

D.C.E.M II...Année 2001-2002
MODULE CARDIOLOGIE – PNEUMOLOGIE

ORIENTATION DIAGNOSTIQUE

*

* *

Item N° 309

L'ELECTROCARDIOGRAMME
INDICATIONS ET INTERPRETATIONS

*

* *

document provisoire

M. Delay

PREAMBULE :

- LES ELEMENTS DU COURS DE SEMIOLOGIE PCEM2 ET DCEM1 (Pr Fauvel, Pr Carrié) SUR L'ECG NE SONT PAS REPRIS DE FAÇON SYSTEMATIQUE DANS CE DOCUMENT DESTINE AU DCEM 2 ET A LA PREPARATION A L'INTERNAT
- DES RENVOIS SERONT FAITS POUR LES TROUBLES DU RYTHME VERS LES AUTRES ITEMS DU PROGRAMME
- L'E.C.G. EST CITE DANS CHAQUE ITEM DU PROGRAMME A L'OCCASION DES PATHOLOGIES ETUDIEES, PARTICULIEREMENT POUR LA MALADIE CORONAIRE ET L'INTEM SPECIFIQUE E.C.G. NE FAIT QUE EVOQUER LES DIVERSES SITUATIONS.

1. LA TECHNIQUE DE L'ECG ET SES VARIANTES

- L'ECG STANDARD

- * Il concerne des signaux mesurés en MICRO VOLTS.
- * Les signaux sont AMPLIFIES ET FILTRES pour supprimer les parasites.
- * Les appareils modernes NUMERISENT la signal, ce qui a beaucoup d'avantages mais peut faire perdre en qualité par rapport aux tracés analogiques.
- * LES ELECTRODES sont placées en divers points et définissent des dérivations :
 - DERIVATIONS BIPOLAIRES entre 2 électrodes
 - DERIVATIONS MONOPOLAIRES entre une électrode donnée et un point indifférent de référence, en général le « point de Wilson », somme de plusieurs électrodes.
- * LES ENREGISREMENTS EN DERIVATIONS BIPOLAIRES ont une amplitude fonction de la force du vecteur cardiaque et des rapports avec ce vecteur,
 - o maximum si le vecteur est parallèle à la dérivation
 - o nulle si il est perpendiculaire
- * LES ENREGISTREMENTS EN DERIVATIONS MONOPOLAIRES sont des « yeux » qui peuvent
 - o voir venir le vecteur et donner une onde positive
 - o voir fuir le vecteur et donner onde négative
 - o voir fuir un vecteur coté opposé à travers un trou électrique comme cela se passe dans l'infarctus du myocarde.

* LES ELECTRODES SONT MISES

○ SUR LES 4 MEMBRES et vont donner :

▪ 3 dérivations bipolaires dites

PERIPHERIQUES, FRONTALES ou STANDARD : D1,D2,D3 qui constituent le triangle d'EINDOVEN avec 3 cotés :

- D1 : vecteur orienté BRAS DROIT => BRAS GAUCHE
- D2 : " " BRAS DROITE => JAMBE GAUCHE
- D3 : " " BRAS GAUCHE=> JAMBE GAUCHE
-

▪ 3 dérivations monopolaires

PERIPHERIQUES FRONTALES pour les 2 bras et la jambe gauche, aVR, aVR, aVF.

○ sur l'AIRE PRECORDIALE, de droite à gauche et de haut en bas, selon un plan horizontal, 6 dérivations monopolaires, dites V1, V2, V3, V4, V5, V6.

• LA PRESENTATION HABITUELLE DE L'ECG

- est donc faite de 12 dérivations, 6 standard et 6 précordiales,
- idéalement avec 3 à 6 dérivations simultanées, mais les monopistes sont une aide précieuse en extrahospitalier
- des **dérivations supplémentaires** sont parfois pratiquées, hypergauches dans l'infarctus postérieur (V7, V8, V9), hyperdroite dans l'infarctus postérieur (V3R, V4R) ou pour dégager les auriculogrammes (V3R, VE), mais les 12D apportent le plus souvent toutes les informations
- Un ECG 12 dérivation est toujours important au moins en rythme sinusal, si possible pendant le TR, bradycardie ou tachycardie.
- Concernant les TR il est important de posséder des tracés avec long déroulement, dans plusieurs dérivations et particulièrement pendant la réduction quand des manœuvres thérapeutiques sont proposées.

• LA VALEUR TOPOGRAPHIQUE DES DERIVATIONS

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| - D1...AVL...V5...V6 : | VG LATERAL GAUCHE |
| - D2 | OREILLETES...AXE VG...APEX |
| - D3...VF | VG INFERIEUR |
| - V1..V2 | SEPTUM VG. OG. MIROIR DE POSTr. |
| - V3...V4 | VG ANTERIEUR |

• LES INTERVALLES DE TEMPS

La référence est 25 mm / secondes, soit 5mm= 20/100sec, soit 1mm=4/100sec.

• LES AMPLITUDES

La référence est 1 cm = 1 milli Volt

- **LES VARIANTES DE L'ECG**

. **MONITORING ou TELEMETRIE**

Important en milieu hospitalier pour utiliser immédiatement chez un patient ambulatoire l'information sur un TR intermittent.

Permet d'éviter certaines surveillances en soins intensifs en aval d'une situation d'urgence

. **SITUATIONS DYNAMIQUES**

ECG de LONGUE DUREE selon la méthode de HOLTER

Diagnostic d'un symptôme, Evaluation d'un pronostic, Déterminisme d'un trouble du rythme, Evaluation thérapeutique...

ECG d'EFFORT

TR avec ischémie, TR catécholergique, Insuffisance chronotrope, Tolérance des médicaments, Symptôme d'effort...

ECG Séquentiel ou Événementiel

Diagnostic d'un symptôme non grave, Suivi thérapeutiques...

. **MEMOIRES EMBARQUEES** dans les **STIMULATEURS** et **DEFIBRILLATEURS** implantés.

. **TRAITEMENT DU SIGNAL :**

ECG à Haute Amplification

Recherche de potentiels tardifs, marqueurs de risque de TRV.

Quantification des signaux ventriculaires ou atriaux

ECG numérisés à haute fréquence

Utilisation de la technologie de l'exploration électrophysiologique pour avoir des signaux électriques de qualité.

