

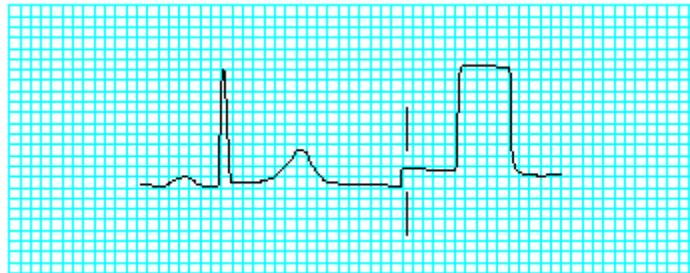
ELECTROCARDIOGRAMME

ECG

Plan

- Technique de l'Enregistrement ECG
- A quoi correspond l'ECG
- Interprétation de l'ECG
- ECG normal
- ECG anormal

AQUISITION DE L'ELECTROCARDIOGRAMME



Enregistrement de l'ECG

- 1887 travaux de Waller - invention en 1901 du galvanomètre à cordes par le Dr. Wilhem Einthoven
- L'électrocardiogramme est la représentation graphique des forces électromotrices générées par l'activité cardiaque, enregistrées par des électrodes placées à la surface du corps.
- Une convention internationale a décidé de fournir cette représentation graphique sous la forme immuable de l'ECG à 12 dérivations.

Principes d'électrocardiographie

- Recueillir à la surface du corps ...
- Les modifications cycliques du champ électrique induites par les séquences d'activation se propageant au sein du myocarde.
- N'est pas une science exacte, mais un "art du diagnostic" issu d'une série d'observations empiriques et de raisonnements déductifs.
- C'est la confrontation des multiples aspects électrocardiographiques observés avec les données cliniques, hémodynamiques et autopsiques qui a permis d'élaborer l'ensemble des critères diagnostiques utilisés à l'heure actuelle.

Enregistrement de l'ECG

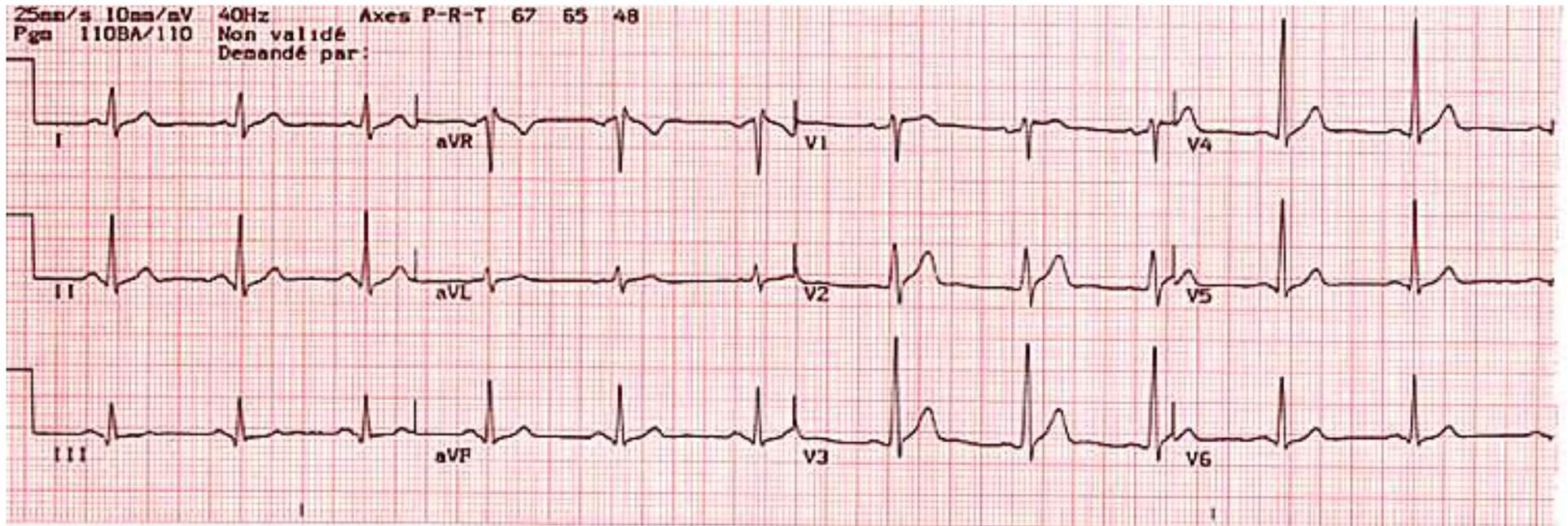
- Réalisation aisée
- Procédure peu coûteuse
- Innocuité totale

- Marqueur indépendant d'affection myocardique
= reflet des atteintes
 - anatomiques,
 - électrophysiologiques,
 - métaboliques
 - et hémodynamiques

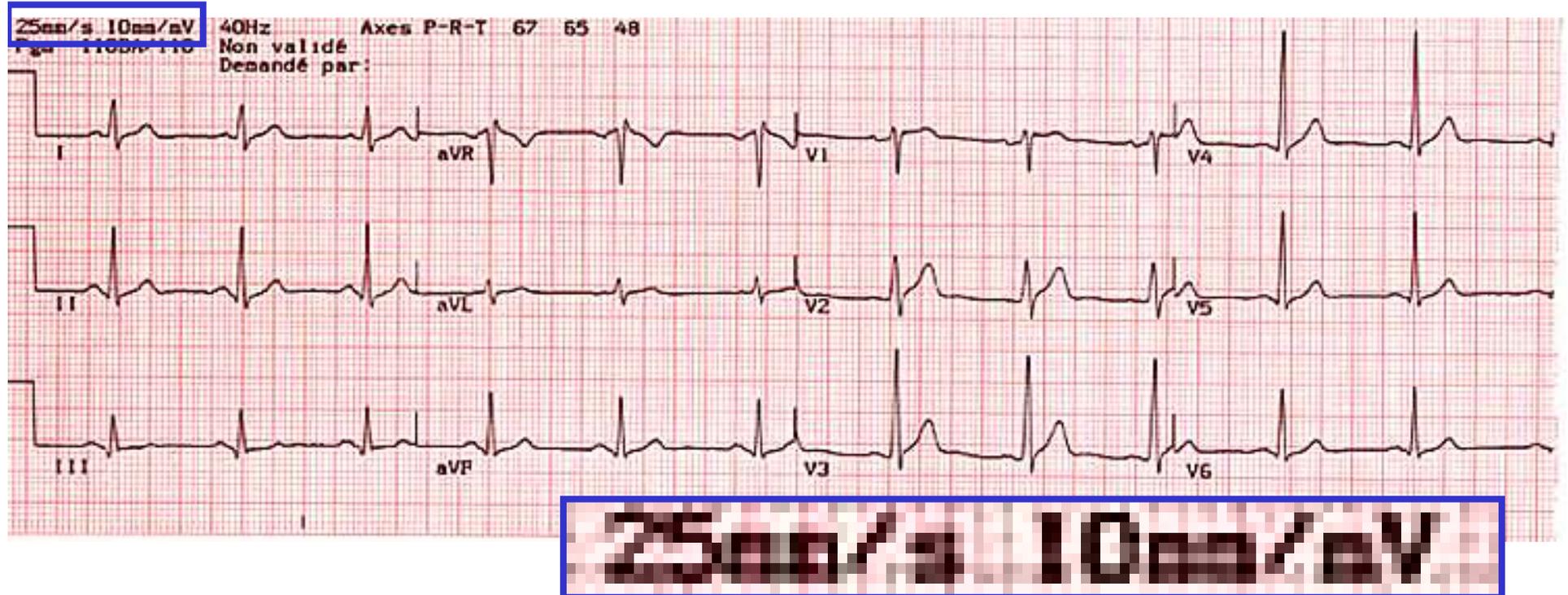
En pratique

- Sujet allongé au repos, détendu, ne tremblant pas
- Electrodes collantes ou avec une substance améliorant la conduction (alcool, gel..)
- Filtres en marche
- Position « auto » pour 12 dérivations (1 page) ou « manuel » pour un tracé long (plusieurs pages)

Électrocardiogramme normal



Enregistrement de l'Électrocardiogramme

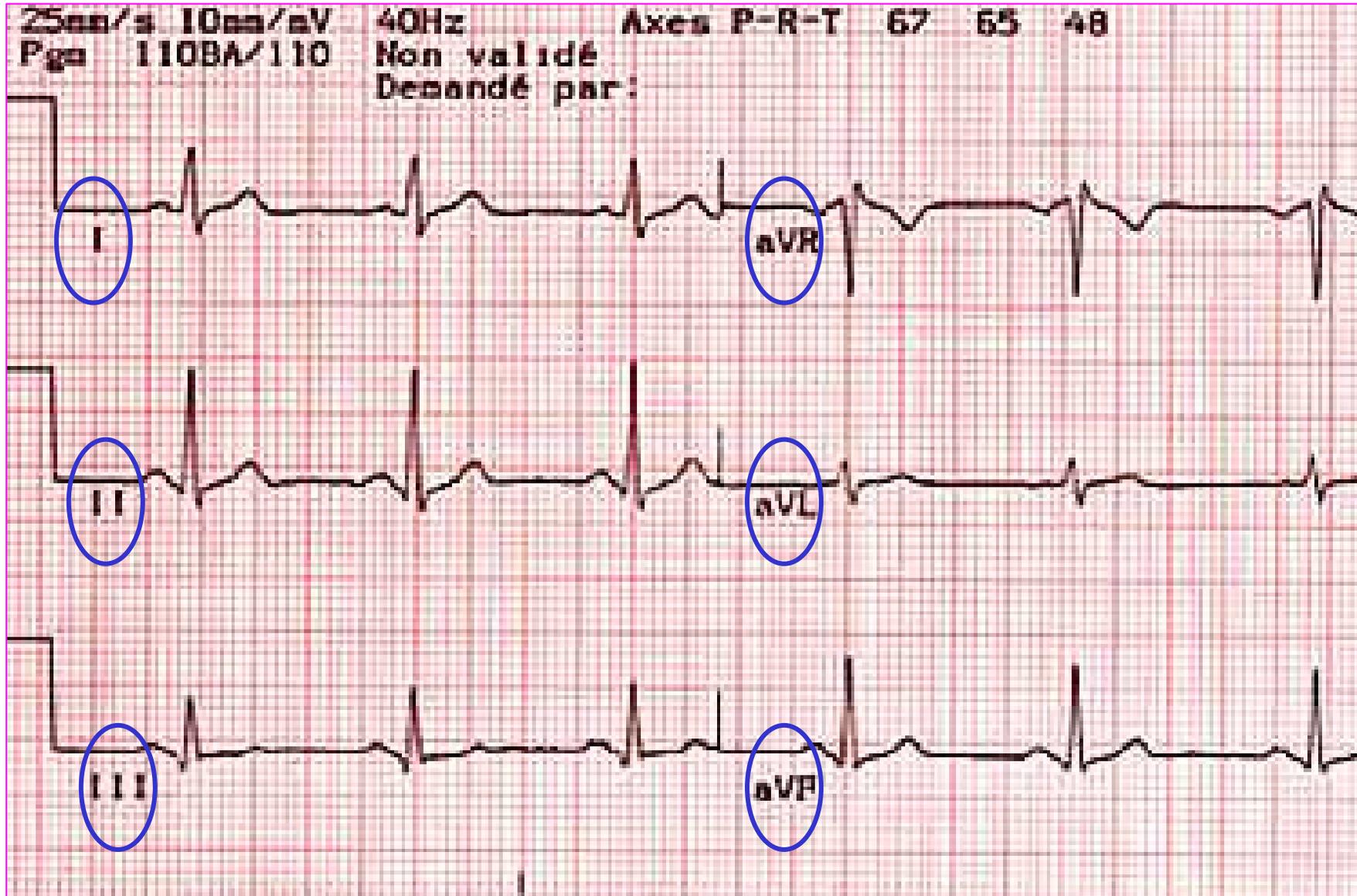


- L'ECG est inscrit sur du papier millimétré
- Vitesse de défilement = 25 mm/s
 - 1 mm = 0,04 seconde ou 40 ms
 - 2,5 cm = 1 seconde
- Etalonnage de l'amplitude des signaux :
 - 10 mm = 1 mV

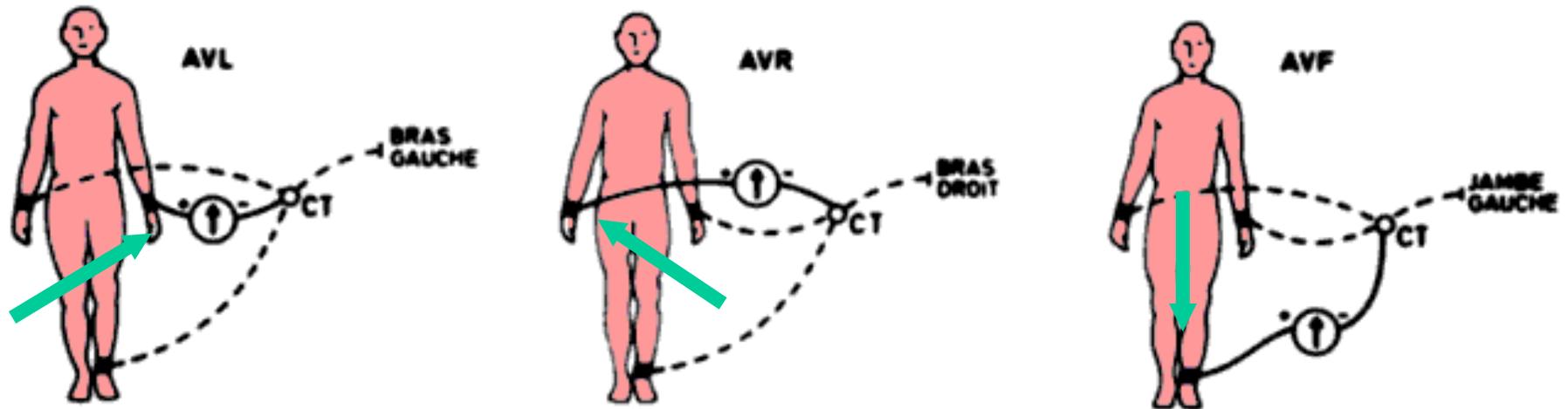
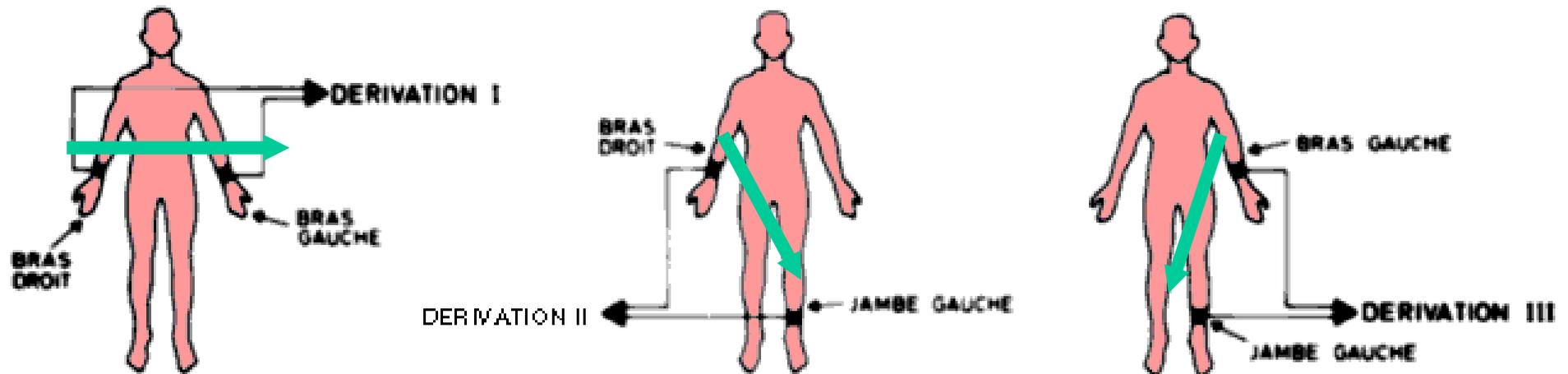
Dérivations électrocardiographiques

- Une dérivation correspond à la ligne de tension entre deux électrodes entre lesquelles sont enregistrées une différence de potentiel.
- l'activité électrique du coeur est étudiée par l'enregistrement d'une série de 12 dérivations :
 - 6 dérivations **périphériques ou standard** (I, II, III, aVR, aVL, aVF) l'explorent dans le plan frontal
 - 6 dérivations **précordiales** (V1, V2, V3, V4, V5, V6) l'explorent dans le plan horizontal.

Dérivations standards

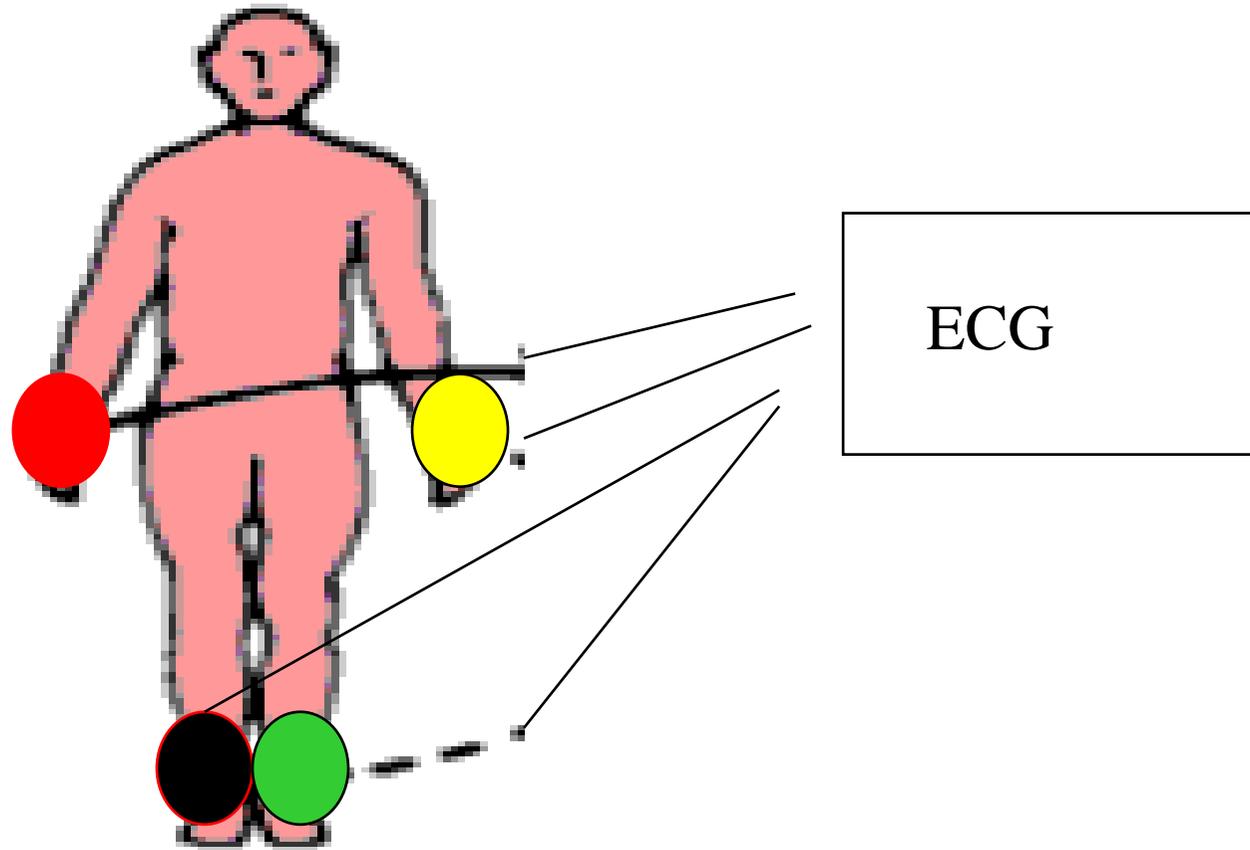


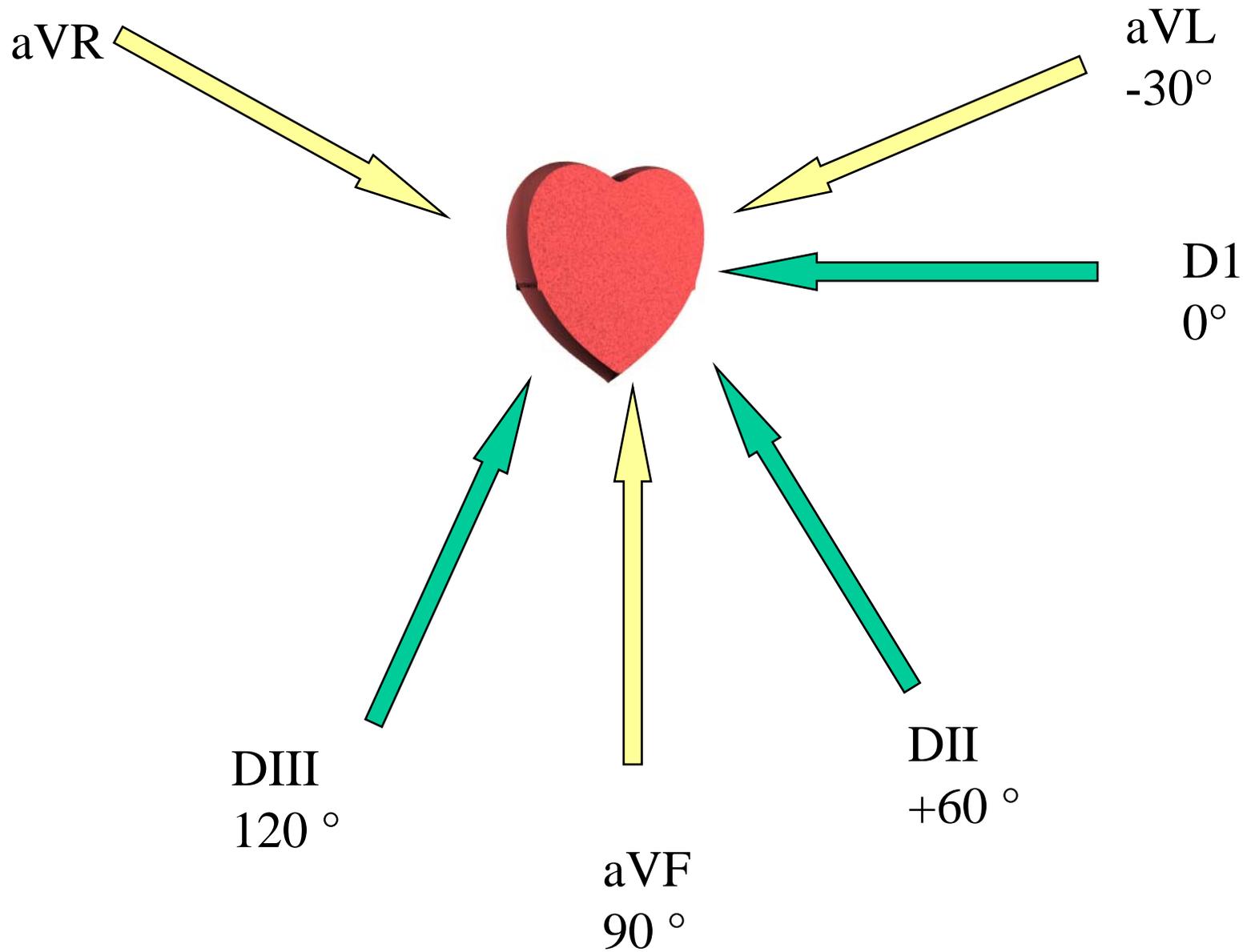
Dérivations standard



DERIVATIONS UNIPOLAIRES DES MEMBRES aVL, aVR ET aVF (Goldberger)

