

# BASES THEORIQUES DE L'EXPLORATION ELECTRIQUE DU COEUR

**Définition :** L'électrocardiogramme est l'enregistrement, en fonction du temps, du courant d'action du cœur lors de sa contraction. Le cœur est formé de cellules musculaires dont chacune est le siège de phénomènes électriques. C'est l'ensemble de ces phénomènes élémentaires qui compose l'activité électrique globale du muscle cardiaque.

## activité électrique de la cellule cardiaque

La totalité des phénomènes électriques enregistrables se manifeste de part et d'autre de la membrane cellulaire.

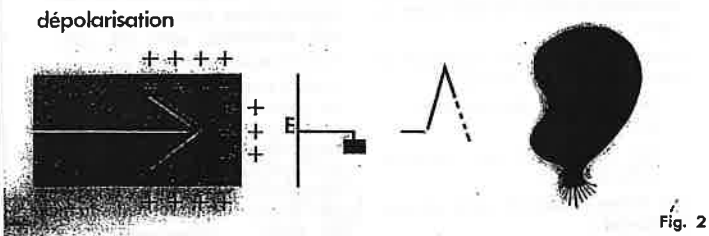
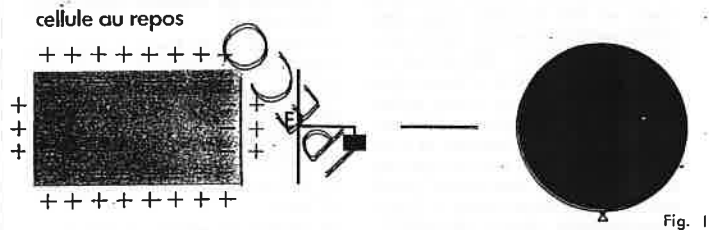
### La cellule

se **polarise** : potentiel de repos. L'électrode exploratrice E n'enregistre aucune activité électrique <sup>(1)</sup>.

se **dépolarise** : potentiel d'action. L'électrode exploratrice E voit se diriger vers elle un champ électrique enregistré sous la forme d'une positivité <sup>(2)</sup>.

se **repolarise** : récupération du potentiel de repos <sup>(3)</sup>.

L'électrode exploratrice E voit fuir le vecteur de récupération et l'enregistre sous la forme d'une négativité. Cette succession peut être illustrée par l'exemple d'un ballon de baudruche gonflé (polarisation) qui se dégonfle (dépolarisation) puis retourne vers son état initial (repolarisation).



IDECO

## activité globale du cœur

L'activité électrique du muscle cardiaque est superposable à celle de la cellule myocardique.

On distingue :

1\*) **Diastole électrique** : Polarisation. Nous avons vu qu'il s'agit d'un état de repos sans activité électrique, traduit sur l'électrocardiogramme par une ligne horizontale : la ligne isoélectrique.

2\*) **Systole électrique** : Dépolarisation et repolarisation.

a) **Dépolarisation** :

Le vecteur de dépolarisation est enregistré par une électrode E située sur le plan cutané. L'activation du cœur, ou dépolarisation, s'enregistre sous la forme de l'onde rapide positive QRS <sup>(1)</sup>.

b) **Repolarisation** :

Le retrait de l'excitation au niveau du muscle cardiaque, au contraire de ce qui a lieu pour la fibre isolée et pour l'oreillette, se traduit par une onde positive <sup>(2)</sup>. Cette différence est l'expression d'une certaine hétérogénéité fonctionnelle du muscle ventriculaire.

Ces notions permettent de comprendre que, lorsque le vecteur d'activation cardiaque se dirige vers l'électrode exploratrice, celle-ci enregistre une onde positive <sup>(4)</sup>.

A l'inverse si nous plaçons l'électrode sur la partie postérieure gauche du thorax, le vecteur fuira l'électrode et la courbe enregistrée, tant pour la dépolarisation que pour la repolarisation, sera négative <sup>(3)</sup>.

