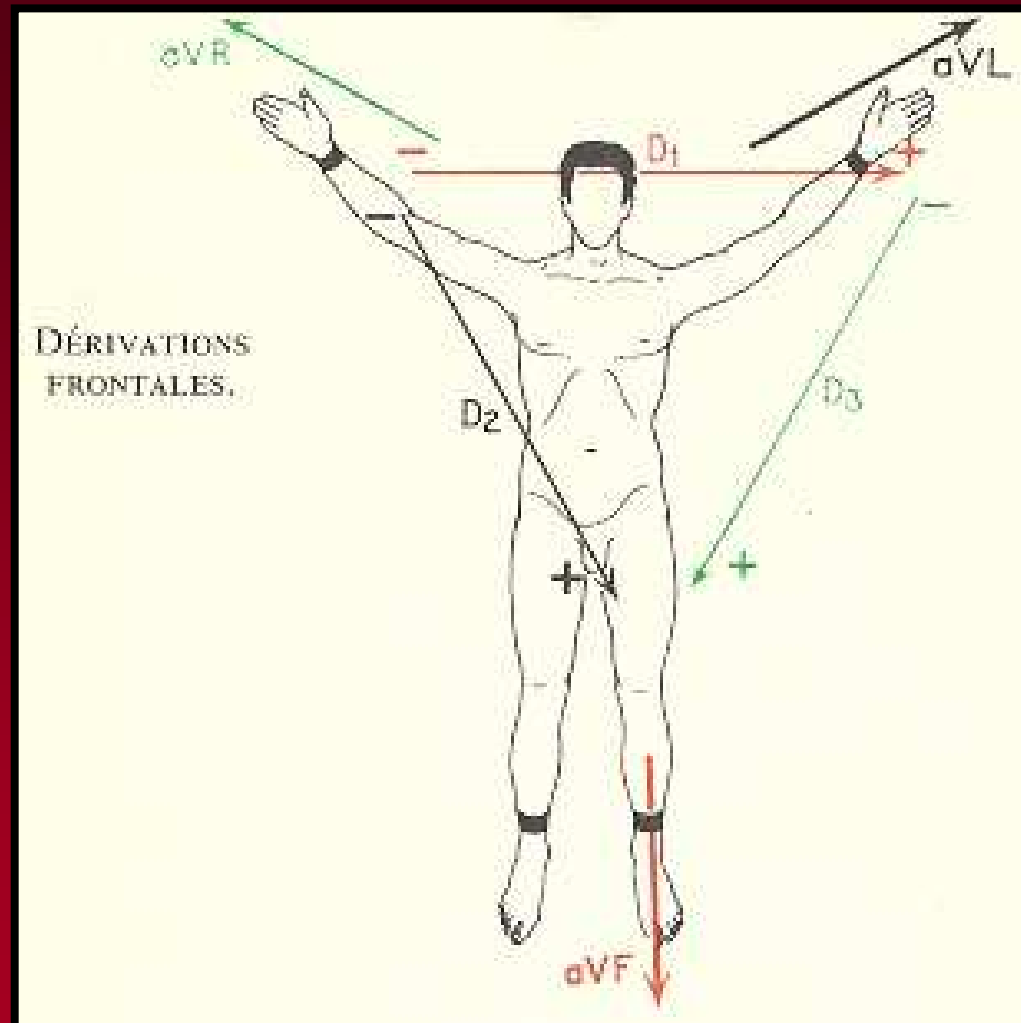
Dérivations frontales augmentées (1942) :

aVR : mesure l'activité électrique au niveau du poignet droit.

aVL : mesure l'activité électrique au niveau du poignet gauche.

aVF : mesure l'activité électrique au niveau de la cheville gauche.

ECG



ECG

Technique : (suite)

L'enregistrement des 6 dérivations frontales (DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF) nécessite 4 câbles avec électrodes de couleurs :

Rouge : poignet droit (milieu du bras aussi possible).

Jaune : poignet gauche (milieu du bras aussi possible).

Vert : cheville gauche (milieu de la cuisse aussi possible).

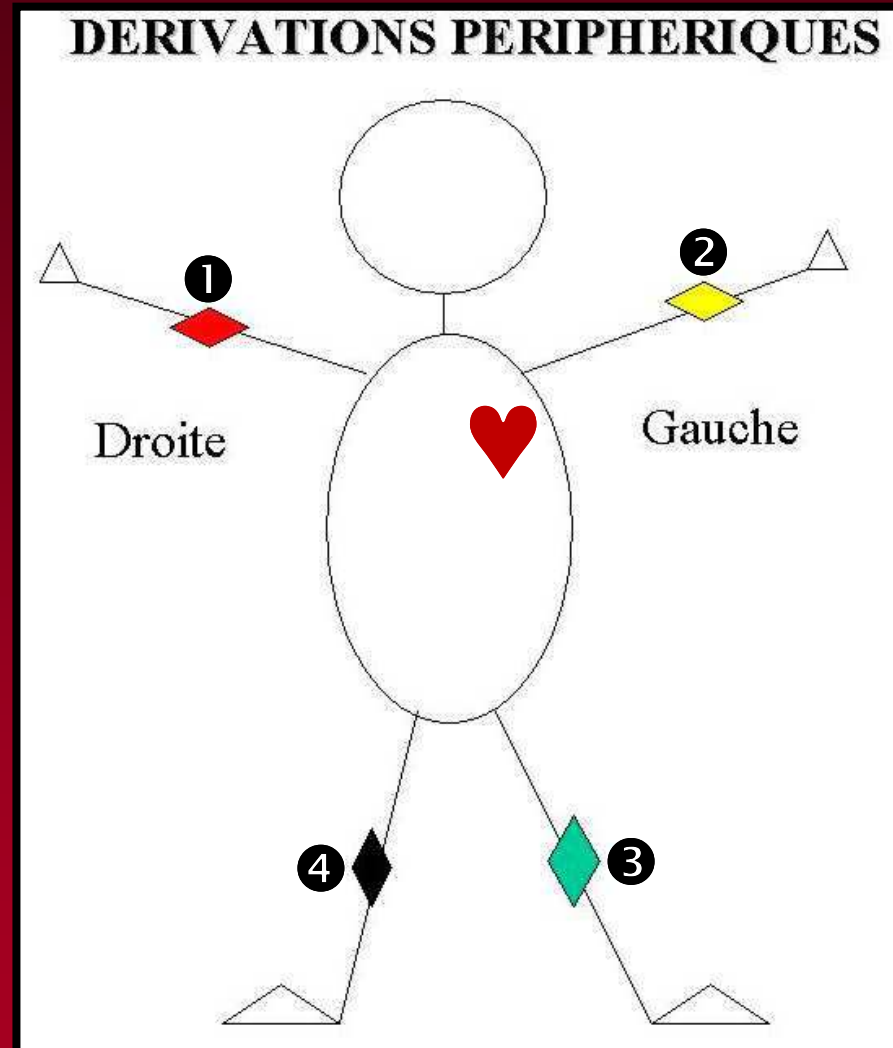
Noir : cheville droite: électrode indifférent ou de mise à terre (milieu de la cuisse aussi possible).

ECG

Technique : (suite)

Commencer toujours au bras droit en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre et en suivant la suite de couleur des feux de signalisation : rouge - jaune - vert et en plaçant la dernière électrode, la noire, sur le dernier membre à disposition, la cheville droite.

ECG



ECG

Technique : (suite)

L'erreur de positionnement la plus fréquente des électrodes standards est l'inversion des deux bras donnant alors une onde P et un complexe QRS en DI négatifs, anomalies exceptionnelles, en dehors du situs inversus.

Les dérivations standards frontales ou dérivations **périphériques** analysent l'activité électrique selon un plan frontal et permettent de déterminer l'axe des différents éléments de l'ECG (voir plus loin).

ECG

Technique : (suite)

Les autres dérivations standards sont les dérivations thoraciques ou **précordiales** (V1-V6, V pour Vector) analysant l'activité électrique selon un plan horizontal («tranche de salami»). Comme pour les autres dérivations, la mesure de l'activité électrique s'effectue selon un axe partant du cœur et se dirigeant vers l'électrode (pôle positif).

La position de ces électrodes précordiales (6 câbles) est très précise (1938)...

ECG

Technique : (suite)

V1 : 4^e espace intercostal sur le bord droit du sternum.

V2 : 4^e espace intercostal sur le bord gauche du sternum.

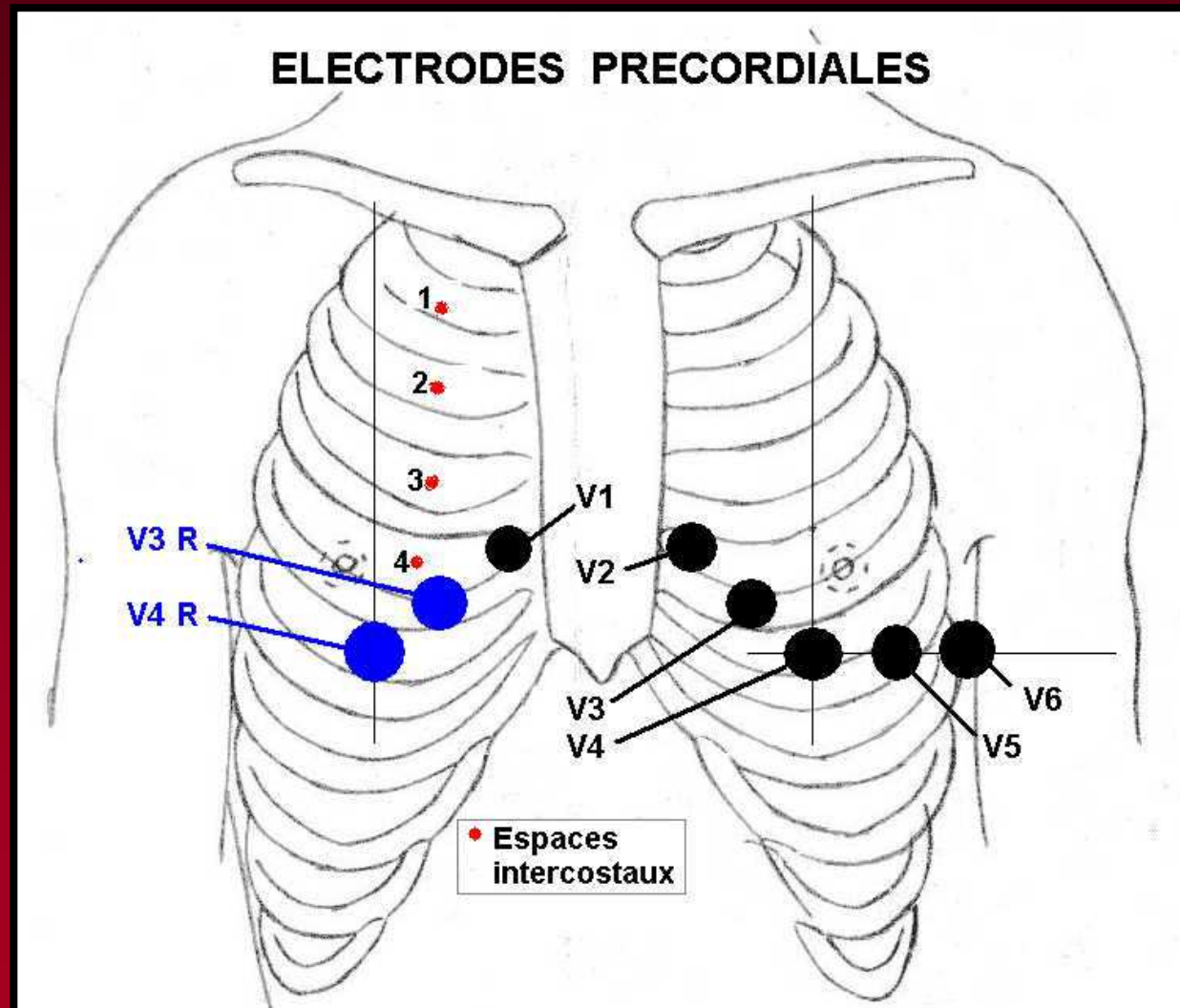
V4 : 5^e espace intercostal sur la ligne verticale médio-claviculaire gauche.

V6 : sur la ligne horizontale partant de V4 sur la ligne verticale axillaire moyenne gauche.

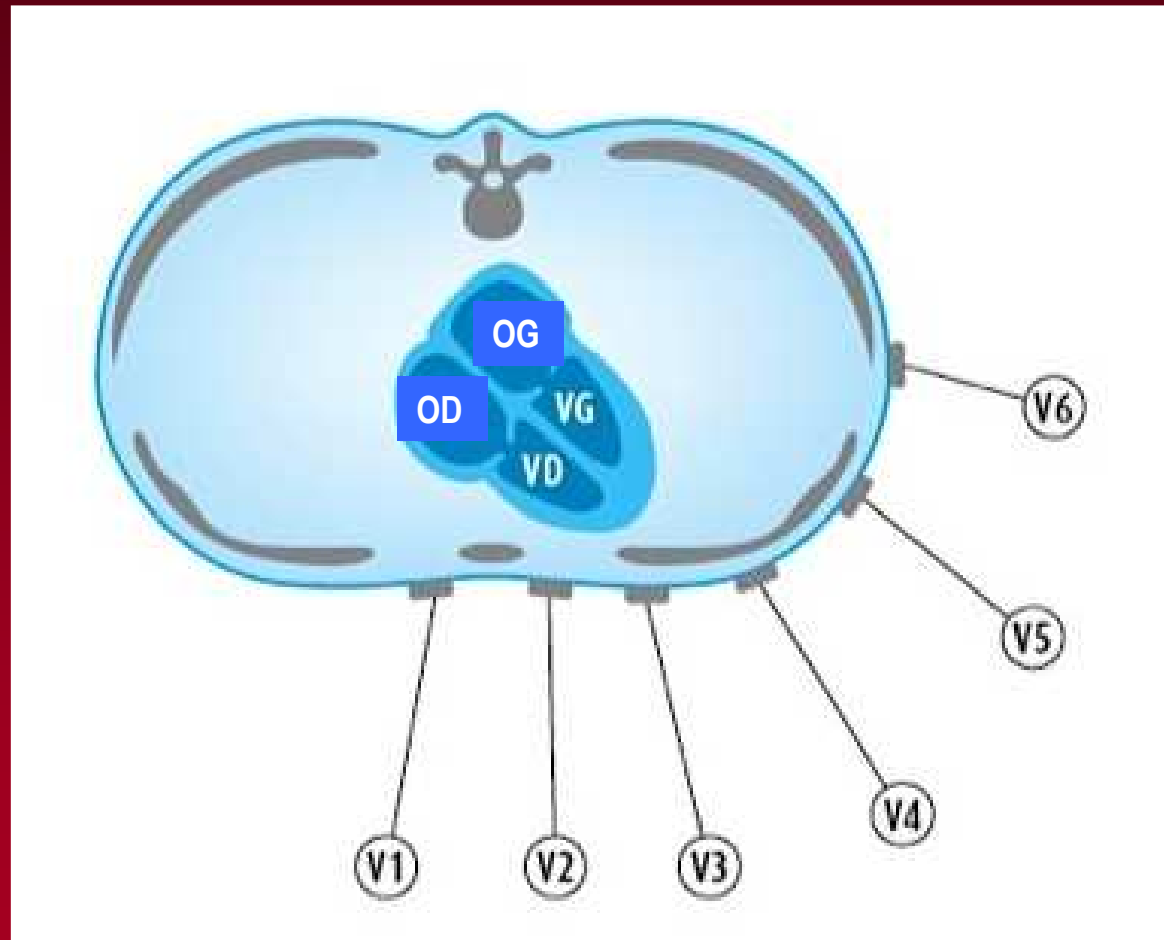
V3 : à mi-distance entre V2 et V4.