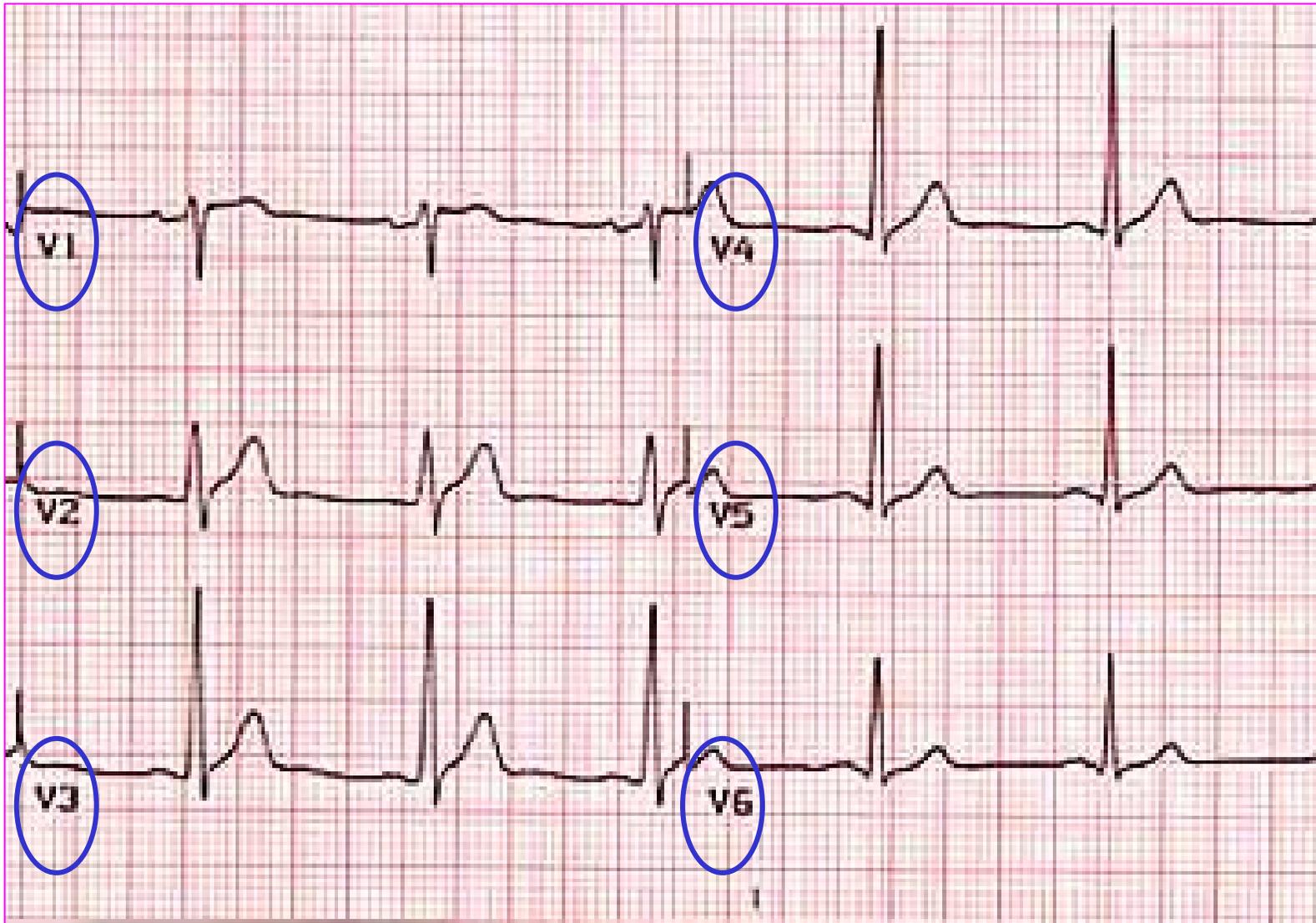
Branchement pour recueil des dérivations périphériques



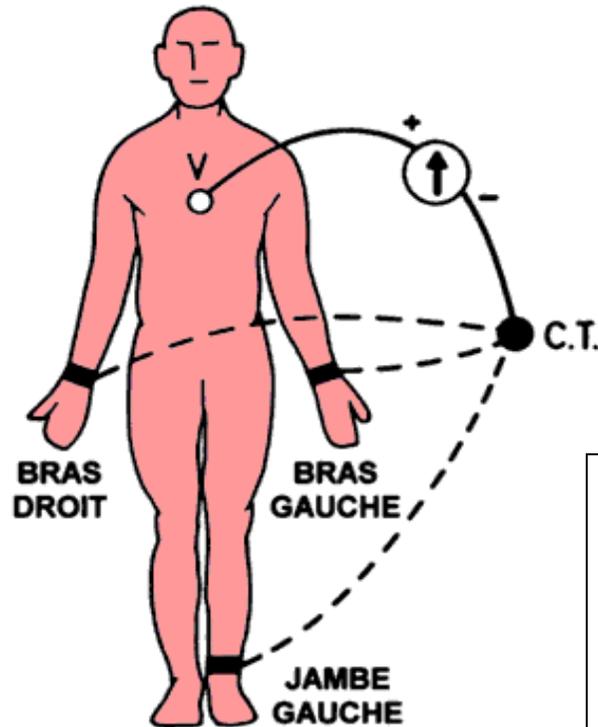


Exploration dans le plan frontal par les dérivations périphériques

Dérivations précordiales

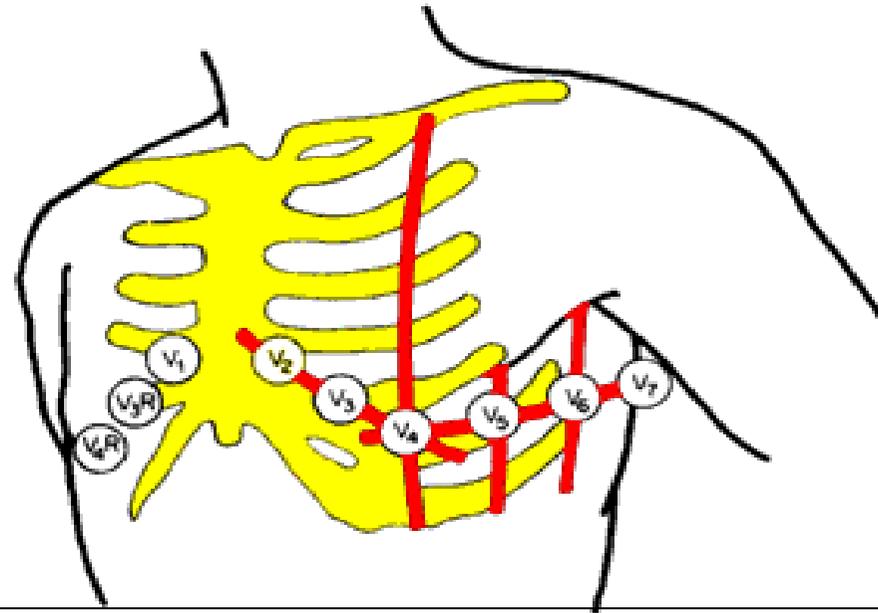


Dérivations précordiales



DERIVATIONS PRECORDIALES

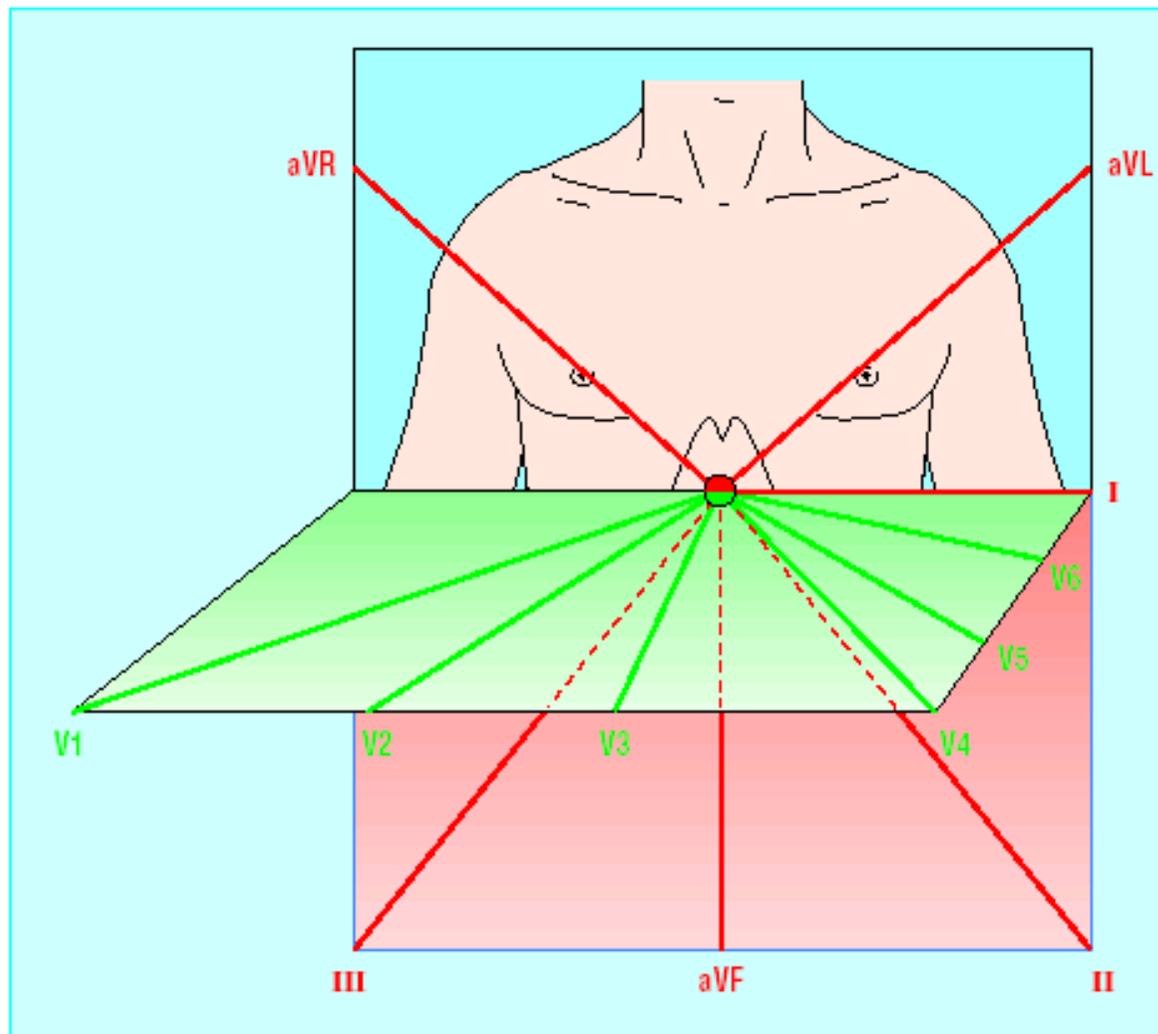
CT : borne centrale
V : électrode exploratrice



- **V1** : 4^e EIC - bord droit du sternum;
- **V2** : 4^e EIC - bord gauche du sternum;
- **V3** : A mi-distance entre V2 et V4;
- **V4, V5, V6**: intersection de la ligne horizontale passant par le 5^e EIC gauche avec
 - ligne médio-claviculaire = **V4**
 - ligne axillaire antérieure = **V5**
 - ligne axillaire moyenne = **V6**

Dérivations optionnelles

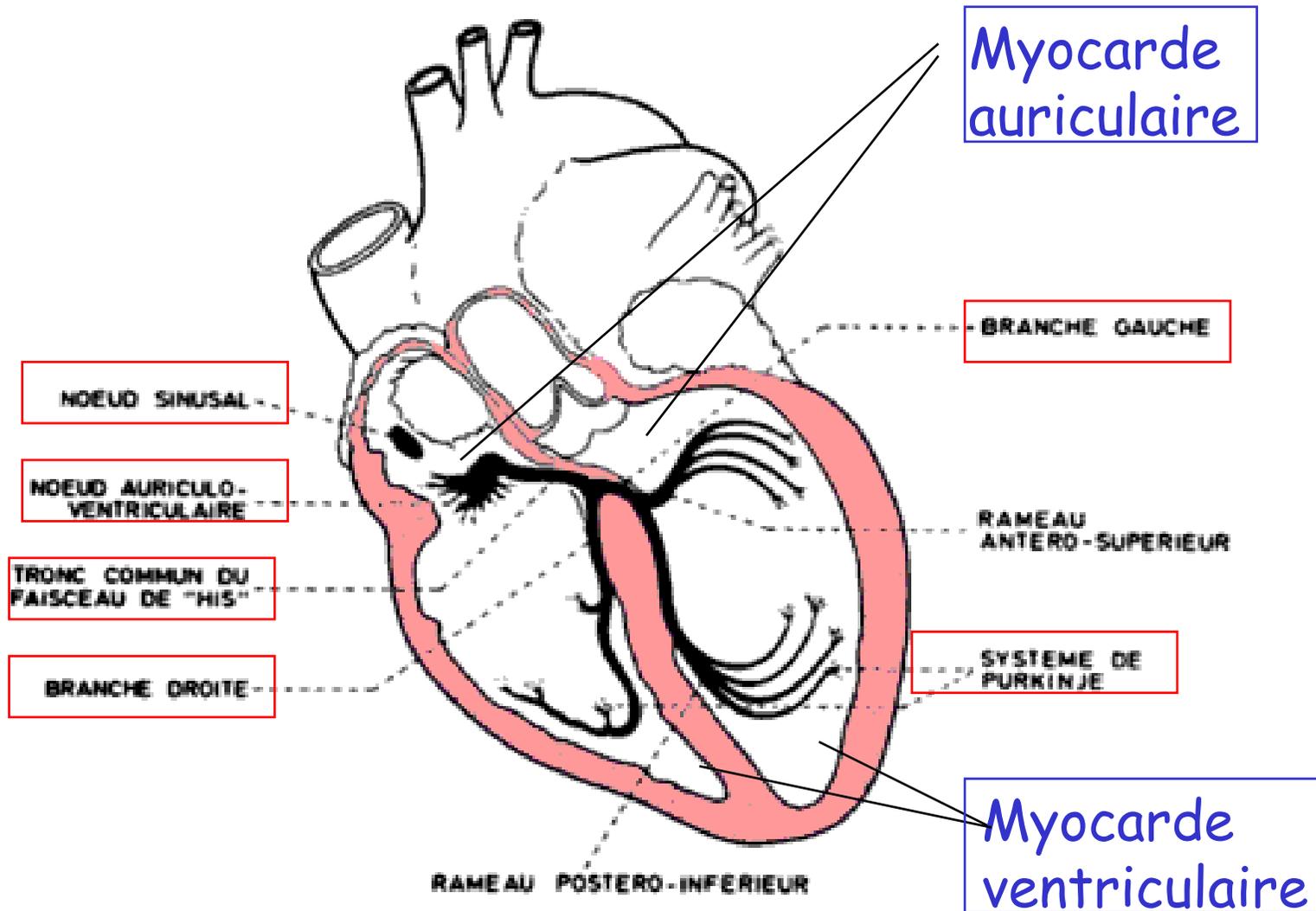
- On ajoute souvent :
 - **V3R, V4R** : **dérivations droites**: localisation symétrique à V3 et V4 sur l'hémithorax droit (diagnostic de l'hypertrophie ventriculaire droite, de l'infarctus du ventricule droit);
 - **V7, V8, V9** : **dérivations basales**: même niveau horizontal que V4, V5, V6
 - sur la ligne axillaire postérieure = **V7**
 - au croisement de la verticale passant par la pointe l'omoplate = **V8**
 - le long du bord gauche du rachis = **V9**



QUE RECUEILLE UN ECG ?

Dépolarisation et repolarisation

(Du tissu nodal et surtout) du tissu myocardique



Vitesses de propagation :

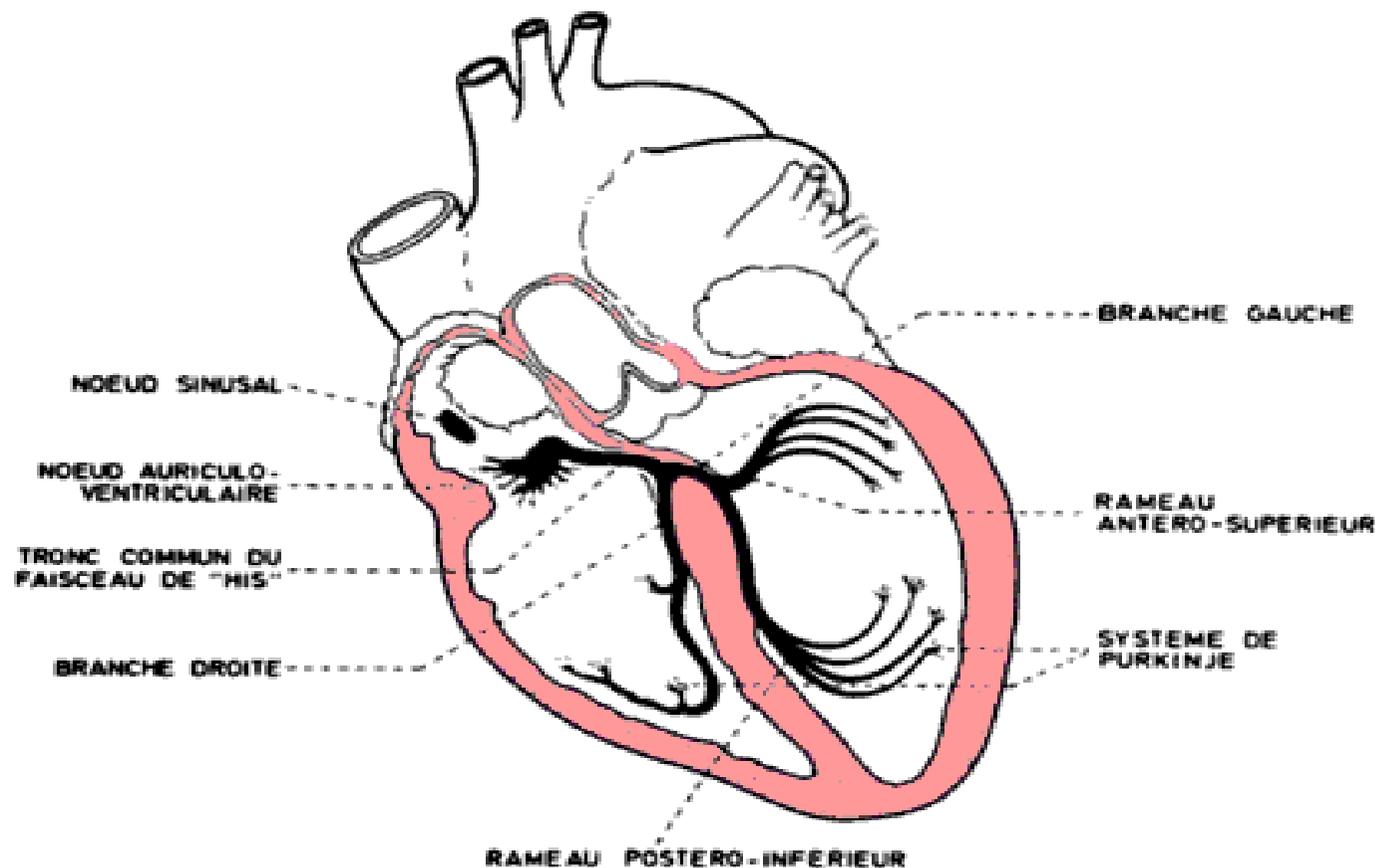
1 m/s à travers les oreillettes

5 cm/s à la jonction entre l'oreillette et le NAV

2 cm/s dans le noeud AV lui-même

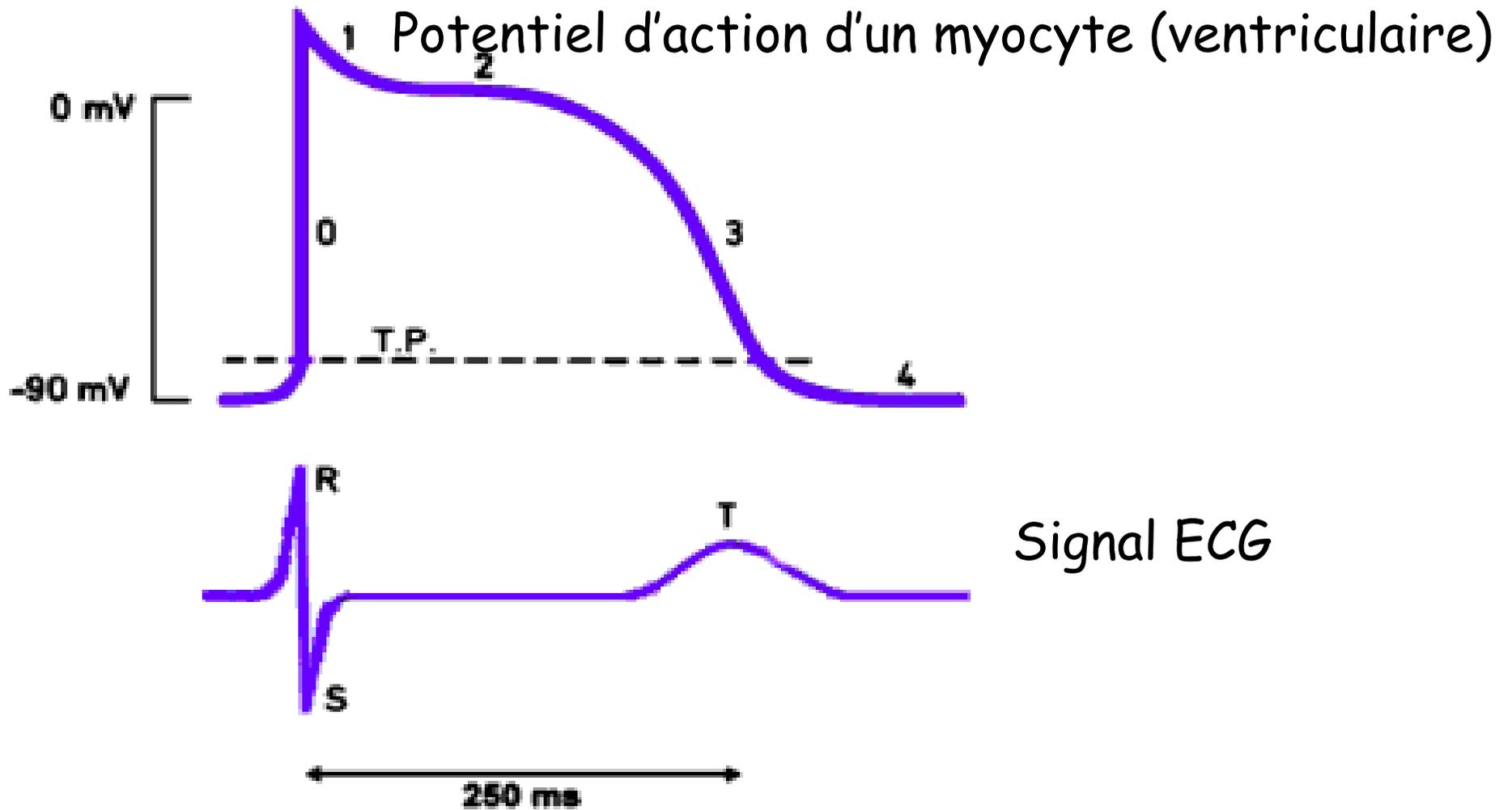
1,5 m/s ou davantage dans le faisceau de His