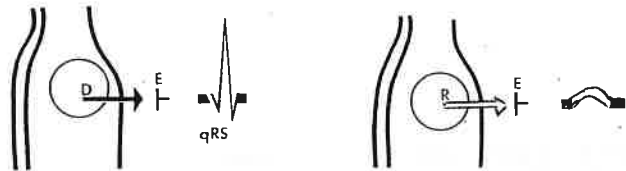


Fig. 1

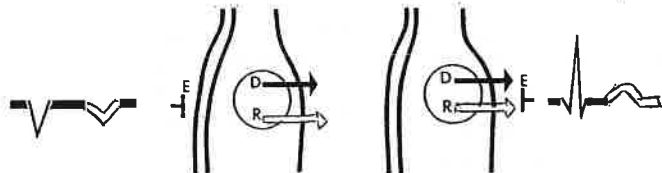


Fig. 3

Fig. 4

IDECO

La dérivation du courant d'action du cœur se fait toujours entre deux points reliés aux bornes de l'électrocardiogramme. Ces dérivations ne sont que des points d'observation d'où l'on examine un même phénomène. Celui-ci se présente différemment selon les dérivations, et c'est en confrontant ces aspects que l'on arrive à avoir du phénomène global une représentation exacte. Il existe classiquement douze dérivations, donc douze points d'observation différents de l'activité électrique du cœur.

Certaines dérivations explorent le cœur dans un plan frontal :

- les bipolaires des membres D1, D2, D3,
- les unipolaires des membres aVR, aVL, aVF.

Les autres l'explorent dans un plan horizontal :

- les unipolaires précordiales V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7.

### DERIVATIONS BIPOLAIRES DES MEMBRES : D1, D2, D3.

- D1 Poignet droit - Poignet gauche
- D2 Poignet droit - Jambe gauche
- D3 Poignet gauche - Jambe gauche

Ces dérivations sont bipolaires parce qu'elles enregistrent une

différence de potentiel entre deux électrodes (1).

Le triangle de la figure 1 peut être transformé en tri-axe (2).

Ceci permet de comprendre que, généralement :

D1 explore la paroi latérale gauche du ventricule gauche,

D2 suit la cloison inter-ventriculaire et l'apex,

D3 explore la région ventriculaire droite et diaphragmatique du cœur.

### DERIVATIONS UNIPOLAIRES DES MEMBRES : aVR, aVL, aVF.

Il existe également deux électrodes.

L'une d'elles explore les variations de potentiel d'un des membres,

tandis que l'autre est reliée soit à une borne de potentiel zéro (VR, VL, VF), soit aux deux autres membres réunis (aVR, aVL, aVF) (4).

aVR (right) : poignet droit

aVL (left) : poignet gauche

aVF (foot) : jambe gauche

a = augmented

— aVR explore le potentiel endocavitair, il voit donc « fuir » les vecteurs d'activation et inscrit une négativité.

— aVL explore la paroi latérale supérieure du ventricule gauche.

— aVF correspond à la partie inféro-diaphragmatique du cœur.

### DERIVATIONS UNIPOLAIRES PRECORDIALES :

V1, V2, V3, V4, V5, V6.

Les dérivations unipolaires précordiales n'utilisent qu'une seule électrode exploratrice sur la paroi thoracique antérieure. Alors que les dérivations bipolaires et unipolaires des membres explorent le cœur sur un plan vertical, les unipolaires précordiales le font sur un plan horizontal (2 et 3). Elles apportent donc six nouveaux aspects électriques de l'activité cardiaque.

Ces points de dérivation sont représentés sur la figure 1.

V1 - Extrémité interne du 4<sup>e</sup> E.I.C.G.

V2 - Extrémité interne du 4<sup>e</sup> E.I.C.G.

V3 - Au milieu de la ligne V2, V4.

V4 - Intersection de la ligne médio-claviculaire et 5<sup>e</sup> E.I.C.G.

V5 - Intersection de la ligne axillaire antérieure gauche et de l'horizontale passant par V4.

V6 - Intersection de la ligne médio-axillaire gauche et de l'horizontale passant par V4.

On peut être amené à utiliser des électrodes précordiales postéro-gauches : V7, V8, ainsi que des unipolaires précordiales à droite du sternum :

V3R (right) symétrique à droite de V3 par rapport au sternum.

V4R (right) V4 sternum.

VE appendice xyphoïde.

V1, V2, V3 explorent les cavités droites du cœur et la cloison inter-ventriculaire.

V4, V5, V6 explorent la paroi latérale du ventricule gauche et l'apex.