V5 : sur la ligne horizontale partant de V4 à mi-distance de V4 et V6.

ECG



ECG



ECG

Technique : (suite)

En cas de gros seins, il est recommandé de placer les électrodes sous le sein gauche.

L'erreur de positionnement la plus fréquente des électrodes précordiales est de suivre la côte plutôt que de suivre la ligne horizontale partant de V4.

ECG

Technique : (suite)

Les autres dérivations particulières sont les dérivations postérieures et les dérivations droites, toutes ces dérivations sont des dérivations du plan horizontal et précordiales.

ECG

Technique : (suite)

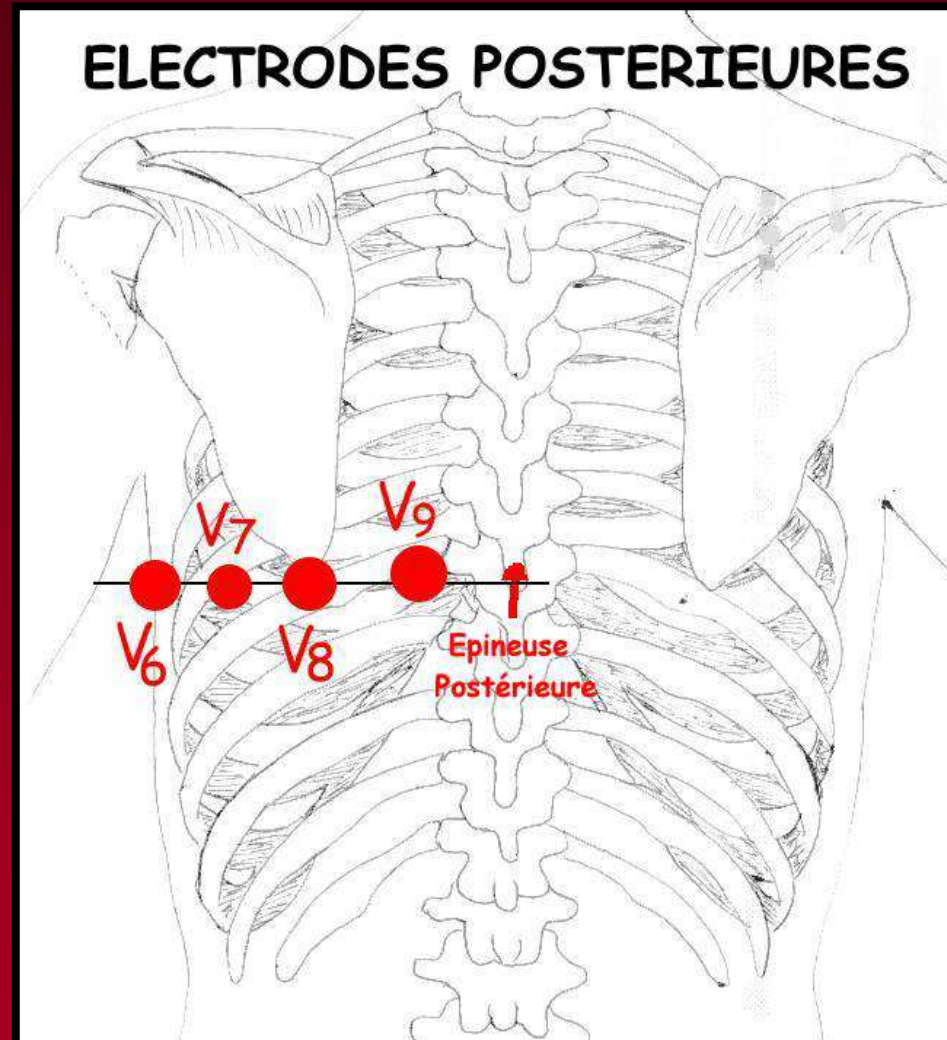
Dérivations (précordiales) postérieures :

V8 : sur la ligne horizontale partant de V4 sur la ligne verticale partant de la pointe de l'omoplate.

V7 : sur la ligne horizontale partant de V4 à mi-distance entre V6 et V8.

V9 : sur la ligne horizontale partant de V4 sur le bord gauche de la colonne vertébrale.

ECG



ECG

Technique : (suite)

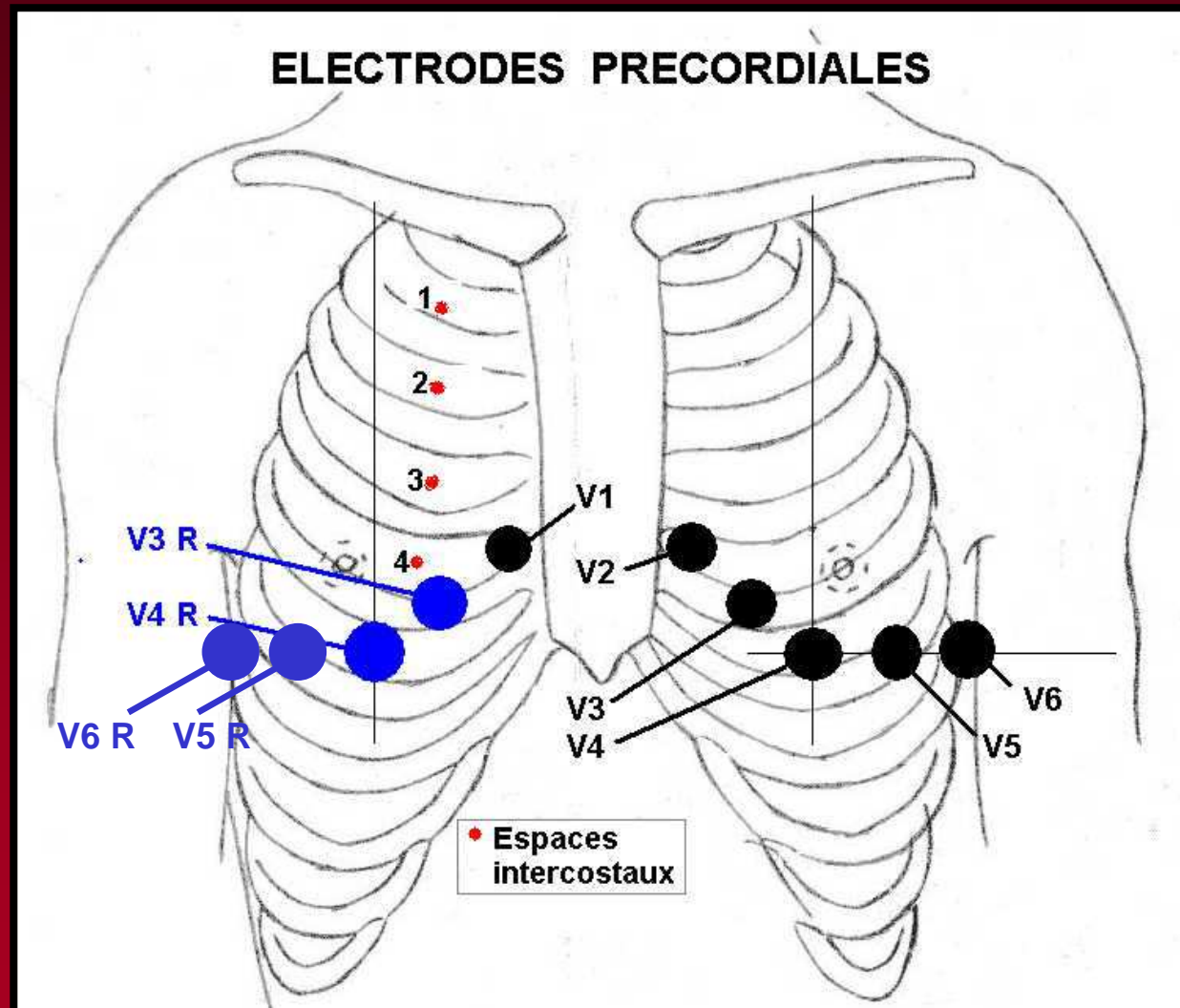
Dérivations (précordiales) droites (V1R-V6R, R pour Right) :

Idem dérivations habituelles (gauches) mais du côté droit du thorax.

V1R correspond cependant déjà à V2 et V2R à V1.

La dérivation la plus représentative du ventricule droit et donc la plus intéressante est V4R.

ECG



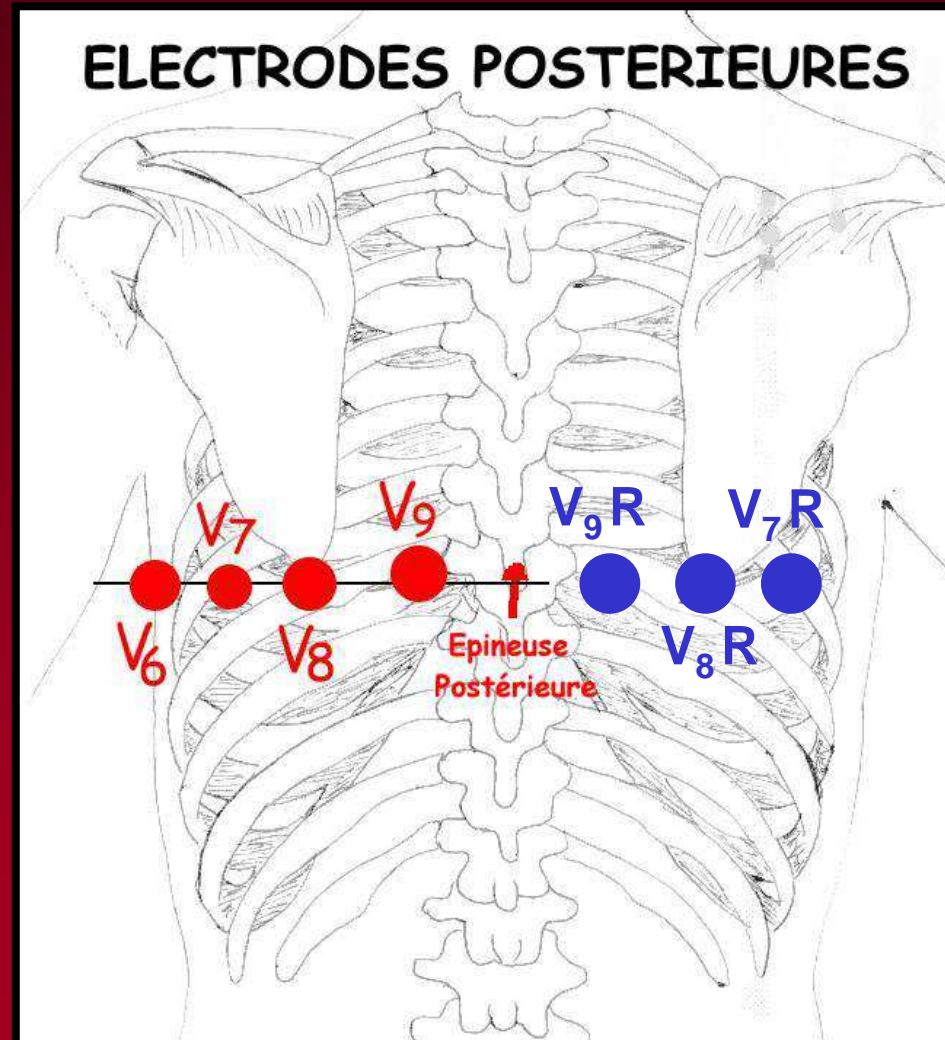
ECG

Technique : (suite)

Dérivations (précordiales) droites postérieures (V7R-V9R) :

Très rarement utilisées...

ECG



ECG

Technique : (suite)

Dérivations de Lewis :

Parfois l'activité auriculaire est difficile à observer. Une modification du positionnement des électrodes périphériques permet alors de mieux voir les ondes P :

Enregistrer le tracé en DI-DII-DIII.

ECG

Technique : (suite)

Dérivations de Lewis : (suite)

Electrode du poignet droit (rouge) à mettre à la place de l'électrode V1.

Electrode du poignet gauche (jaune) à mettre à la place de l'électrode V2.

Electrode de la cheville gauche (vert) à ne pas changer.

Electrode de la cheville droite (noir) à ne pas changer.

ECG

Vocabulaire :

Parmi les différents phénomènes électriques du cœur, seuls apparaissent sur l'ECG :

- La dépolarisation des oreillettes : **P.**
- La dépolarisation des ventricules : **QRS.**
- La repolarisation des ventricules : **T.**

La repolarisation des oreillettes se déroule durant la dépolarisation des ventricules et cette onde négative (appelée *Ta*) est «noyée» dans le QRS.

ECG

Vocabulaire : (suite)

L'ECG se décrit par 5 à 6 ondes (de P, Q, R, S, T voire U) séparées par des lignes habituellement isoélectriques. La ligne de base servant à déterminer la ligne isoélectrique est le segment TP (ou UP). Une onde au-dessus de la ligne isoélectrique est positive, une onde en-dessous est négative.

Rappel: le nœud sinusal est invisible sur l'ECG.

