

Électrocardiogramme

Généralités

- Enregistre l'activité électrique du cœur, c'est-à-dire, la mesure et l'enregistrement des potentiels d'action des fibres myocardiques
- Méthode simple à réaliser
- C'est un complément des données cliniques
- Elle connaît des limites et des sources d'erreurs

Rappel anatomo-physiologique

I. Anatomie

- Le cœur, muscle spécialisé, assure par ses contractions le débit sanguin
- Sous l'effet de la stimulation, la surface cellulaire se dépolarise, ce qui donne lieu à un courant électrique qui entraîne la contraction
- Le cœur est stimulé par des éléments contractiles :
 - **Fibres myocardiques**
 - **Tissu nodal** : assure la genèse et la conduction de l'excitation, il est constitué, de haut en bas, par le nœud sinusal (Keith et Flack, au niveau du toit de l'oreillette droite, au pied de la veine cave supérieure), le nœud auriculo-ventriculaire (Aschoff Tawara, se trouvant au niveau du plancher de l'oreillette droite), enfin, le faisceau de His (le long du septum interventriculaire, subdivisé en deux branches : droite et gauche)
- Les fibres myocardiques et le tissu nodal sont doués d'excitabilité, de conduction, de contractilité et d'automatisme (le tissu nodal surtout)

II. Électrophysiologie

- **Potentiel de repos** : une fibre myocardique au repos est polarisée, la face interne contient des ions négatifs et la face externe contient des ions positifs. L'enregistrement de ce potentiel à l'aide de deux électrodes reliées à un galvanomètre enregistre une différence de potentiel de l'ordre de -90 mV. Cette différence de potentiel est appelée potentiel de repos ou potentiel de membrane
- **Potentiel d'action** : il est obtenu à la suite d'une application d'un stimulus (électrique, chimique, mécanique) à une cellule au repos. On déclenche un déséquilibre électrostatique. Le potentiel d'action comporte deux phases :
 - **Dépolarisation** : phénomène rapide d'une durée d'une milliseconde, n'a lieu que lorsque les charges négatives ont envahi toute la surface de la cellule. L'onde de dépolarisation se propage tout le long de la cellule
 - **Repolarisation** : suit aussitôt la dépolarisation, elle se manifeste par la réapparition des charges électropositives au point d'application du stimulus se propageant de proche en proche. La repolarisation est plus lente que la dépolarisation, la fin de la repolarisation indique le potentiel de repos

L'enregistrement du potentiel d'action se fait par l'intermédiaire de deux électrodes. Enfin, le potentiel d'action s'inscrit sous la forme d'une onde diphasique :

- **Onde rapide et brève** : la dépolarisation qui est positive
- **Onde lente** : la repolarisation qui est négative

Principes de l'électrocardiogramme

Chez l'homme, l'activation réelle du myocarde se fait de l'endocarde vers l'épicarde et la repolarisation de l'épicarde vers l'endocarde. Chez l'homme, les électrodes qui permettent l'enregistrement des variations de potentiels sont éloignées du cœur, placées en des endroits bien définis au niveau du corps, celui-ci, est le milieu conducteur permettant de capter les variations du champ électrique. Les effets du processus d'activation du cœur sur le champ électrique corporel sont assimilés à un dipôle électrique constitué de deux charges électriques très proches et de sens contraire : l'électrode enregistreuse d'une dépolarisation voit venir vers elle le pôle positif, celle qui a vu s'éloigner la repolarisation est négative

Compréhension et description des mécanismes de l'activité électrique du cœur permettant d'aboutir au tracé électrocardiographique

Un ECG standard comporte 12 dérivations, permettant de recueillir la projection du vecteur représentatif de l'activité électrique du cœur dans 2 plans de l'espace orientés de façon perpendiculaire l'un à l'autre, appelés plan frontal et plan horizontal. Une dérivation est un circuit électrique comprenant deux électrodes reliées par un fil conducteur à un galvanomètre. Une dérivation peut être unipolaire ou bipolaire