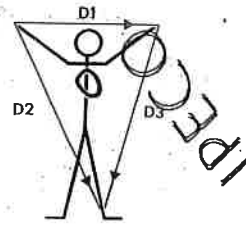


Fig. 1

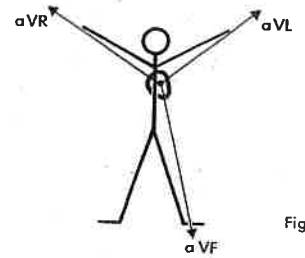


Fig. 4

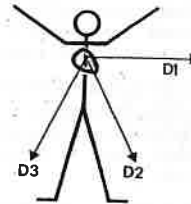


Fig. 2

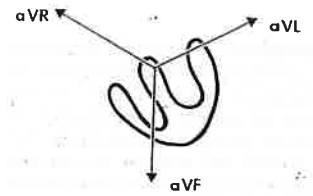


Fig. 5

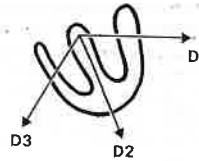


Fig. 3

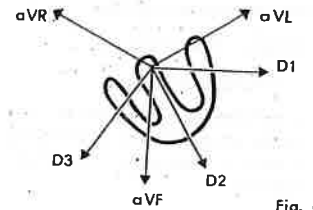


Fig. 6

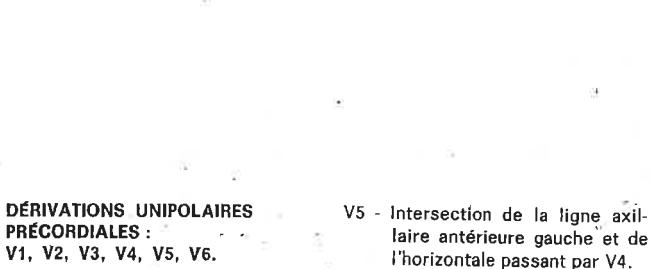


Fig. 1

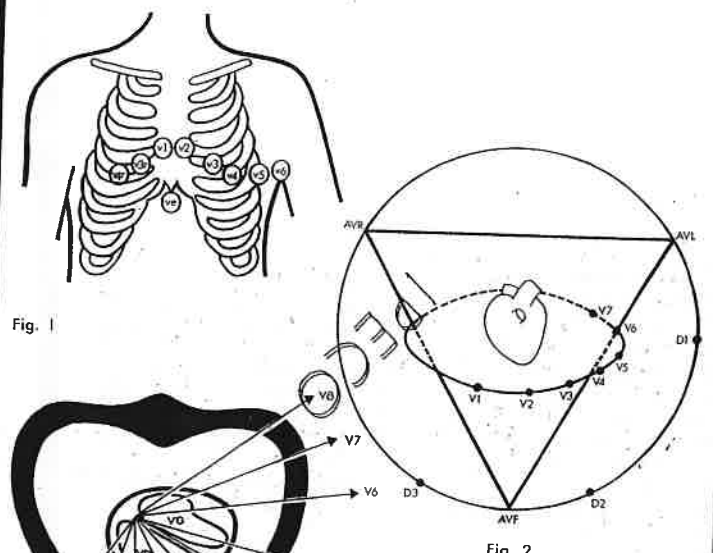


Fig. 2

Fig. 3

A noter que l'on peut calculer l'axe de P et T de la même manière.

**Définition**

L'onde d'excitation myocardique se propage suivant une direction générale indiquée par le vecteur d'activation ou axe électrique du cœur.

Celui-ci se calcule à partir des dérivations périphériques. Il s'exprime par la mesure en degrés de l'angle que fait ce vecteur avec la dérivation horizontale D1.

**Mesure de l'axe électrique.**

Théoriquement, elle se fait en fonction du théorème d'Einthoven :  $D2 = D1 + D3$ . En pratique, grâce aux six « points de vue » fournis par les dérivations périphériques du cœur on peut procéder ainsi : 1°) Détermination de la direction : On cherche la dérivation dans laquelle le complexe QRS a une amplitude nulle ou est diphasique (il est alors formé d'une onde positive et négative égales).

L'axe électrique est alors perpendiculaire à cette dérivation (D3 dans la figure), c'est-à-dire  $+30^\circ$ .

Au cas où aucune dérivation ne présente cette particularité on cherche les deux dérivations dans lesquelles QRS a la plus faible amplitude : l'axe électrique est alors perpendiculaire à une ligne passant entre ces deux dérivations.