La Vectocardiographie

Représentation dynamique du déplacement dans l'espace (3D) de la pointe du vecteur instantané (enveloppe du vecteur) ; peu utilisé en pratique, il est à la base de tous les calculs faits à partir de l'ECG numérisé, traitements de signal et interprétations automatisées.

. **L'EXPLORATION ELECTROPHYSIOLOGIQUE** compte diverses étapes :

Enregistrement de signaux par des électrodes ENDOCARDIAQUES

Modification du comportement par STIMULATION PROGRAMMEE

Tests MEDICAMENTEUX

Exploration NON-INVASIVE par électrode OESOPHAGIENNE

Manœuvres VAGALES (Massage du sinus carotidien, Réflexe Occulo Cardiaque...)

2. L'ACTIVATION ELECTRIQUE DU CŒUR

- Elle est l'effet d'un **SYSTEME INTRINSEQUE** d'ACTIVATION AUTOMATIQUE et de CONDUCTION
- Composé de **CELLULES SPECIFIQUES** caractérisées par des **CANAUX IONIQUES TRANSMEMBRANNAIRES** différents selon la spécificité de la cellule
- Modulé par une **REGULATION EXTRINSEQUE** dominée par le **SYSTEME NERVEUX AUTONOME** et par les **CATECHOLAMINES**.
- Le **RYTHME SINUSAL** normal est alors **REGULIER**, dans les limites d'une **ARYTHMIE RESPIRATOIRE** et d'une **VARIABILITE** du rythme sinusal.
- Les modifications plus importantes constituent **LES TROUBLES DU RYTHME CARDIAQUE**, à cœur **LENT**, **RAPIDE** ou **IRREGULIER**.
- **LA SEQUENCE D'ACTIVATION** se fait de **L'OREILLETTE DROITE**, vers **L'OREILLETTE GAUCHE** et **LA JONCTION AURICULO-VENTRICULAIRE** ; fait suite l'activation des ventricules par **LE SEPTUM** vers **L'APEX** et la **BASE DES 2 VENTRICULES DROIT ET GAUCHE**.
- **LA CONTRACTION** fait suite à l'activation, essentiellement sous la dépendance de **L'ION CALCIUM**, spécifique du **COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION**.
- **L'ELECTROCARDIOGRAMME** enregistre cette activité cardiaque sous forme de signaux périodiques et donne des information sur :
 - **LA MORPHOLOGIE**, reflet de données **ANATOMIQUES** et **FONCTIONNELLES** (masse, surcharge, ischémie, nécrose, métabolisme, inflammation...)
 - **LES SEQUENCES, SUCCESSION DES EVENEMENTS**, reflets du **RYTHME CARDIAQUE**.

3. LE SYSTEME INTRINSEQUE **D'AUTOMATISME ET DE CONDUCTION** **CONSTITUE LE TISSU NODAL** avec :

+ AU PLAN ANATOMIQUE

- **LE NŒUD SINUSAL**, STRUCTURE AUTOMATIQUE, situé dans L'OREILLETTE DROITE externe, près de la Veine Cave Supérieure.
- Qui active divers FAISCEAUX MUSCULAIRES dans l'Oreillette Droite
- Vers l'Oreillette Gauche
- Et le **NŒUD AURICULO-VENTRICULAIRE** connecté au
- **FAISCEAU DE HIS** qui se divise pour donner
- **LES BRANCHES DU FAISCEAU DE HIS**,
d'abord BRANCHE DROITE,
Puis BRANCHE GAUCHE
avec ses 2 HEMI BRANCHES ANTERO SUPERIEURE et POSTERO INFERIEURE.
- **LE SYSTEME DE PURKINJE** est la ramification terminale vers
- LE MUSCLE CARDIAQUE CONTRACTILE

+ AU PLAN CELLULAIRE il existe schématiquement 2 types de cellules :

- **DES CELLULES RAPIDES** dans le système HIS-PURKINJE-MUSCLE
Avec :
 - . un POTENTIEL D'ACTION RAPIDE
 - . caractérisé par la phase 0 lié au canal entrant sodé Na+
 - . un plateau (Courant entrant calcique Ca++)
(Couplage Excitation-Contraction), (Période Réfractaire)
 - . une REPOLARISATION liée à l'ion potassium K+
 - . des CONNECTIONS INTERCELLULAIRES (CONNEXINES)
- **DES CELLULES LENTES** dans le NŒUD SINUSAL et le NŒUD AURICULO VENTRICULAIRE avec :
 - . UN POTENTIEL D'ACTION LENT (Courant entrant lent calcique Ca++)
 - . sans phase 0 rapide
 - . UN AUTOMATISME : courant entrant Potassique K+ et Calcique Ca++

4. LA REGULATION EXTRINSEQUE

LE SYSTEME NERVEUX AUTONOME comprend 2 systèmes Complémentaires

* LE SYSTEME PARASYMPATHIQUE

* LE SYSTEME SYMPATHIQUE

DES SYSTEMES HUMORAUX dominés par LES CATECHOLAMINES
d'origine surrénallienne.

- **LE SYSTEME PARA SYMPATHIQUE ou VAGUE**

- Effet **CARDIO MODERATEUR**, bradycardisant (**CHRONOTROPE NEGATIF**) et freinateur (**DROMOTROPE NEGATIF**), avec un **TONUS VAGAL** de repos.

- **EFFERENCES** par le nerf **PNEUMOGASTRIQUE** ou **VAGUE** ou Xème paire de nerfs crâniens, Essentiellement vers les **NŒUD SINUSAL** et **NŒUD AURICULO VENTRICULAIRE** et à diffusion viscérale très large

- **efférence**, **INHIBITRICE**, insensible à l'Atropine, vers le **SYMPATHIQUE** Vasoconstricteur.

- Le **MEDIATEUR** est l' **ACETHYL CHOLINE** dont l'effet est inhibé par l' **ATROPINE**.

- Le centre nerveux est dans le **Tronc Cérébral**

- Les **AFFERENCES** vers ce centre sont d'origine

- **VISCERALES** qui se font par les nerfs crâniens :

- « **REFLEXES VAGAux** » et « **MANŒUVRES VAGALES** ».

- ou par **connections INTER CENTRALES** d'origine **CORTICALE** :

- « **SYNCOPE VASO VAGALE** »

- **LE SYSTEME SYMPATHIQUE**

- Effet **CARDIO ACCELERATEUR** du rythme (Effet **CHRONOTROPE**) et de la conduction (**DROMOTROPE POSITIF**), et **INOTROPE POSITIF**, mis en route en cas d' Effort ou de Stress.