Plan frontal : les dérivations sont au nombre de 6 : 3 bipolaires standards (D_I , D_{II} , D_{III}) et 3 unipolaires des membres (V_R , V_L , V_F). Selon Einthoven, les électrodes des membres sont appliquées au niveau du bras droit (V_R), du bras gauche (V_L) et de la jambe gauche (V_F). Pour les bipolaires standards, D_I du bras droit négatif vers le bras gauche positif, D_{II} du bras droit négatif vers le bras gauche positif, D_{III} du bras gauche négatif vers la jambe gauche positive. aV_R , aV_L et aV_F sont les sommets d'un triangle équilatéral, D_I , D_{II} et D_{III} sont les côtés de ce triangle. Ces électrodes sont équidistantes les unes des autres et équidistantes du centre du triangle. L'activité électrique prend naissance au centre de ce triangle et est représentée par un vecteur quand il est représentatif de dépolarisation des ventricules est appelé axe électrique du cœur (AQRS). Dans les dérivations unipolaires, seule une électrode enregistre l'activité cardiaque, ces dérivations unipolaires des membres représentent les 3 bissectrices du triangle d'Einthoven. Le tout (V_R , V_L , V_F , D_I , D_{II} , D_{III}) représente le triaxe de Bayley. Pour obtenir le double triaxe de Bayley, on fait une translation sans changer ni le sens ni la direction des différentes dérivations par rapport au centre du triangle, si on inscrit ce triaxe dans un cercle et par convention le pôle positif de D_I à 0° , D_{II} à $+60^\circ$, D_{III} à $+120^\circ$, aV_R à -150° , aV_L à -30° et aV_F à $+90^\circ$. Ce triaxe de Bayley permet le calcul rapide de l'orientation de l'axe électrique du cœur dans le plan frontal :

- D_I et aV_L : explorent la paroi latérale du ventricule gauche
- D_{II} , D_{III} et aV_F : explorent la face postéro-inférieure ou diaphragmatique du cœur
- aV_R : explore l'intérieur des cavités cardiaques

Plan horizontal : au niveau de ce plan, existent 6 principales dérivations qui sont unipolaires. Les électrodes sont placées comme suit :

- V_1 : 4^e espace intercostal droit près du bord du sternum
- V_2 : 4^e espace intercostal gauche près du sternum
- V_3 : au milieu de la ligne qui unit V_2 à V_4
- V_4 : 5^e espace intercostal gauche sur la ligne médio-claviculaire
- V_5 : 5^e espace intercostal gauche sur la ligne axillaire antérieure
- V_6 : 5^e espace intercostal gauche sur la ligne axillaire moyenne
- V_{3R} et V_{4R} : symétriques à V_3 et V_4 à droite du sternum
- V_E : sous l'appendice xyphoïde
- V_7 , V_8 , V_9 sont moins importants

Ces électrodes rapportées sur la coupe horizontale du cœur montrent :

- V_1 et V_2 : explorent le septum et la paroi du ventricule droit
- V_3 et V_4 : explorent la pointe du cœur et la face antérieure du ventricule gauche
- V_5 et V_6 : explorent la paroi latérale du ventricule gauche

Les dérivations précordiales ne sont pas équidistantes du cœur, elles recueillent des potentiels immédiatement sous-jacent, ne permettent pas le calcul de l'axe électrique du cœur

Conclusion : grâce à D_I , D_{II} , D_{III} , aV_R , aV_L , aV_F on explore l'activité électrique du cœur dans le plan frontal. Les précordiales de V_1 à V_6 permettent d'explorer l'activité électrique du cœur dans le plan horizontal. Le plan frontal et le plan horizontal sont perpendiculaires l'un à l'autre

Indications de l'ECG

L'ECG est indiqué devant une douleur thoracique, une dyspnée, une palpitation, une perte de connaissance brève (lipothymie et syncope) ... mais aussi devant une tachycardie, une bradycardie, des extrasystoles, pouls irrégulier, un souffle cardiaque, galop cardiaque, insuffisance cardiaque, une hypertension artérielle, une intoxication médicamenteuse (surtout aux antidépresseurs tricycliques et aux β -bloquants), une dyskaliémie (hyperkaliémie, hypokaliémie), devant une mise en route d'un traitement surtout aux β -bloquants, choc quel que soit son origine, une anémie, une artériopathie oblitérante des membres inférieurs, une accident vasculaire cérébral, anévrisme de l'aorte abdominale, en préopératoire (s'il y a un facteur de risque cardio-vasculaire)