2°) Détermination du sens :

On cherche la dérivation dans laquelle le complexe QRS a l'amplitude positive maxima (l'axe électrique a même sens que cette dérivation), ou l'amplitude négative maxima (l'axe électrique se dirige en sens inverse de cette dérivation). Dans la figure l'amplitude négative est en aVR et l'axe électrique s'éloigne donc de l'épaule droite. La confrontation de ces deux analyses permet donc de déterminer à quelques degrés près l'axe électrique.

**Résultats**

L'axe électrique détermine la position électrique du cœur normal. Il existe une certaine corrélation entre la position électrique et anatomique, mais ceci n'a rien d'absolu.

On dit qu'il y a déviation axiale gauche lorsque l'axe du cœur se situe au-delà de l'horizontale D1 vers aVL (3). Ceci se voit dans les cœurs en position électrique horizontale, c'est-à-dire dans la plupart des H.V.G.

On dit qu'il y a déviation axiale droite lorsque l'axe du cœur se situe au-delà de la verticale aVF vers D3 (3).

Cela se voit dans les cœurs en position électrique verticale et par conséquent dans le cas d'H.V.D.

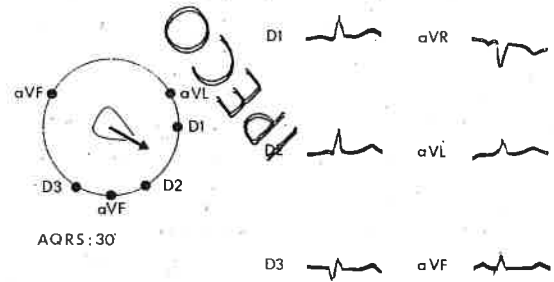


Fig. 1

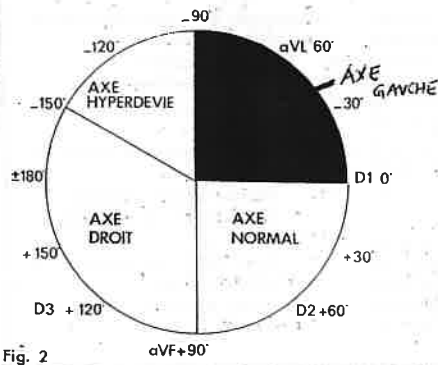


Fig. 2

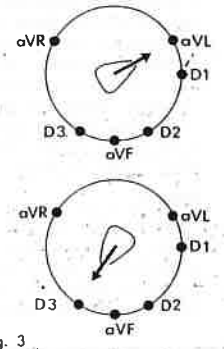


Fig. 3

ELECTROCARDIOGRAMME NORMAL

technique d'enregistrement

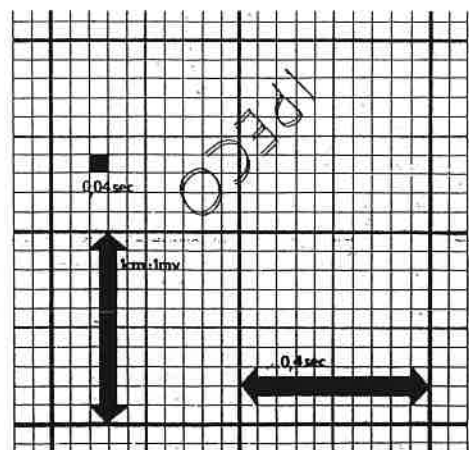
Le lit d'examen est suffisamment large et confortable pour que le patient soit bien détendu. Les électrodes sont généralement fixées sur la partie postérieure des avant-bras et externe des jambes, mais peuvent être fixées en n'importe quel autre point sur la continuité du membre. On enregistre habituellement les six dérivations périphériques et les six dérivations précordiales. Pour les périphériques on utilise des plaques en acier inoxydable, pour les précordiales des ventouses. Le contact est assuré avec la peau grâce à l'emploi de pâte conductrice ou de languettes de papier humide.

Les électrocardiographes sont des galvanomètres à amplificateur. Un galvanomètre à jet d'encre ou à plume chauffante recueille les cou-

rants d'action amplifiés. Suivant qu'il existe un ou plusieurs galvanomètres on a l'enregistrement simultané de une ou plusieurs dérivations. L'inscription se fait de plusieurs façons, le plus couramment par thermo-scripteur sur papier thermosensible ou par jet d'encre sur papier légèrement buvard.