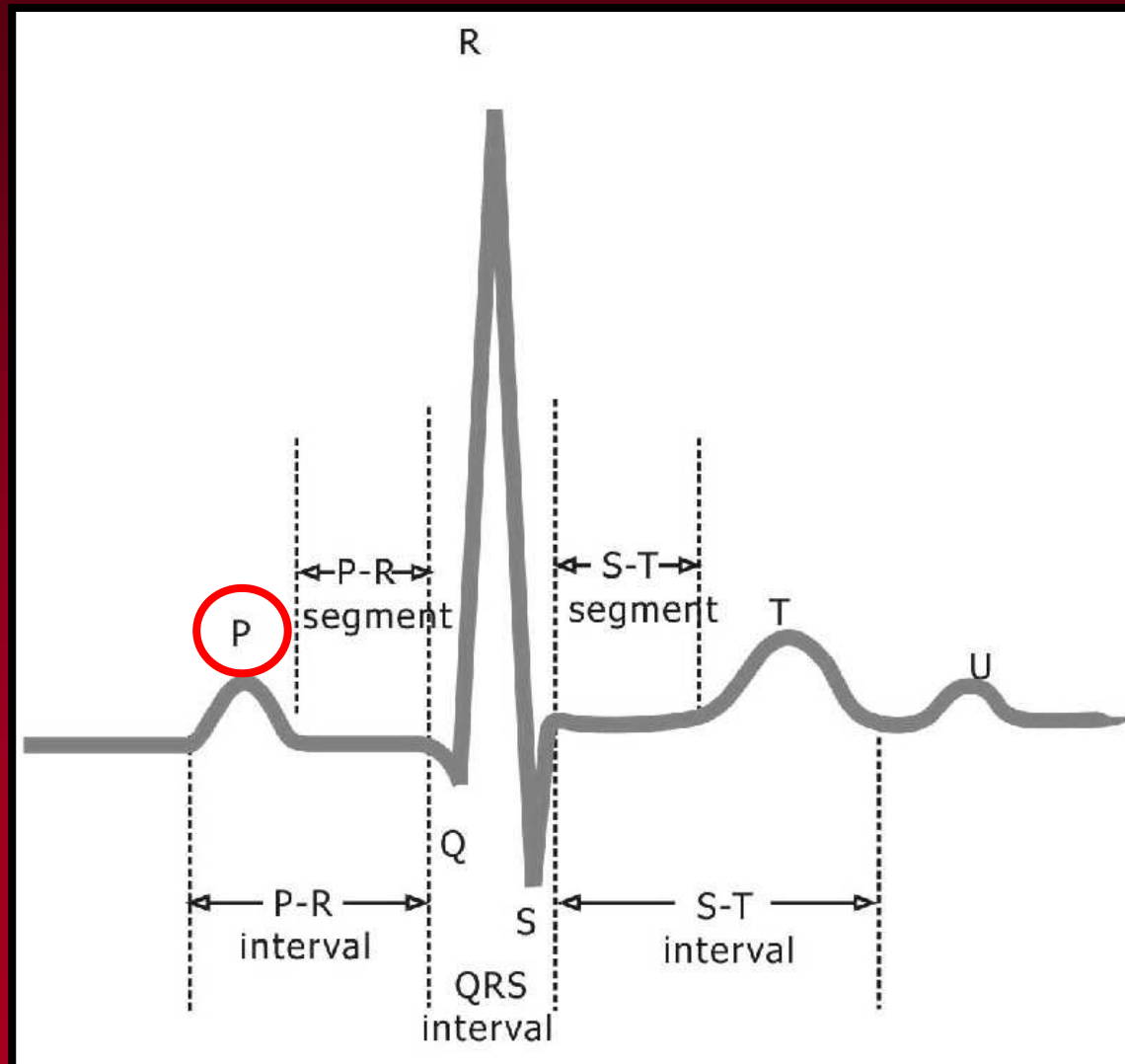
ECG

Vocabulaire : (suite)

La première onde positive ou négative, avant le complexe QRS est nommée onde P (dépoléarisation des oreillettes).

La première partie de l'onde P correspond à l'oreillette droite (le nœud sinusal étant situé dans l'oreillette droite) tandis que la seconde partie correspond à l'oreillette gauche, l'onde P résultant donc de la fusion de 2 ondes auriculaires.

ECG



ECG

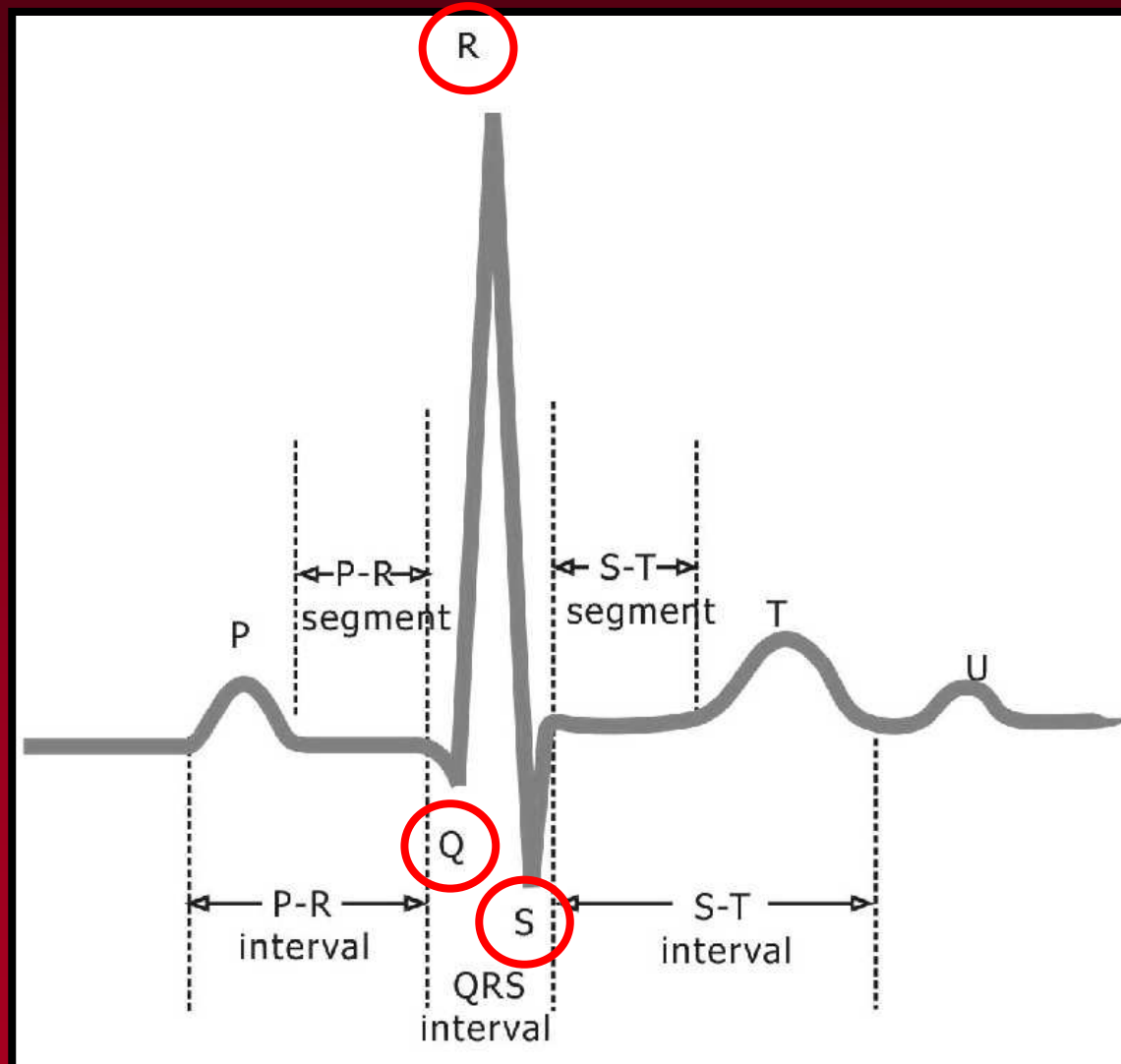
Vocabulaire : (suite)

La première onde négative du complexe QRS (dépoléarisation des ventricules) est nommée Q (pas toujours présente).

La première onde positive du complexe QRS est nommée R (pas toujours présente).

La deuxième onde négative du complexe QRS est nommée S (pas toujours présente).

ECG



ECG

Vocabulaire : (suite)

La deuxième onde positive du complexe QRS est nommée R' (rarement présente).

La troisième onde négative du complexe QRS est nommée S' (rarement présente).

En l'absence d'onde R, le complexe totalement négatif de la dépolarisation des ventricules est nommé QS.

ECG

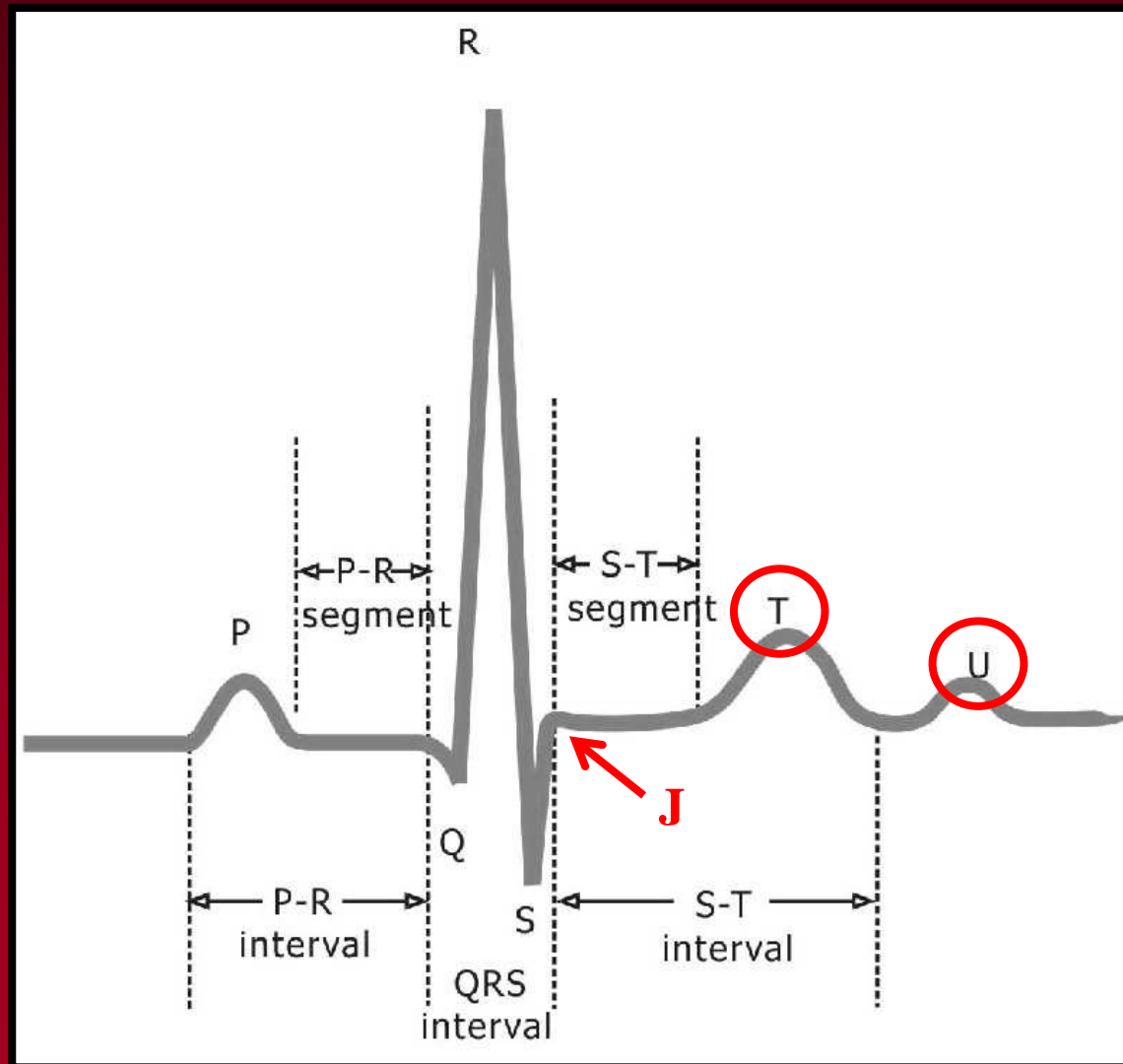
Vocabulaire : (suite)

Le point finissant le complexe QRS au début du segment ST est nommé point J.

La première onde suivant le complexe QRS est nommée onde T (repolarisation des ventricules) elle est normalement asymétrique.

Parfois une dernière onde suit l'onde T et elle est nommée onde U (oscillation du potentiel de membrane à la fin de la repolarisation).

ECG



ECG

Vocabulaire : (suite)

Comme cité plus haut, le complexe QRS (et l'onde T) résultent avant tout de la dépolarisation (et de la repolarisation) du ventricule gauche, le ventricule droit, dépolarisé au début du QRS ne représentant qu'une petite partie non distinguable dans le complexe QRS.

L'amplitude des ondes va déterminer l'utilisation de majuscules (grande onde, > 5 mm de hauteur) ou de minuscules (petite onde, < 5 mm de hauteur).

ECG

Vocabulaire : (suite)

On parle de segment pour toute partie de l'ECG mesurée entre 2 ondes.

On parle d'intervalle pour toute partie de l'ECG mesurée du début d'une onde au début de l'onde suivante (PR/PQ) ou à la fin de l'onde suivante (QT).