4 m/s dans les fibres de Purkinje



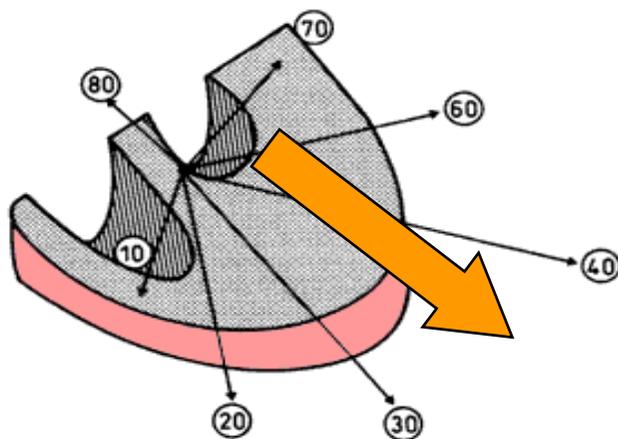
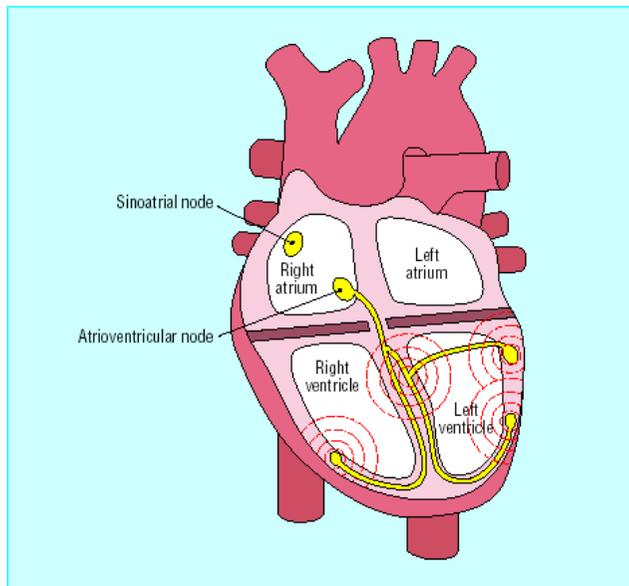
Bases électrophysiologiques de l'ECG

Dépolarisation & Repolarisation des cellules cardiaques



Bases électrophysiologiques de l'ECG

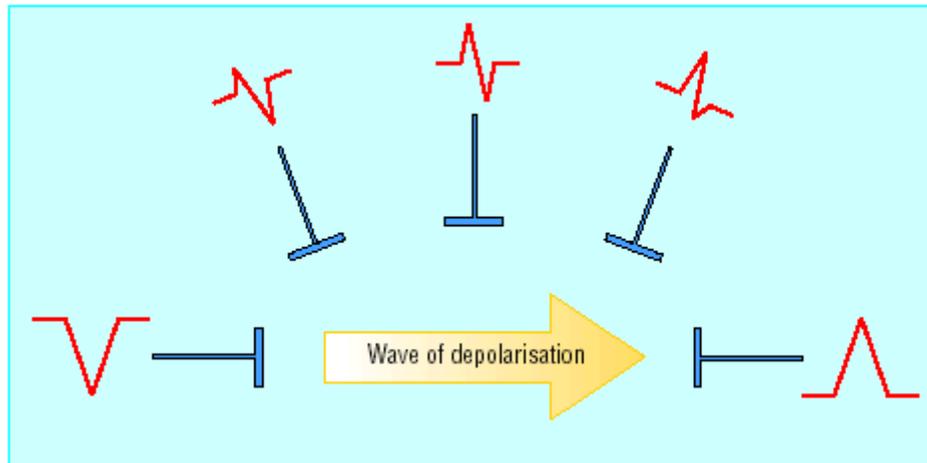
Dépolarisation



- La somme de tous les vecteurs = vecteur résultant instantané.
- L'amplitude et l'orientation de ce vecteur résultant dépendent de la localisation et de l'importance (masse cellulaire) respective des zones successivement activées dans le myocarde

Bases électrophysiologiques de l'ECG

Dépolarisation



Les Electrodes regardent le coeur chacune dans une direction un peu différente

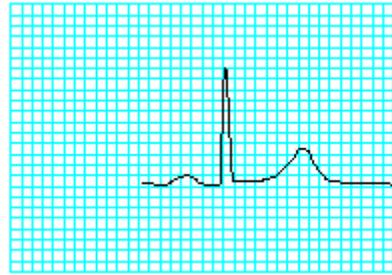
- Si une électrode voit venir la dépolarisation vers elle, l'enregistreur inscrit une onde positive ;
- si elle voit fuir la dépolarisation, l'onde sera négative ;
- si l'électrode voit « passer » le front de dépolarisation, l'onde est d'abord positive puis s'inverse après le passage de la dépolarisation pour devenir négative (onde diphasique).

Interprétation de l'ECG

Eléments de l'interprétation

- 1/ La fréquence cardiaque
- 2/ Le rythme (sinusal ou non)
- 3/ Les signaux ou ondes de dépolarisation et repolarisation (P, QRS, T)
- 4/ Les intervalles inter-ondes (PR, QT, ST)

Etude des ondes



- P = dépolarisation auriculaire
- QRS = dépolarisation ventriculaire
- ST, T = repolarisation ventriculaire
- La repolarisation auriculaire n'est pas visible
- La dépolarisation du NSA, NAV et du His sont invisibles également

Etude des ondes P, QRS, T

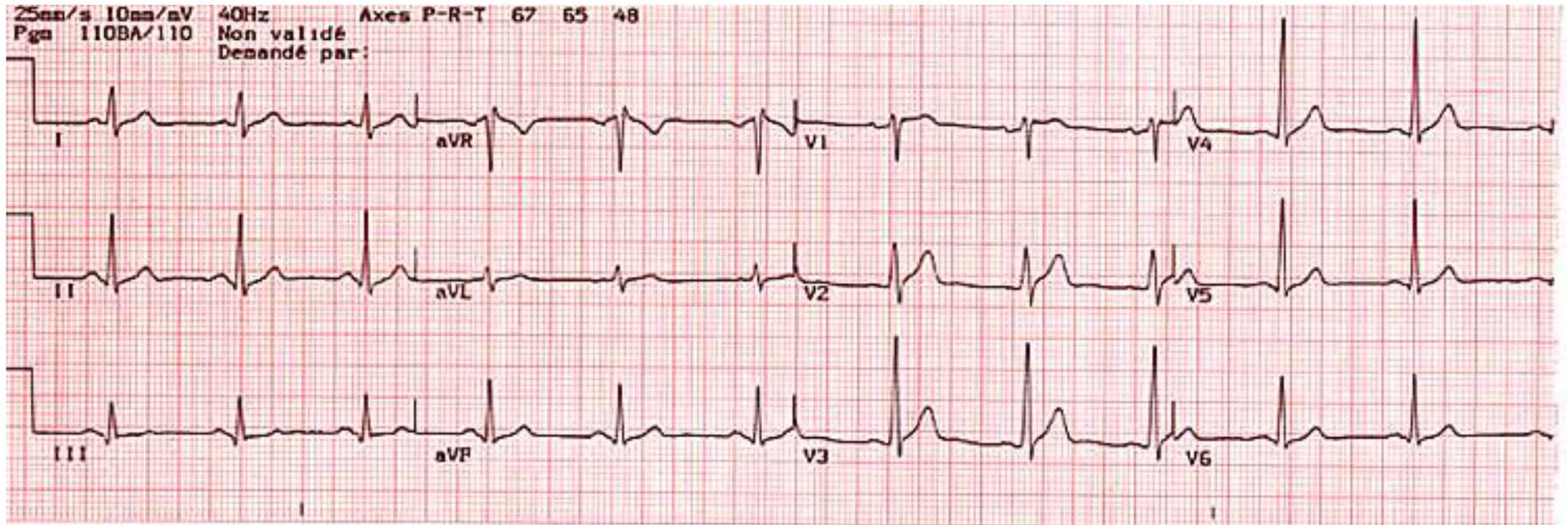
- Durée
- Axe (QRS)
- Amplitude (mV)
- Morphologie

Etude des intervalles

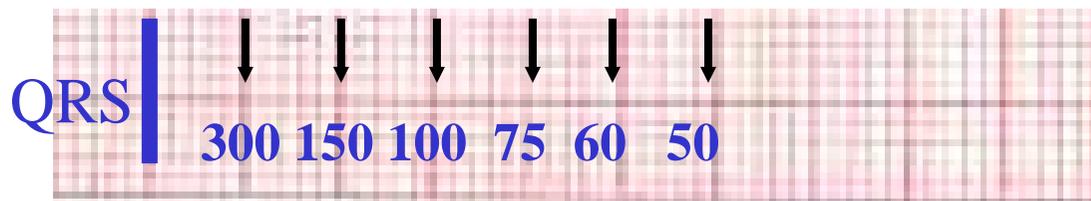
- PR (=PQ)
- QT
- ST

- On s'intéresse à
 - La durée (PR, QT)
 - la position par rapport à la ligne isoélectrique:
sus et sous-décalage (PR, ST)

Électrocardiogramme : la fréquence



Fréquence : 60 000 / intervalle RR en ms
25 mm/s : 5 mm = 200 ms, 1 mm = 40 ms
300 – 150 – 100 – 75 – 60 – 50



Électrocardiogramme :

Le rythme

- Fréquence Normale = 60 –100 /mn
- Fréquence $>$ 100/mn : tachycardies
 - des oreillettes (tachycardie atriale, flutter atrial, Fibrillation Auriculaire)
 - des ventricules (TV, Flutter V, FV, TdP)
 - de la jonction AV: rythmes réciproques
- Fréquence $<$ 60/mn : bradycardies
 - sinusales
 - blocs sino-auriculaire
 - blocs auriculo-ventriculaires

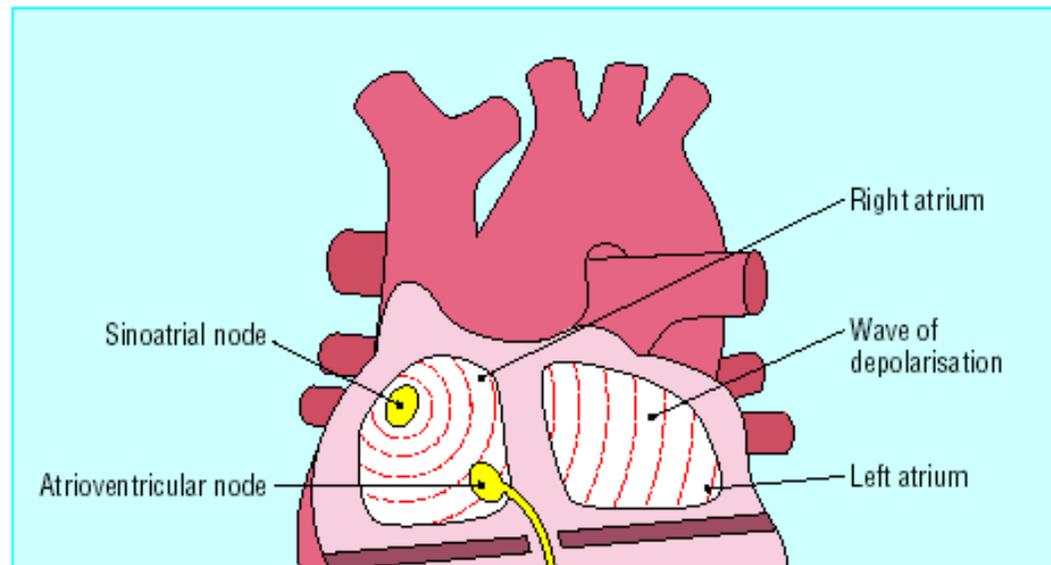
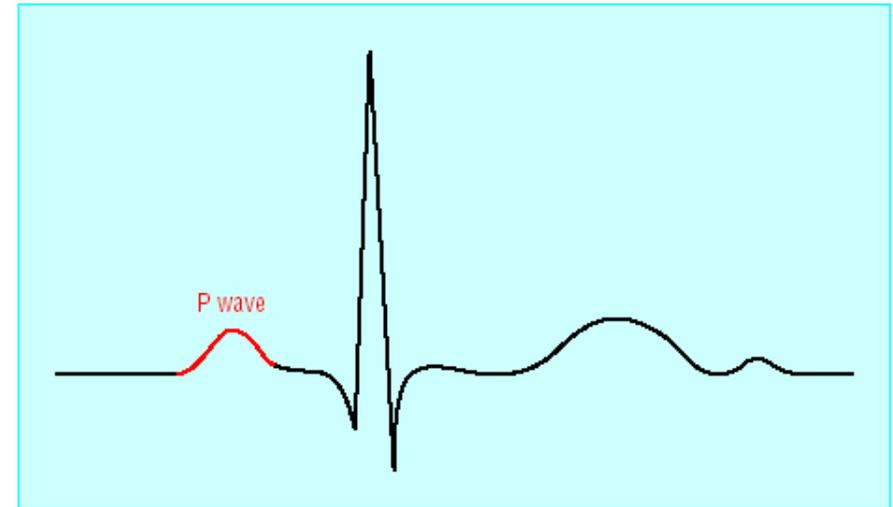
Le rythme est-il sinusal ?

- C'est à dire : le battement cardiaque est-il initié par une impulsion venant en tout premier lieu du nœud sinusal?
- Oui si:

Chaque QRS est précédé d'une onde P
Et chaque onde P est suivie d'un QRS

Onde P

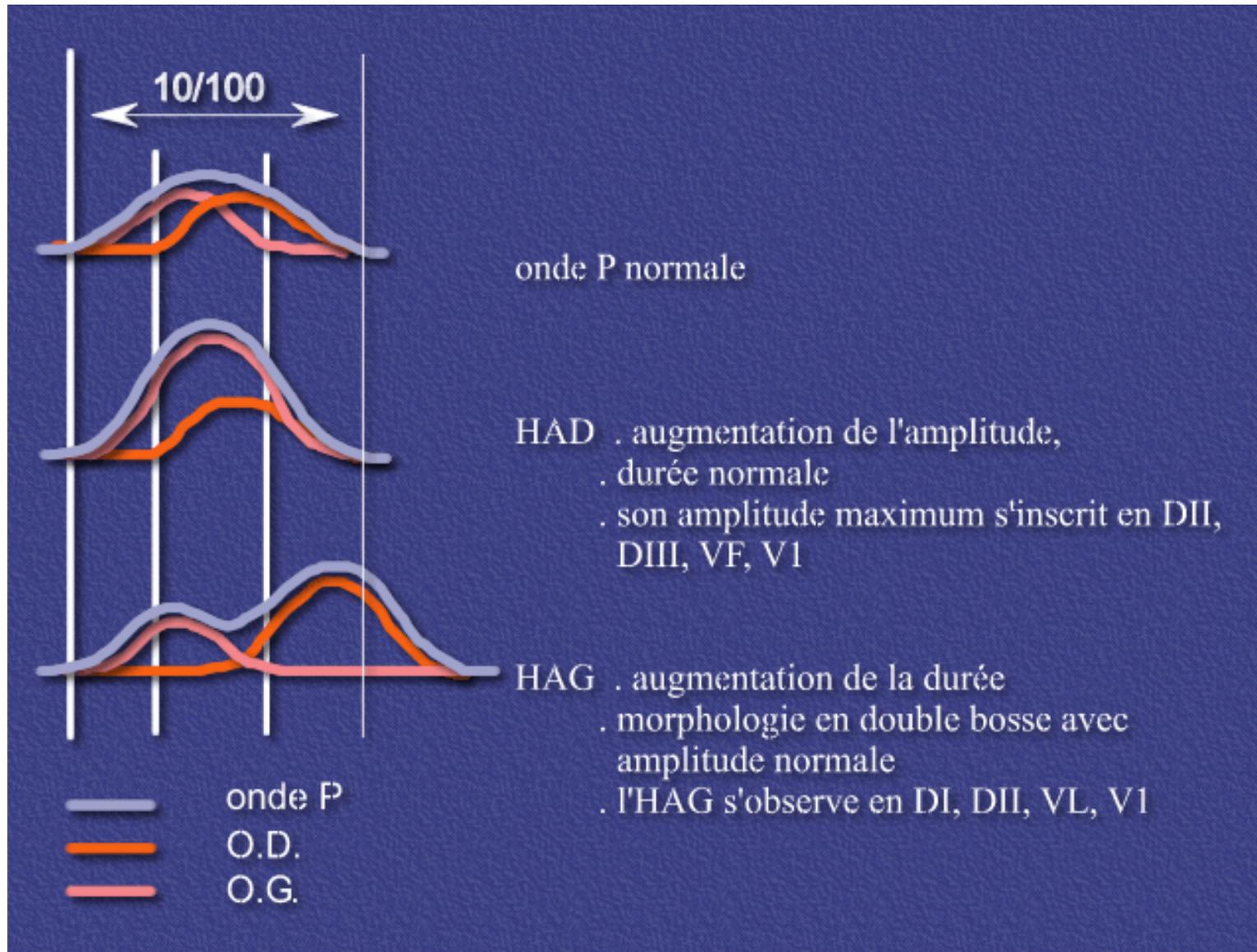
Dépolarisation de l'oreillette droite transmise à l'oreillette gauche via le faisceau de Bachmann et les fibres atriales du sinus coronaire



Onde P normale

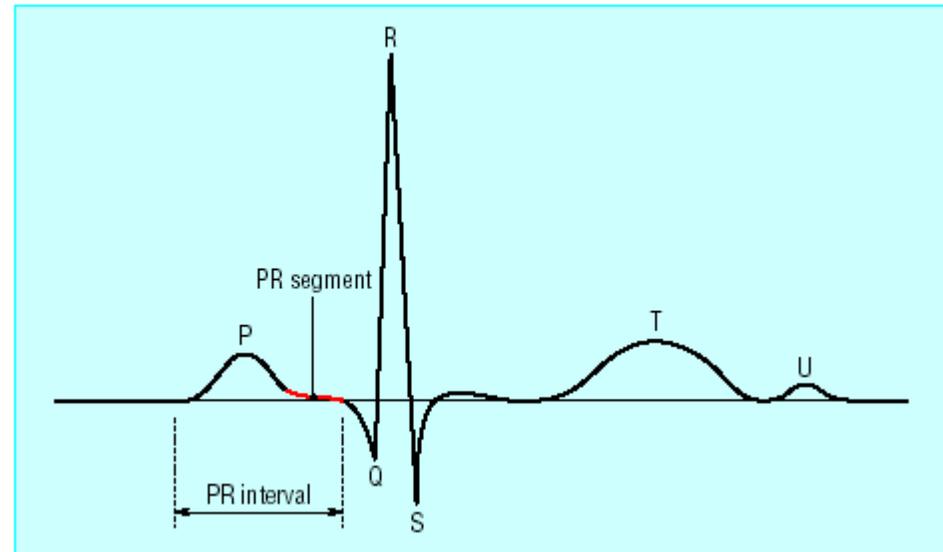
	Onde P
Durée	Durée < 0,12 seconde
Axe	Orientation dans le plan frontal entre 0 et +75°
Amplitude	Amplitude < 0,25 mV (2,5 mm)
Morphologie	Composante négative en V1 ou composante positive et surface de la composante négative > 0,004 mV.s Positive en D1

Onde P



Intervalle PR ou PQ

- Du début de l'onde P au début du complexe QRS
- Temps de propagation de l'influx
 - oreillettes,
 - nœud auriculo-ventriculaire,
 - faisceau de His, ses branches,
 - le réseau de Purkinje



Intervalle PR

	Intervalle PR	Pathologie
Durée	Entre 0,12 et 0,20 (se raccourcit à l'effort)	Préexcitations (court) BAV I et II (long)
Par rapport à la ligne de base	ISOELECTRIQUE	Sous- décalage (Epanchementpéricardique)

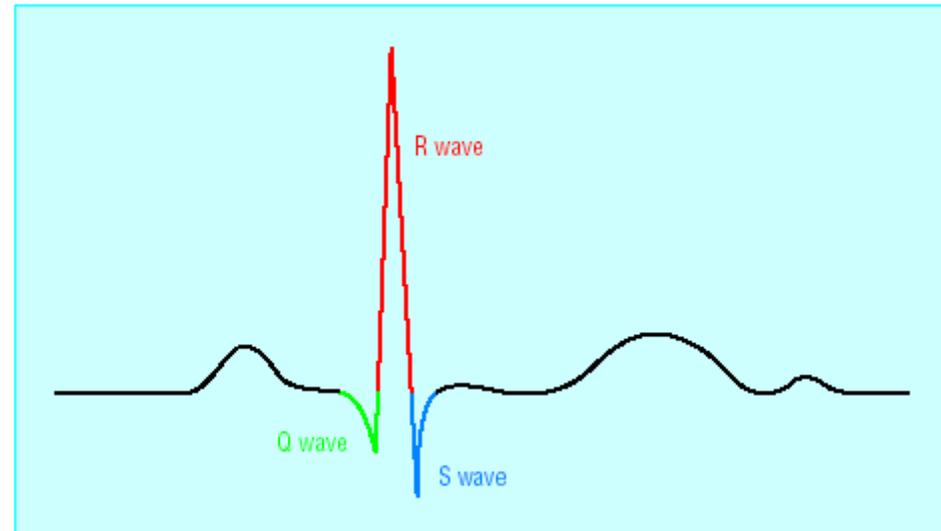
Le complexe QRS

= Dépolarisation Ventriculaire

Q: la première négativité

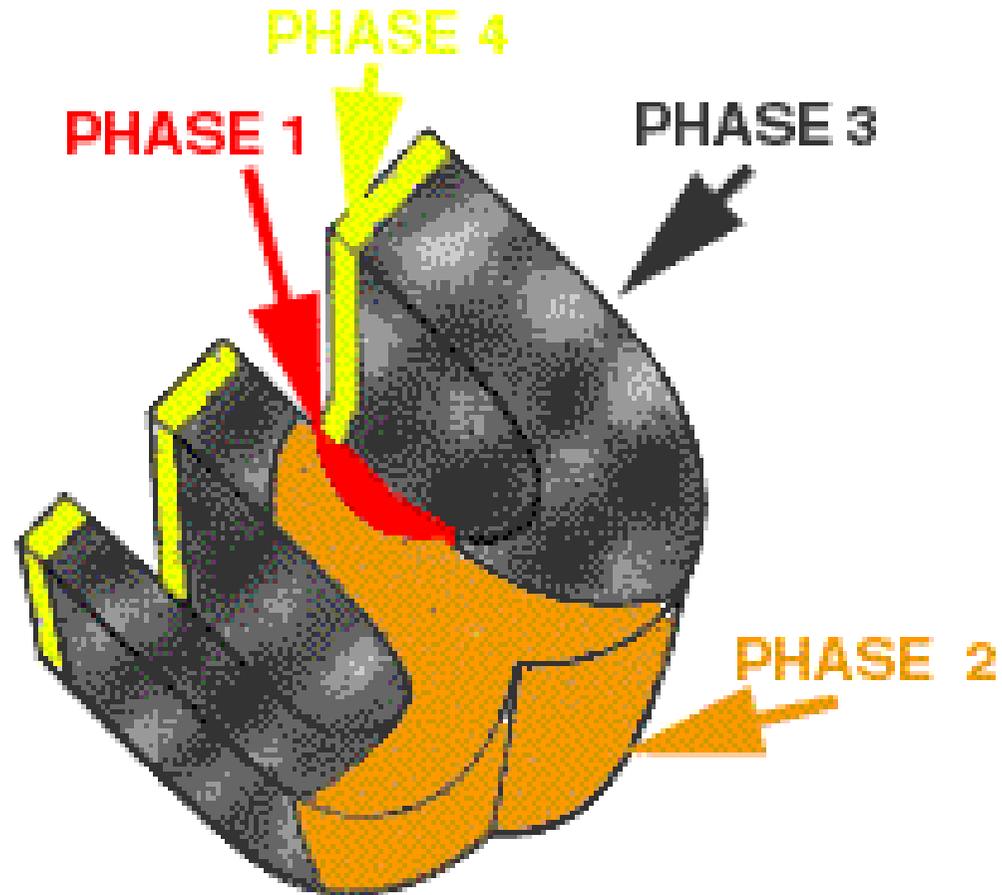
R: la première positivité

S: négatif après l'onde R



- Toute déflexion ultérieure positive ou négative sera désignée par les lettres R', S', R'', S''.
- Par convention, les lettres minuscules sont utilisées pour désigner les ondes de faible amplitude et les majuscules pour les ondes d'amplitude élevée.