Enregistrement d'un ECG et identification de ses différentes composantes

- I. **Conditions d'enregistrement** : patient en décubitus dorsal, en résolution musculaire complète, dans une position confortable et protégé du froid (afin d'éliminer au maximum les ondulations de la ligne de base et les parasites dus aux tremblements ou au mauvais contact fils-électrodes). L'appareil doit être connecté à une prise de terre (pour éliminer les interférences du courant alternatif)
- II. **Enregistrement** : il se fait sur un papier millimétré, déroulant à vitesse constante. Le papier est composé de carrés de 5 mm x 5 mm, ces carrés sont subdivisés en carrés plus petits de 1 mm de côté. Dans les conditions standards, le papier est déroulé à la vitesse de 25 mm/s de sorte qu'un millimètre corresponde à 0,04 s et 5 mm à 0,20 s. L'étalonnage standard de l'ECG enregistre en ordonnée une déflexion de 10 mm pour un voltage de 1 mV. Un étalonnage correct est indispensable à l'interprétation des tracés
- III. **Terminologie électrocardiographique** : le tracé comporte :
 - Une ligne de base horizontale stable et iso-électrique : absence de phénomènes électriques
 - Une série d'accidents successifs qui vont correspondre à la dépolarisation et à la repolarisation myocardiqueChaque contraction va comporter :
 - Une onde **P** = dépolarisation auriculaire
 - Retour à la ligne iso-électrique = **PR** ou **PQ**
 - Complexe **QRS** = dépolarisation ventriculaire, scindé en :
 - 1^{ère} onde négative **Q**
 - 1^{ère} onde positive **R**
 - Onde **S** : onde négative qui suit la 1^{ère} onde positive
 - L'onde **T** = repolarisation ventriculaire, séparée du complexe **QRS** par le segment iso-électrique **ST**
 - Le point de raccordement du segment **ST** est appelé point **J**
 - Une onde **u** de faible amplitude, suit parfois l'onde **T**, inconstante

Les déflexions dont l'amplitude est supérieure à 5 mm sont désignées par des lettres majuscules et celles dont l'amplitude est inférieure à 5 mm sont désignées par des lettres minuscules

Analyse du tracé électrique

Elle doit intéresser toutes les dérivations, doit comporter :

- **Etude du rythme cardiaque** : un rythme normal est dit sinusal, on a :
 - Chaque complexe QRS est précédé par une onde P
 - Onde P est positive en D_I et D_{II}
 - Un espace PR constant

Quand le rythme est régulier, on peut voir une légère accélération à l'inspiration et un léger ralentissement à l'expiration