ECG

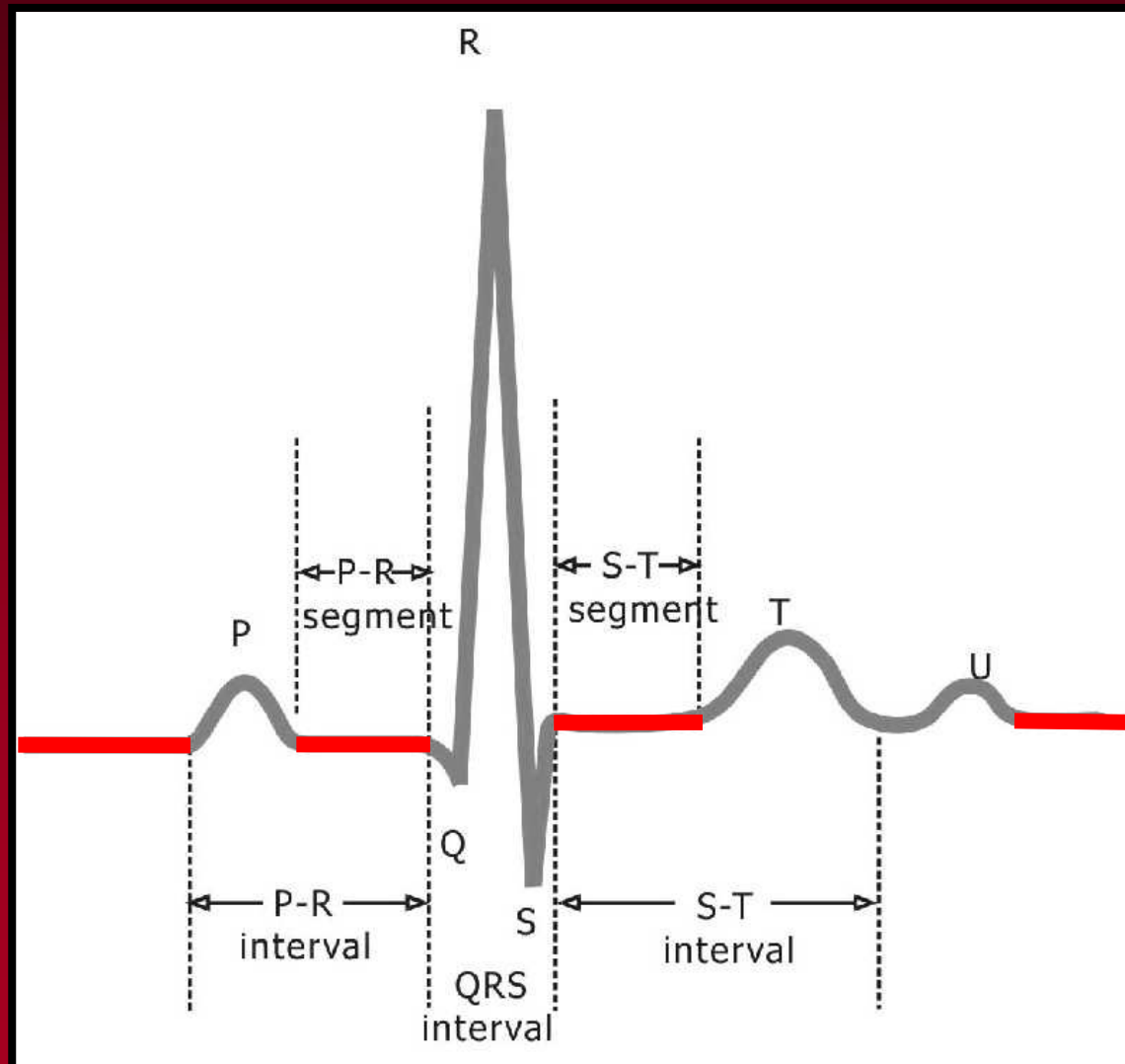
Vocabulaire : (suite)

Segment PR/PQ : partie de l'ECG durant laquelle l'activité électrique est freinée au niveau du nœud atrio-ventriculaire, du faisceau de His et des branches.

Segment ST : partie de l'ECG durant laquelle débute la repolarisation des ventricules.

Segment TP : partie de l'ECG durant laquelle le myocarde est au repos, détermine la ligne isoélectrique.

ECG



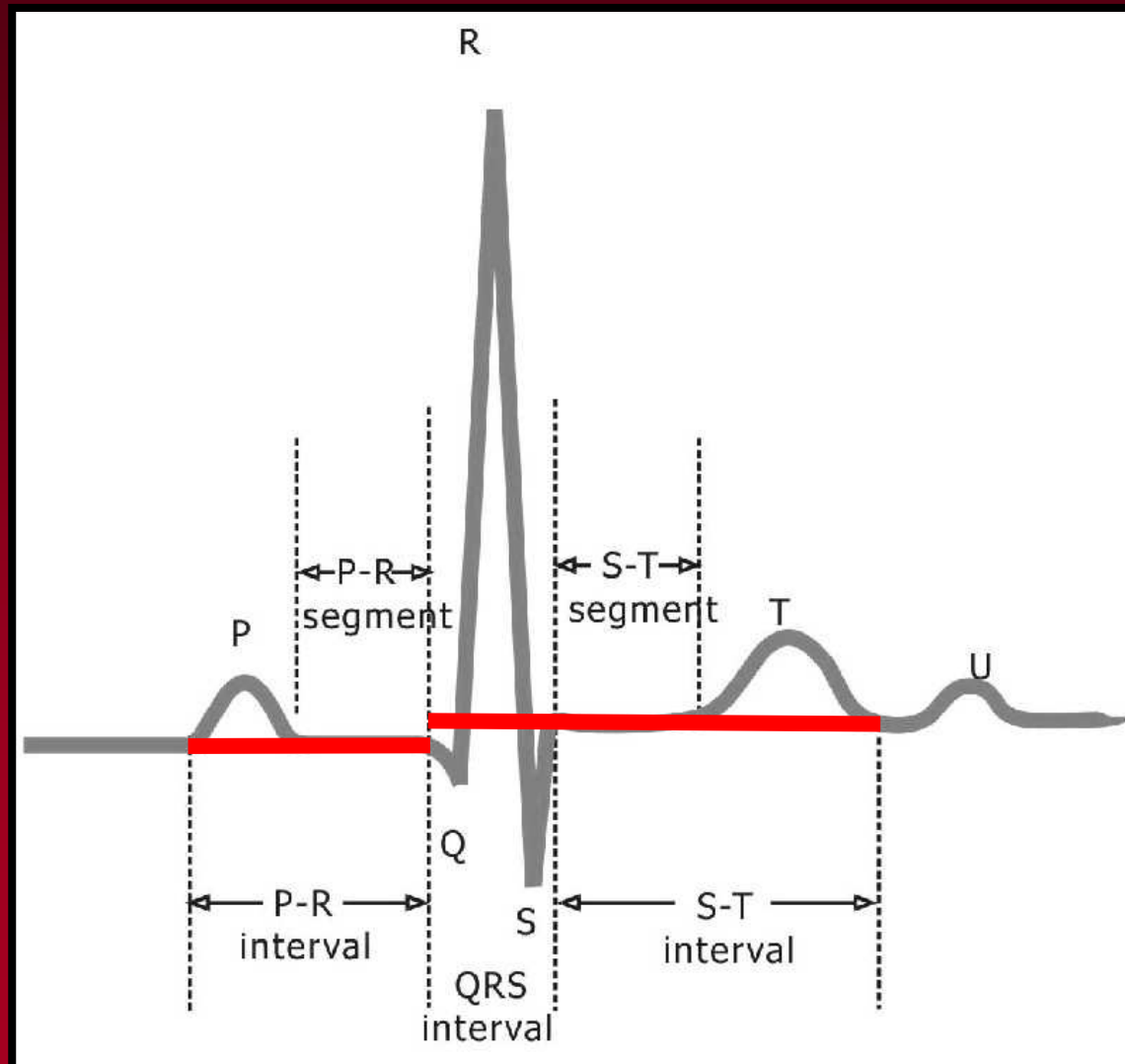
ECG

Vocabulaire : (suite)

Intervalle PR/PQ : correspond grossièrement à la systole mécanique des oreillettes.

Intervalle QT : correspond grossièrement à la systole mécanique des ventricules.

ECG

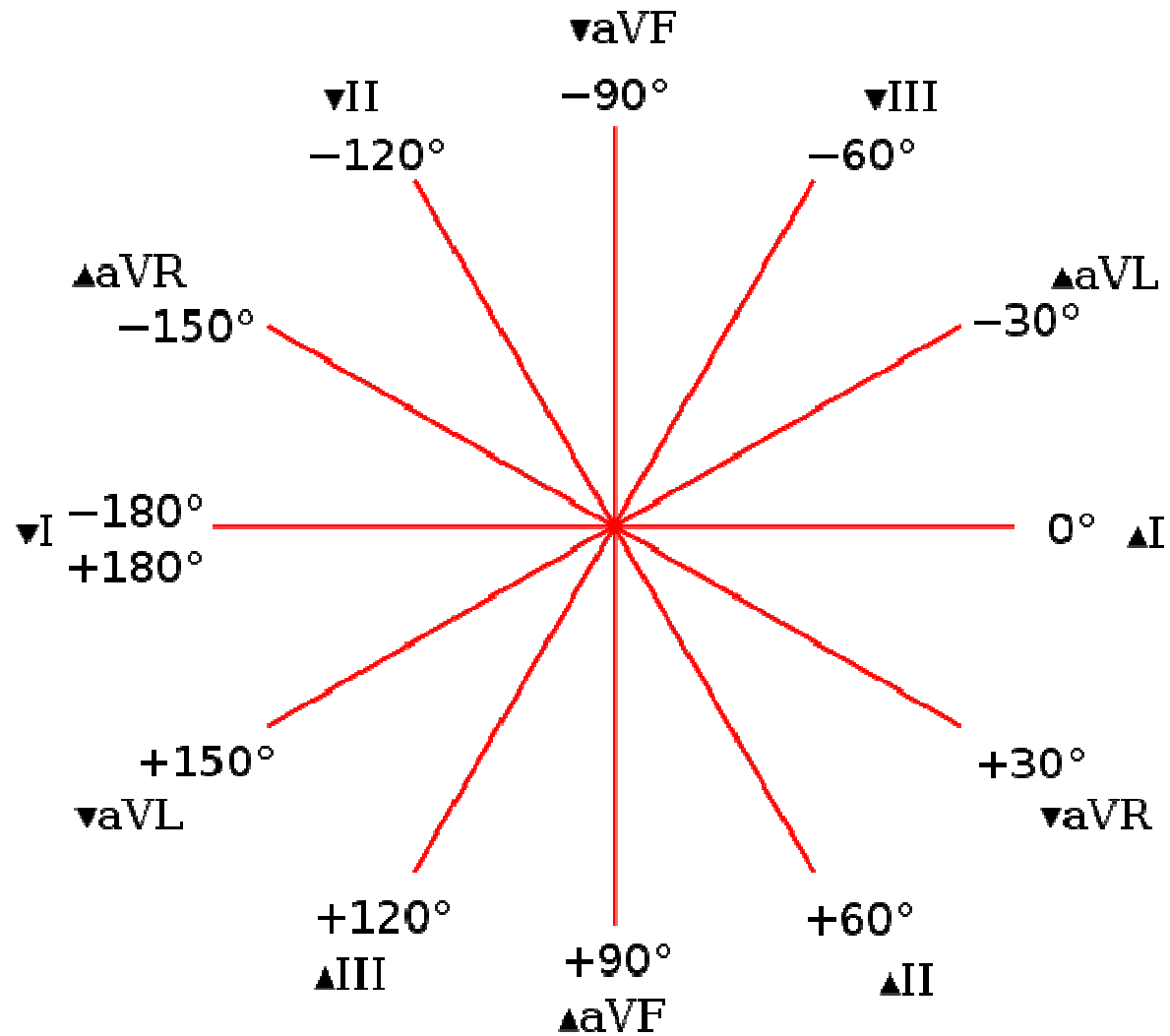


ECG

Vocabulaire : (suite)

L'axe électrique d'une onde (P ou T) et surtout du complexe QRS dépend de la somme en hauteur des éléments positifs en mm et des éléments négatifs en mm des dérivations périphériques reportée sur un schéma composé des différents axes du cœur dans un plan frontal, appelé triaxe de Bayley ...

ECG



ECG

Vocabulaire : (suite)

L'axe électrique est physiologiquement en bas et à gauche. Conventionnellement il est défini par l'angle entre DI (0°) et la somme en hauteur des différents éléments positifs et négatifs de chaque dérivation frontale. Conventionnellement, l'axe du complexe QRS normal descendant habituellement, les valeurs en degré sont positives vers le bas et négatives vers le haut (de part et d'autre de DI).

ECG

Vocabulaire : (suite)

L'axe normal du complexe QRS varie en fonction de l'âge : < 40 ans : 0° à 105° , > 40 ans : -30° à 90° . La plupart du temps il est physiologiquement entre 30° et 75° .

ECG

Vocabulaire : (suite)

Lorsque l'axe est entre -30° et -90° , on parle de déviation axiale gauche et lorsqu'il est entre 90° et 180° , on parle de déviation axiale droite. Il est exceptionnellement entre 180° et -90° , on parle alors de déviation axiale droite extrême.

ECG

Vocabulaire : (suite)

De manière simplifiée, on peut analyser seulement les dérivations DI et aVF : si la somme en hauteur des différents éléments positifs et négatifs est positive, l'axe est normal.

ECG

Axe des QRS (exemple de calcul d'axe)

DI = axe Hz

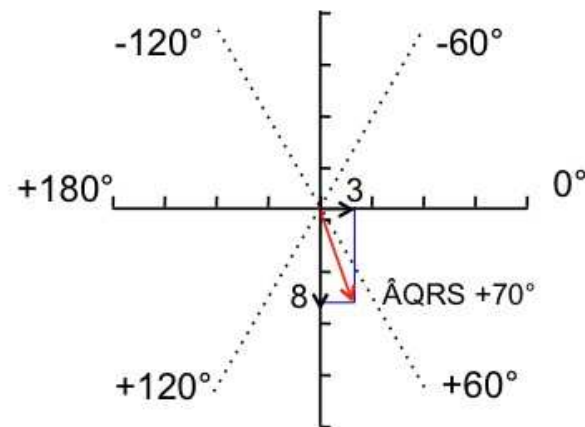


R +3

VF = axe vertical



Q -1
R +9
= 8



ECG

Anatomie et dérivations :

Partie antérieure étendue du ventricule gauche :
DI, aVL, V1-6.

Partie inférieure ou diaphragmatique du ventricule
gauche : DII, DIII, aVF.

Partie postérieure du ventricule gauche : V7-9.

Partie antérieure étendue du ventricule droit : V1,
V2, V3R-V6R.

Partie postérieure du ventricule droit : V7R-V9R.

ECG

Anatomie et dérivations : (suite)

La partie antérieure du ventricule gauche se divise en 4 régions :

Région antéro-septale : V1-V3.

Région antérieure stricte : V1-V4.

Région latérale : V5-V6.

Région latérale haute : DI, aVL.

Région latérale étendue du ventricule gauche:

DI, aVL, V5-V6.