Le complexe QRS : Q-R-S



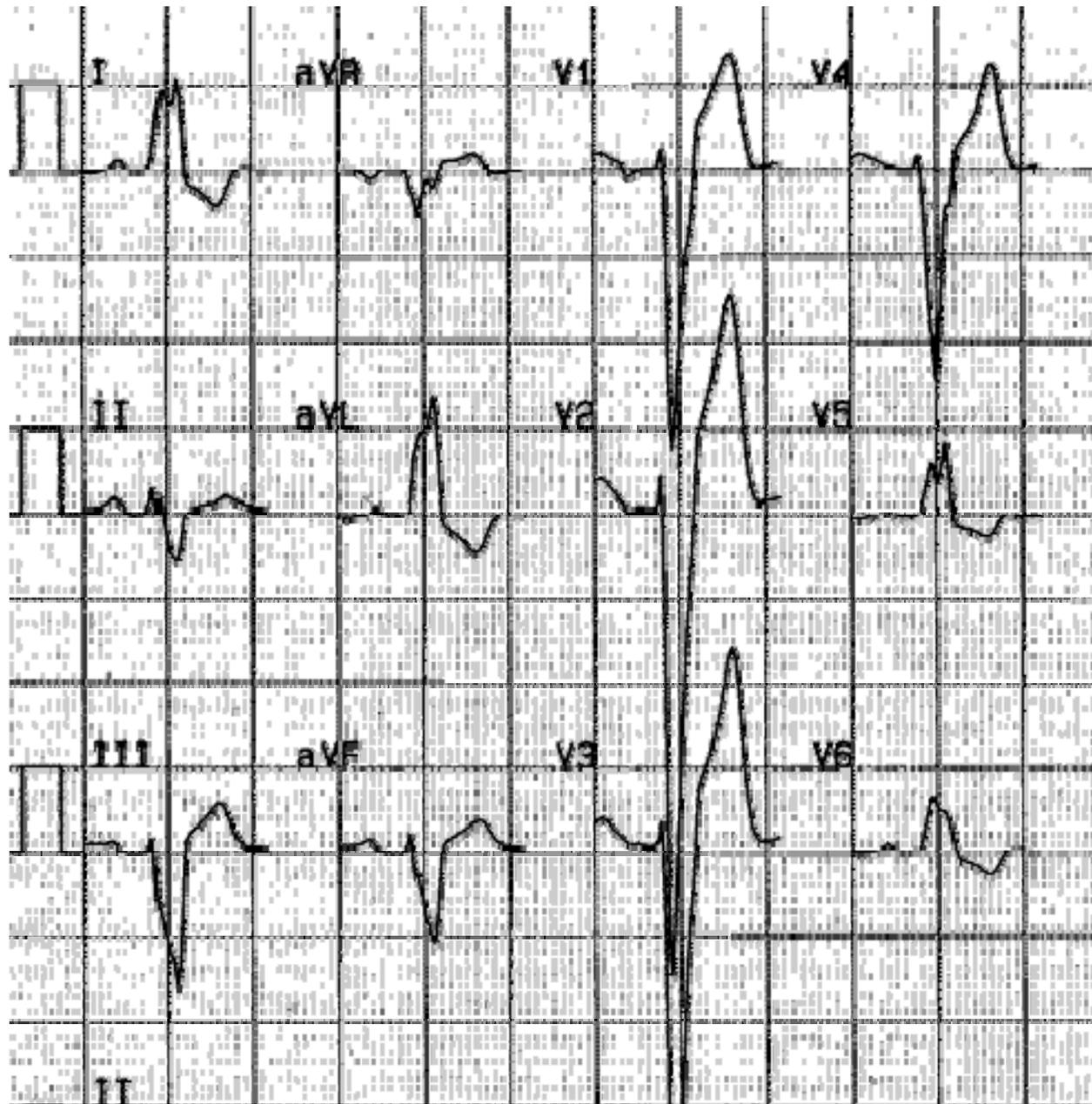
Le complexe QRS

	Complexe QRS	Pathologie
Durée	entre 0,06 et 0,08 s (1,5 à 2mm ou petits carrx)	Blocs de branche
Amplitude	L'onde Q < 1/3 du QRS et < 40 ms L'onde R Augmente de V1 à V6	Infarctus Hypertrophies Microvoltage
Axe	Normal entre 0 et +90° (-30 à +120°)	Infarctus, hypertrophies, troubles de
Morphologie	Double onde R (RSR', RR')	conduction dans une Bloc de branche branche

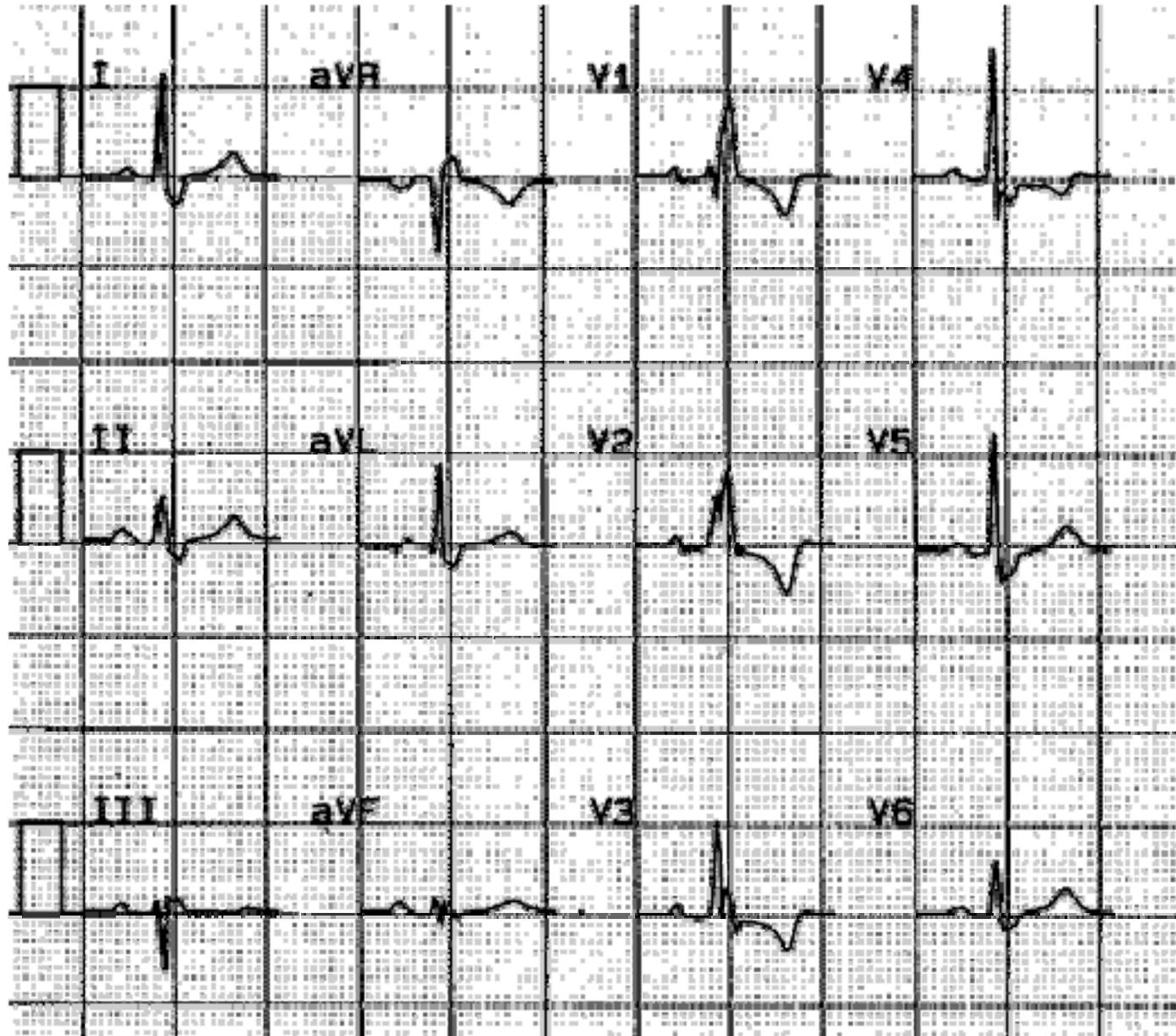
Durée du QRS

- Normale entre 0,06 et 0,08 sec
- Bloc de Branche à suspecter si QRS > 0.10 secondes
- V1 exprime tout ce qui vient du VD en positif et tout ce qui vient du VG en négatif
- La fin de V1 montre quel ventricule est en retard
- V1 se termine par une onde positive : le ventricule droit est en retard = BB Droit
- V1 se termine par une onde négative : le ventricule gauche est en retard = BB Gauche

Le complexe QRS : BBG



Le complexe QRS : BBDt



Le complexe QRS : amplitude

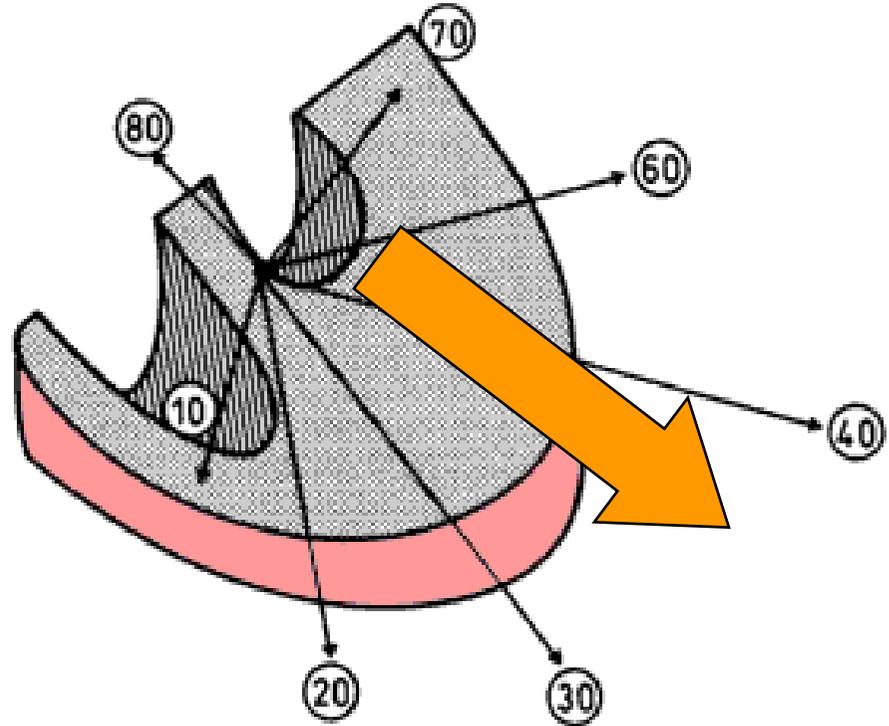
- Varie en fonction de plusieurs facteurs : âge, sexe, index pondéral, morphologie thoracique et position du coeur dans le thorax
- Les valeurs normales d'amplitude peuvent être consultées dans des tables
- Plus il y a de myocarde et plus le signal sera ample, et inversement.
- L'onde R augmente normalement de V1 à V6
- La zone de transition est entre V3 et V4 (onde R = onde S)
- Augmentation d'amplitude = hypertrophie ventriculaire
 - Sokolov $SV1 + RV5$ ou $V6 > 35$ mm = HVG...
- Diminution d'amplitude = cardiopathie fibrosante, épanchement péricardique ...

L'axe moyen de QRS

- Axe normal du QRS = 0° à $+90^\circ$
- Résulte de la somme des vecteurs de dépolarisation dans le plan frontal

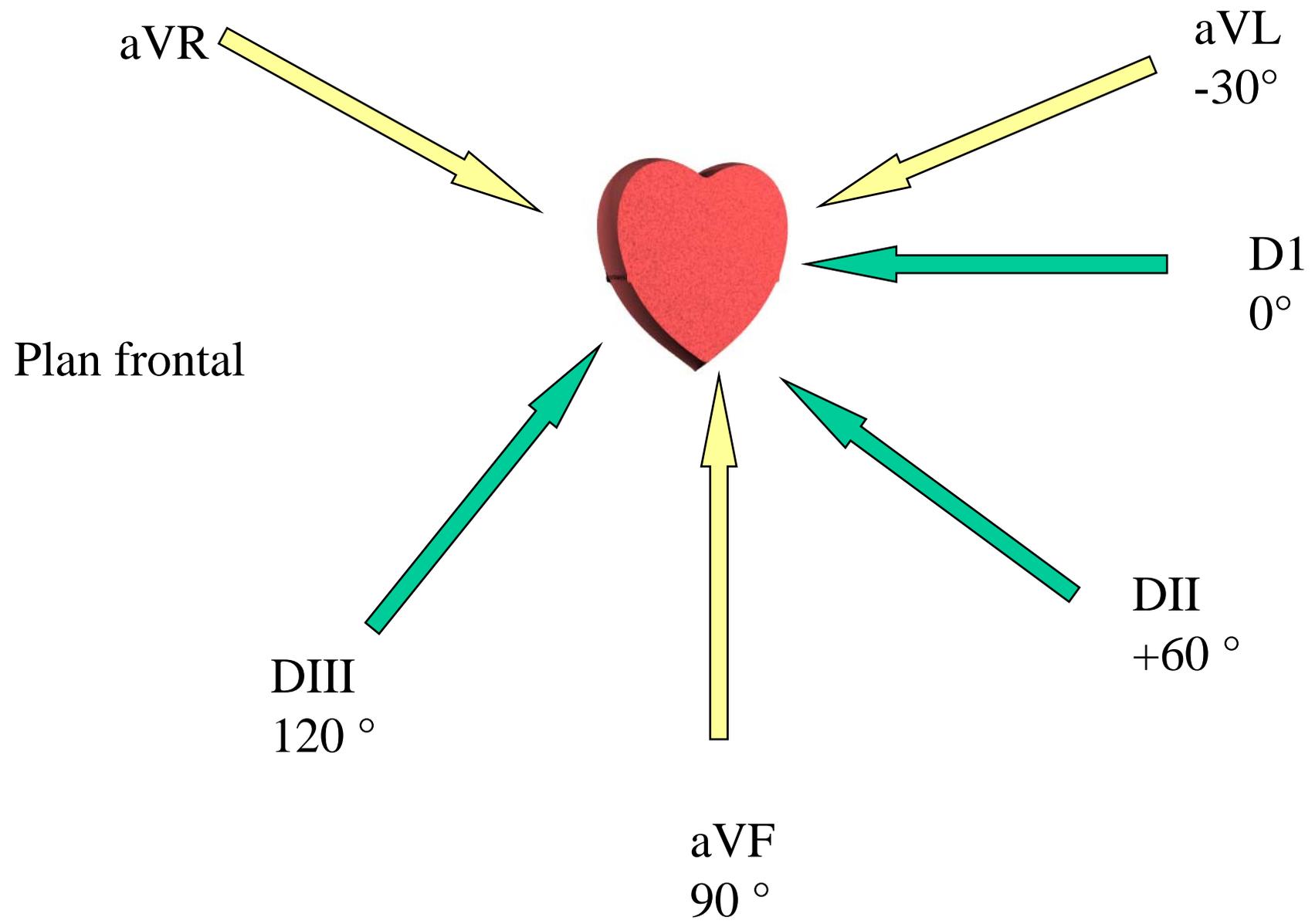
- La plus grande partie de la masse myocardique étant située dans le VG, l'axe se trouve dans le quadrant inférieur gauche (tourné vers la pointe du coeur):

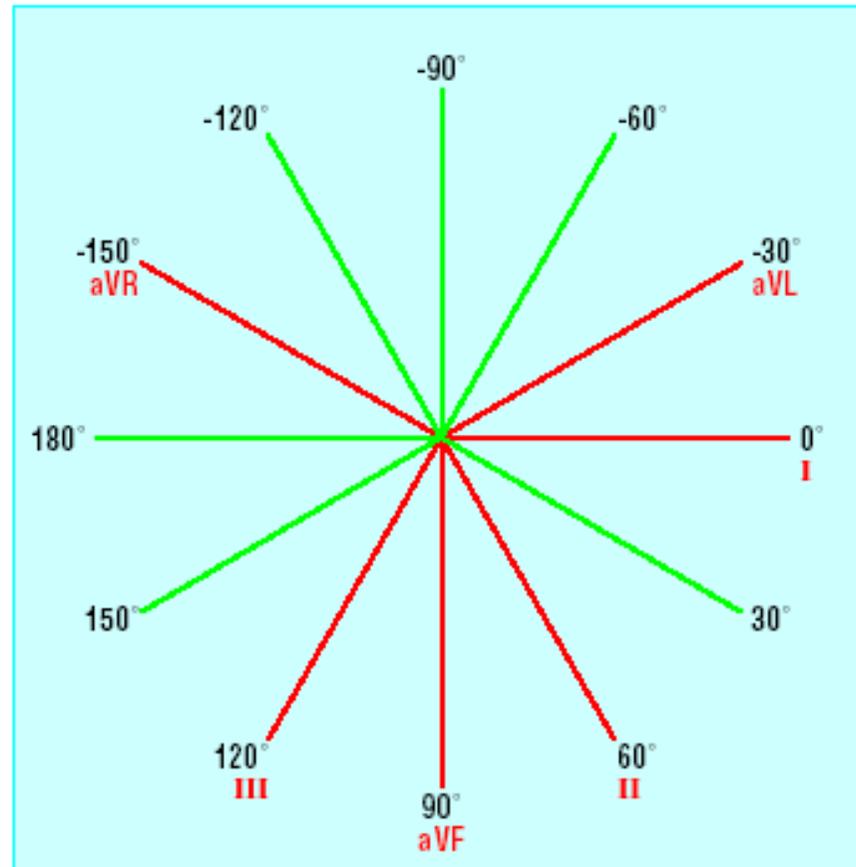
- Axe normal: 0 à 90°
- Tolérance -30 à 120°



L'AXE DU QRS

- influencé par la position du coeur dans le thorax :
 - par exemple :
 - verticalement chez le sujet normal longiligne et mince,
 - horizontalement chez le sujet bréviligne obèse et chez la femme enceinte,
 - de façon indéterminée chez l'emphysémateux etc ...
- influencé par l'âge
(se déplace vers la position horizontale avec le vieillissement).
- Ainsi, un $\hat{A}QRS$ à 0° doit être considéré comme anormal chez l'enfant et l'adolescent;
- inversement un $\hat{A}QRS$ à $+120^\circ$, encore normal chez l'enfant, est souvent pathologique chez l'adulte.





Calcul de l'axe du QRS

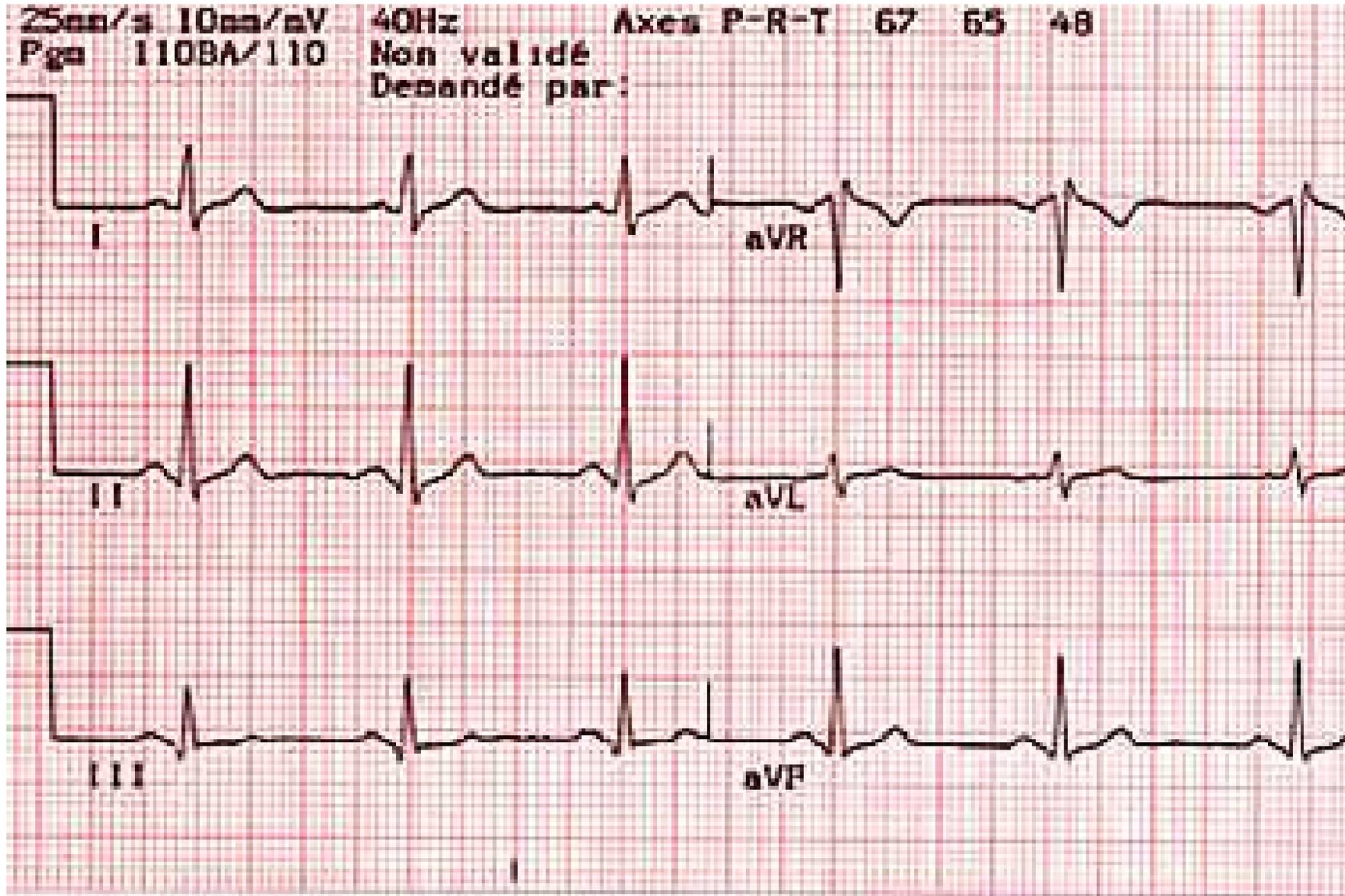
L'axe se calcule dans un plan frontal (dérivations périphériques)

Si le QRS est surtout positif en D1 et VF, inutile de le calculer, l'axe est normal (entre 0 et +90°)

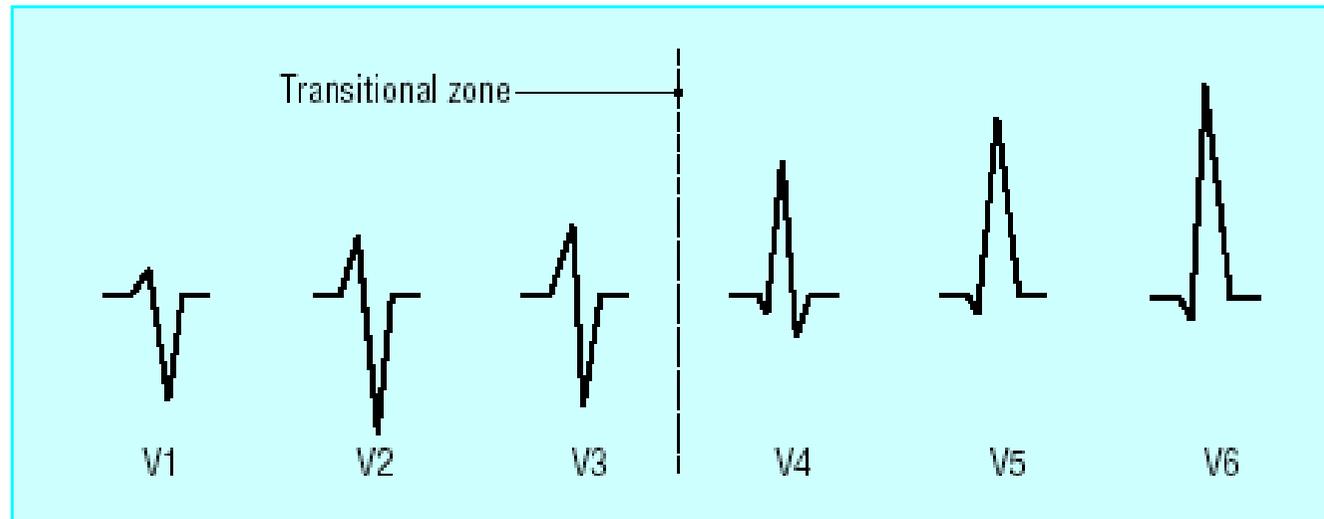
Sinon, l'axe est situé entre +90 et -90° par rapport à une dérivation où le QRS est positif, du côté de cette dérivation.