Le papier d'inscription comporte un double lignage horizontal et vertical. 1°) Les lignes horizontales sont des repères d'amplitude; elles sont distantes de 1 mm et renforcées tous les 5 mm (1 cm = 1 millivolt). 2°) Les lignes verticales déterminent les repères de temps. Elles sont également renforcées tous les 5 mm.

1 mm = 0,04 sec. — 1 cm = 0,4 sec. pour une vitesse de défilement du papier de 2,5 cm/seconde.



## le tracé électrocardiographique

L'appareil au repos inscrit une ligne horizontale dite ligne isoélectrique. L'apparition des courants d'action cardiaque module cette ligne suivant une courbe caractéristique de l'activité électrique du cœur. Les déflexions situées au-dessus de la ligne isoélectrique sont dites positives, celles au-dessous négatives.

### Rappel

Chaque partie du cœur est le siège d'une dépolarisation (perte du potentiel de repos) et d'une repolarisation ultérieure (récupération du potentiel de repos). Ceci est

valable pour les oreillettes comme pour les ventricules.

P : onde auriculaire de dépolarisation.

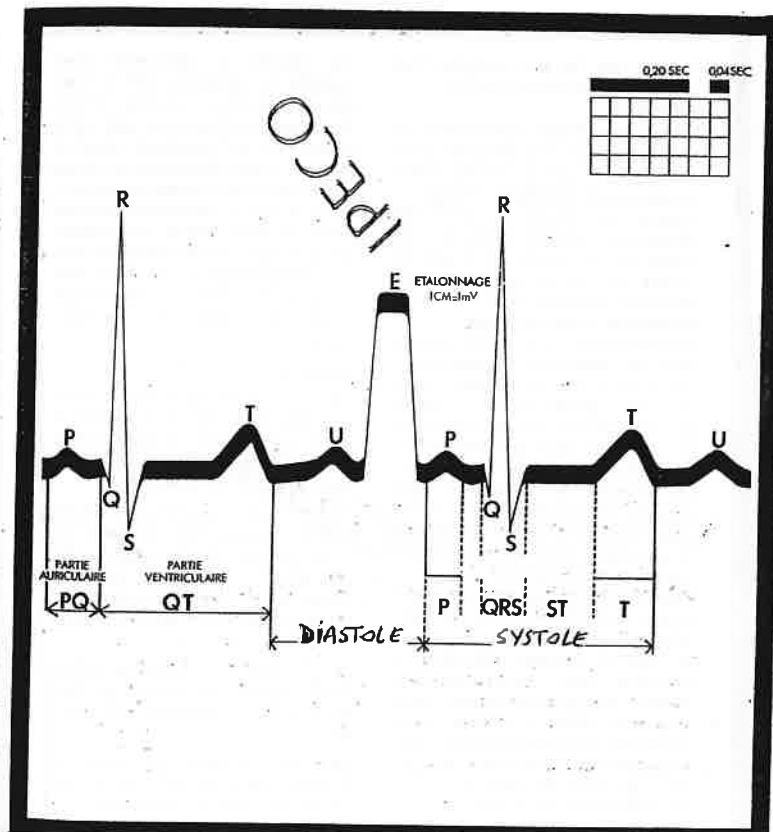
PR ou PQ : conduction auriculo-ventriculaire.

QRS : onde ventriculaire rapide de dépolarisation.

ST : dépolarisation complète des ventricules : ligne isoélectrique.

T : onde lente ventriculaire de repolarisation.

QT : durée totale de l'ensemble ventriculaire.



## ONDE P

## INTERVALLE AURICULO-VENTRICULAIRE PR ou PQ

L'onde P correspond à l'excitation ou dépolarisation des oreillettes.