ECG

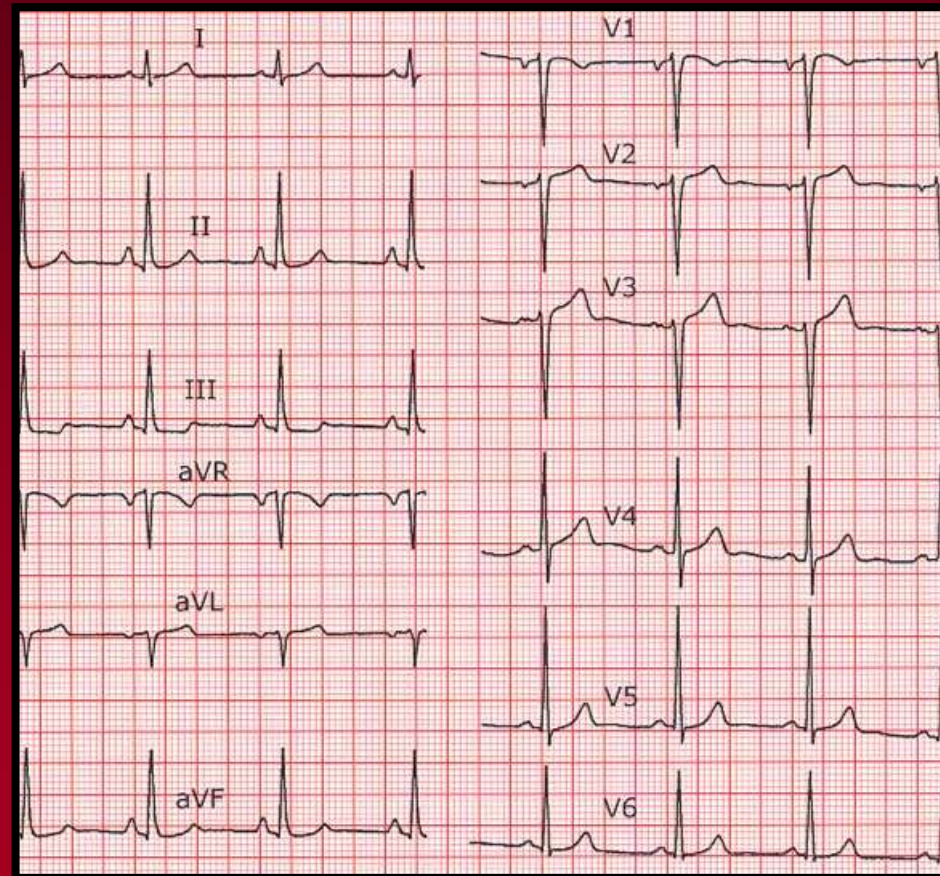
Critères de normalité de l'ECG :

Les premiers éléments à contrôler sont le nom du patient puis la date et l'heure de l'ECG !

Contrôler ensuite les aspects techniques (absence de parasites, toutes les dérivations lisibles, étalonnage à 1 cm = 1 mV, déroulement du papier à 25 mm/s).

ECG

ECG normal :



ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Le **rythme** normal doit être **sinusal régulier** (des variations liées à l'activité respiratoire sont néanmoins possibles) : chaque onde P doit être suivie d'un complexe QRS et chaque complexe QRS doit être précédé par une onde P.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

La **fréquence** doit être entre **60/min et 100/min**. A moins de 60/min, on parle de bradycardie et à plus de 100/min on parle de tachycardie. Certains estiment cependant que le rythme devrait plutôt être déclaré normal entre 50 et 90/min...

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Pour parler strictement d'un **rythme sinusal régulier**, il doit y avoir les 3 critères suivants:

- Rapport fixe entre les P et les QRS.
- Rythme régulier (60-100/min).
- Morphologie normale des ondes P (cf. plus loin).

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Le rythme, s'il n'est pas directement mesuré par l'appareil ECG, peut se mesurer avec une règle ECG (après 2-4 complexes) ou être évalué selon la règle des 300 : Prendre un complexe QRS sur une ligne verticale épaisse et compter le nombre de lignes épaisses (chaque 5 mm) jusqu'au prochain complexe QRS, chaque ligne épaisse correspondant à un multiple de 300.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Ainsi, si le complexe suivant est sur la première ligne épaisse suivant le complexe QRS de base, le rythme est à $300/1 = 300/\text{min}$;

2^e ligne = $300/2 = 150/\text{min}$;

3^e ligne = $300/3 = 100/\text{min}$;

4^e ligne = $300/4 = 75/\text{min}$;

5^e ligne = $300/5 = 60/\text{min}$;

6^e ligne = $300/6 = 50/\text{min}$;

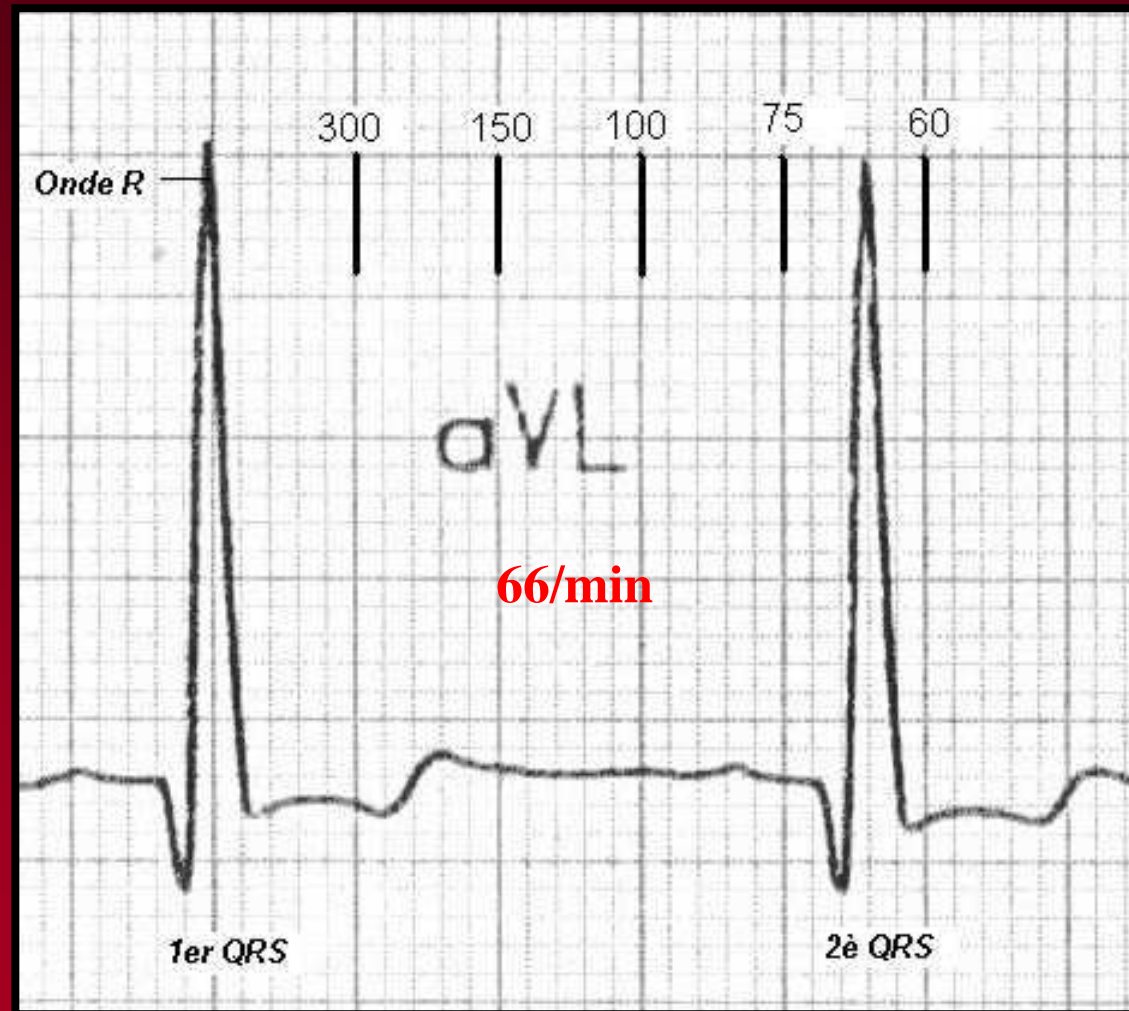
7^e ligne = $300/7 = 43/\text{min}$;

8^e ligne = $300/8 = 38/\text{min}$;

9^e ligne = $300/9 = 33/\text{min}$;

10^e ligne = $300/10 = 30/\text{min}$...

ECG



ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

On peut aussi calculer précisément la fréquence cardiaque au moyen de l'équation ci-dessous :

Fréquence = $1500 / \text{nombre de mm entre 2 ondes identiques}$

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Les différents éléments graphiques de l'ECG sont ensuite analysés : (toujours prendre en compte la plus grande longueur)

Onde P :

Axe : 0° à 75° (majorité entre 45° et 60°).

Analyser longueur et hauteur en DII !

Longueur : 0,08-0,11 s.

Hauteur : $< 2,5$ mm.

Positif de V3-V6 ; variable en V1-2 et souvent⁹⁹ biphasique.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Les différents éléments graphiques de l'ECG sont ensuite analysés : (toujours prendre en compte la plus grande longueur)

Onde P :

P est positif dans toutes les dérivations frontales (sauf aVR).

Si P négatif en DII, DIII et aVF: le rythme provient de la base de l'oreillette droite, proche du sinus coronarien.

Si P négatif en DI et aVL: le rythme provient de l'oreillette gauche.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Segment PR/PQ :

Isoélectrique.

Intervalle PR/PQ :

Longueur : 0,12-0,20 s.

Varie cependant avec la fréquence cardiaque !

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Complexe QRS :

Axe : -30° à 90° (majorité entre 30° et 75°).

Longueur : 0,07-0,11 s.

Transition (R > ondes négatives Q/S) entre V2 et V4.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Complexe QRS :

Micropotentiels (ou microvoltages) si :

- Hauteur QRS ≤ 5 mm dans toutes les dérivations frontales et
- Hauteur QRS ≤ 10 mm dans toutes les dérivations précordiales.

Diagnostic différentiel: emphysème, obésité, épanchement péricardique, anasarque, amyloïdose, hypothyroïdie, etc... ou étalonnage < 1 cm pour 1 mV !

- Onde Q $\geq 0,02$ s ou QS en $V_2 - V_3$.
- Onde Q $\geq 0,03$ s et d'une profondeur ≥ 1 mm ou QS en $D_I, D_{II}, aVL, aVF, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9$ dans 2 dérivations contiguës.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Onde Q pathologique (2007) , évocatrice d'un infarctus si :

- Onde Q $\geq 0,02$ s ou QS en $V_2 - V_3$.
- Onde Q $\geq 0,03$ s et d'une profondeur ≥ 1 mm ou QS en $D_I, D_{II}, aVL, aVF, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9$ dans 2 dérivations contiguës.
- Onde Q en D_{III} totalement aspécifique.

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Elargissement des complexes QRS :

- Complexes ventriculaires (extrasystole ventriculaire).
- Trouble de la conduction (bloc de branche droit / gauche).
- Faisceau de conduction accessoire (syndrome de Wolff-Parkinson-White).
- Rythme entraîné par un pacemaker.
- Troubles électrolytiques (hyperkaliémie, hypermagnésémie...).
- Intoxications médicamenteuses (anti-arythmiques...).
- Hypothermie...

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Segment ST :

Isoélectrique.

Sus-décalage fréquent dans les dérivations précordiales V1-V3 c/o < 50 ans (plus chez les hommes que chez les femmes), < 2 mm.

Longueur variable selon fréquence (voir QT).

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Onde T :

Axe idem QRS (habituellement 0° à 90°).

Asymétrique.

Hauteur habituellement $< 2/3$ hauteur de l'onde R et $\geq 1/8$.

Longueur variable selon fréquence (voir QT).

Négatif en aVR, peut être négatif en aVL et/ou en DIII.

Positif de V4-V6 ; variable en V1-3 (souvent négatif en V1).

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Intervalle QT :

Longueur selon fréquence : voir règle ECG ou selon formule de Bazett (1920) :

$$QT_{\text{corrigé}} = QT_{\text{mesuré}} / \sqrt{RR} \quad [N < 0,45 \text{ s et } > 0,36 \text{ s}].$$

Toujours mesurer le plus long (habituellement entre V2 et V4).

ECG

Critères de normalité de l'ECG : (suite)

Onde U :

Surtout visible c/o fréquence cardiaque lente (90% des ECG si $< 65/\text{min}$)

Axe idem T.

Surtout entre V2 et V4.

Hauteur moindre que l'onde T (habituellement ≤ 2 mm).

ECG

Avenir (?) :

Depuis 2011, un nouvel appareil ECG permet l'analyse tridimensionnelle de l'ECG, grâce à 80 électrodes (58 antérieurs, 12 latéraux et 10 postérieurs).

Cet appareil permet surtout de mieux préciser l'anatomie des infarctus avec sus-décalage du segment ST (STEMI), même en présence d'un bloc de branche gauche.

ECG

Avenir (?) :



ECG

Hypertrophies :

Les critères d'hypertrophie, particulièrement d'hypertrophie ventriculaire, sont multiples, souvent peu sensibles et malheureusement pas toujours très spécifiques non plus. Les critères choisis ci-dessous sont les plus fréquemment utilisés (\neq toujours les meilleurs !).

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie de l'oreillette gauche (HAG) :

- Longueur de P en DII $\geq 0,12$ s (P mitral), parfois aspect en bosse de chameau.
- Partie négative de P en V1 > 40 ms et > 1 mm : plus spécifique.

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie de l'oreillette droite (HAD) :

- Hauteur de P en DII $\geq 2,5$ mm avec aspect pointu (P pulmonaire)... Peu spécifique !
- Hauteur de P en V1 $> 1,5$ mm : plus spécifique.

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie biauriculaire :

- Association des signes d'hypertrophie de chaque oreillette en DII et/ou en V1.

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie du ventricule gauche (HVG) :
(critères valables seulement si QRS < 0,12 s)

- Index de Sokolow (1949) : S en V1 ou V2 + R en V5 ou V6 > 35 mm.
- Index de Cornell (1985) : R en aVL + S en V3 > 20 mm pour les femmes ou > 28 mm pour les hommes...

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie du ventricule droit (HVD) :
(critères valables seulement si QRS < 0,12 s)

- Déviation axiale droite soit axe du complexe QRS $\geq 110^\circ$.
- R > S en V1.
- Index de Sokolow (1949) : R en V1 + S en V5 ou V6 > 10,5 mm...

ECG

Hypertrophies : (suite)

Hypertrophie biventriculaire :

- Signes peu spécifiques et peu sensibles (associations de critères d'HVG et HVD); l'hypertrophie du ventricule gauche ayant tendance à masquer celle du ventricule droit !

ECG

Blocs de branche :

Bloc de branche gauche (BBG):

- QRS $\geq 0,12$ s (BBG incomplet si $< 0,12$ s).
- R exclusif et large en V6.
- QS (ou rS) en V1.
- Inversion de l'onde T en V5 et V6.

ECG

Blocs de branche : (suite)

Hémibloc antérieur gauche (HbAG):

- Déviation axiale gauche.
- qR en DI, rS en DII et DIII.
- Transition déplacée vers les dernières dérivations précordiales.