L'axe est de plus perpendiculaire à une dérivation isodiphasique.

L'axe moyen de QRS



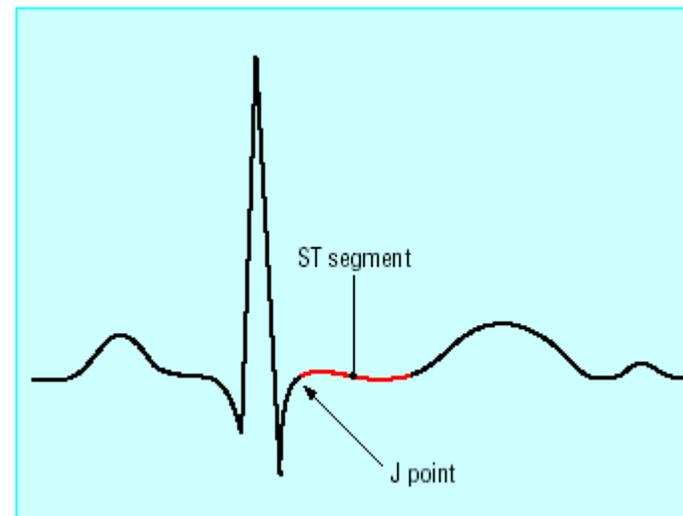
Le complexe QRS : morphologie



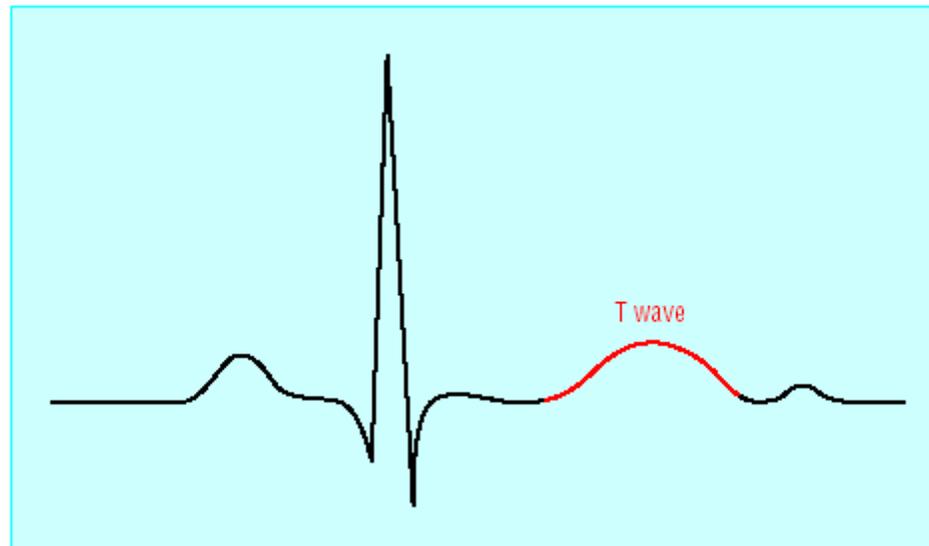
Le segment ST

- partie du tracé comprise entre la fin du complexe QRS (point J pour "Jonction ST") et le début de l'onde T.
- phase 2, en plateau, du potentiel d'action transmembranaire.

- **Normalement isoélectrique:**
 - sus-décalage = lésion sous épicaudique)
 - sous-décalage = lésion sous endocardique)



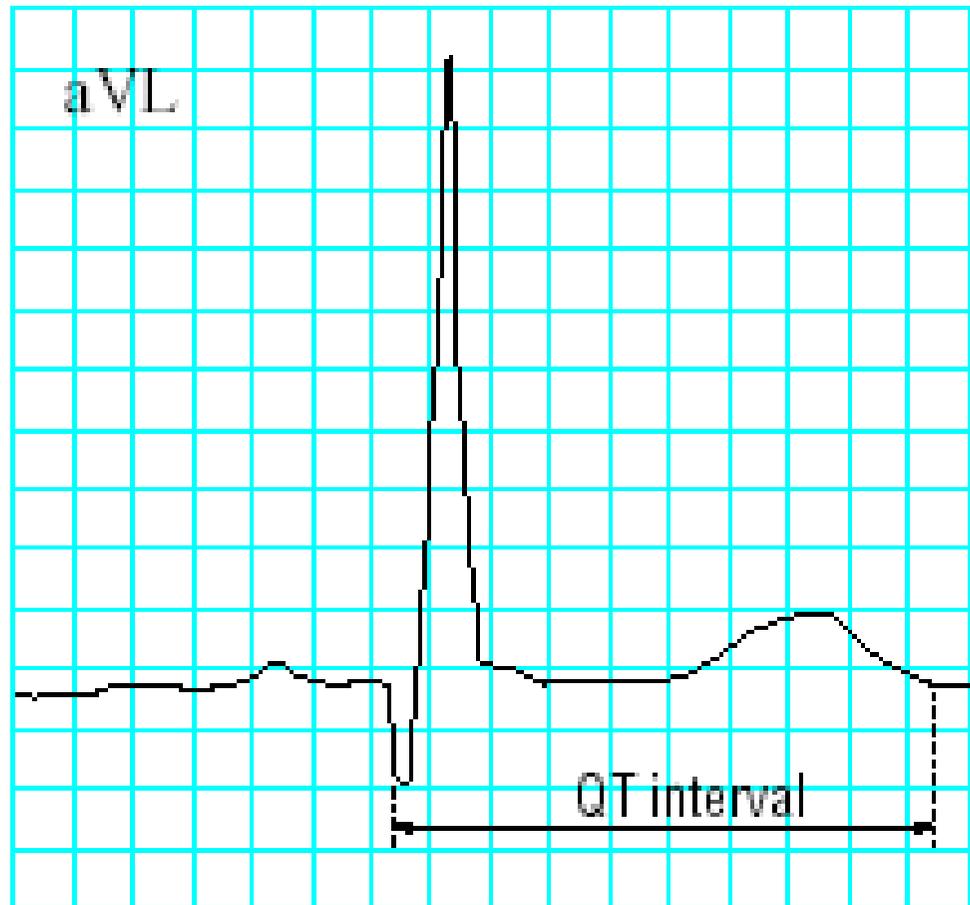
Onde T



Onde T

	Onde T	Pathologie
Durée	Cf QT	Cf QT
Amplitude		Ample pointue : ischémie, troubles ioniques
Axe	-10 et +70	—
Morphologie	Positives (aVR, V1) asymétriques	Négative, symétrique: Ischémie, troubles ioniques,

L'intervalle QT

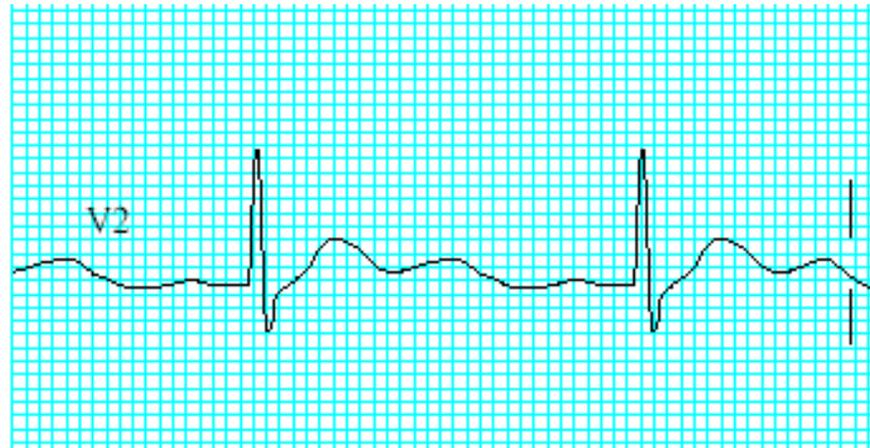


L'Intervalle QT

- Signal compris entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T
- englobe la dépolarisation et la repolarisation ventriculaires
- La durée de l'intervalle QT varie en fonction
 - de la fréquence cardiaque
 - (diminue quand la fréquence augmente) +++++
- Formule de Bazett : $QTc = QTm / RR^{1/2}$
- QTc normal
 - < 0,45 seconde chez l'homme
 - < 0,47 seconde chez la femme

L'Onde U

- déflexion positive de faible amplitude qui est **parfois** observée après l'onde T
- signification exacte discutée



Autres modes d'enregistrement de l'ECG

- Holter ECG des 24 heures
 - 2, 3 ou 12 dérivations
- Holter implantable (Reveal)
- Épreuve d'effort
- ECG moyennés à haute amplification
- Électrogrammes endocavitaires

- Analyse automatique

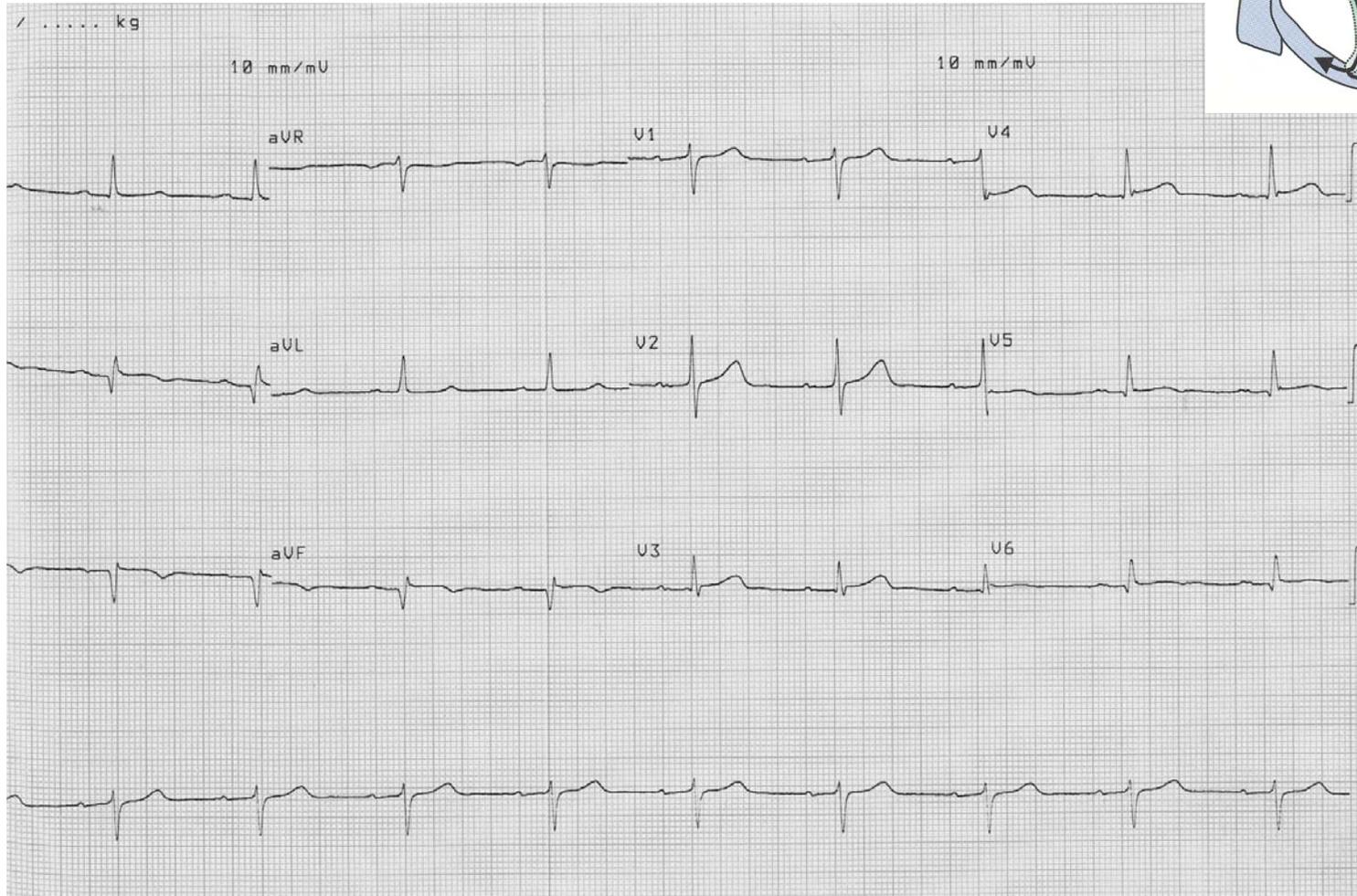
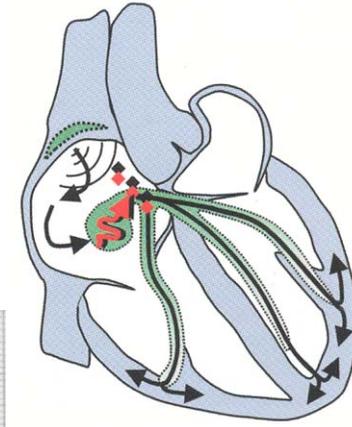
Points Forts

- Facile - peu coûteux - innocuité totale
- Examen de l'urgence :
 - Diagnostic ou élimination des **arythmies** ++++
 - Diagnostic ou élimination de l'**ischémie** myocardique aiguë ++++
 - Arguments pour Embolie pulmonaire, Péricardites...
- Indispensable à **toute évaluation cardiologique**
 - Hypertrophies A, V
 - Déviations axiales
 - Troubles conductifs
 - Canalopathies
 - ...

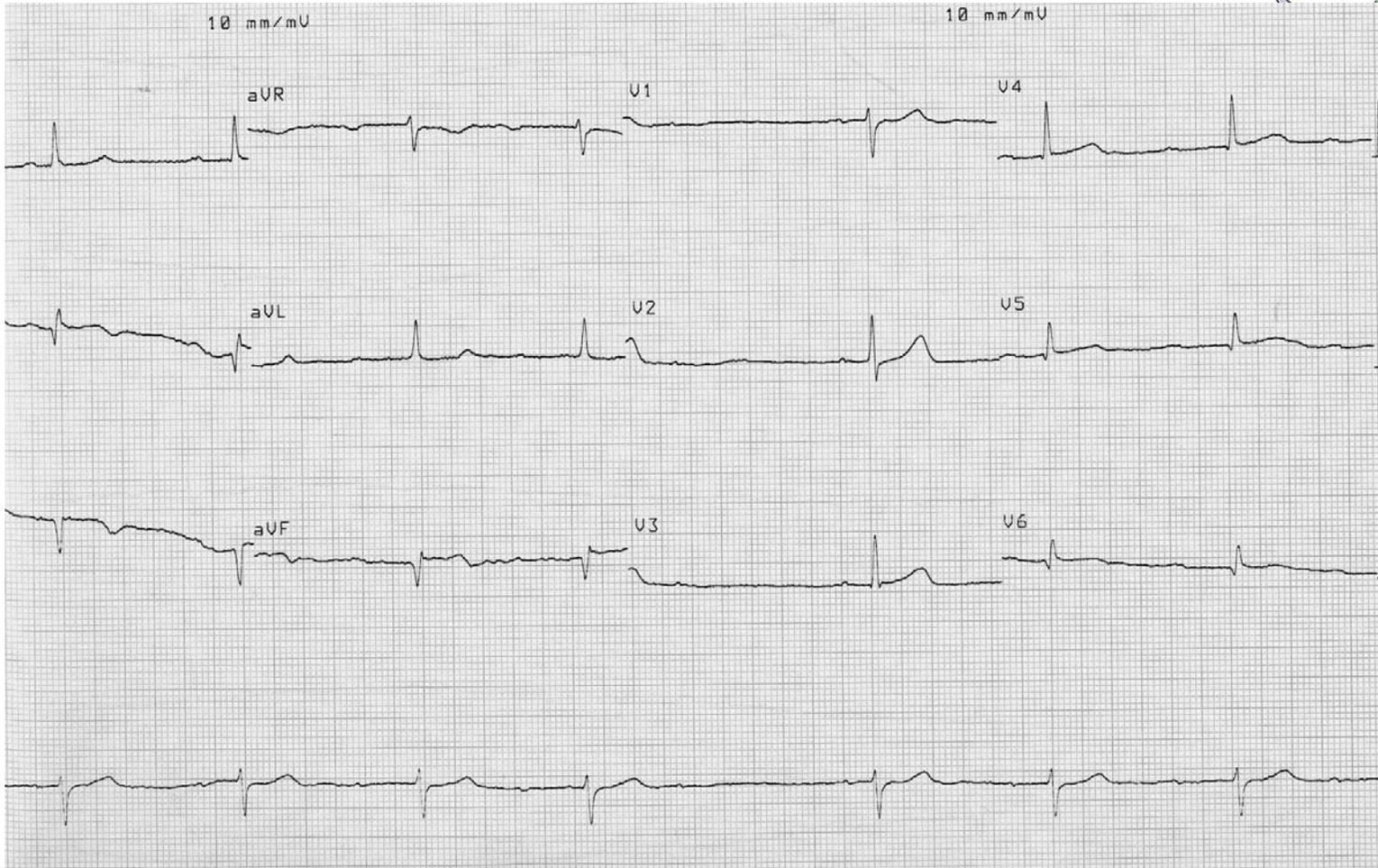
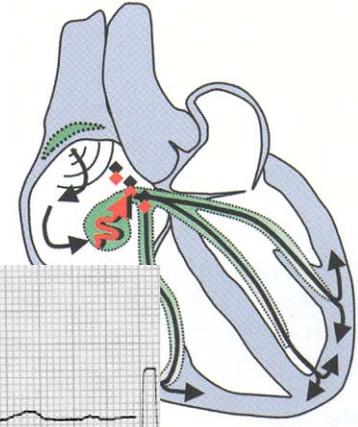


ECG

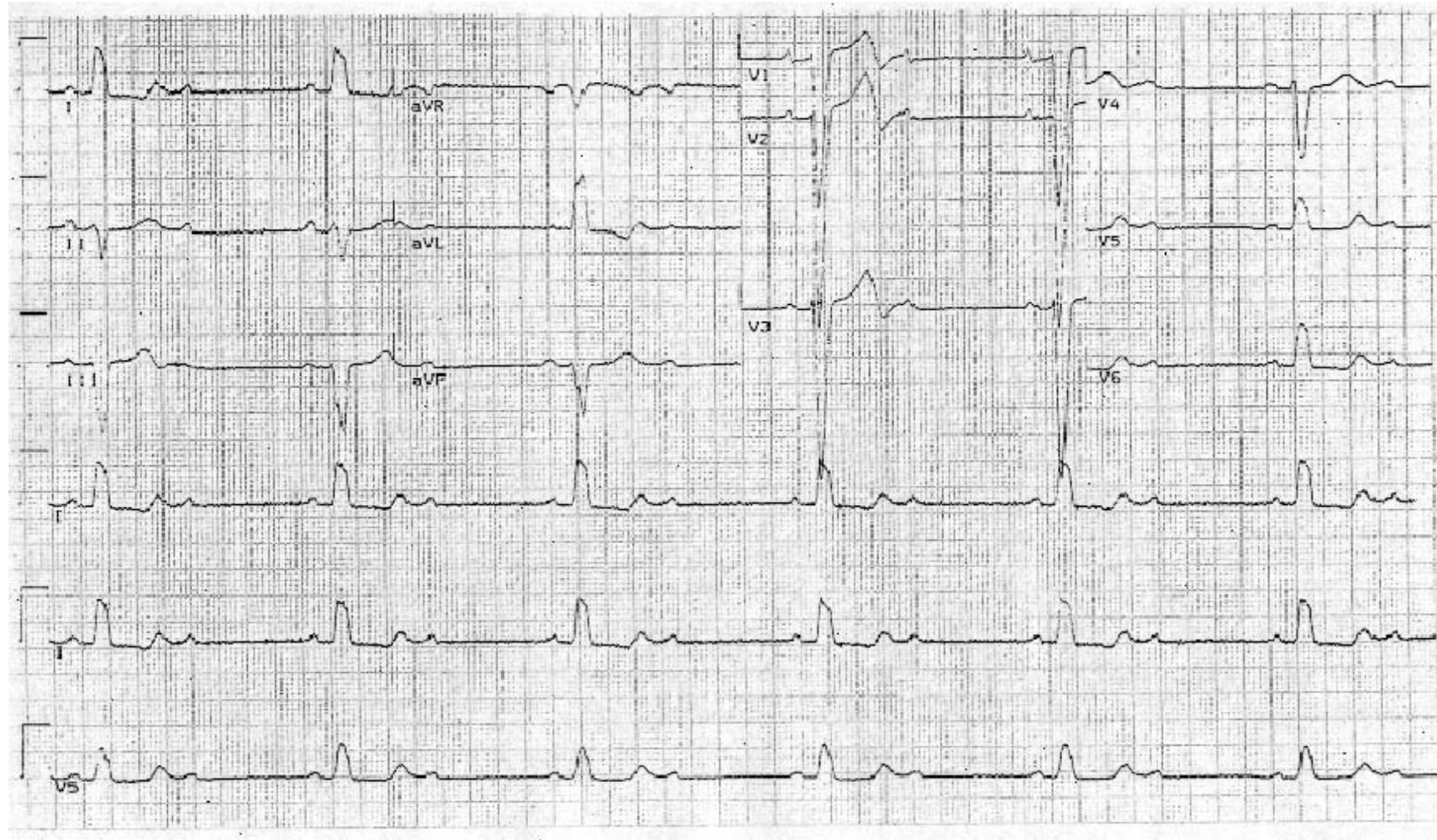
BAVI



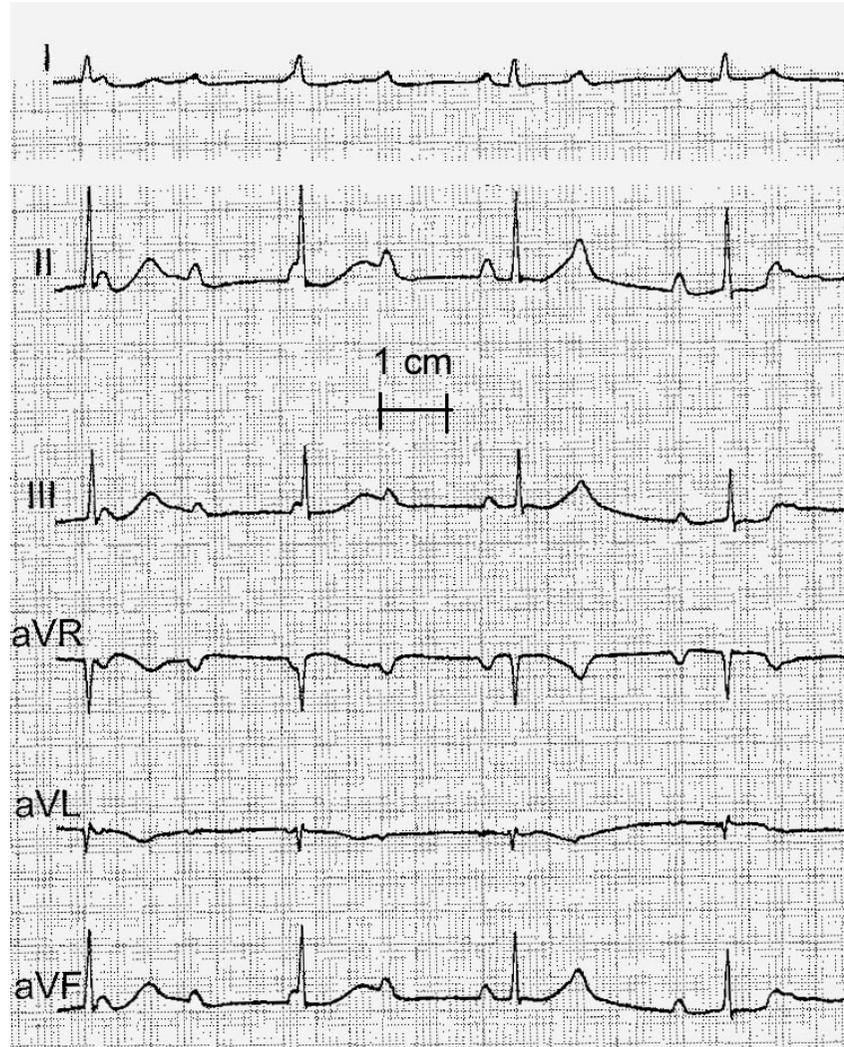
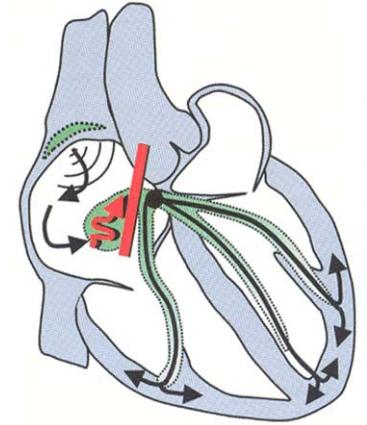
BAV II Mobitz 1