- **EFFERENCES DIFFUSES**, vers les **Nœuds Sinusal** et **Auriculo Ventriculaire**, le **Faisceau de His** et le **Muscle**

- Le **MEDIATEUR** est la **NOR ADRENALINE** dont l' effet est inhibé par les **BETA-BLOQUANTS**, et activé selon le type d' effet par la **NOR ADRENALINE**, l' **ISOPRENALINE** ou l' **ADRENALINE**.

- **Au total, UNE DUALITE à tous les niveaux :**

DUALITE / NIVEAU	Sinus-Nœud AV	His-Purkinje-Muscle
Anatomique	NŒUDS	CABLES
Fonctionnelle	Automatisme Conduction Lente	Conduction Rapide
Cellulaire	PA Cellule LENTE	PA Cellule RAPIDE
Ct Ionique d'activation	CA++ K+	NA+
Régulation	PARASYM + SYMP	SYMPATHIQUE

5. L'ELECTROGENESE CARDIAQUE

- + L'ACTIVATION DU CŒUR PRODUIT UN COURANT ELECTRIQUE
 - qui peut être enregistré et traité, donnant un signal
 - qui a une valeur sémiologique sur L'ANATOMIE, LA FONCTION, LE METABOLISME, L'ENVIRONNEMENT, LES MALADIES...

- + LA CELLULE CARDIAQUE
 - Est activée par DES TRANSFERTS DE CHARGES ELECTRIQUES,
 - TRANS MEMBRANNAIRES au travers de CANAUX,
 - Portées par des IONS
 - Sous l'effet d'un stimulus venu du système nodal via une cellule voisine
 - Ou par un automatisme propre, constitutionnel ou acquis.

- + LES DIVERS ETATS DE LA CELLULE
 - **POTENTIEL DE REPOS** : il existe un déséquilibre trans membranaire avec des NEGATIVITES INTRA CELLULAIRES ; la cellule est EXCITABLE ou POLARISEE.
 - **POTENTIEL D'ACTION** : ENTREE BRUTALE de CHARGES POSITIVES DANS LA CELLULE (Na+, K+ puis Ca++) dite **DEPOLARISATION**, suivie d'un plateau inexcitable moment du **COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION**
 - RETOUR AU POTENTIEL DE REPOS par la sortie de charges positives Na+ mais surtout K+ avec une PHASE NON EXCITABLE : **LA PERIODE REFRACTAIRE**, suivie d'une PHASE HYPEREXCITABLE puis RETOUR AU POTENTIEL DE REPOS.

- + LE SIGNAL ELECTRIQUE EST LA SOMME DE VECTEURS DANS L'ESPACE ET DANS LE TEMPS.
 - Le signal est lié à des inversions de charges en dépolarisation et en repolarisation
 - Les vecteurs sont caractérisés par ORIGINE, ORIENTATION, SENS, INTENSITE...
 - LE VECTEUR ELEMENTAIRE ou instantané est produit par la cellule
 - L'Activation de la paroi cardiaque se fait DE L'ENDOCARDE VERS L'EPICARDE, ce qui donne un signal positif en regard d'une zone activée et un trou électrique dans la cavité.
 - Un **MICROVOLTAGE** est l'absence d'onde R ample en standard avec $D1+D2+D3 < 15$ mm ; il peut sagir d'une péricardite ou d'une cardiomyopathie.
 - A un instant donné, la somme des vecteurs donne un point de l' ECG
 - La juxtaposition des sommes de vecteurs dans le temps donne le tracé ECG

+ LE VECTEUR ELECTRIQUE

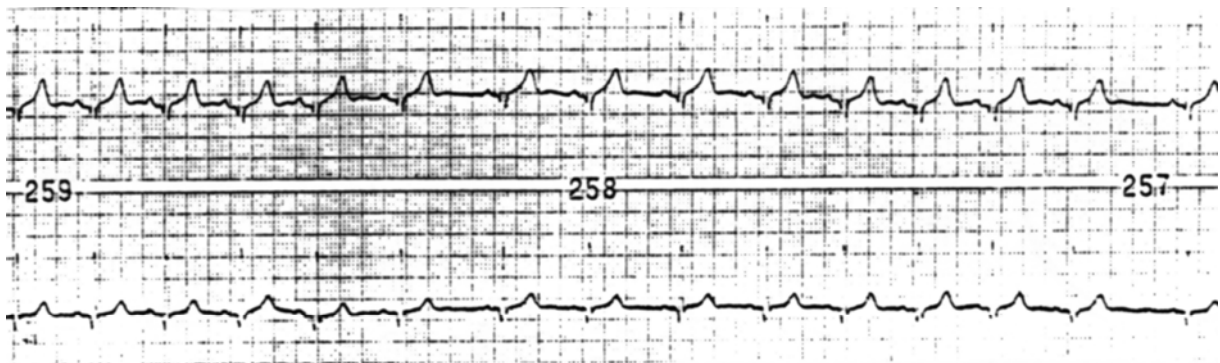
- Est fonction de la masse musculaire activée et de sa capacité à donner un courant : En cas d'infarctus, on parle de « TROU ELECTRIQUE »
- Il donne un vecteur résultant global dit « **AXE ELECTRIQUE DU CŒUR** », résultante dominée par le VG qui est la masse la plus importante du cœur.
- Des résultantes comparables sont moins utilisées : « Axe des Oreillettes », « Axe de T »...

6. LE RYTHME CARDIAQUE NORMAL EST LE RYTHME SINUSAL

+ **L'ORIGINE SINUSALE** donne une ONDE P négative en VR et à positivités prédominantes en D2D3VF ; la morphologie normale varie avec la respiration.

+ Le Rythme Sinusal est globalement **REGULIER**, de fréquence normale, habituelle à 70-80 bpm au repos.

+ **L'ARYTHMIE RESPIRATOIRE** est une variation de la fréquence et de la morphologie liée aux variations du TONUS VAGAL d'origine respiratoire ; la variation maximum de cycle à cycle est de 20%.



(Rythme Cardiaque normal ; Arythmie respiratoire)

+ **LA VARIABILITE DU RYTHME SINUSAL** s'étudie sur des ECG de longue durée ; elle est le produit de l'équilibre VAGO-SYPATHIQUE avec des oscillations :

- de Haute Fréquence, d'origine vagale
- de Moyenne Fréquence, d'origine Sympathique Neurogène
- de Basse Fréquence, d'origine Catécholergique.