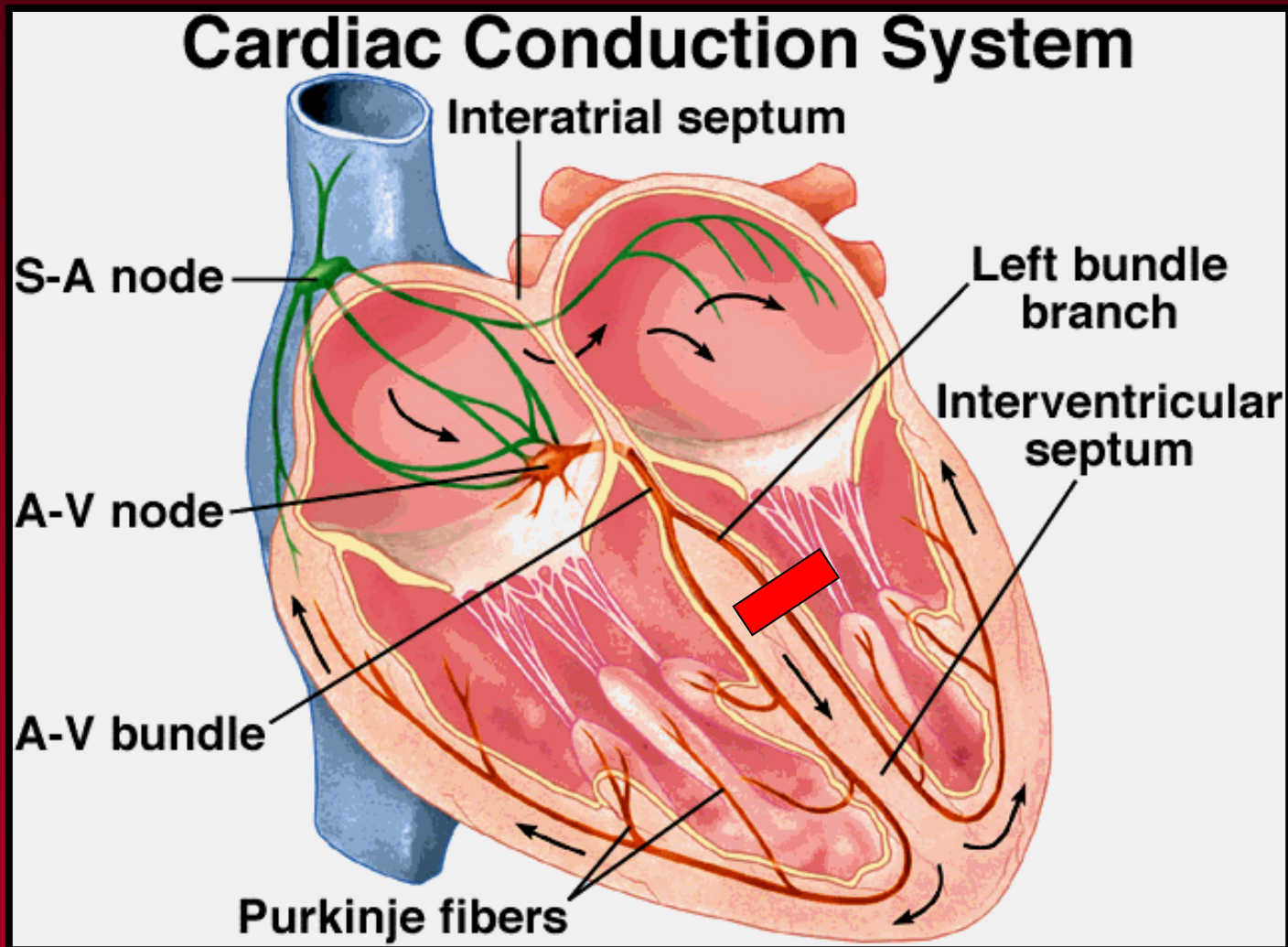
ECG

Blocs de branche : (suite)

Hémibloc postérieur gauche (HbPG): (rare)

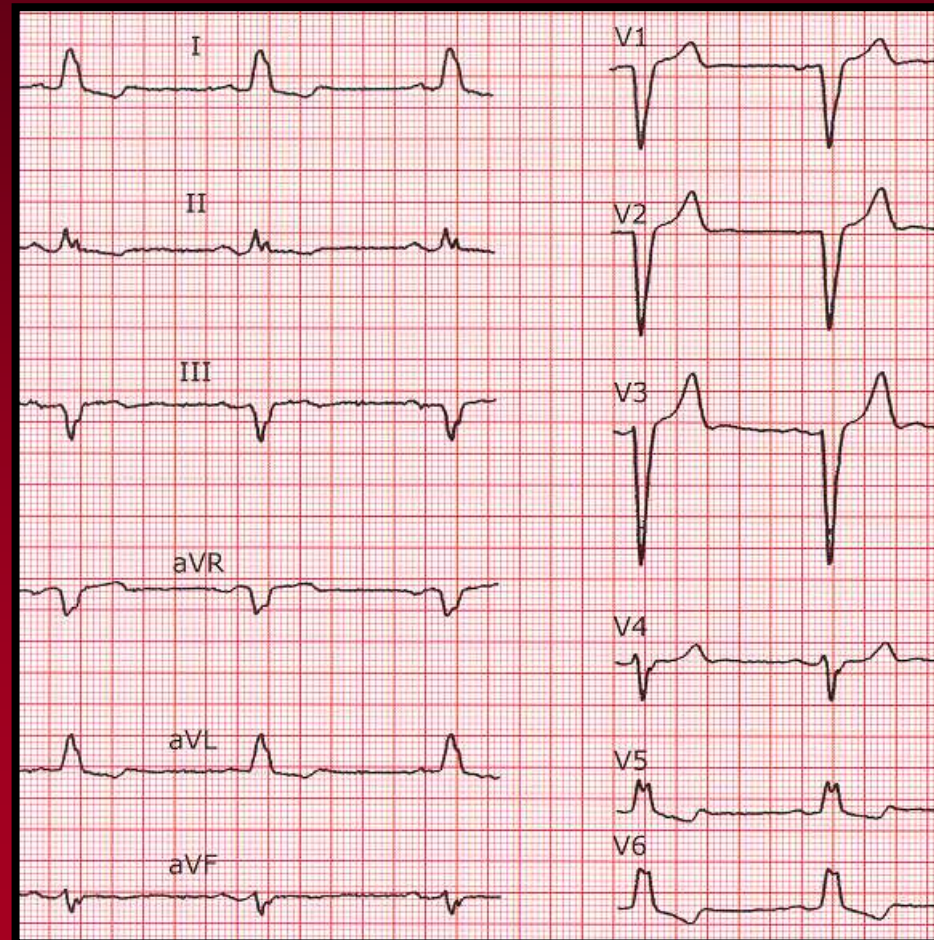
- Déviation axiale droite.
- rS en DI, qR en DII et DIII.
- Dérivations précordiales non modifiées.

ECG



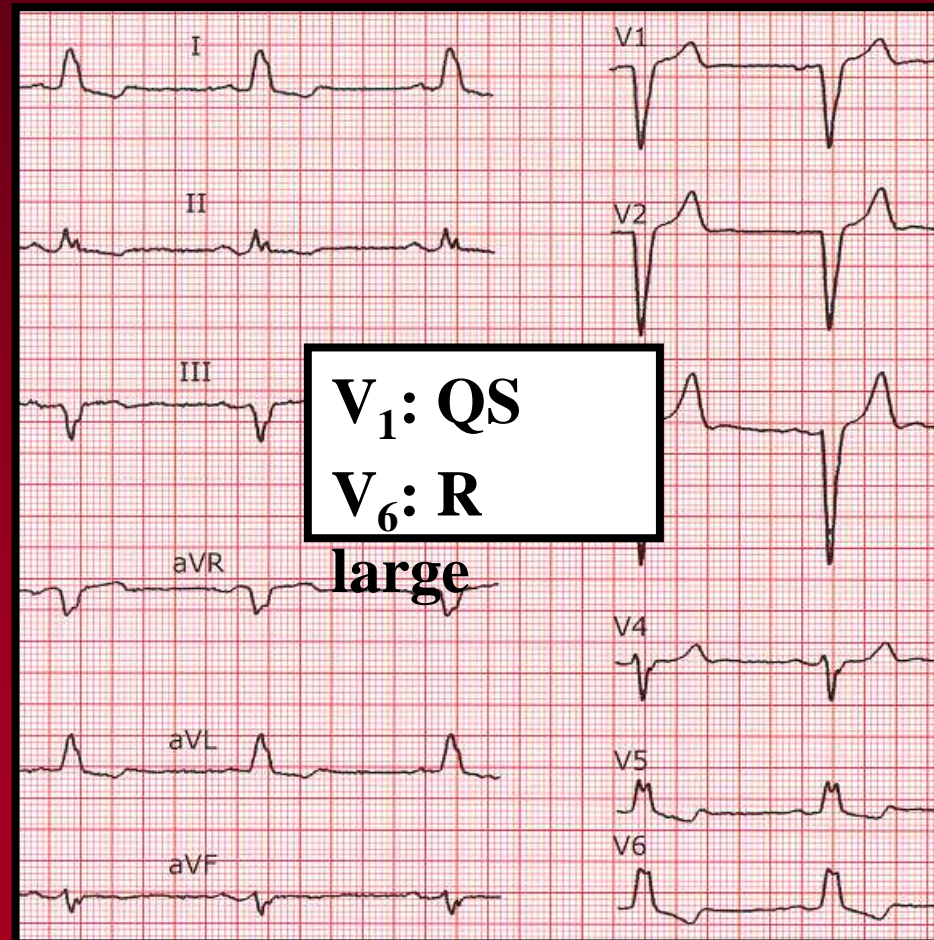
ECG

BBG :



ECG

BBG :



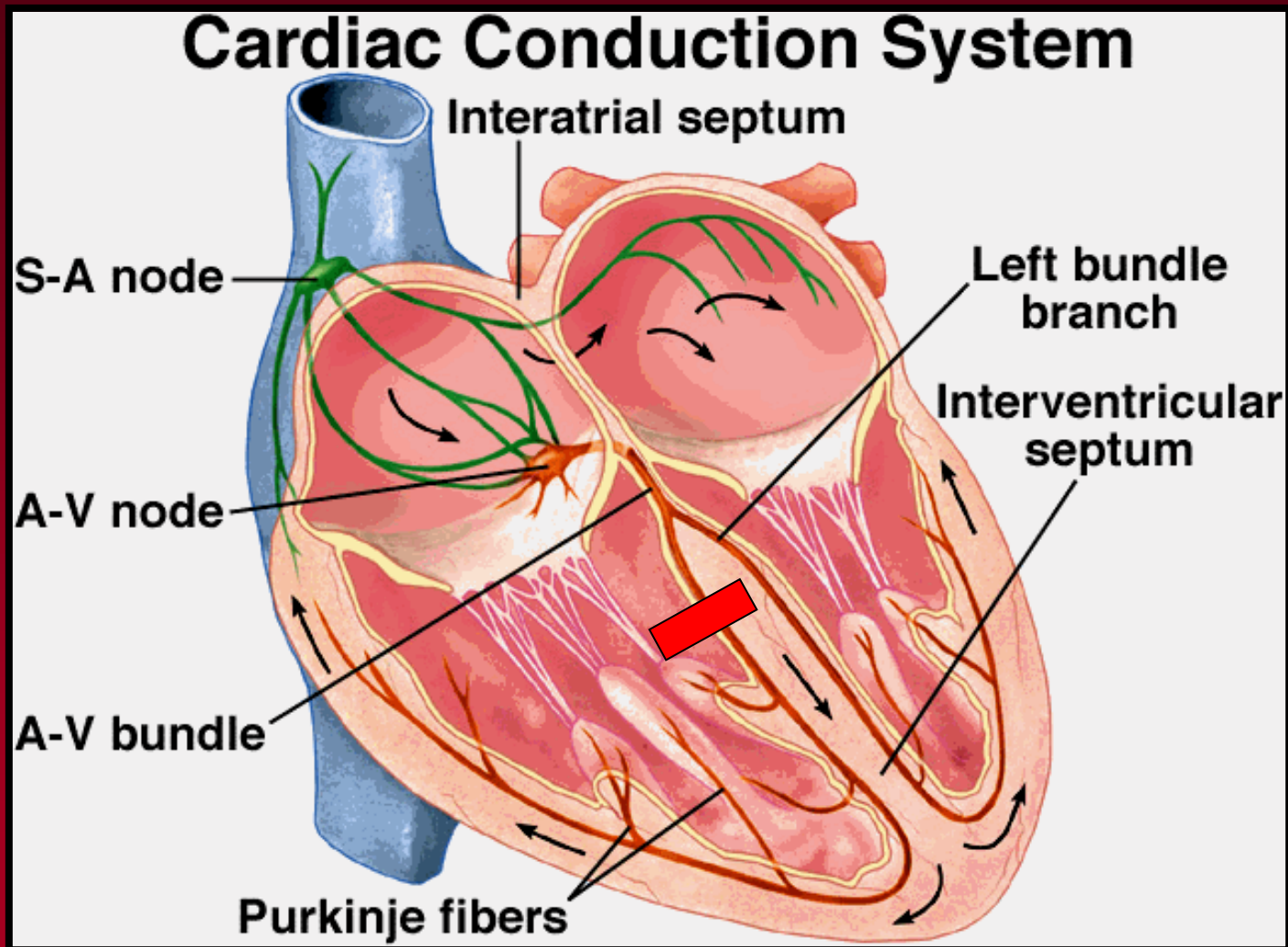
ECG

Blocs de branche : (suite)

Bloc de branche droit (BBD):

- QRS $\geq 0,12$ s (BBD incomplet si $< 0,12$ s).
- rSR' ou rsR' en V1.
- Onde S large en V6.
- Inversion de l'onde T en V1 et V2 (voire V3).