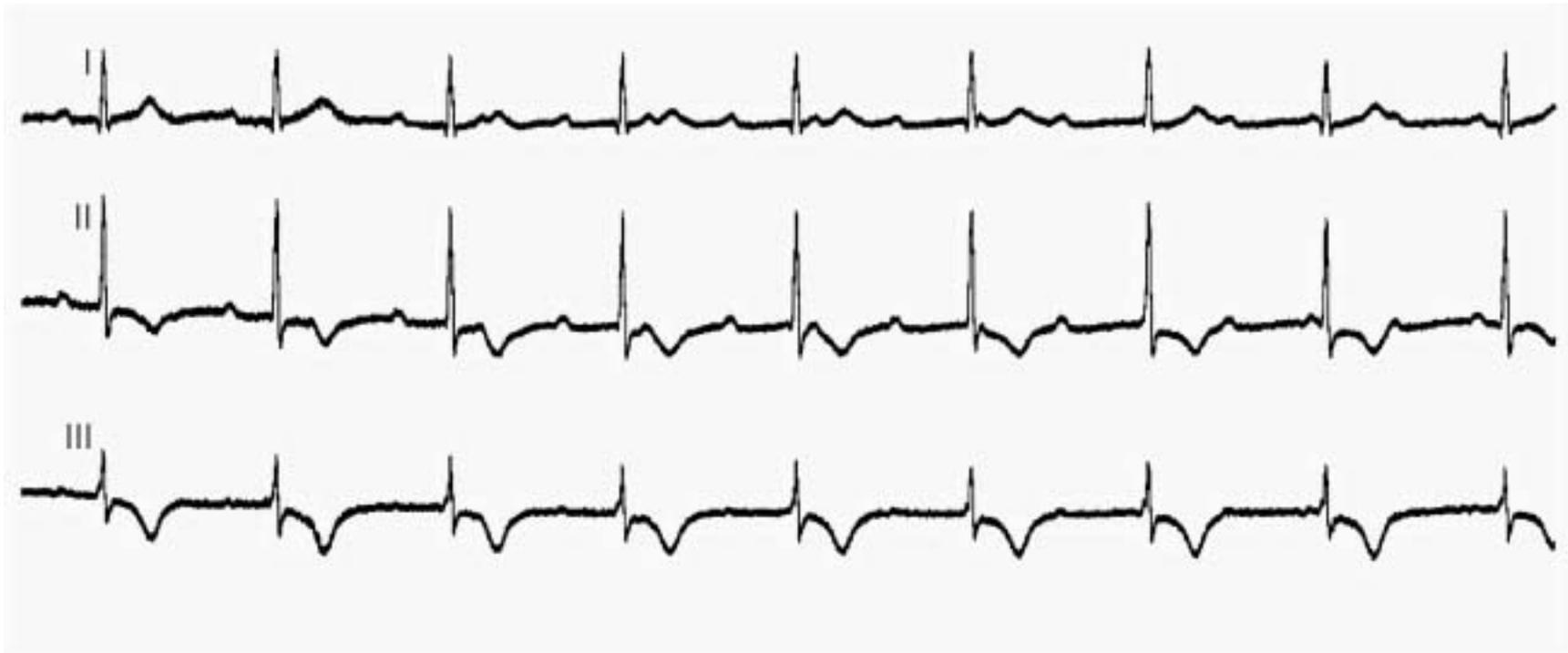
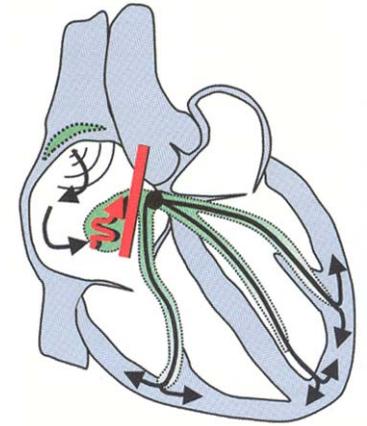
BAV II 2/1



BAV III – Echappement jonctionnel

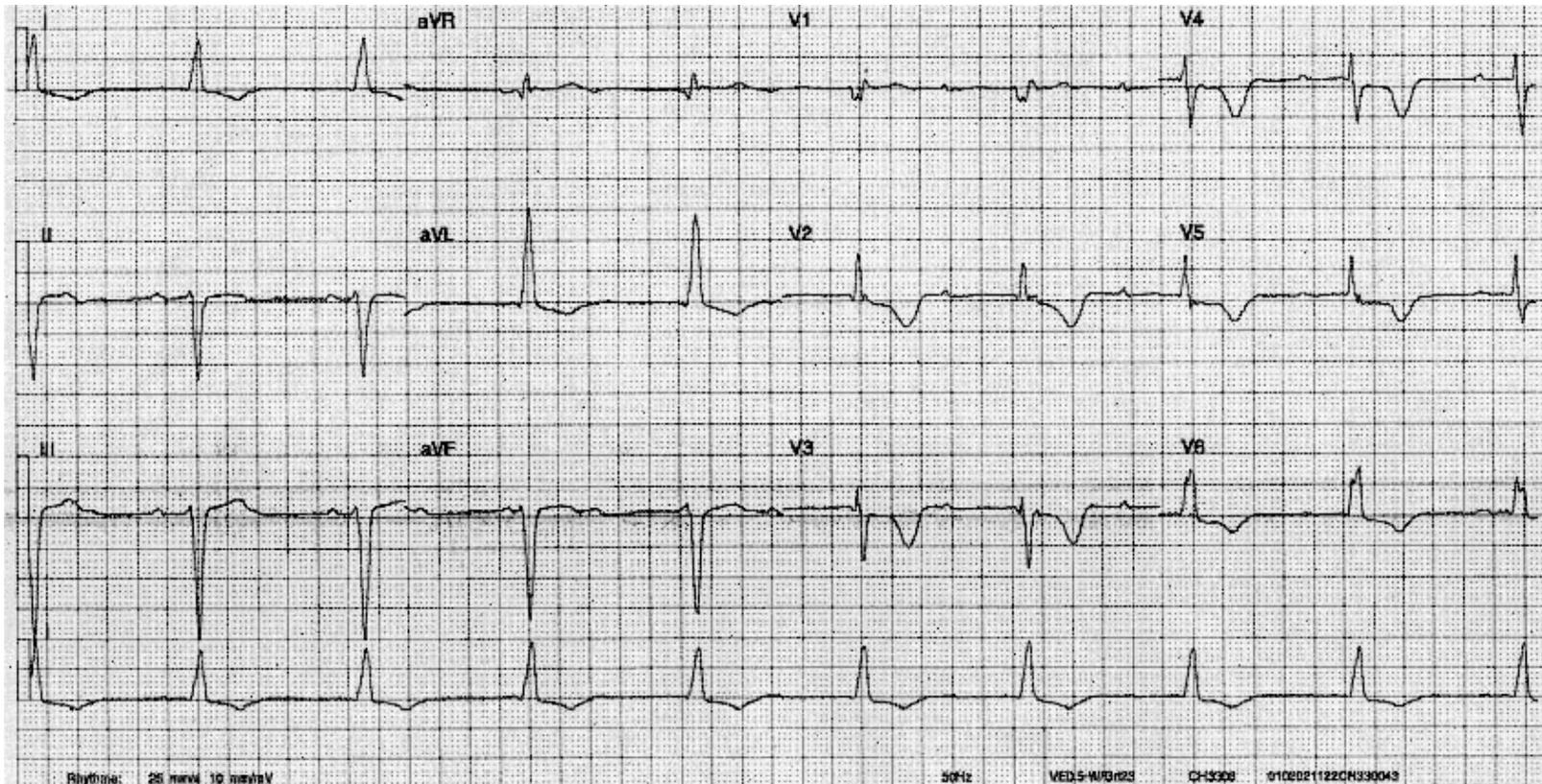
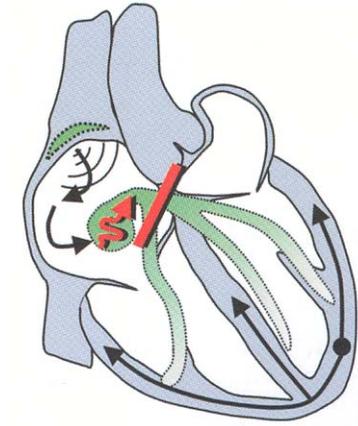


BAV III – Echappement jonctionnel

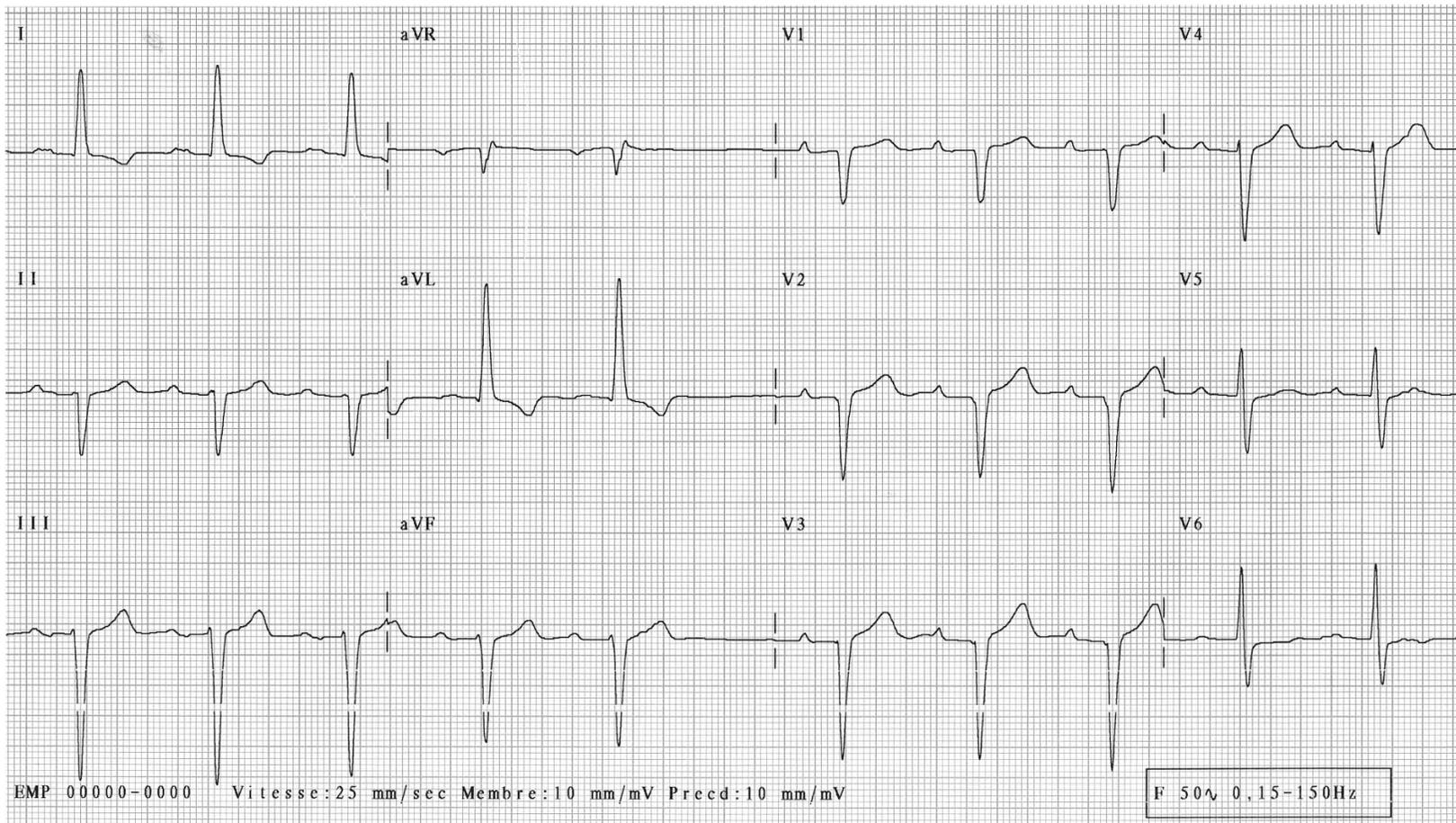
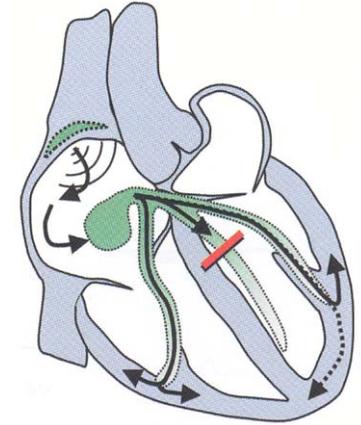


BAV III

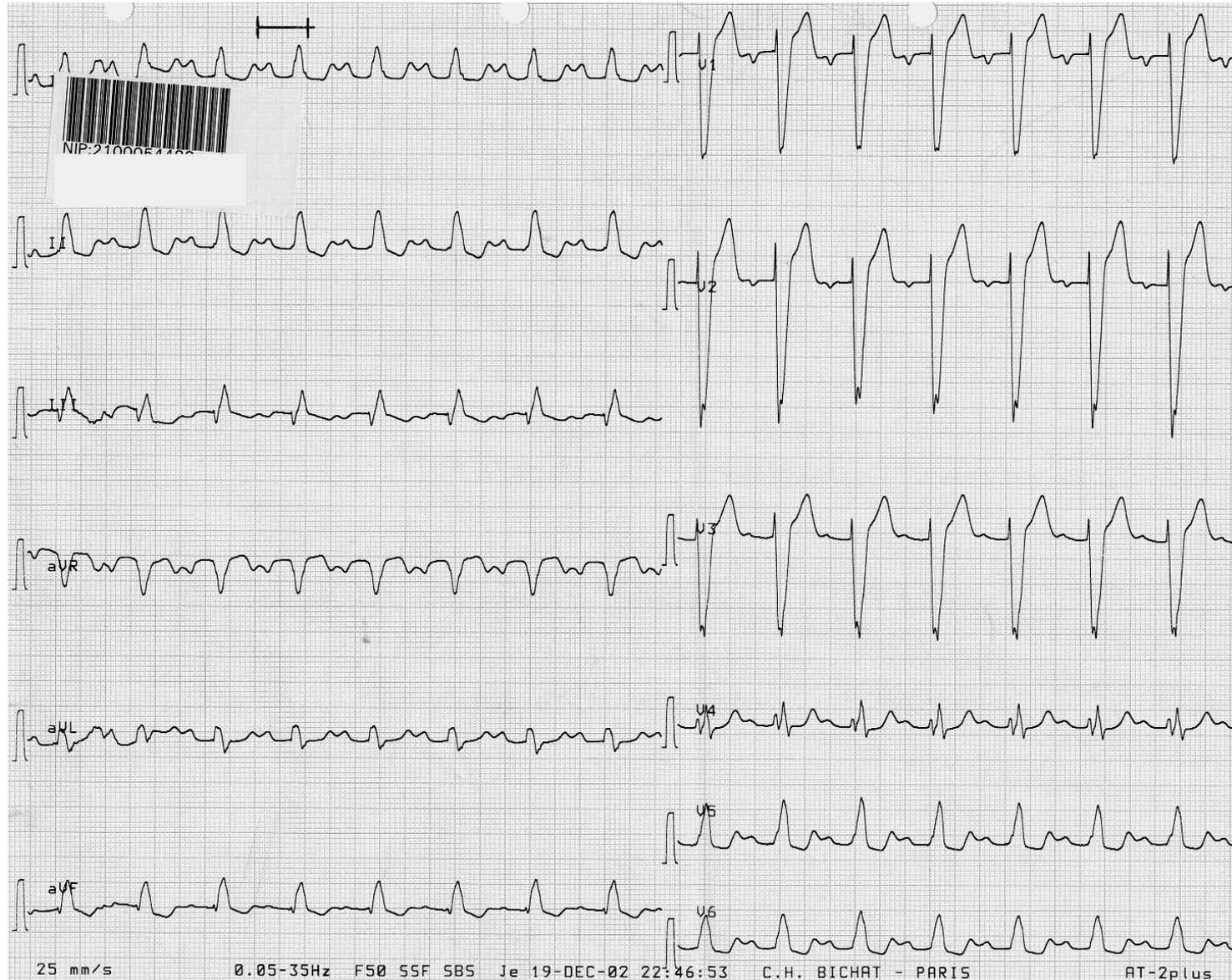
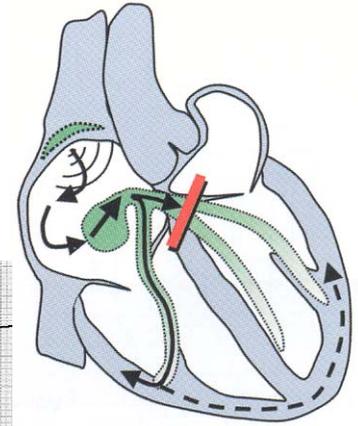
Echappement ventriculaire



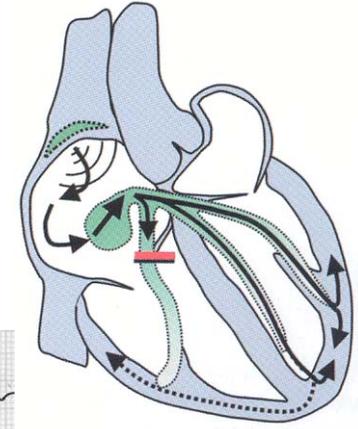
HBAG



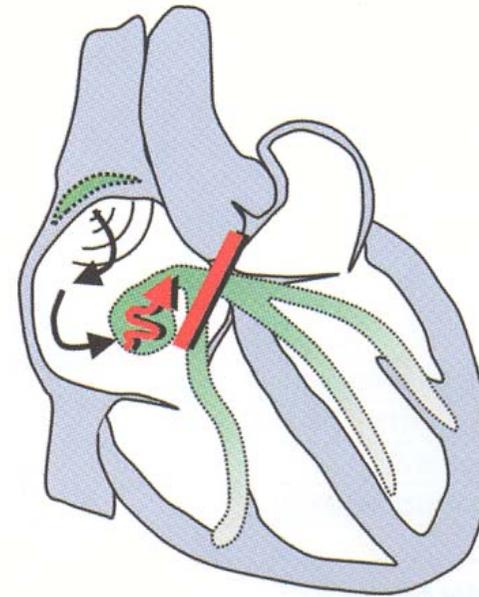
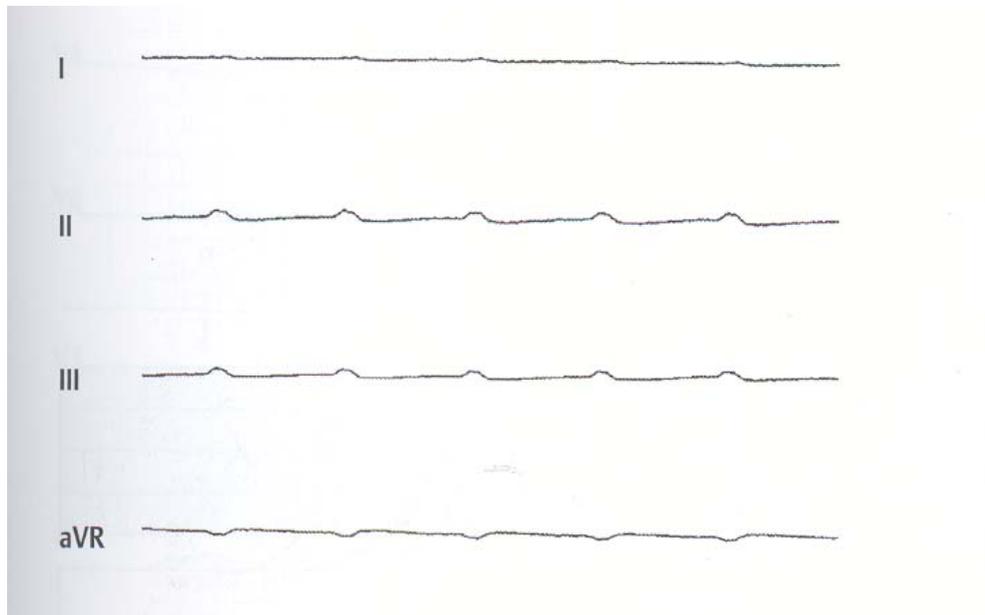
BBG