- **Etude de la fréquence cardiaque** : afin de déterminer une fréquence cardiaque normale, une tachycardie ou une bradycardie. Elle est définie par l'intervalle qui sépare deux complexes QRS successifs soit l'intervalle RP ou PP. Elle se calcule selon la formule : $300 / \text{le nombre de grands carreaux séparant deux QRS successifs}$
- **Calcul de l'axe électrique** : se fait au niveau du plan frontal, selon le calcul des valeurs algébriques au niveau des différentes dérivations, il faut disposer de deux dérivations au niveau du plan frontal. En pratique, une inspection globale de l'ECG au niveau des 6 dérivations du plan frontal permet une approximation suffisante de l'axe cardiaque. Dans la dérivation où le QRS a une faible amplitude ou nulle ou iso-diphasique, l'axe du QRS est perpendiculaire à cette dérivation. Dans la dérivation où l'amplitude positive de QRS est maximale, l'axe de QRS est proche de cette dérivation. Quand dans deux dérivations l'amplitude de QRS est identique, l'axe de QRS est à mi-chemin de ces deux dérivations. Cette méthode est applicable à l'étude de l'axe P et T
- **Etude des divers accidents** :
 - **Onde P** :
 - **Durée** : du début à la fin de celle-ci, normale est de 0,08 à 0,10 s (toujours < 0,11 s)
 - **Amplitude** : normale < 2,5 mm au niveau maximum de soulèvement
 - **Morphologie** :
 - Arrondie, positive en D_I , D_{II} et aV_F
 - Négative en aV_R
 - $P \text{ en } D_{II} > P \text{ en } D_I > P \text{ en } D_{III}$
 - Positive en V_1 et/ou V_2 , soit négative, soit iso-diphasique
 - Toujours positive en V_5 et V_6
 - **Espace PR ou PQR** :
 - Court segment iso-électrique
 - Sépare l'onde P de QRS
 - Du début de P au début de QRS
 - Correspond à la conduction auriculo-ventriculaire
 - Mesuré sur le plan frontal
 - Durée entre 0,12 et 0,20 s, variable en fonction de la fréquence cardiaque, long en cas de bradycardie, court en cas de tachycardie
 - **Complexe QRS** : son étude se fait dans les deux plans :
 - **Plan frontal** :
 - La morphologie de QRS est variable
 - Sa durée est entre 0,06 et 0,08 s, toujours positif en D_I et D_{II}
 - Axe de QRS normale entre -30° et $+90^\circ$
 - L'amplitude de QRS ne dépasse pas habituellement 20 mm dans les dérivations standards et ne doit pas être inférieure à 5 mm, sinon on parle de microvoltage
 - L'onde Q < 0,04 s, et est présente en D_I , V_2 , D_{III} , aV_F
 - Chez le sujet normal, l'onde Q est profonde en D_{III} , elle diminue ou disparaît en inspiration profonde, elle est négative en aV_R , au niveau frontal, on doit calculer l'indice de Lewis : $(R_{D_I} + S_{D_{III}}) - (R_{D_{III}} + S_{D_I})$:
 - ✓ Inférieur à -14 mm, cela signifie une hypertrophie ventriculaire droite
 - ✓ Supérieur à +17 mm, cela signifie une hypertrophie ventriculaire gauche
 - **Plan horizontal** : l'aspect réalisé est de type rS (en V_1 - V_2), qR (en V_5 - V_6), RS (en V_3 - V_5)
 - L'onde R grandit progressivement de V_1 - V_5 - V_6
 - L'onde S diminue progressivement de V_1 - V_5 - V_6
 - Un aspect QS ou une onde Q en V_1 peut être physiologique, le même aspect en V_2 est pathologique
 - L'onde Q est de durée de 0,02 à 0,03 s
 - Amplitude de 1 à 3 mm en V_5 - V_6 - V_7 , son absence en V_5 - V_6 est anormale, de même, une onde large et profonde > 0,04 s

- L'onde R < 25 mm en V₅, R < 20 mm en V₆, R < 7 mm en V₁
- Au niveau du plan horizontal, on doit calculer l'indice de Socolow :
 $S_{V_1} + R_{V_5 \text{ ou } V_6}$ (la plus grande) < 40 mm
 - ✓ Supérieur à 40 mm signifie une hypertrophie ventriculaire gauche
- R/S < 1 en V₅-V₆ ou R/S > 1 en V₁ signifie une hypertrophie ventriculaire droite
- Au niveau du plan horizontal, on ne peut pas calculer l'axe électrique du cœur, car les dérivations sont juxtaposées, on peut calculer les déflexions intrinsécoïdes gauche et droite. La déflexion intrinsécoïde est définie par le temps que met l'activation électrique pour aller des couches sous-endocardiques vers les couches sous-épicaudiques en regard de l'électrode exploratrice, elle se traduit par la durée qui sépare le début de QRS sur une dérivation précordiale du pic de l'onde R :
 - ✓ Le retard de la déflexion intrinsécoïde est différent entre le ventricule droit et le ventricule gauche
 - ✓ La paroi du ventricule droit est mince, donc, le retard de la déflexion intrinsécoïde en V₁ est de 0 à 0,02 s
 - ✓ La paroi du ventricule gauche est épaisse, donc, le retard de la déflexion intrinsécoïde en V₅-V₆ est de 0,035 à 0,045 s
- **Segment ST :**
 - Correspond au début de la repolarisation ventriculaire
 - Il est iso-électrique
 - Peut être légèrement ascendant
 - Sa durée est imprécise du fait du début progressif de T
- **Onde T :**
 - C'est le témoin de la repolarisation ventriculaire
 - Elle est asymétrique avec un versant ascendant à pente faible, sommet arrondi, versant descendant et pente plus raide
 - Amplitude de 1 à 5 mm
 - Sa durée est difficile à mesurer du fait du début et la fin progressifs
 - T positive en D_I-D_{II}, positive en aV_R et D_{III} (négative chez les obèses)
 - Axe de T de -10° à +70°
 - **Plan horizontal :**
 - Onde T positive, iso-électrique, négative en V₁ et/ou V₂
 - Onde T positive de V₃ à V₇
- **Espace QT :**
 - Se mesure du début de QRS à la fin de T
 - Représente la durée totale de l'activation ventriculaire
 - Sa durée est fonction de la fréquence cardiaque, normalement < 0,43 s, elle est inversement proportionnelle à la rapidité du rythme
- **Onde u :** elle peut se voir de façon inconstante dans les précordiales