La diminution de la Variabilité du Rythme Sinusal signe une prédominance du système sympathique et accompagne des cardiopathies avec hyperadrénergie et risque augmenté de Troubles du Rythme.

+ LA TACHYCARDIE SINUSALE est une accélération du rythme normal,
soit TC sinusale d'adaptation à un phénomène physiologique (effort, stress...)
soit TC sinusale d'adaptation à un phénomène pathologique (fièvre, insuffisance cardiaque, hyperthyroïdie...)
soit TC sinusale inadaptée

7. LA SEQUENCE D'ACTIVATION DU CŒUR

- + **LE NŒUD SINUSAL**, structure Automatique, à Conduction Lente et Microvoltée donne un signal invisible à l'E.C.G. Il précède...
- + L'activation des **OREILLETES : L'ONDE P SINUSALE**.
 - Elle débute par L'OREILLETTE DROITE, de haut en bas et de Droite à Gauche, par des faisceaux musculaires délimités par les nombreux orifices de l'OD.
 - Les CONNEXIONS OD – OG se font avant la fin de l'activation de l'OD par des faisceaux musculaires particuliers : inter-auriculaire supérieur de Bachmann, inter-auriculaires inférieurs proches du Sinus Coronaire, et septaux proches de la Fosse Ovale.
 - L'activation de L'OREILLETTE GAUCHE fusionne avec la fin de l'activation de l'OD et donne la 2eme partie de l'onde « P ».
- **L'ONDE « P »** s'étudie préférentiellement
 - . en VR (Elle y est **NEGATIVE EN RYTHME SINUSAL**),
 - . en D2-D3 (**DUREE, AMPLITUDE, AXE**),
 - . et en V1 (2eme composante OG).
- **LES TROUBLES DE L'ACTIVATION ATRIALE** d'origine sinusale donnent :
 - . les signes d'**HAG** avec allongement de la 2eme composante (D2-V1) et allongements de la durée globale de P (>12/100)
 - . les signes d'**HAD** avec l'axe de P vertical et augmentation de l'amplitude de P en D2 (>2,5 mm)
- La repolarisation des oreillettes n'est pas visible
- + **LE NŒUD AURICULO-VENTRICULAIRE**, structure à Conduction Lente et Microvoltée donne un signal invisible à l'E.C.G. qui compose la partie initiale du segment PQ.

Son activation se fait depuis l'OD via le Nœud AV DIFFUS, de façon complexe, avec des voies rapides et des voies lentes, vers le Nœud AV COMPACT.

+ L'ACTIVATION DU FAISCEAU DE HIS ET DES BRANCHES

concerne des structures rapides mais microvoltées, invisibles sur l' E.C.G.de surface ; elles donnent le POTENTIEL RAPIDE DU FAISCEAU DE HIS, enregistré par une sonde électrode endocavitaire, base de toute exploration électrophysiologique ; elle donne la 2eme partie du segment PQ.

+ L'ESPACE « PR » intègre L'ACTIVATION AURICULAIRE, la traversée du NŒUD AV, du FAISCEAU DE HIS et de ses BRANCHES, jusqu'au début du complexe QRS ; c'est un indice global de CONDUCTION AURICULOVENTRICULAIRE.

+ Le SEGMENT « PQ », isoélectrique, va de la fin de l'onde P au début du QRS ; on étudie surtout sa morphologie.

+ L'ACTIVATION SEPTALE débute le ventriculogramme, sur les 4 premiers centièmes de seconde: c'est le **VECTEUR INITIAL** du complexe QRS. La branche droite quitte le septum avant la branche gauche et l'activation se fait essentiellement à partir de la branche gauche, de la gauche vers la droite,

- d'où une négativité initiale (onde Q physiologique) en V5V6,
- qui disparaît dans le Bloc de Branche Gauche complet ou incomplet,
- qui augmente dans les hypertrophies septales,
- qui est remplacé par une onde Q large et profonde dans l'infarctus,
- qui est remplacé par une onde « Delta » plus précoce dans les syndromes de préexcitation AV par des voie accéssoires.

+ L'ACTIVATION DES VENTRICULES se fait

- par les **BRANCHES DU FAISCEAU DE HIS** , Branche DROITE et branche GAUCHE, elle même divisée précocement en hémibranches ANTERO SUPERIEURE et POSTERO INFERIEURE.

- après le septum, de la pointe vers la base,
- Cette activation, normalement synchrones des 2 ventricules, dure en tout moins de 8/100 de seconde.

- **L'ELARGISSEMENT DU COMPLEXE QRS** correspond à une désynchronisation qui peut être :

- . UN BLOC DE BRANCHE INCOMPLET : QRS>8/100
- . UN BLOC DE BRANCHE COMPLET : QRS>12/100
- . Un syndrome de PREEXCITATION
- . Un rythme d'origine ventriculaire :ESV, TV, RIVA,

Echappement.

+ **LA REPOLARISATION VENTRICULAIRE** : Période prolongée de retour des ventricules à l' état excitable, est la somme de nombreux courants ioniques, essentiellement potassiques. Elle comprend :