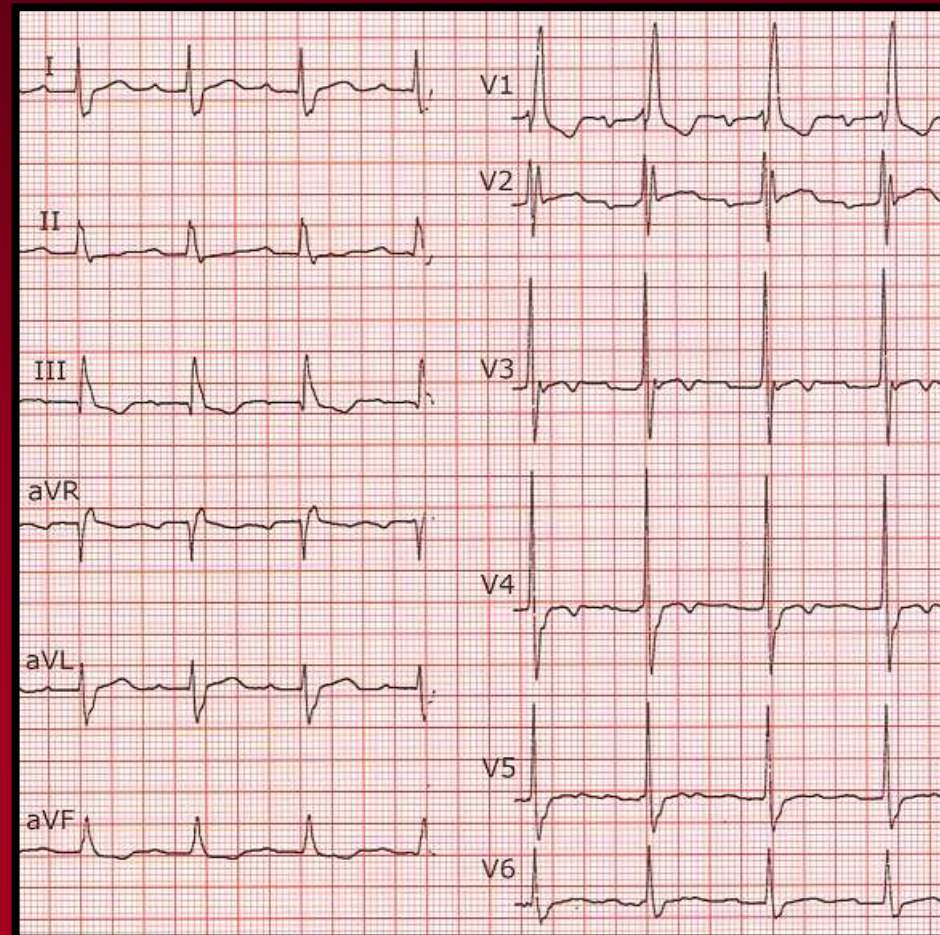
ECG



BBB

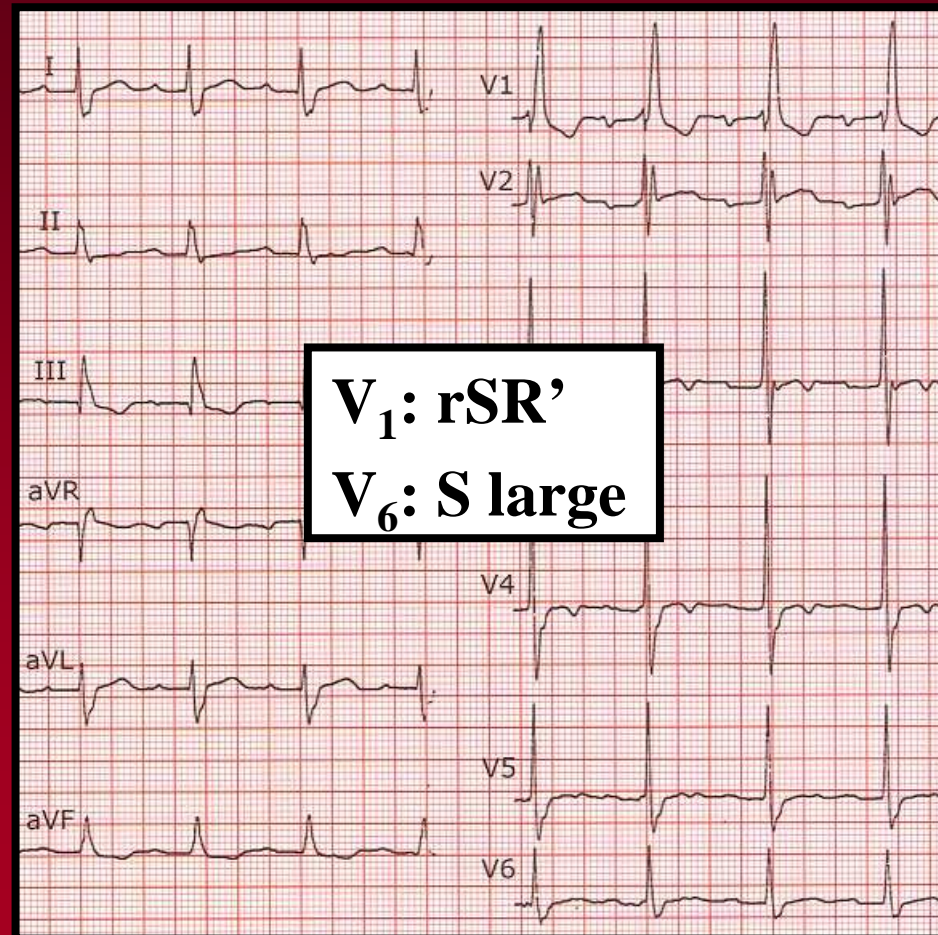
ECG

BBD :



ECG

BBD :

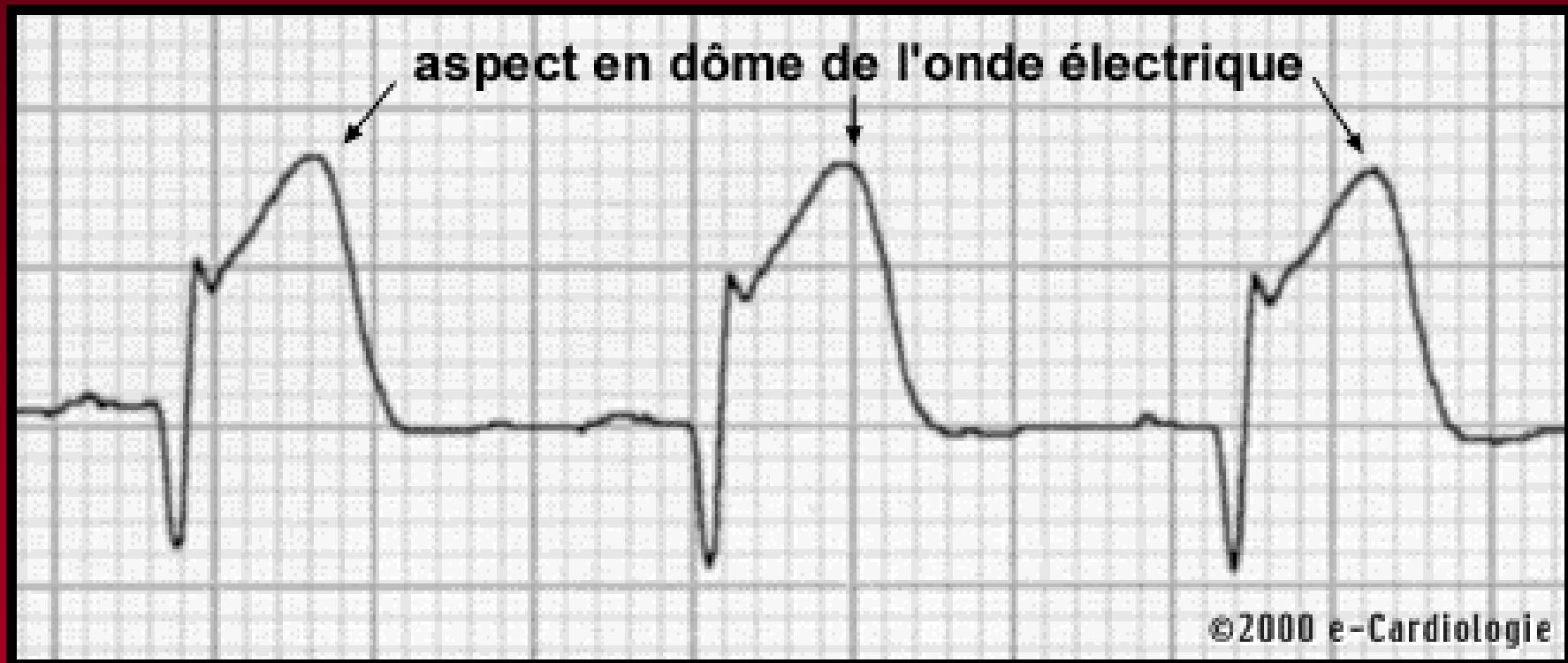


ECG

Ondes particulières :

Onde de Pardee (première description en 1920): sus-décalage en dôme du segment ST lors d'infarctus avec occlusion coronarienne et sus-décalage du segment ST (STEMI).

ECG

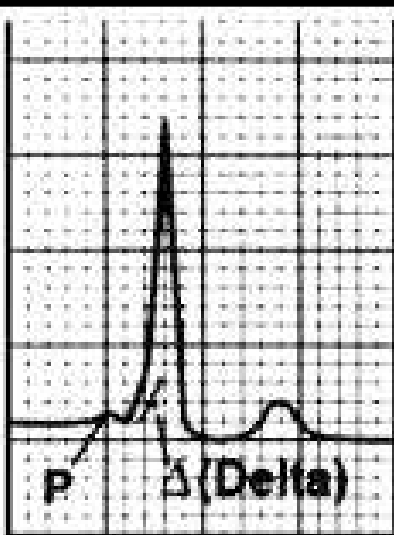


ECG

Ondes particulières : (suite)

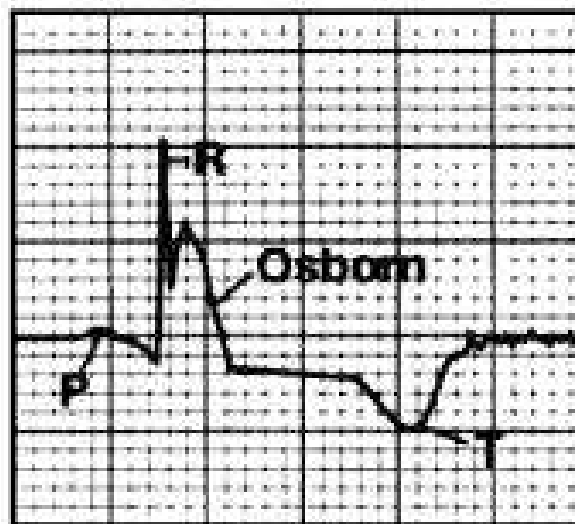
Onde Delta ou Δ (première description en 1915, puis par Wolff, Parkinson et White en 1930): empatement au début du QRS lors de syndrome de Wolff-Parkinson-White (faisceau de conduction accessoire), cf. image **A**.

ECG



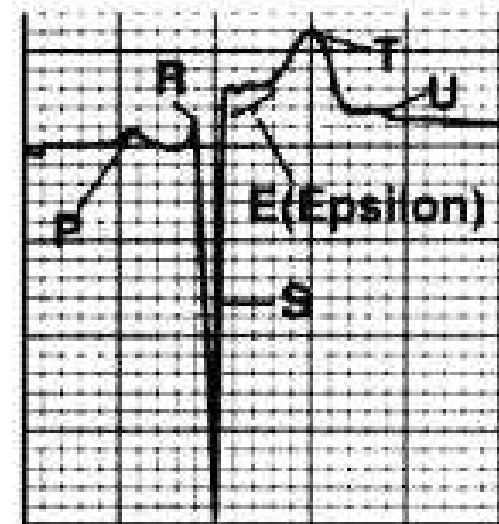
aV_L

A



Lead II

B



Lead V₃

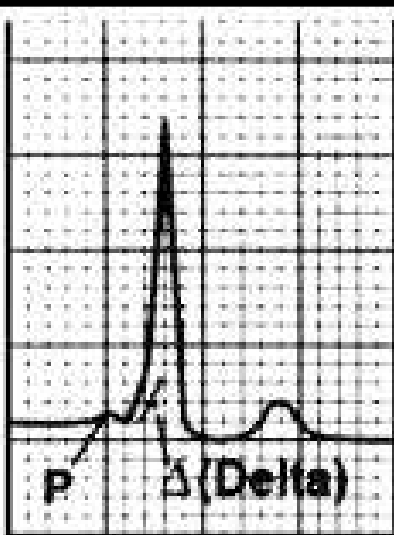
C

ECG

Ondes particulières : (suite)

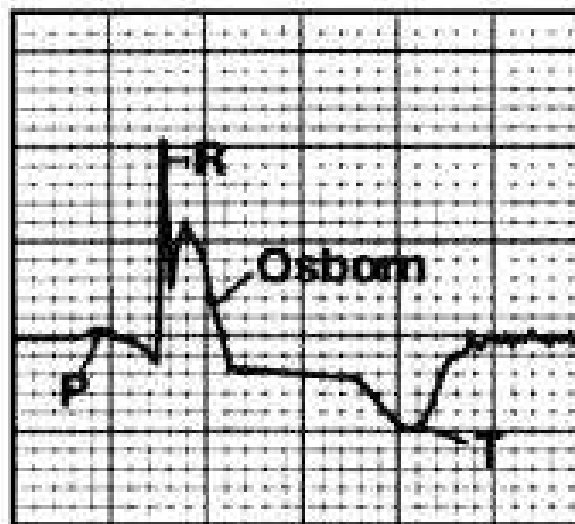
Onde d'Osborn (première description en 1938, puis par Osborn en 1953): surélévation du point J avec élargissement de la fin du QRS lors d'hypothermie $< 30^{\circ}\text{C}$, cf. image **B**.