Variations physiologiques d'un ECG

- **Cœur vertical :** l'axe de QRS est de +70° à +110°
- **Cœur horizontal :** l'axe de QRS est de -30° à +30°
- **Cœur avec pointe en arrière :** axe indéterminé
- **Cœur en position intermédiaire :** axe de QRS de +30° à +70°

ECG de l'enfant

Il se caractérise par la prépondérance physiologique du ventricule droit sur le ventricule gauche. La fréquence cardiaque augmente de la naissance jusqu'à la fin du premier mois puis décroît du 3^e mois jusqu'à 16 ans

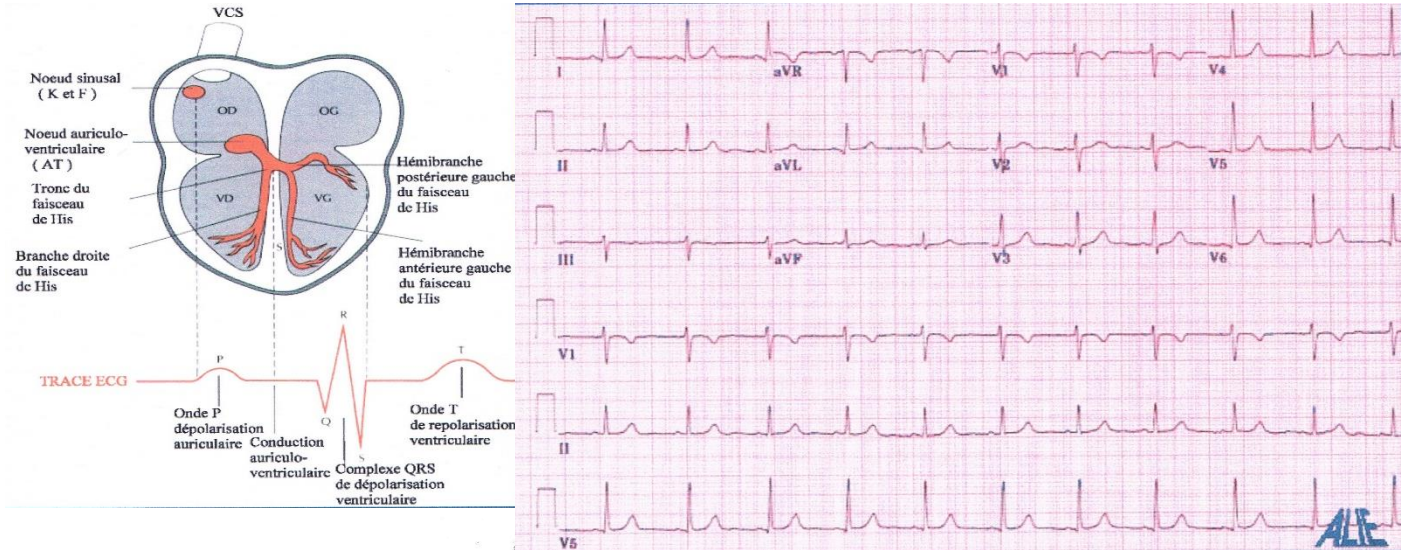
ECG du vieillard

A mesure que l'on avance dans l'âge, on observe des modifications de l'ECG, surtout en cas de surcharge pondérale. Il s'agit de déviation axiale gauche de trouble non spécifique de la repolarisation ventriculaire