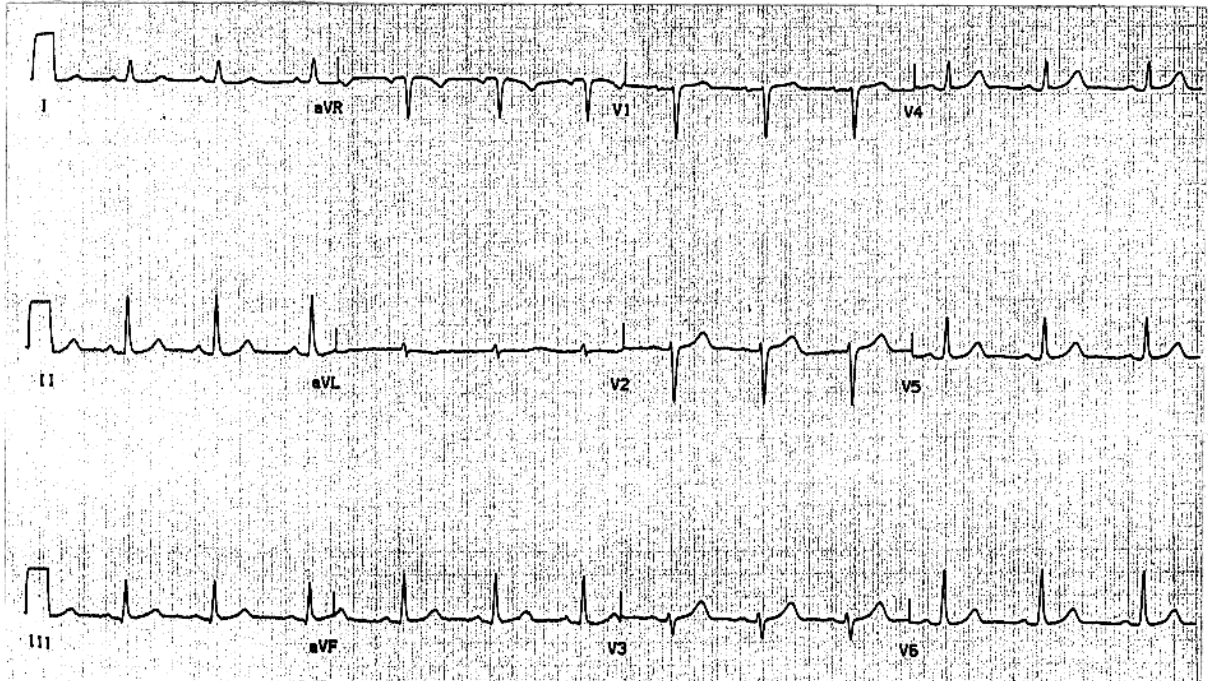
- Un SEGMENT ST , isoélectrique
- Une onde mousse, asymétrique, de polarité en règle de même sens que le QRS : l'ONDE « T »
- Parfois une ONDE « U » lui fait suite
- La PERIODE REFRACTAIRE est l' intervalle de temps où les ventricules ne sont pas encore redevenus excitables ; elle se finit au voisinage du sommet de l' onde T.

8. L'E.C.G. NORMAL comprend donc :

+ **Une séquence P-QRS-T avec**

+ **Des ONDES**

- **Onde P** : Etudiée en VR,D2,D3,V1, de durée <12/100 de seconde
- **Onde Q** : **Négativité initiale du QRS** ; **normalement** présente, fine et peu profonde , elle est augmentée et/ou élargie :
 - . dans les hypertrophies septales (fine et profonde)
 - . dans l'infarctus du myocarde (large et profonde)
 - . et certaines préexcitations (miroir négatif d'une onde delta)
- **Onde R** : **Positivité du QRS**, parfois double avec l'onde R'.
- **Onde S** : **Négativité terminale de QRS**, se finit au Point « J »
- **Onde T** : élément essentiel de la repolarisation, qui est perturbée dans les anomalies du QRS (ALTERATIONS SECONDAIRES), et dans de nombreuses autres situations (ALTERATIONS PRIMAIRES).
- **Onde U** : de signification complexe.



+ Des SEGMENTS, étudiés au plan MORPHOLOGIQUE :

- **Segment PQ** : segment isoélectrique entre P et QRS ; il est décalé dans la péricardite et les allongements de l'onde « P ».
- **Segment ST** : débute au point « J », à la fin de QRS, normalement iso-électrique, décalé dans l'ischémie et de nombreuses autres situations.

+ Des INTERVALLES de temps ou **ESPACES** :

- **Intervalle PR** : Temps entre le DEBUT de P et le DEBUT de QRS : indice global de CONDUCTION AV.
- **Intervalle QT** : Temps entre le début de QRS et la FIN de « T » ; Indice global de DUREE de REPOLARISATION, il est allongé dans de très nombreuses causes de QT LONG (congénital ou acquis).
L'intervalle Q-Apex de T est plus facile à mesurer et est proposé pour évaluer les variations de l'espace QT.

9. ANALYSE DU RYTHME A L'ECG ET PRINCIPALES ANOMALIES

a. LA FREQUENCE CARDIAQUE

- Méthode de Mesure
- Vitesse du Papier = 25 mm / secondes
- Intervalle en millisecondes => fréquence = 60.000 / Intervalle en ms
- Compter les battements sur 6 secondes et x 10
- Intervalle en carreaux de 5 mm : 1= 300 bpm ; 2= 150 ; 3=100 ; 4=75 ; 5=60 ; 6=50 ; 7=45 ; 8=36 ; 9=33 ; 10=30 bpm)
 - Fréquence Normale : 50-100
 - Bradycardies < 50
 - Tachycardies > 100

b. LE RYTHME CARDIAQUE

- Rythme Régulier
- Variations de 20% de cycle à cycle = Arythmie respiratoire
- Variabilité du rythme sinusal
 - Rythme Sinusal (voir Onde P)
 - Tachycardie Sinusale :
 - Adaptée : effort, stress, fièvre
 - Inadaptée : Hyperthyroïdie, Dysautonomie, Déconditionnement cardiovasculaire.
 - Bradycardie Sinusale :
 - Repos, Hypervagotonie, Médicaments...
 - (Voir Déficience Sinusale)
 - Rythme non sinusal :
 - Rythmes de suppléance = Echappements
 - Rythmes ectopiques = Extrasystoles et Tachycardies
 - Dans tous les cas ces rythmes sont : Atriaux, Jonctionnels ou Ventriculaires.

c. LES TROUBLES DU RYTHME CARDIAQUE

- Ce sont des cœurs : LENTS, RAPIDES, IRREGULIERS
- Par une anomalie : ATRIALE, JONCTIONNELLE, VENTRICULAIRE
- VOIR LES ITEMS PALPITATIONS, BLOCS ET LES DOCCUMENTS DE BASE.

10. ANALYSE MORPHOLOGIQUE DE L'ECG ET PRINCIPALES ANOMALIES

a. L'ONDE « P »

• L'onde P Normale

- Le vecteur OD est orienté en bas, à gauche et en avant ; celui de l'OG lui fait suite et se redresse, plus horizontal, vers la gauche ; la particularité est que l'activation du massif atrial se fait du bord droit vers le bord gauche avec l'OD qui précède l'OG.
- La seule négativité absolue est en aVR ; P D3 peut être négative de façon importante
- D2 est la dérivation qui étudie le mieux l'onde P positive en rythme sinusal
- V1 a une première composante de P négative et une deuxième positive qui correspond à la fin de l'activation de l'OG.
- La durée de P est limitée à 12 / 100 sec.
- L'amplitude de P est limitée à 2 mm en V2.
- L'analyse de l'onde P se fait uniquement en rythme sinusal.