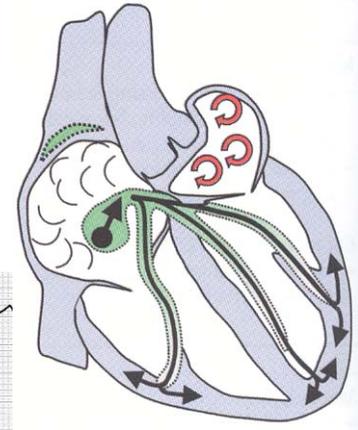
BDD



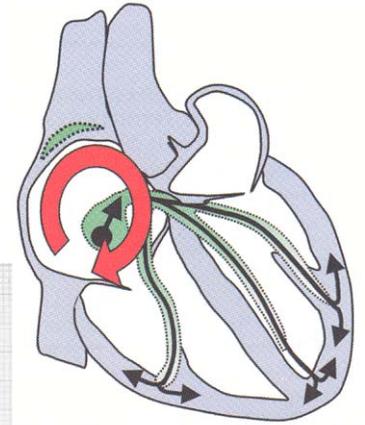
BAV III sans échappement



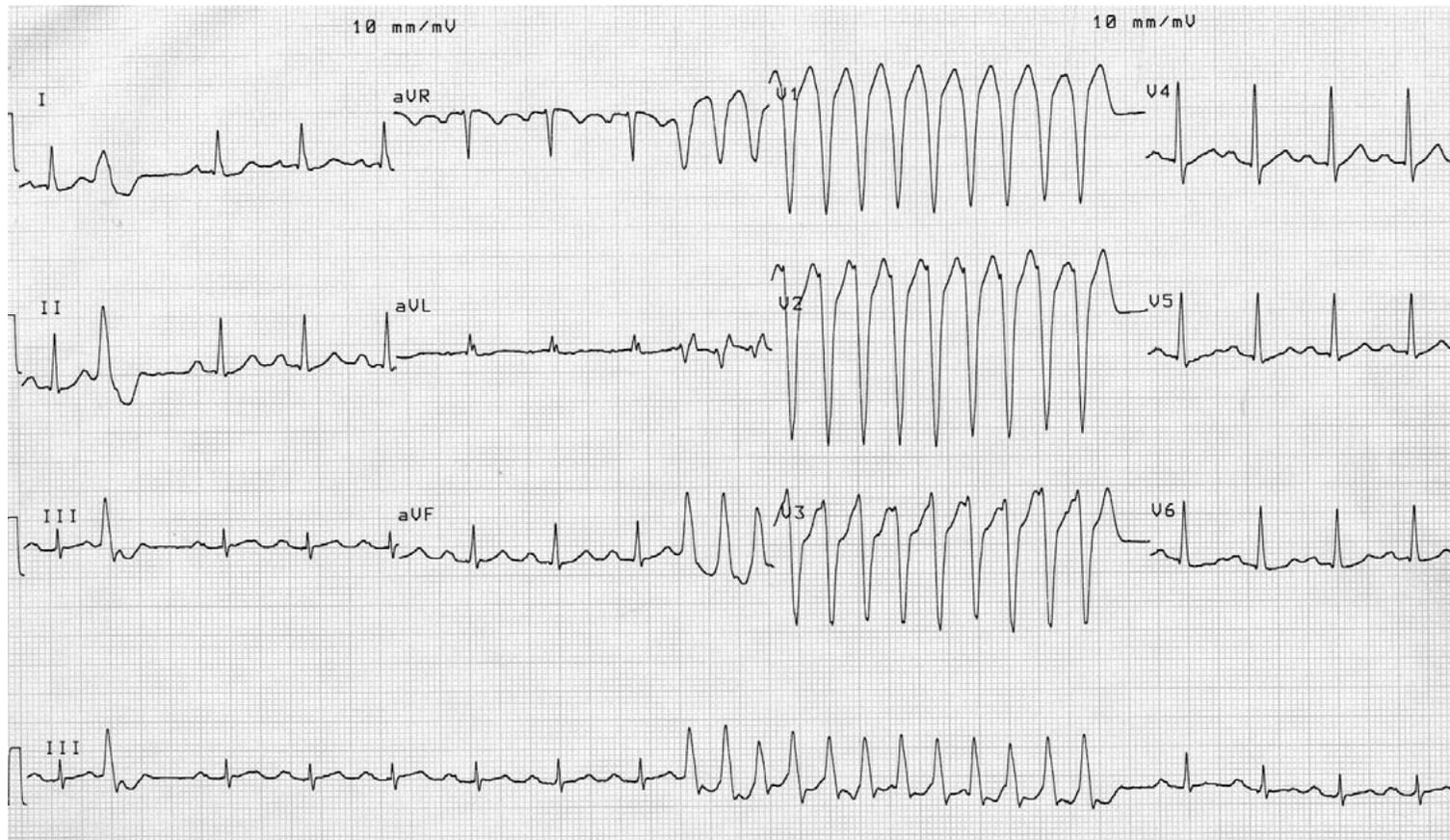
FA



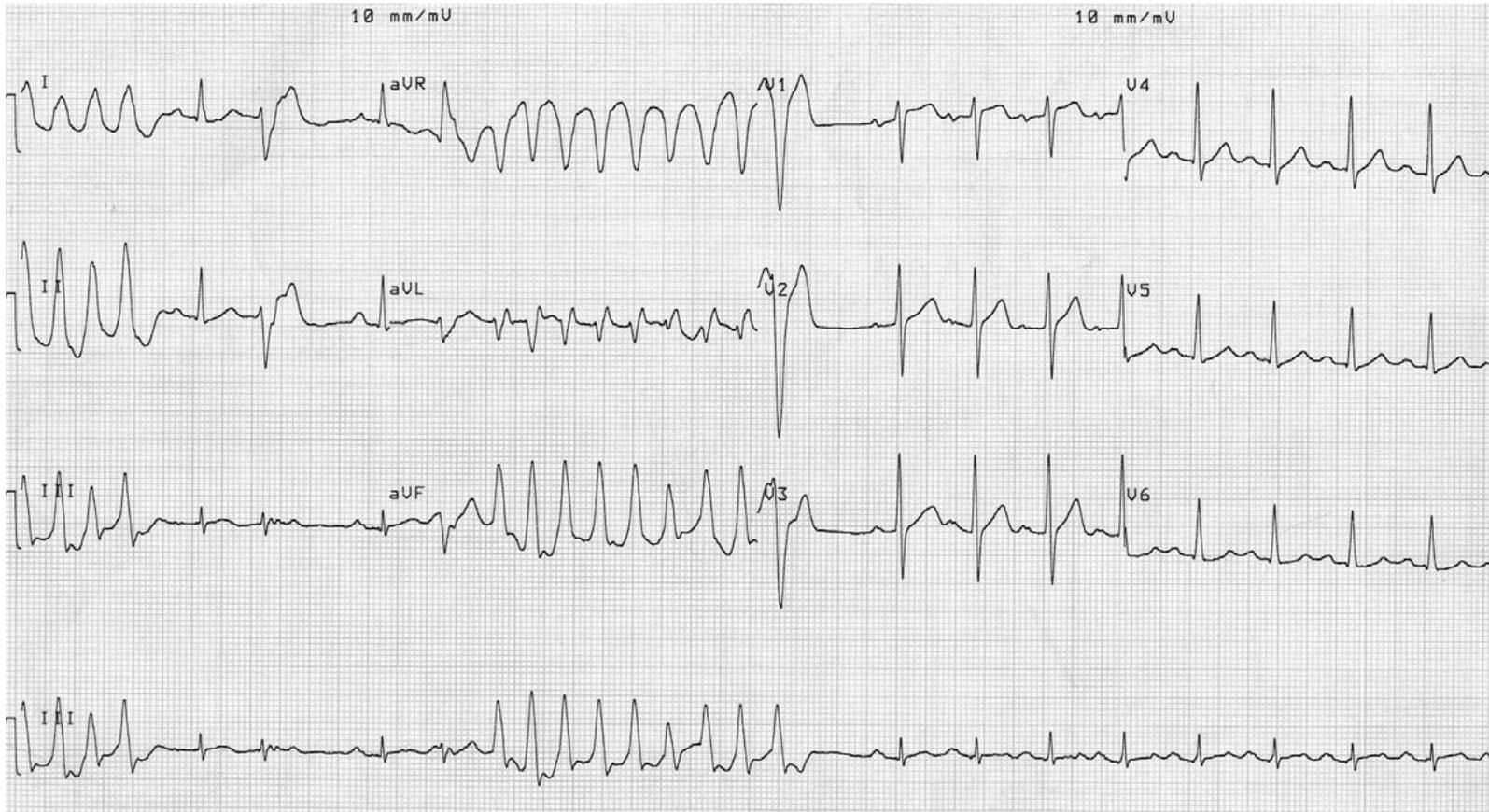
Flutter



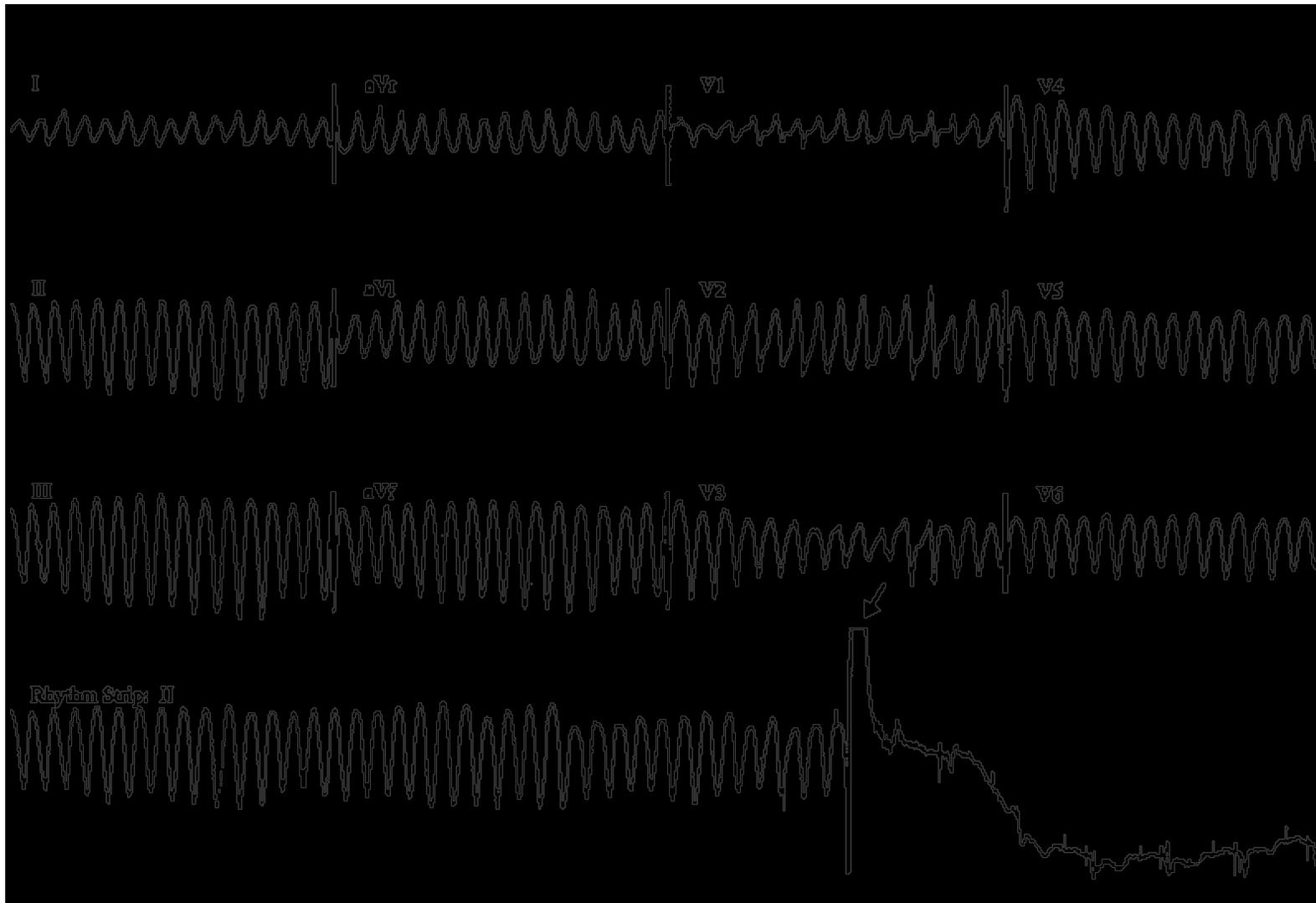
TV non soutenue (1)



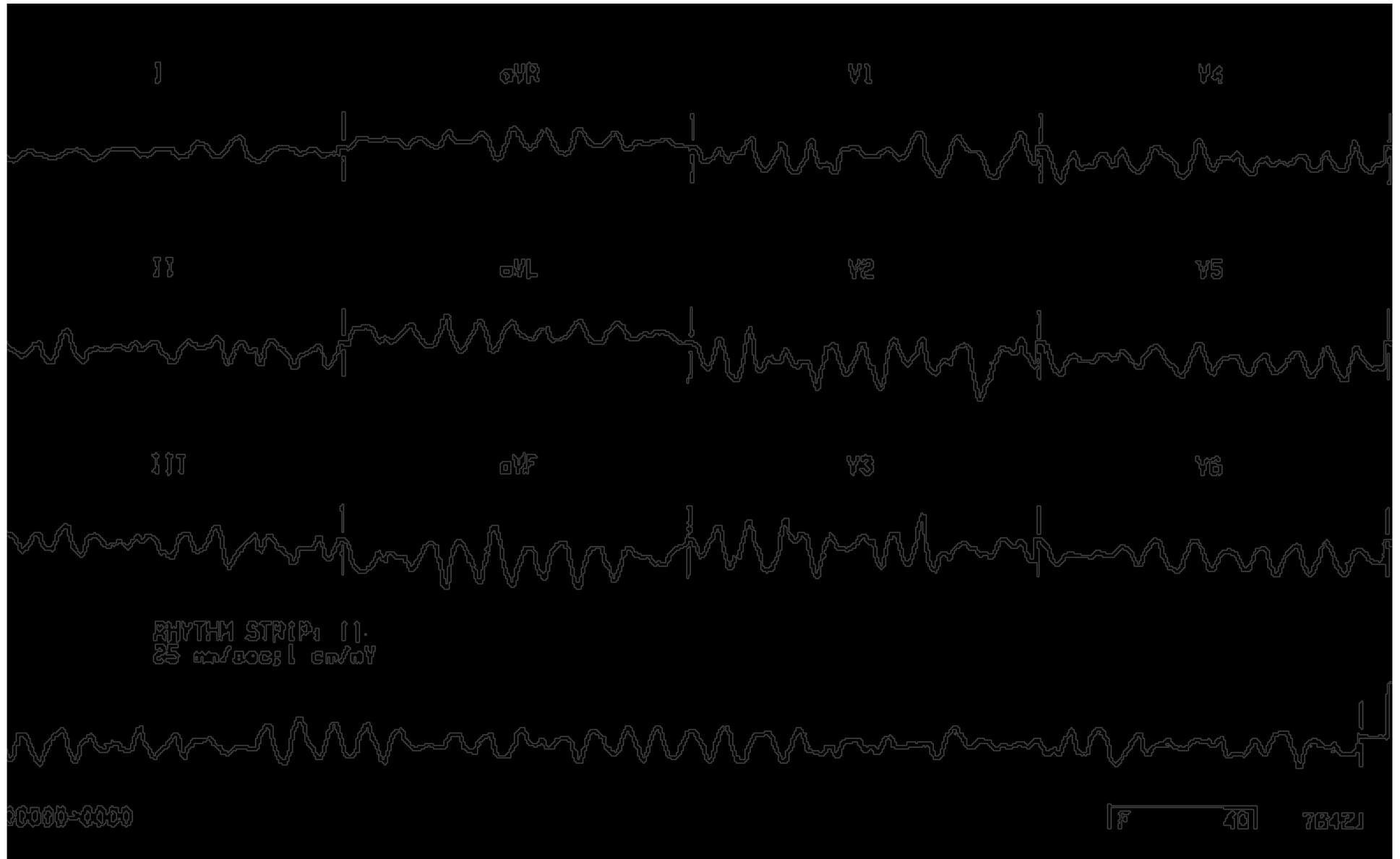
TV non soutenue (2)



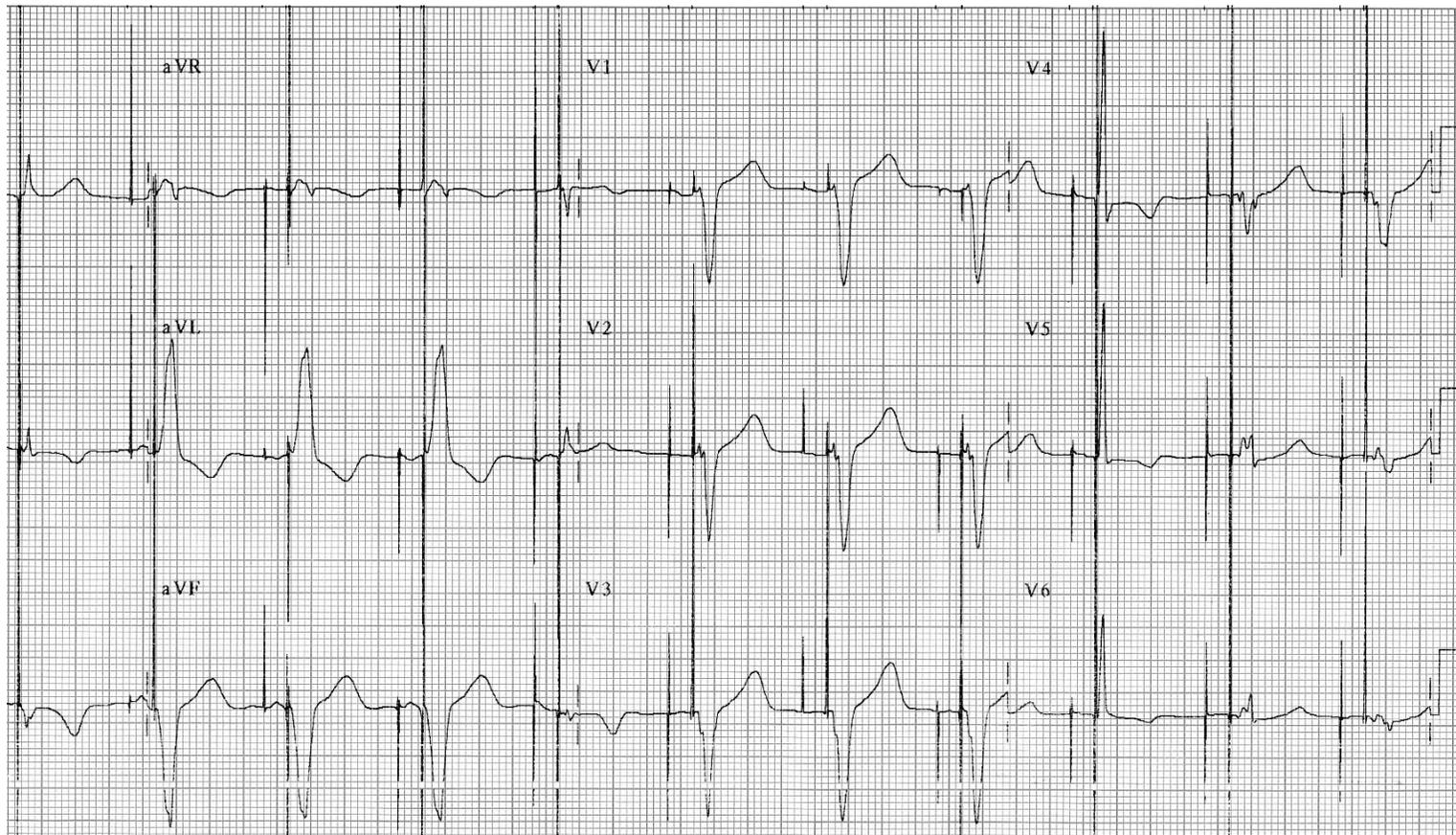
TV choquée



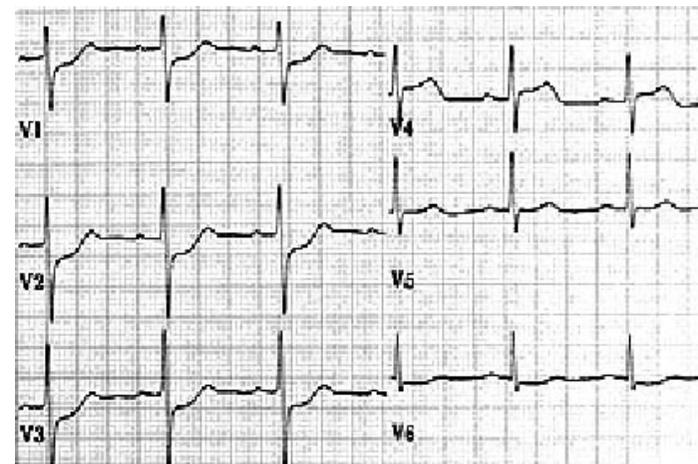
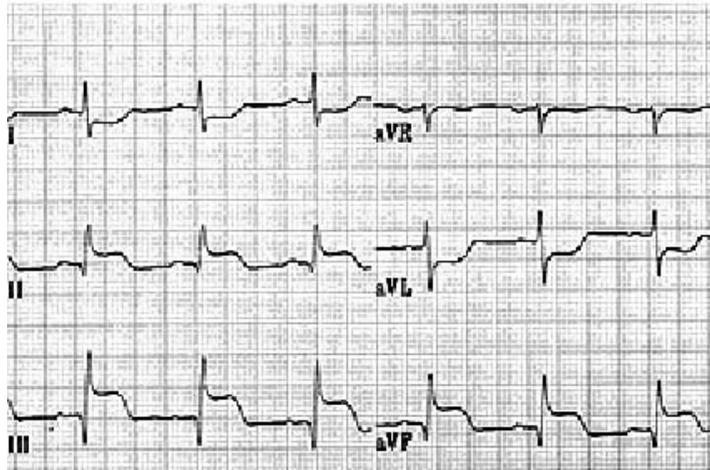
FV