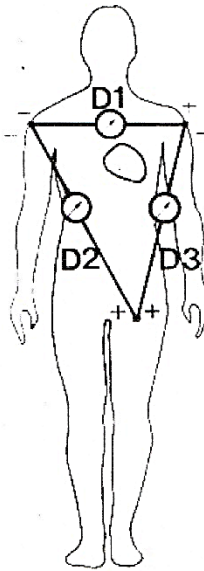
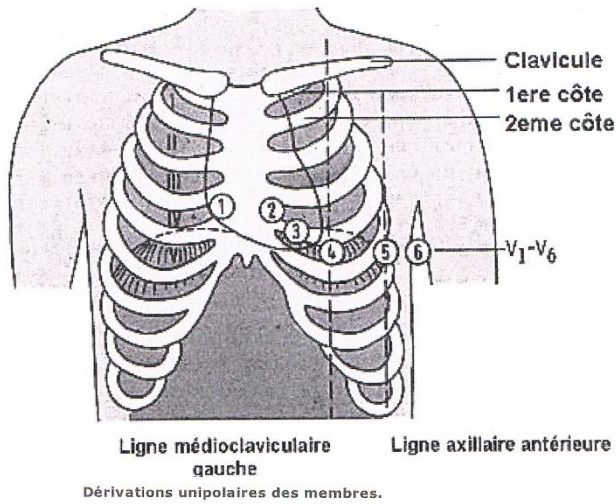
ECG d'effort

Un ECG pratiqué à la suite d'un effort présente :

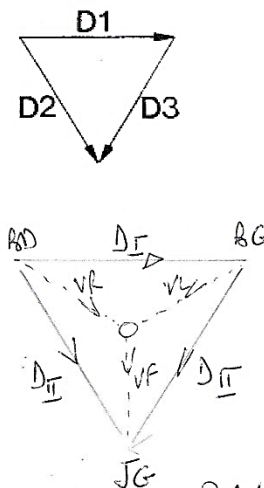
- Onde P qui augmente d'amplitude
- PR se raccourcit
- Fréquence cardiaque à l'effort augmente jusqu'à une fréquence maximale théorique = $220 - \text{âge}$
- Sous-décalage ascendant de ST regroupant la ligne iso-électrique



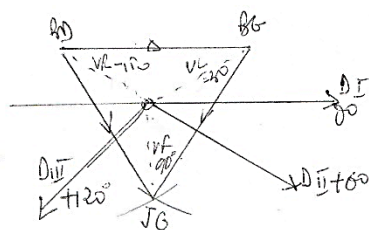
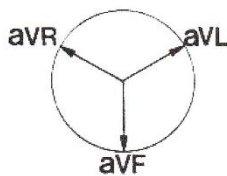
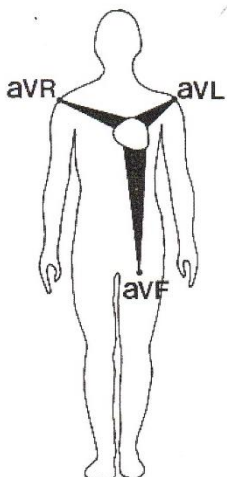
Position des Electrodes Précordiales (Vue de face)



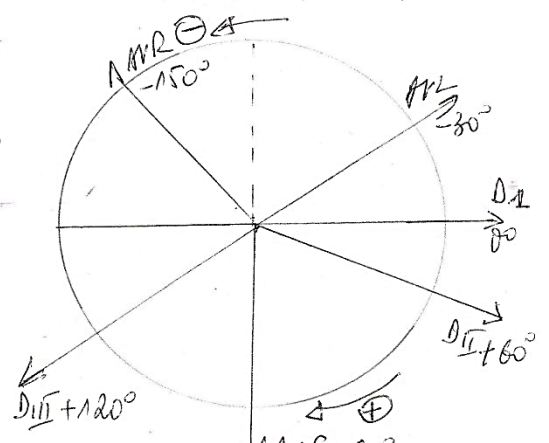
Rythme sinusal normal



TRIAXE DE BAYLEY



Double triaxe de Bayley.



Électrocardiogramme pathologique

Les principales causes se traduisant par des anomalies électrocardiographiques sont :

- Les troubles du rythme et de la conduction
- Les hypertrophies auriculaires et/ou ventriculaires
- L'anoxie des cellules myocardiques par insuffisance coronaire
- Les péricardites
- Les maladies des tissus myocardiques connues ou indéterminées
- Les facteurs extrinsèques tels que les troubles ioniques, action des médicaments, affections du système nerveux

Les hypertrophies

Hypertrophies auriculaires

- **Hypertrophie auriculaire gauche** : se caractérise par :
 - Largeur de l'onde P en D_{II} > 0,12 s
 - Amplitude normale (< 2,5 mm)
 - Axe P dévié à gauche (entre -90° et +15°)
 - Aspect diphasique en V₁ avec une profondeur et une durée accrue de la partie négative
 - Aspect en M en D_I, D_{II}