2. Les Erreurs d'Electrodes : repères simples

- P VR positif (inversion bras et jambe)
- Eventuellement se méfier de PD1 négatif (inversion des 2 bras)

3. Troubles de Conduction Intra Auriculaires

- Les connexions OD-OG se font essentiellement par le faisceau inter-auriculaire supérieur de Bachmann qui active l'OG de Haut en Bas, combiné aux autres connexions, -basses près du sinus coronaire -et moyennes , près de la fosse ovale.
- L'allongement de la conduction se traduit par un allongement de l'onde P bien vu en D2.
- Le bloc du faisceau de Bachmann donne une négativité terminale bien marquée en D3 correspondant à l'activation de l'OG du bas en haut.
- Le trouble de conduction dans les Oreillettes peut diminuer ou supprimer le segment PQ normalement isoélectrique, en modifiant peu l'espace PR

4. Les Hypertrophies Atriales

- L' HAG est essentiellement un allongement de la conduction OD-OG et un ralentissement intra OG ; l'augmentation de la masse OG joue un rôle minime en fin d'onde P.

- Analysée en D2, D1, VL. et V1
- Durée > 12/100
- BIFIDE en D2, D1, VL.

- BIPHASIQUE (- PUIS +) en V1 avec la 2^{ème} composante négative bien marquée (OG).
- L'HAD n'augmente pas la durée de P si la deuxième composante OG est normale. Il s'agit d'une orientation plus marquée vers le bas et à droite du vecteur qui donne :
 - Augmentation de l'amplitude de P en D2 avec $P2 > 2,5 \text{ mm}$
 - Et $P2 > P3 > P1$

5. Les troubles de l'Automatisme

- Ils sont envisagés dans **ITEM 284 Troubles de conduction.**
- Il s'agit de :
 - BLOC SINO AURICULAIRE
 - ARRET SINUSAL
 - BRADYCARDIE CHRONIQUE
- L'ONDE P est :
 - soit ralentie,
 - soit absente,
 - soit remplacée par un échappement atrial non sinusal,
 - soit issue de la conduction rétrograde d'un échappement jonctionnel.
- Avec des particularités :
 - Le défaut d'accélération à l'effort ou INSUFFISANCE CHRONOTROPE
 - Le rôle du Système Nerveux Autonome Vagal et les troubles de l'automatismes EXTRINSEQUES
 - Les TROUBLE DU RYTHME AURICULAIRES ASSOCIES (MALADIE RYTHMIQUE AURICULAIRE et variantes) (Voir de même **ITEM 236 FA**)

6. Les Tachycardies d'origine Atriale

- Elles sont envisagées dans **ITEM 236 FA.**
- Elles modifient la morphologie de l'onde P qui n'est pas d'origine sinusal et qui est accélérée (de 120 à plus de 400 bpm)
- La tachycardie sinusale (adaptée ou inadaptée) ne fait pas partie de ce groupe
- L'onde P absente est remplacée par :
 - Des ondes F de Flutter commun ou atypique
 - Des ondes P' de tachycardie atriale non flutter
 - Des ondes f de fibrillation auriculaire à grosse ou petites mailles
- Elles se caractérisent par :
 - L'intérêt de distinguer le Flutter
 - La transmission aux ventricules très variable selon l'état de la conduction nodale
 - L'intrication avec les troubles de l'automatisme
 - Et bien sûr le risque thrombo-embolique

○ L'ESPACE « PR »

1. L'Espace PR Normal

- Ce paragraphe est également envisagé dans **ITEM 284 TROUBLES DE CONDUCTION.**
- L'ESPACE PR EST MESURE du début de l'onde P SINUSALE au début du Complexe QRS, normalement entre 12 et 20 / 100 de seconde.
- Il correspond à la traversée de L'OD, du Nœud AV, du Faisceau de His et des ses Branches ; Il se finit par L'activation Septale qui est le vecteur initial de QRS. Le recueil endocavitaire du potentiel du faisceau de His est l'élément de base pour étudier les composantes de l'espace PR.
- Il inclut donc :
 - L'Onde P
 - Le segment PQ

2. L'Espace PR Long

- Est supérieur à 20/100 de seconde, cad > 5 mm à 25mm/sec.
- On parle de **BAV du premier degré**
 - La prise en compte est fonction du contexte,
 - mais il faut le considérer comme un marqueur de conduction pathologique et de risque de BAV Complet.
 - Il peut être physiologique
 - Il est sous l'influence du vague
 - Il peut être très long (>50/100 sec) mais la gravité n'est pas fonction de la longueur, et même, ce peut être le contraire.

3. L'Espace PR Court

- Ce aspect est également envisagé à **ITEM 325 PALPITATIONS.**
- L'espace PR court est inférieur à 12 / 100 sec.
- On le trouve :
 - A la limite inférieure de la normale et il faut bien revoir le tracé avec des dérivations simultanées pour confirmer le PR court
 - Raccourci avec de QRS normaux :
Il s'agit d'une traversée accélérée du Nœud AV, dite NAV Hyperdromique qui fait courir un risque de haute cadence ventriculaire si le patient passe en FA.
 - Raccourci avec des QRS larges :
- Il faut penser au diagnostic de Syndrome de Wolf parkinson White et à ses risques de tachycardies
- plus rarement ce sera un PR cour associé à un bloc de Branche.
 - Des éléments difficiles à régler sont à signaler :

- La fréquence de ces aspects dans les cardiopathies hypertrophiques
- L'existence de syndromes de WPW discrets ou le complexe QRS est peu modifié, juste la disparition de l'onde Q normale en V6.

4. Le Segment PQ

- Est la partie incluse entre la fin de l'onde P et le début du QRS
- Sa longueur n'a pas de signification et dépend des durées de P et de PR ; nous avons vu que l'onde P prolongée peut couvrir tout l'espace PR
- PQ est Isoélectrique et il est modifié essentiellement dans la PERICARDITE : sous décalage de PQ

○ LE COMPLEXE QRS

1. c'est la Dépolarisation Ventriculaire

- Encore dit COMPLEXE RAPIDE

2. Les composantes de QRS

- La première onde est Q si elle est négative et R si elle est positive
- Toutes les ondes positives sont dites R, R'...
- Les ondes négatives suivant r sont dites S.
- Elle se finit à la jonction avec ST, dite Point J.