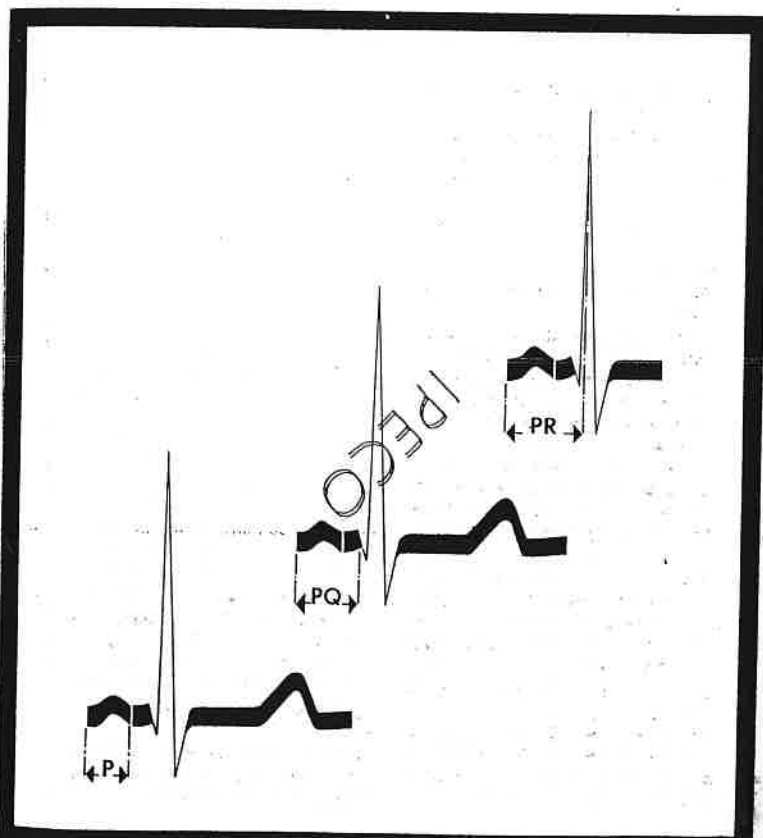
La repolarisation des oreillettes n'est pas visible car elle est noyée dans le complexe ventriculaire QRS.

— Son amplitude ne dépasse pas 2 mm en D2, sa durée est comprise entre 0,08 et 0,10 sec.

— L'onde P est habituellement positive dans toutes les dérivations, sauf en VR. Elle peut également être négative en D3.

L'intervalle auriculo-ventriculaire ou temps de conduction auriculo-ventriculaire, correspond au segment délimité par le début de l'activation auriculaire et le début de l'activation ventriculaire. Il varie, en fonction de la fréquence cardiaque, de 0,12 à 0,20 sec., et se trouve au niveau de la ligne isoélectrique.

En l'absence d'onde Q, l'intervalle auriculo-ventriculaire se désigne par PR.



COMPLEXE QRS

Le complexe QRS est en rapport avec la dépolarisation des ventricules. En regard du ventricule gauche, il comprend une petite onde négative Q, une onde positive R, plus ample et éventuellement une petite onde négative S<sup>(1)</sup>.

Par convention, on utilise des lettres majuscules pour les grandes amplitudes et minuscules pour les petites. La première déflexion négative est q ou Q.

La première déflexion positive est r ou R.

La déflexion négative qui succède à une onde positive est s ou S.

En dérivation périphérique l'amplitude des complexes QRS varie selon la position électrique du cœur.

Dans les dérivation précordiales c'est en V1 que R est le plus faible (rS). Son amplitude augmente pour atteindre un maximum en V4, V5, puis diminue en V6. En V1, S est supérieur à R. Il atteint sa plus forte amplitude en V2 et diminue ensuite pour disparaître parfois totalement en V6<sup>(1)</sup>.

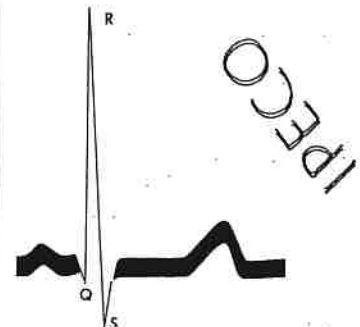


Fig. 1

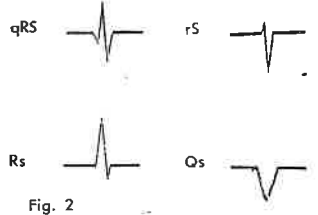


Fig. 2

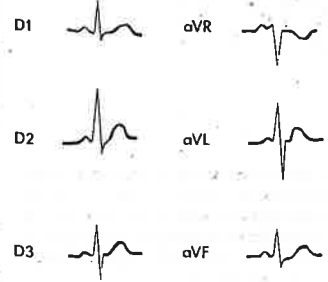


Fig. 3

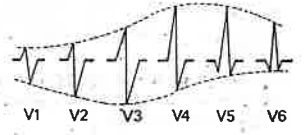


Fig. 4

DEFLEXION INTRINSEQUE ET INTRINSECOÏDE

INTERVALLE ST

La **déflexion intrinsèque** correspond à la portion descendante de l'onde R. Elle indique le moment où l'activation parvient sous l'électrode exploratrice. C'est dire toute son importance.