Les hypertrophies auriculaires gauches sont observées dans les cardiopathies surchargeant les cavités gauches, mais surtout dans les valvulopathies mitrales où l'on parle d'onde P mitrale (Rétrécissement Mitral et Insuffisance Mitrale)

- **Hypertrophie auriculaire droite** : se caractérise par :
 - Onde P ample (> 2,5 mm) positive en D_{II} et D_{III}
 - Onde P diphasique avec en V₁, la déflexion positive supérieure à la déflexion négative
 - Largeur normale
 - Déviation axiale droite de l'onde P (axe P > +75°)

Les hypertrophies auriculaires droites sont observées dans les cardiopathies surchargeant les cavités droites (cœur pulmonaire chronique, cardiopathies congénitales), dans la sténose tricuspide

Il faut savoir que dans certaines situations, on peut avoir des hypertrophies auriculaires mixtes associant des signes d'hypertrophie auriculaire droite et gauche

Hypertrophies ventriculaires

- **Hypertrophie ventriculaire gauche** : se caractérise par :
 - Axe entre +30° et -30°, amplitudes augmentées en aVL et D_I avec :
 - En précordiales droites : un aspect rS ou QS avec des ondes S profondes
 - En précordiales gauches : un aspect qR avec une onde R très ample
 - Un déflexion intrinsécoïde retardée (> 0,05 s en V₆)
 - **Indice de Sokolow-Lyon** (sensibilité = 24%) :
 - $S_{V1} + R_{V5 \text{ ou } V6}$ (la plus grande) > 35 mm si âge > 35 ans
 - $S_{V1} + R_{V5 \text{ ou } V6}$ (la plus grande) > 45 mm si âge < 35 ans
 - **Indice de Sokolow modifié** :
 - $S_{V1 \text{ ou } V2}$ (la plus grande) + $R_{V5 \text{ ou } V6}$ (la plus grande), mais il y a de faux positifs
 - **Indice de Cornell** (sensibilité = 36%) :
 - $R_{aVL} + S_{V3}$ > 28 mm chez l'homme
 - $R_{aVL} + S_{V3}$ > 20 mm chez la femme
 - **Indice de Lewis** :
 - $(R_{DI} + S_{DIII}) - (R_{DIII} + S_{DI}) > +17$ mm
 - On observe deux types de surcharges :
 - **Systolique** (ex : Rétrécissement Aortique) : avec réduction des ondes q en V₅, V₆ et r en V₁, V₂ avec inversion de l'onde T en précordiales gauches
 - **Diastolique** (ex : Insuffisance Aortique) : avec augmentation des ondes q en V₅, V₆ et r en V₁, V₂ avec positivité élevée des ondes T en précordiales gauches

- **Diagnostic différentiel :**
 - Infarctus antérieur : aspect QS en V₁, V₂ et V₃, car ondes R rabotées
 - Bloc de branche gauche complet, par élargissement du complexe QRS
 - Hypertrophie ventriculaire des sportifs
- **Etiologies :**
 - Insuffisance mitrale
 - Valvulopathies aortiques
 - Hypertension artérielle
 - Cardiomyopathie dilatée
 - Cardiomyopathie hypertrophique
- **Hypertrophie ventriculaire droite** : se caractérise par :
 - La durée est normale, axe droit au-delà de +90°, parfois même à plus de 180°
 - L'axe de l'onde T s'oppose à l'axe du QRS
 - Indice de Lewis au-delà de -14 mm
 - R / S > 1 en V₁, R / S < 1 en V₅, V₆
 - **Variantes :**
 - Onde Q isolée en V₁ (aspect qR) => hypertrophie ventriculaire droite sévère (bloc de branche droit hypertrophique)
 - Aspect S_{DI}, Q_{DIII}
 - Aspect S_{DI}, S_{DII}, S_{DIII}
 - Aspect rSR' en V₁
 - Une différence de l'aspect électrique peut être observée selon le type de surcharge :
 - Surcharge diastolique : aspect rsR' dans les précordiales droites
 - Surcharge systolique : aspect R ou qR en précordiales droites
 - **Diagnostic différentiel :**
 - Bloc bi-fasciculaire postérieur gauche avec onde S profonde en V₅, V₆ et axe QRS > +110° (bloc de branche droit avec héli-bloc postérieur gauche)