ECG



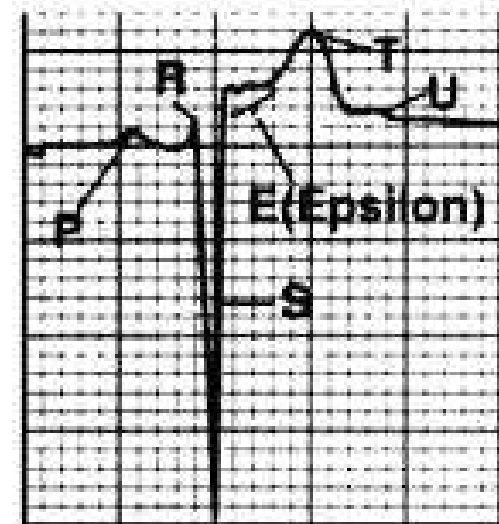
aV_L

A



Lead II

B



Lead V₃

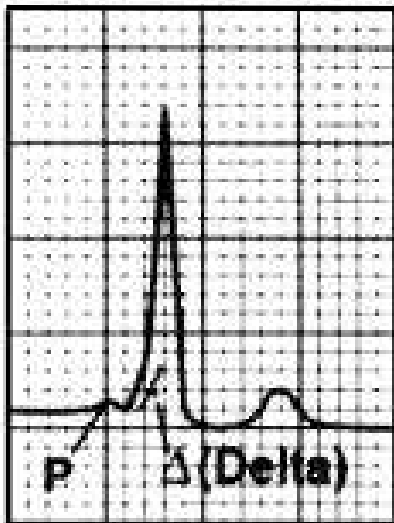
C

ECG

Ondes particulières : (suite)

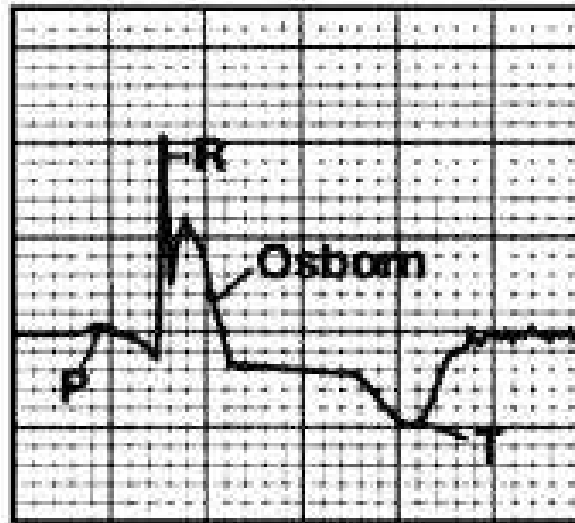
Onde Epsilon ou E (première description en 1997):
crochetage à la fin du QRS (surtout en V1-V3) lors de
cardiomyopathie arythmogène du ventricule droit, cf.
image **C**.

ECG



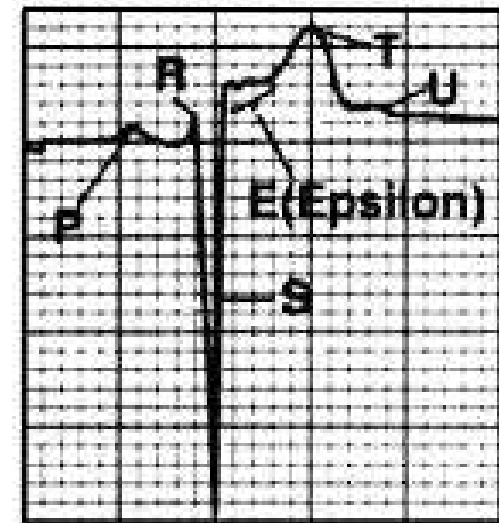
aV_L

A



Lead II

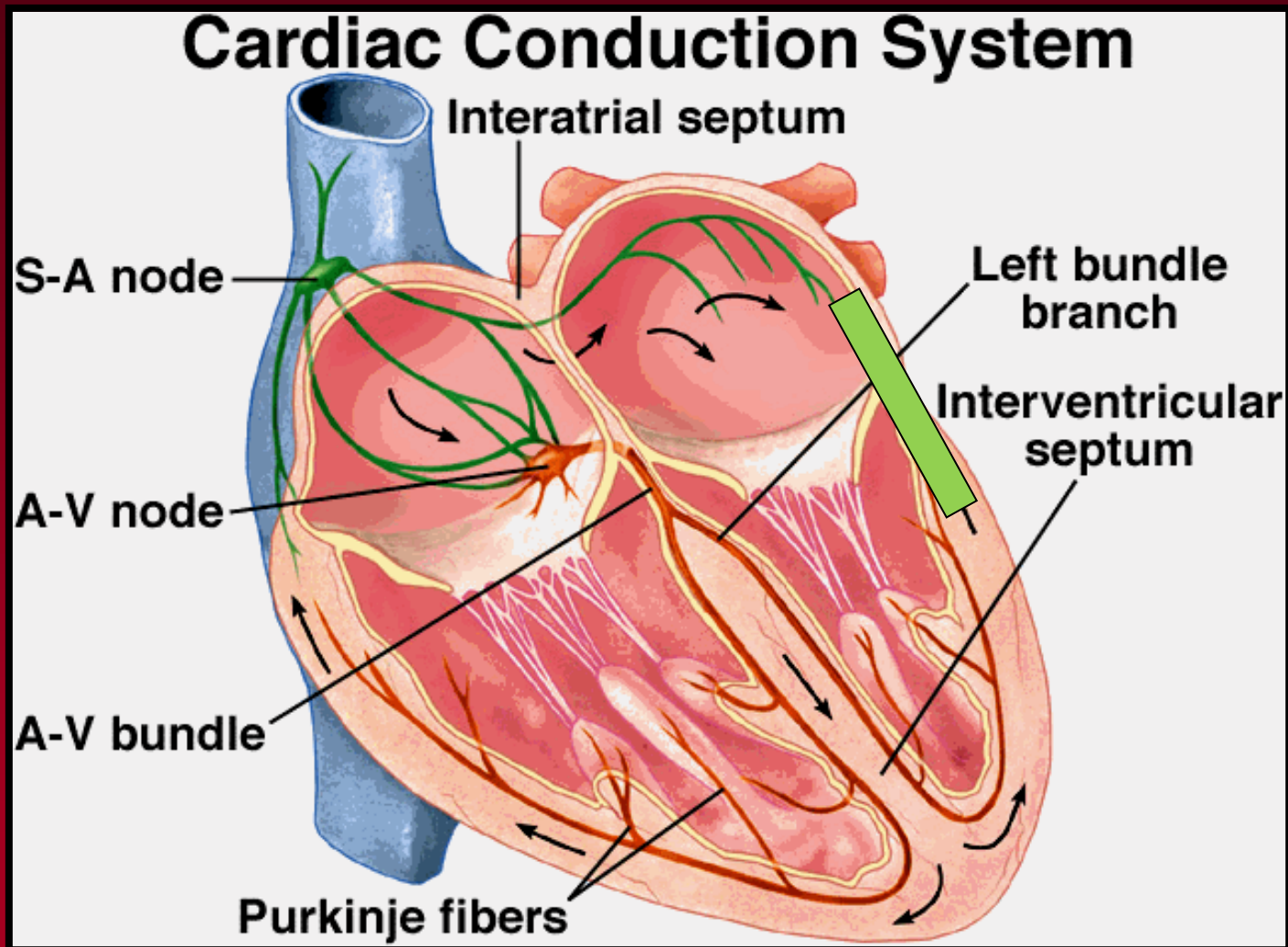
B



Lead V₃

C

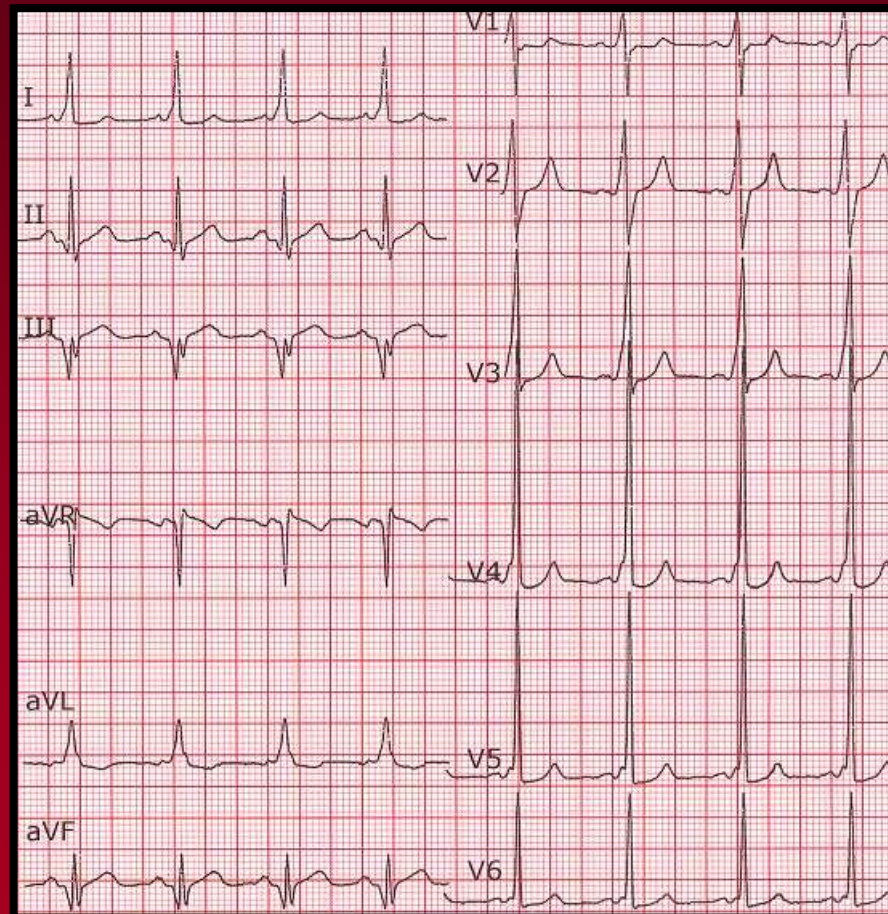
ECG



WPW

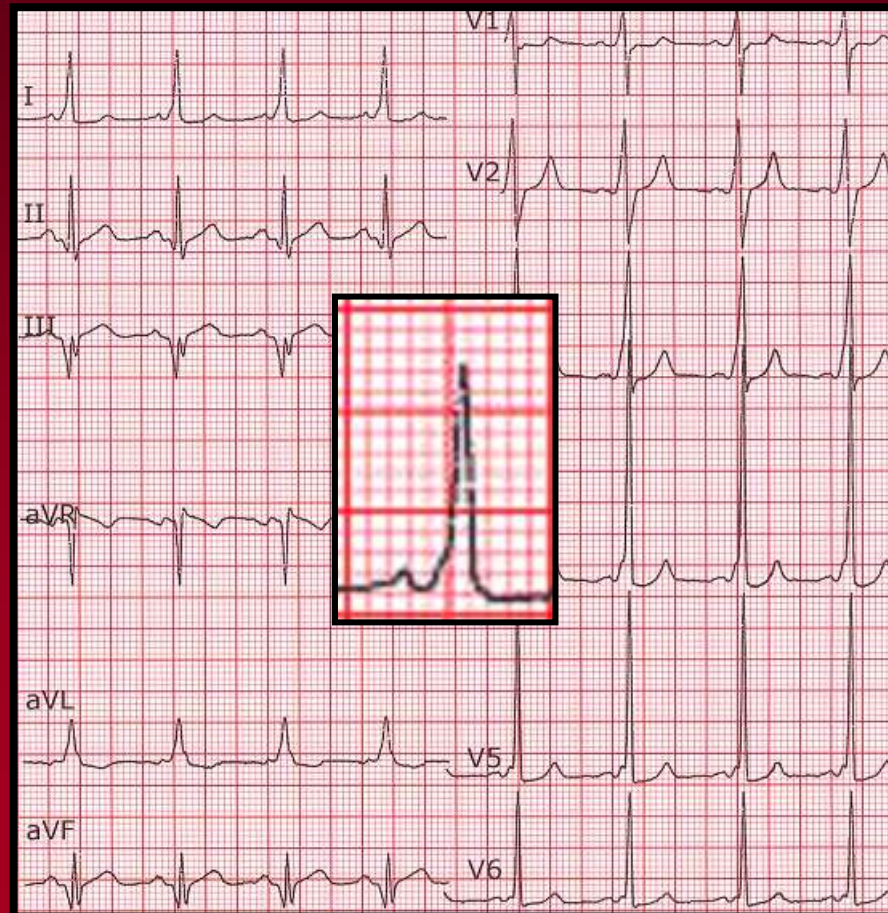
ECG

Syndrome de Wolff-Parkinson-White :



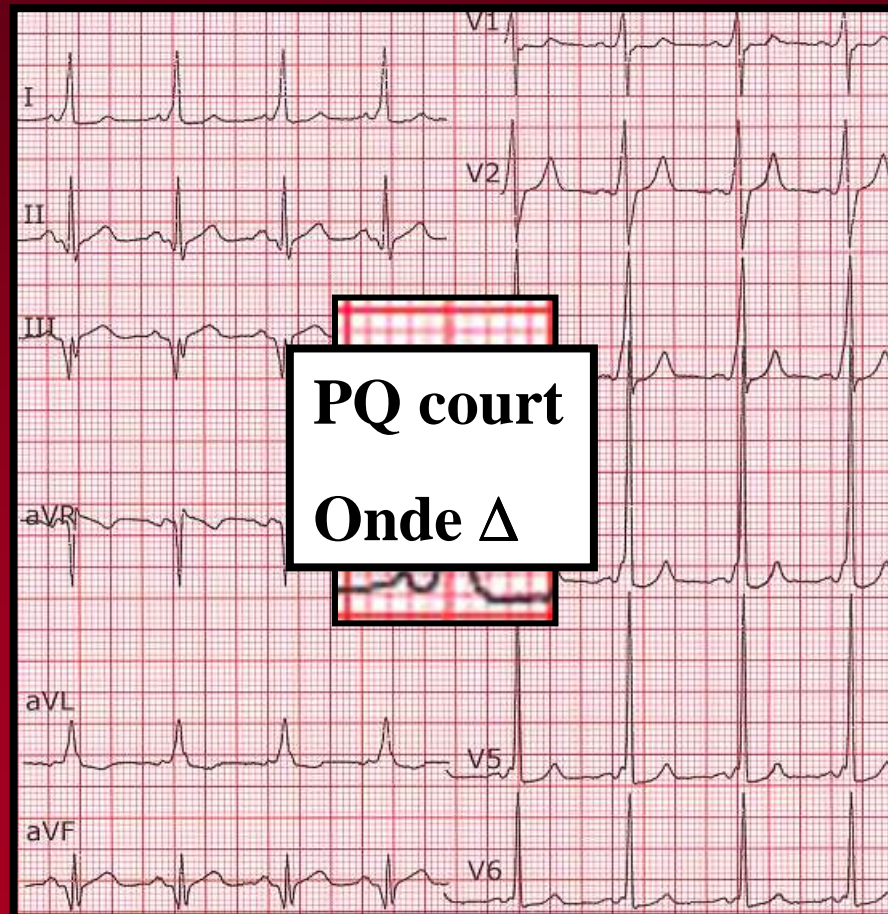
ECG

Syndrome de Wolff-Parkinson-White :



ECG

Syndrome de Wolff-Parkinson-White :



ECG

Références :

ECG, Livre et cours interactif de lecture de tracés électrocardiographiques. J.-J. Goy, P. Christeler, J. Schläpfer, J.-C. Stauffer. Goyman.com, 2008.

L'ECG de A à Z. P. Taboulet. Maloine 2010.

Photos tirées d'Internet...

Excellents sites internet en français :

- www.e-cardiogram.com
- www.learning-rythmo.com

ECG

Merci de votre attention !

A disposition pour des questions...