Pour mesurer strictement le temps d'apparition de la déflexion intrinsèque, l'électrode exploratrice doit être appliquée directement sur l'épicarde.

En pratique, on assimile les dérivation unipolaires précordiales à l'exploration directe. C'est pourquoi au lieu de parler de déflexion intrinsèque on parle de déflexion intrinsécoïde.

Le début de l'activation ventriculaire jusqu'au sommet de l'onde R mesure le délai d'apparition de la déflexion intrinsécoïde.

Sur les figures 1 et 2, les valeurs normales sont indiquées en V1 (rS) et en V6 (qR). Sur la figure 3 (rsR') l'apparition de la déflexion est retardée en V1. Elle correspond à un bloc de branche droit.

La notion de déflexion intrinsécoïde n'est valable que pour les unipolaires précordiales. Elle est nécessaire pour le diagnostic des blocs de branche et des hypertrophies ventriculaires.

L'**intervalle ST** va de la fin de l'onde S au début de T. Il correspond à l'état de dépolarisation complète des ventricules<sup>(1)</sup>.

L'espace ST se trouve normalement sur la ligne isoélectrique et son décalage inférieur ou supérieur constitue parfois un problème d'interprétation difficile en raison du début imprécis de l'onde T.

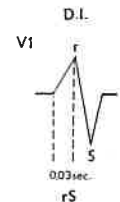


Fig. 1

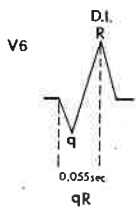


Fig. 2

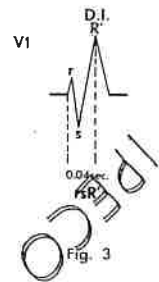


Fig. 3

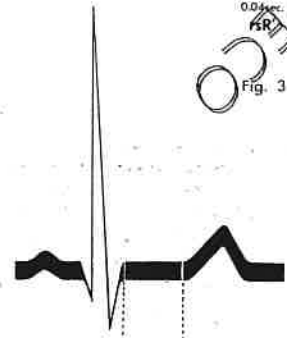


Fig. 4

INTERVALLE ST

# ONDE T

# ONDE U

IPECO

L'onde T correspond à la repolarisation ventriculaire. Elle est asymétrique avec une partie ascendante lente et un versant descendant plus abrupt <sup>(1)</sup>.

Elle se développe en général dans le même sens que QRS par rapport à la ligne isoélectrique <sup>(2)</sup>.

L'onde U succède à l'onde T. Habituellement positive, elle est d'origine mal précisée. Il ne faut pas la confondre avec l'onde P du complexe suivant <sup>(3)</sup>. Elle est souvent bien visible en V3, V4.

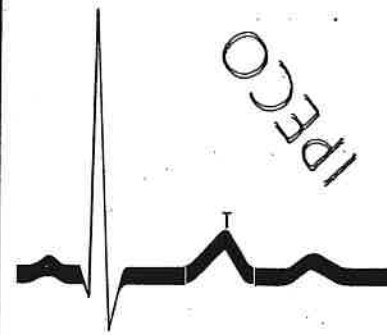
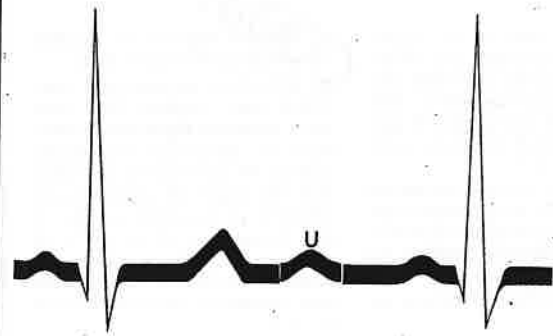


Fig. 2



IPECO

IPECO