Désordres électrolytiques

Les principaux électrolytes dont les variations du taux influent sur l'ECG sont le calcium, le magnésium et le potassium

- **Hypocalcémie** : donne allongement de l'espace QT (systole électromécanique) avec, à l'extrême, risque de torsade de pointe
- **Hypercalcémie** : donne un raccourcissement de l'espace QT et une bradycardie
- **Hyperkaliémie** : entraîne des troubles ECG diffus, mal corrélés aux taux de potassium, mais quasi-constants si la kaliémie dépasse 6 mmol/l. On observe, dans l'ordre :
 - Ondes T amples, pointues, symétriques, à base droite
 - Allongement du PR
 - Elargissement du complexe QRS si la kaliémie dépasse 7 mmol/l avec onde S large dite en lame de sabre
 - A l'extrême, aspect de Rythme Idio-Ventriculaire Accéléré, aspect de torsade ventriculaire allant jusqu'à l'asystolie ou la fibrillation ventriculaire
- **Hypokaliémie** : donne des troubles ECG diffus apparaissant souvent avec les signes cliniques (crampes, paresthésies...). Ces troubles s'installent dans l'ordre suivant, selon la profondeur de l'hypokaliémie :
 - Ondes T aplaties
 - Ondes U agrandies, d'où un aspect de pseudo QT long (avec un espace QT normal)
 - Dépression du segment ST
 - A l'extrême, divers troubles du rythme : torsade de pointe, extrasystoles ventriculaires, fibrillation ventriculaire, tachy-systolie atriale, fibrillation auriculaire
- **Hypomagnésémie et hypermagnésémie** : donnent respectivement les mêmes troubles ECG que l'hypokaliémie et l'hyperkaliémie mais de manière plus rare et plus atténuée

Médicaments

- **Digitaliques** (à dose thérapeutique) :
 - **Cupule digitalique** : sous-décalage descendant du segment ST (horizontal quand ischémique) en V₅, V₆
 - Parfois raccourcissement de l'espace QT
- **Anti-arythmiques** :
 - **Classe Ia** (quinidine +++, procainamide, disopyramide) : allongement de l'espace QT
 - **Classe Ic** (flécaïnide, lorcaïnide, encaïnide, propafénone) : peut entraîner un élargissement des QRS et un allongement du PR
 - **Classe II** (les β-bloquants : propranolol...) : bradycardie par baisse de l'automatisme sinusal
 - **Classe III** (bretylate et amiodarone) : bradycardie et allongement des intervalles PR et QT
 - **Classe IV** (les inhibiteurs calciques) :
 - Bradycardie quand ils sont bradycardisants (verapamil, diltiazem)
 - Tachycardie quand ils sont tachycardisants (nifédipine, nicardipine)

Hypothyroïdie importante

- Signes de péricardite myxoédémateuse = bradycardie + microvoltage
- Signes de myocardite myxoédémateuse = sous-décalage ST, allongement des espaces PQ et QT, aplatissement de l'onde T

Thyréotoxicose

Les signes ECG apparaissent souvent avant les symptômes d'hyperthyroïdie. Ce diagnostic doit donc toujours être évoqué devant les troubles ECG suivants :

- Arythmie complète par fibrillation auriculaire de novo
- Tachy-arythmie

Hypothermie

Selon sa profondeur, l'hypothermie s'accompagne de signes ECG qui s'installent dans l'ordre suivant :

- **Hypothermie mineure** (> 32°C) : tremblements
- **Hypothermie profonde** (entre 30°C et 32°C) : apparition d'une onde J d'Osborne, petite bosse arrondie en fin de complexe QRS, puis bradycardie, allongement des espaces QT et PQ
- **Hypothermie grave** (< 30°C) : risque d'arythmies graves allant jusqu'à l'arrêt cardiaque par fibrillation ventriculaire, asystolie ou dissociation électromécanique

Accidents Vasculaires Cérébraux

On observe des anomalies non-spécifiques du tracé ECG probablement par atteinte du système nerveux autonome :

- Bradycardie
- Altérations non-spécifiques de la repolarisation, avec ondes T amples positives ou négatives, parfois sous-décalage du segment ST sans image en miroir