3. la durée de QRS

- L'activation des ventricules est synchronisée à partir de la division du faisceau de His dans le septum
- La durée est alors $< 8/100$ sec et on parle de **QRS FIN**
- Entre 8 et 12/100 sec, l'élargissement est faible et correspond aux blocs de branche incomplets.
- Au dessus de 12/100 sec on parle de **QRS LARGE**

4. les complexes QRS LARGES

○ **L'élément essentiel** est de dire si le complexe large est **conduit ou non**, c'est-à-dire si il est dû à une activité transmise par les oreillettes et la jonction.

○ **Si le QRS large est « conduit »** : c'est un Bloc de Branche ou une préexcitation

○ La déflexion intrinsèque est la dernière positivité du QRS dans une dérivation donnée et le **retard d'apparition de la déflexion intrinsèque** le temps entre le début du QRS et cette dernière positivité ; Il est regardé en V1 et V6 en cas de QRS large conduit et donne la localisation du bloc de branche.

○ **Non conduit**, le QRS large est un rythme issu du Ventricule,

- Soit lent , en suppléance d'une bradycardie, dit « **Echappement** » ou « **idio ventriculaire** »
- Soit rapide, et c'est une **tachycardie ventriculaire** avec dissociation des oreillettes et des ventricules
- **Les tachycardie à complexes QRS larges** posent souvent des problèmes de diagnostic d'origine, soit supra ventriculaire avec bloc de branche, soit ventriculaire. La validation de la présence d'une onde P est cependant parfois difficile ou impossible en tachycardie.

○ L'AXE ELECTRIQUE DE « QRS »

1. Définition et Signification

- Il s'agit de l'axe global du cœur, somme de tous les vecteurs élémentaires dominé par la masse du Ventricule Gauche
- Il est calculé par la somme algébrique des composantes de QRS, qui peut être positive ou négative selon les dérivations

2. L'Axe de QRS Normal

- Est orienté en bas, à gauche et en avant, variable physiologiquement selon la morphologie et le temps respiratoire
- Repéré sur la représentation des diverses dérivations frontales en rosace avec essentiellement D1 à 0° et aVF à 90° (D2=+60° ;D3=+120° ; aVL= -30° ; aVF= -150°)
- Habituellement donc entre D1 et aVF, cad de 0° à 90° : D1 et aVF sont positifs

3. Les Déviations Axiales

- L'axes est dit dévié avant 0° et après 90° et on parle de :
 - i. **Axe GAUCHE** entre 0° et -30° (D1+ ; aVF- ; D2 POSITIF)
 - ii. **Axe DROIT** entre 90° et 120° (D1- ; aVF+, aVR NEGATIF)
 - **En deçà -30°** (entre -30° et -90°) (aVF et D2 négatif) la déviation axiale peut être liée à une anomalie spécifique
- i. **HEMIBLOC ANTERO SUPERIEUR GAUCHE** : activation de la masse du VG de Bas en Haut.
- ii. Infarctus du myocarde postérieur
 - **Au-delà de 110°**, (entre 120° et 180°), cad D1- et quand aVR devient positif, la déviation axiale peut être due à
- i. un **HEMIBLOC POSTERO INFERIEUR GAUCHE** : activation de la masse du VG de Haut en Bas

- Entre 180° et -90°, l'axe est dit « hyperdévié », éventualité rare en dehors des cardiopathies congénitales ; penser aussi à l'erreur d'électrodes.

5. Au total, le calcul de l'axe se fait le plus souvent

- En ne prenant en compte que des dérivations suffisamment voltées
- D'abord D1 et aVF
- Dans les axes gauche, D2 qui est perpendiculaire à -30°
- Dans les axes droits, AVR qui est perpendiculaire à 120°

○ L'INDICE DE SOKOLOV LYON ET LES HYPERTROPHIES VENTRICULAIRES

- C' est un indice global :
 - PREPONDERANCE ELECTRIQUE
 - En rapport avec une SURCHARGE FONCTIONNELLE
 - Qui se traduit au plan anatomique par une HYPERTROPHIE, terme usuel même pour l'aspect électrique
- **L'HYPERTROPHIE V.G.**
 - Amplitude des ondes :
 - Grandes ondes R V5-V6 > 25 mm
 - Grandes ondes S V1-V2 > 20 mm
 - L'INDICE DE SOKOLOV LYON GAUCHE
 - $(RV6 + SV2)$ ou $(RV5 + SV1)$
 - Normalement inférieur à 35
 - Si > 35 : HVG
 - L'aspect de la repolarisation précisera le type de l'HVG :
 - **systolique** : onde T inversée en précordiales gauches.
 - **diastolique** : onde T pointue et positive en précordiales gauches.
 - Il existe des hypertrophies surcharges sans indice de sokolov élevé, notamment en cas de Bloc de branche ou de hémibloc gauche.
- **L'HYPERTROPHIE V.D.**
 - Axe droit
 - $R > S$ en V1-V2
 - L'indice de sokolov droit est moins utilisé.

○ L' ONDES « Q »

1. L'Onde Q Normale

- Il s'agit du VECTEUR INITIAL d'activation correspondant à l'ACTIVATION SEPTALE. Elle occupe les 3 premiers centièmes du complexe QRS
- L'onde Q normale est inférieure à 4/100 sec et 1/3 de l'amplitude du QRS.
- cette Activation Septale se fait de la gauche vers la droite avec :
 - Une Onde Q normale en V6-V5, souvent D1-aVL
 - Qui augment en profondeur dans l'hypertrophie septale
 - Qui disparaît dans les Blocs de Branche Gauche et particulièrement le bloc incomplet gauche
 - Qui est remplacé par une positivité en cas d'onde delta négative dans le syndrome de WPW
 - Qui est remplacé par une onde Q de nécrose large et profonde en cas d'infarctus du myocarde
 - Qui est remplacé par le miroir négatif d'une onde delta en cas de syndrome de WPW

2. Les ondes Q Fines et Profondes

- Elles font évoquer
 - **l'hypertrophie septale**,
 - parfois avec un aspect ECG plus important que ne le voudrait l'aspect anatomique évalué à l'échocardiographie, particulièrement chez le tout petit
 - Elles existent aussi chez le sujet jeune longiligne et sont de fausses hypertrophies
 - Elles peuvent être **secondaires**
 - à un bloc incomplet gauche
 - ou à un héli bloc antéro supérieur gauche avec un aspect de pseudo nécrose antérieure à onde Q fine.

3. Les ondes Q Larges et Profondes : Les Ondes de Nécrose. Elles sont en regard de la zone nécrosée et déterminent les divers territoires de l'infarctus du myocarde.

Un diagnostic différentiel est le miroir de l'onde delta, particulièrement l'aspect de pseudo nécrose postérieure dans le syndrome de WPW postérieur.

4. Les Miroirs des Ondes Q.

Des ondes Q peuvent donner des ondes « R » anormales dans les dérivation opposées, souvent en territoire antérieur :

- Le plus souvent miroir R en V1-V2 d'une nécrose postérieure
- Parfois miroir R antérieur V1-V2 d'une onde Q d'hypertrophie septale postérieure

○ **LES ONDES « R »**

1. Les Ondes R Normales

- Les ondes R sont les ondes positives (sauf l'onde delta du syndrome de WPW)
- Il existe des ondes R' pour les complexes QRS bi phasiques type « rSR' »

2. Le voltage de R et zone de Transition Précordiale

- Les ondes R sont moins voltées en précordiales droites qu'à gauche
- La zone de transition est le moment où R devient > à S en précordiales, habituellement en V3-V4; c'est un repère de normalité.

3. Les Ondes R Augmentées se voient en précordiales dans les hypertrophies-surcharges, particulièrement VG. elles existent aussi de façon normale chez les sujets longilignes.

4. Les Ondes R Diminuées

- Le « Rabotage » de R en précordiales fait craindre l'infarctus sans onde Q.
- Le bloc complet gauche et l'hémibloc antéro-supérieur gauche rabotent les ondes R à gauche en V5V6.

○ **LES ONDES « S »**

• Les Ondes S Normales

- Les ondes S sont les ondes négatives situées après une onde S, c'est-à-dire qui ne sont pas des ondes Q.
- En zone précordiale elles sont inversement proportionnelles aux ondes R et participent à la définition de la zone de transition.

• Les Ondes S Profondes existent parfois de façon anormale :

- Dans le territoire de l'infarctus sans onde Q quand R est rabotée.
- En Précordiales Droites dans le Bloc de Branche Gauche
- En Précordiale Gauche dans l'hémibloc antérosupérieur gauche.

○ **LE SEGMENT « ST »**

- Commence au Point « J », entre la fin du QRS et le début de T ; c'est le début de la repolarisation ventriculaire
- Segment Isoélectrique, son analyse est seulement morphologique
- Décalages du segment ST, sus décalage et sous décalage

- Ischémie : Modifications pendant l'ischémie et l'angor ou lors de l'épreuve d'effort : on parle de COURANT DE LESION
- Multiples autres causes : Métaboliques, Médicamenteuses (La cupule digitalique), Péricardite, ...
- Il existe des ST décalés sans signification

○ **L'ONDE « T » et la Repolarisation**

1. l'Onde T Normale

- C'est la suite de la repolarisation ventriculaire
- Asymétrique avec un sommet moussé, montée douce et une descente plus raide
- Elle est en état normal de même sens que les complexes QRS en dérivations standard ; elle est négative en aVR et V1 ce qui est normal ; elle est parfois négative en D3, ce qui de façon isolée n'a pas de signification précise.

2. L'Onde T Inversée

- Est normale en aVR et V1
- A pour cause principale l'ischémie : inversion primaire
- Peut être secondaire à une anomalie de QRS :
 - Hypertrophie-Surcharge et on distingue les hypertrophies de type Systolique (onde T négative en V5-V6) ou Diastolique (Onde T positive en V5-V6)
 - Bloc de Branche
 - Préexcitation
 - D
 - existe des ST décalés sans signification
- Peut être secondaire à des causes diverses, métaboliques, médicamenteuses, toxiques...

3. L'Onde T Pointue est essentiellement un signe d'ischémie ou d'hyperkaliémie.

4. Altérations Primaires et Secondaires de la Repolarisation

- SECONDAIRES = secondaires à une anomalie de QRS (Bloc, Hypertrophie, Wolf parkinson White)
 - PRIMAIRES +++ Ischémie, métaboliques, médicaments...
- **L'ONDE « U »** est inconstante, prolonge l'onde T, ne rentre pas dans la mesure du QT et ne fait pas courir de risque de torsade de pointe.

○ **L'ESPACE « QT »**

1. Mesure

- Espace compris entre le début de QRS et la fin de l'onde T ; analyse la repolarisation.
- Sa valeur est indexée à la fréquence cardiaque et augment avec la longueur du cycle cardiaque ; la valeur est fournie par des formules (Formule de Bazeth) (Formule simple = $0.4 \times RR \pm 0.04$) ; des réglottes facilement disponibles évitent le calcul.
- Les repères sont :
 - 0,42 / 100 sec à 50 bpm
 - 0,39 / 100 sec à 60 bpm
 - 0,35 / 100 sec à 80 bpm
 - 0,31 / 100 sec à 100 bpm

2. Signification

- L'allongement fait courir le risque de **Torsade de Pointe**, trouble du rythme ventriculaire rapide, dangereux, syncopal avec risque de mort subite.
- **Les QT longs Congénitaux** Mutation génétique.
- **Les QT longs Acquis** : Hypokaliémie, Médicaments, Bradycardie,
- L'étude de la dynamique du QT est un marqueur étudié au Holter.

11. INDICATIONS DE L'ECG

- Au cours de l'examen d'un cardiaque
 - BILAN INITIAL
 - LE PLUS SOUVENT EN BILAN DE SUIVI
 - A L'OCCASION D'UN EVENEMENT EVOLUTIF
 - A L'OCCASION D'UNE PATHOLOGIE INTERCURRENTTE
- A l'occasion d'un signe d'appel
 - CARDIAQUE
 - EXTRA CARDIAQUE (syncope, AVC...)
- Bilan systématique
 - HOSPITALISATIONS
 - PRE OPERATOIRE
 - CERTAINS SPORTIFS
 - CERTAINS TRAITEMENTS

12. ECG ET SCHEMAS POUS L'ITEM 309 : E.C.G.

Les ECG suivants illustrent l'item 309, et seront envisagés pendant les conférences

.../...