PM DDD



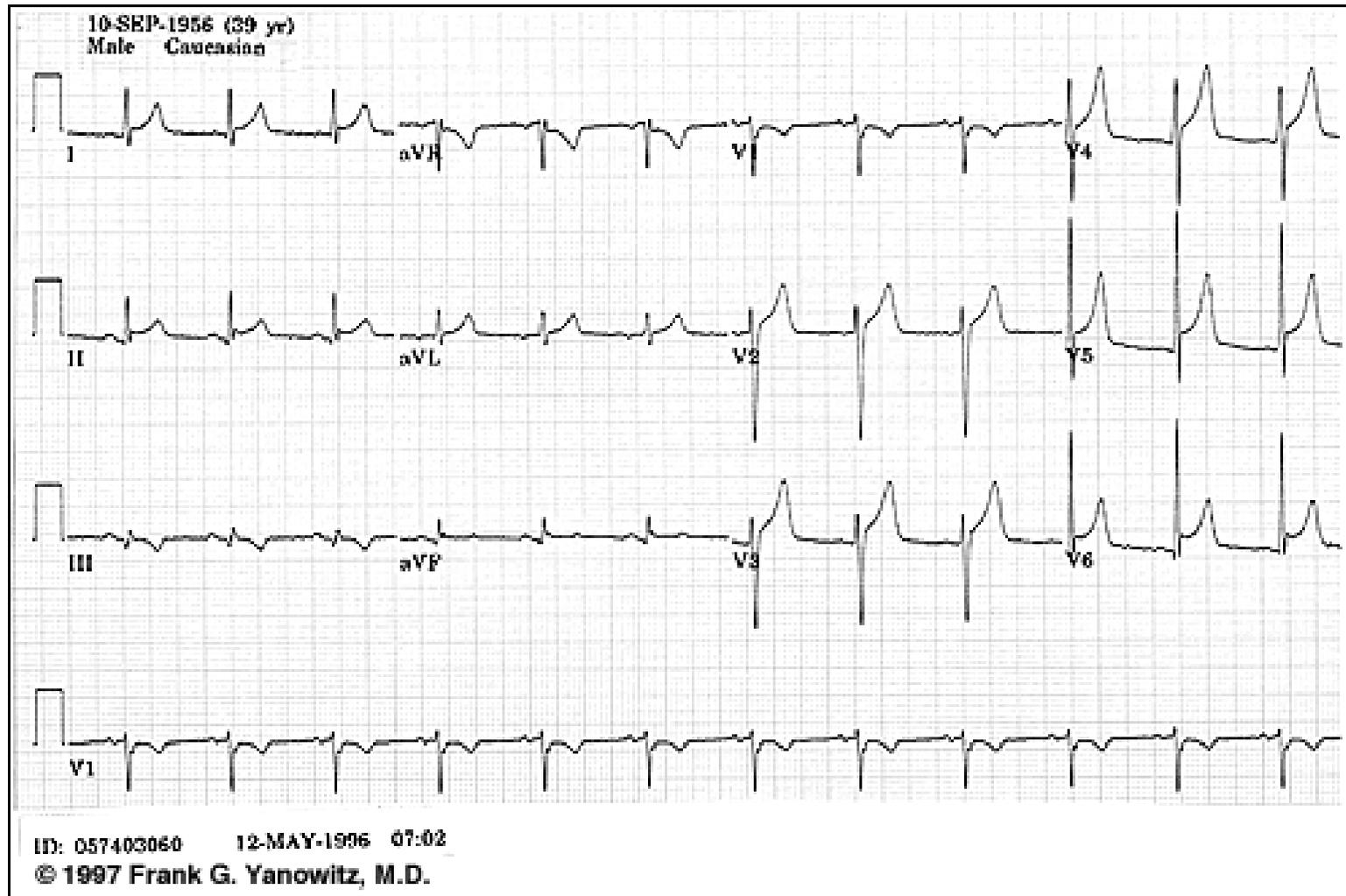
IDM inférieur



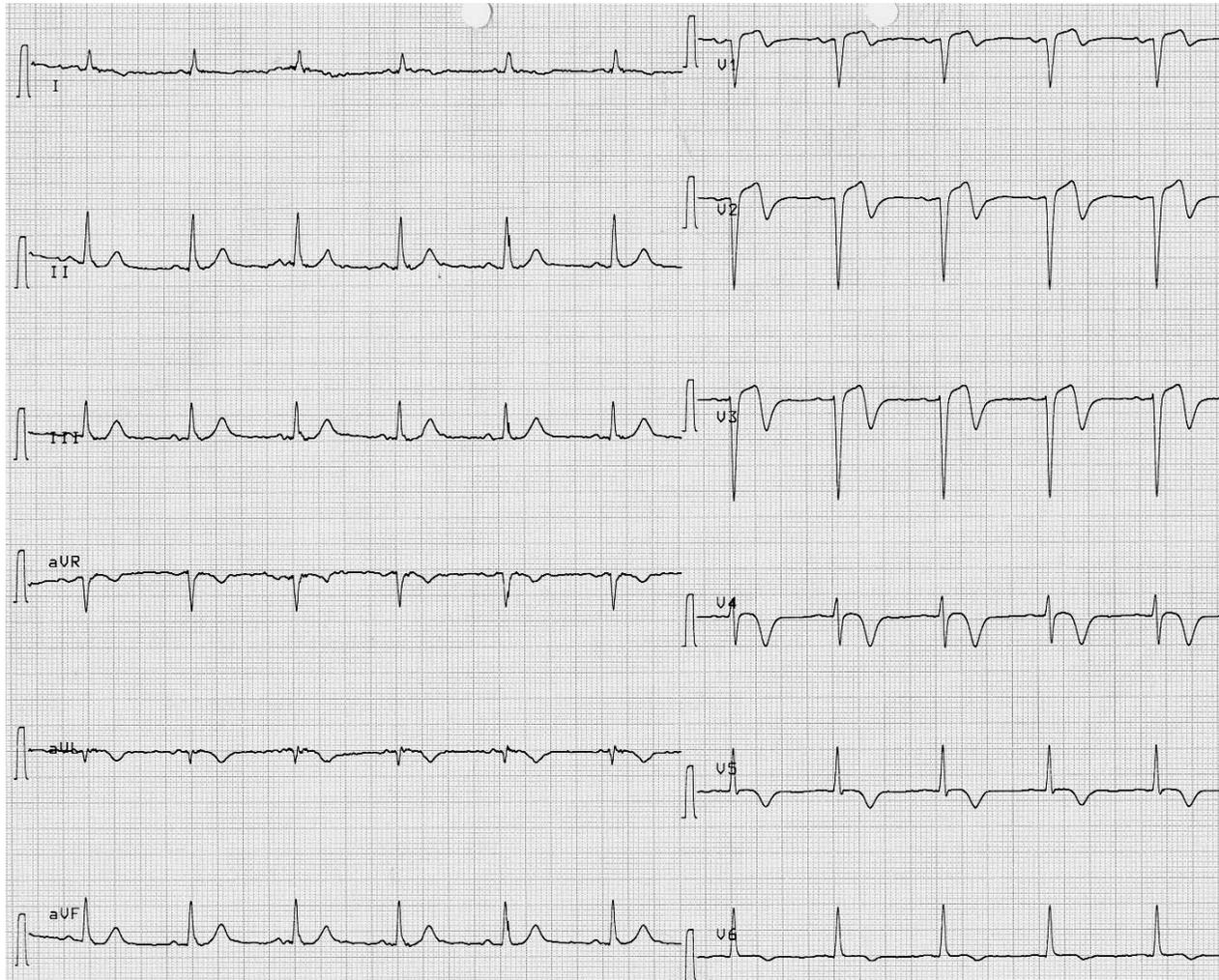
IDM antérieur avec miroir



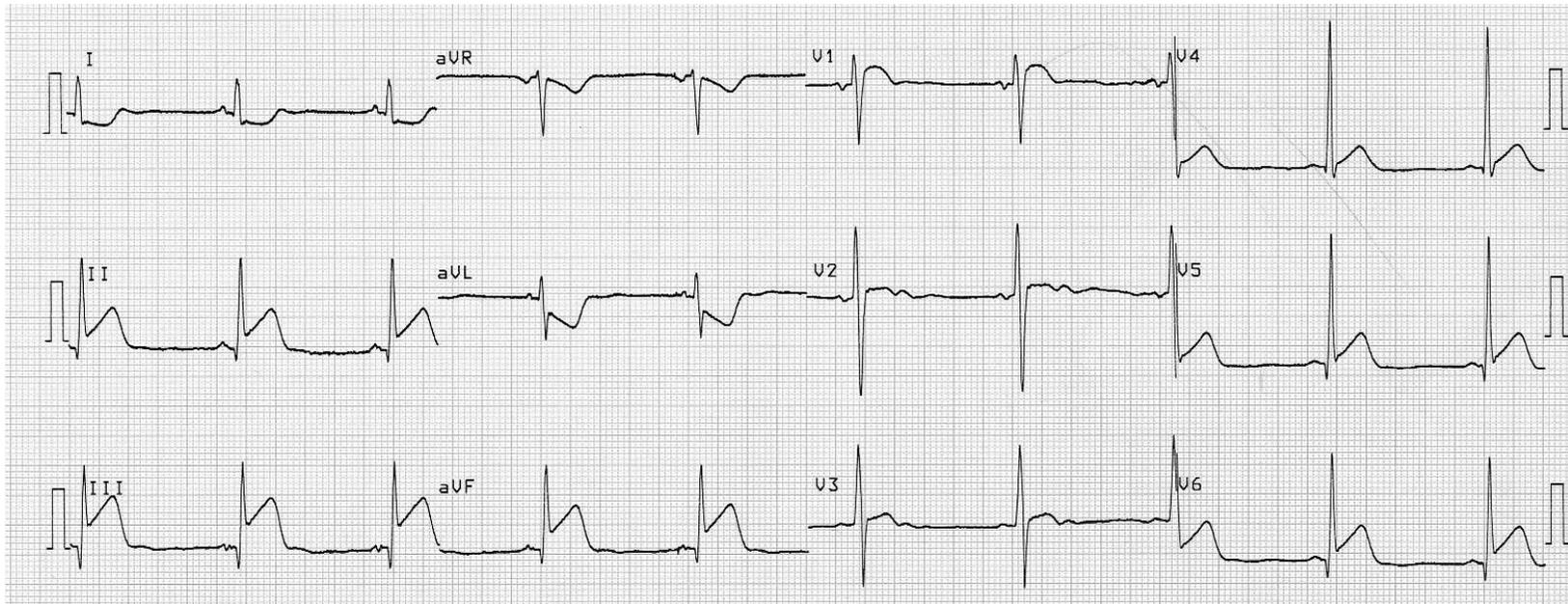
Repolarisation précoce



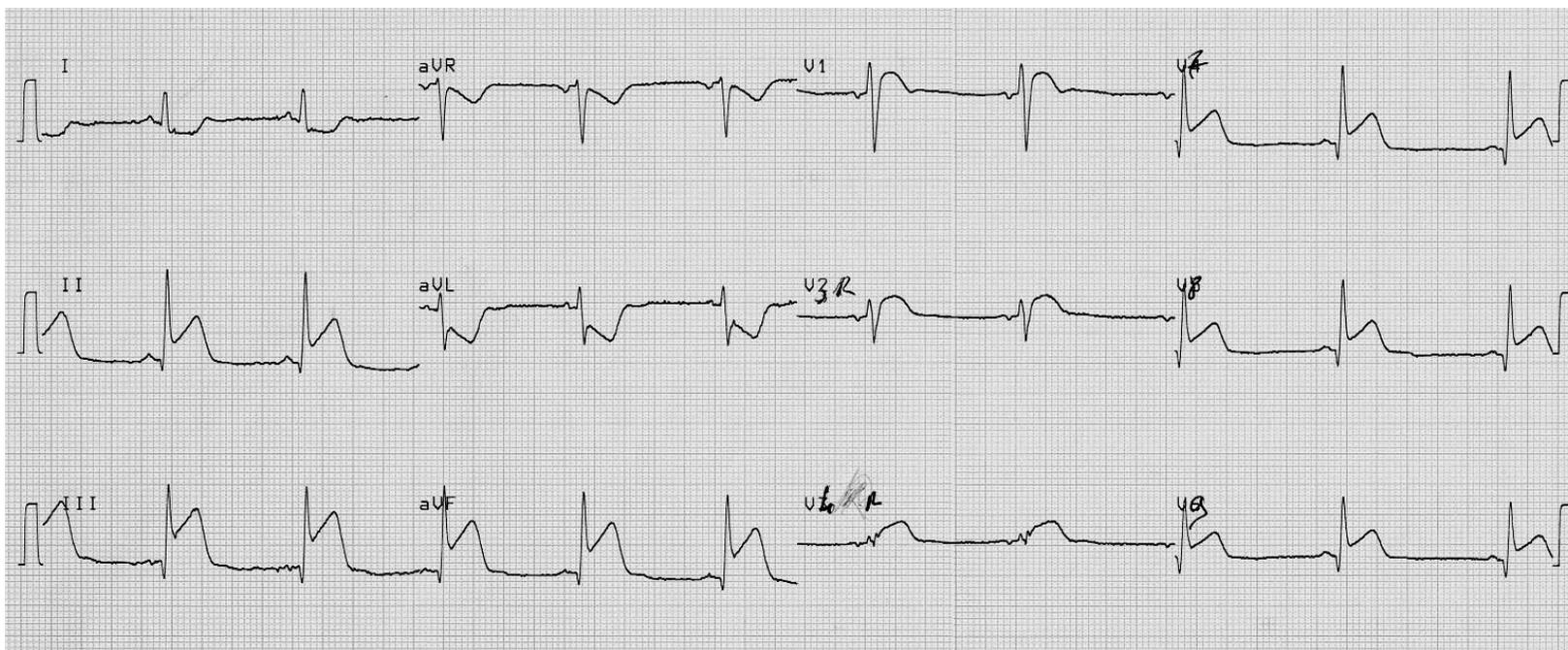
IDM antérieur non reperfusé



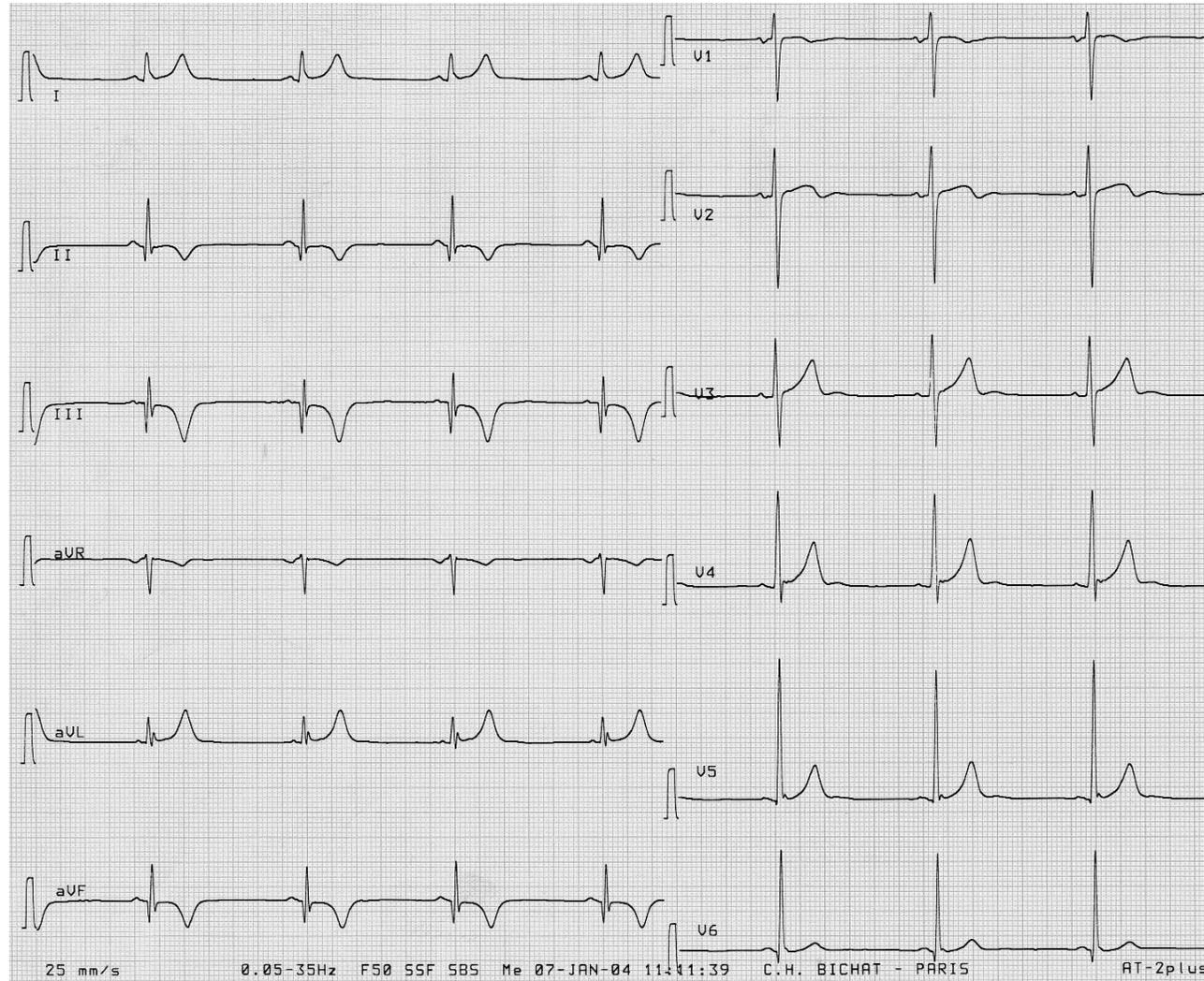
IDM inférolatéral



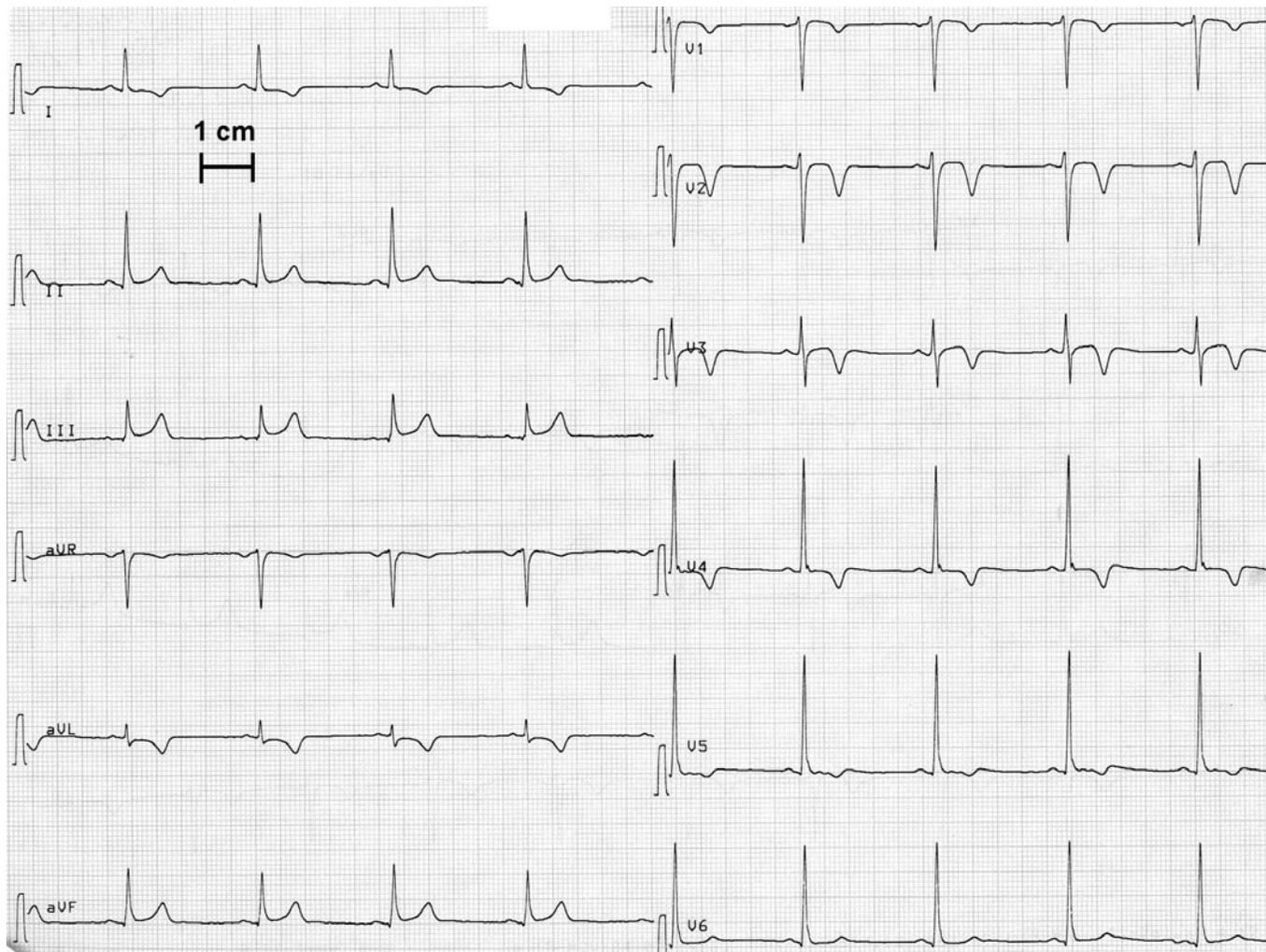
IDM inférolatéral ± VD



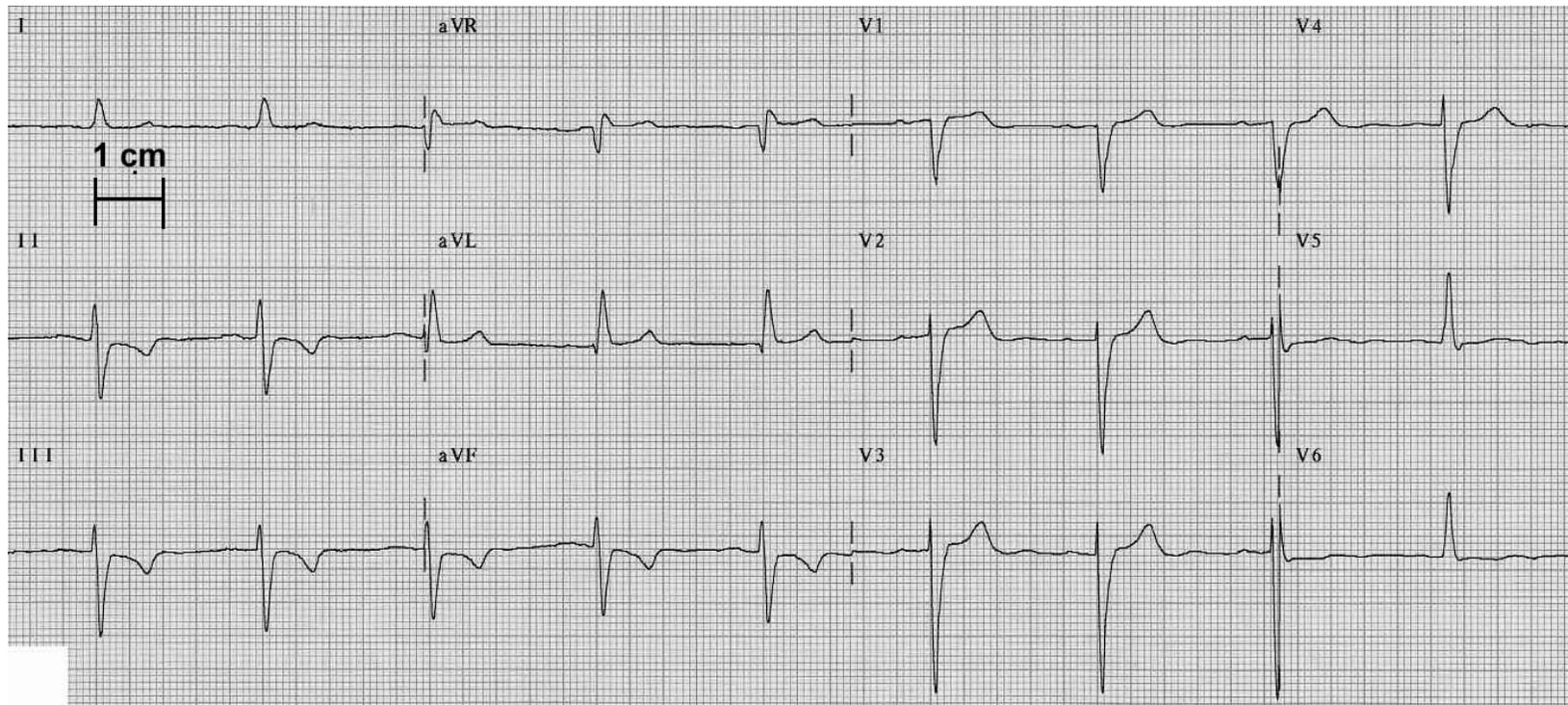
IDM inférieur à J + 15



Ischémie antérieure



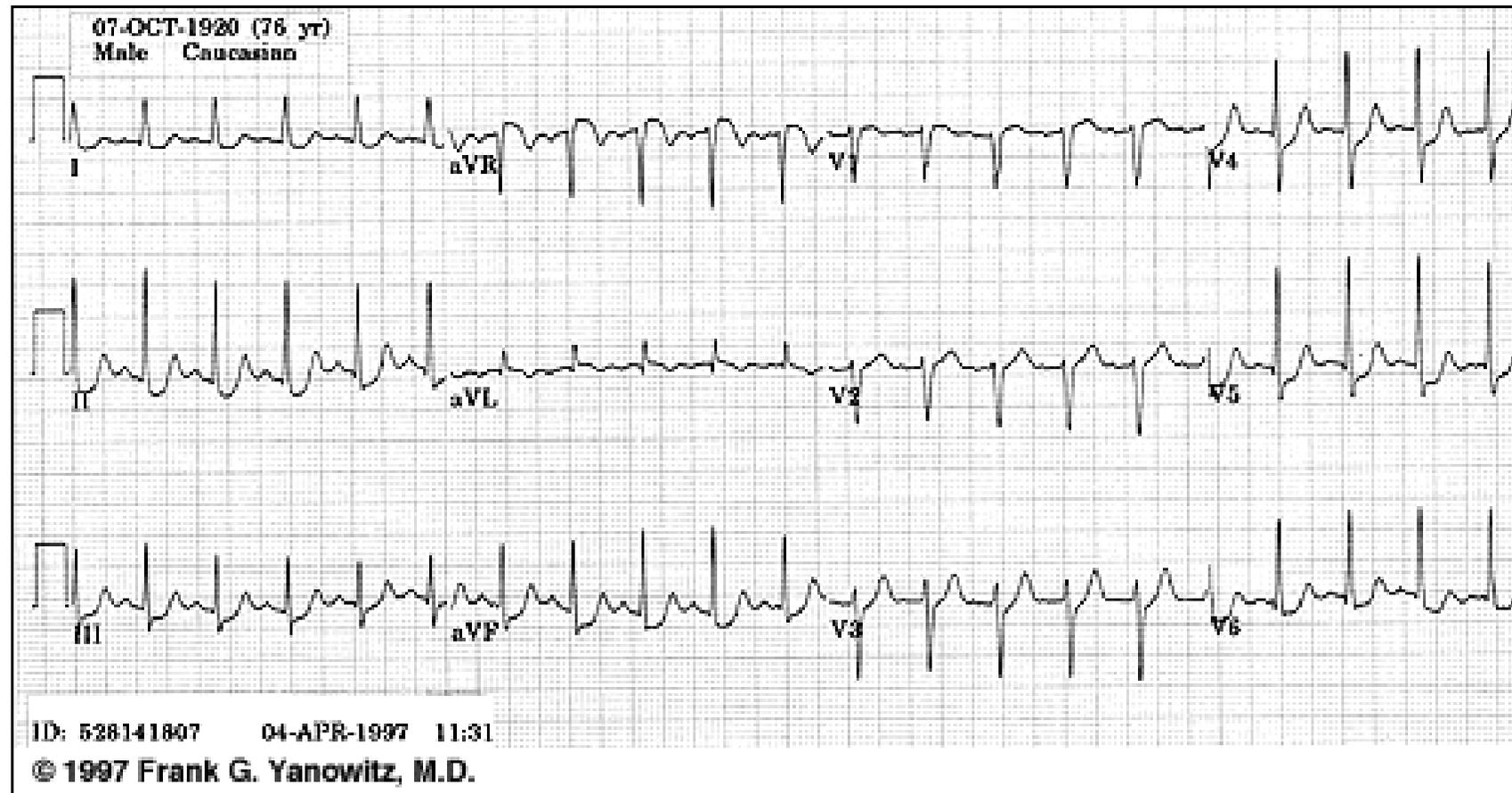
Ischémie inférieure



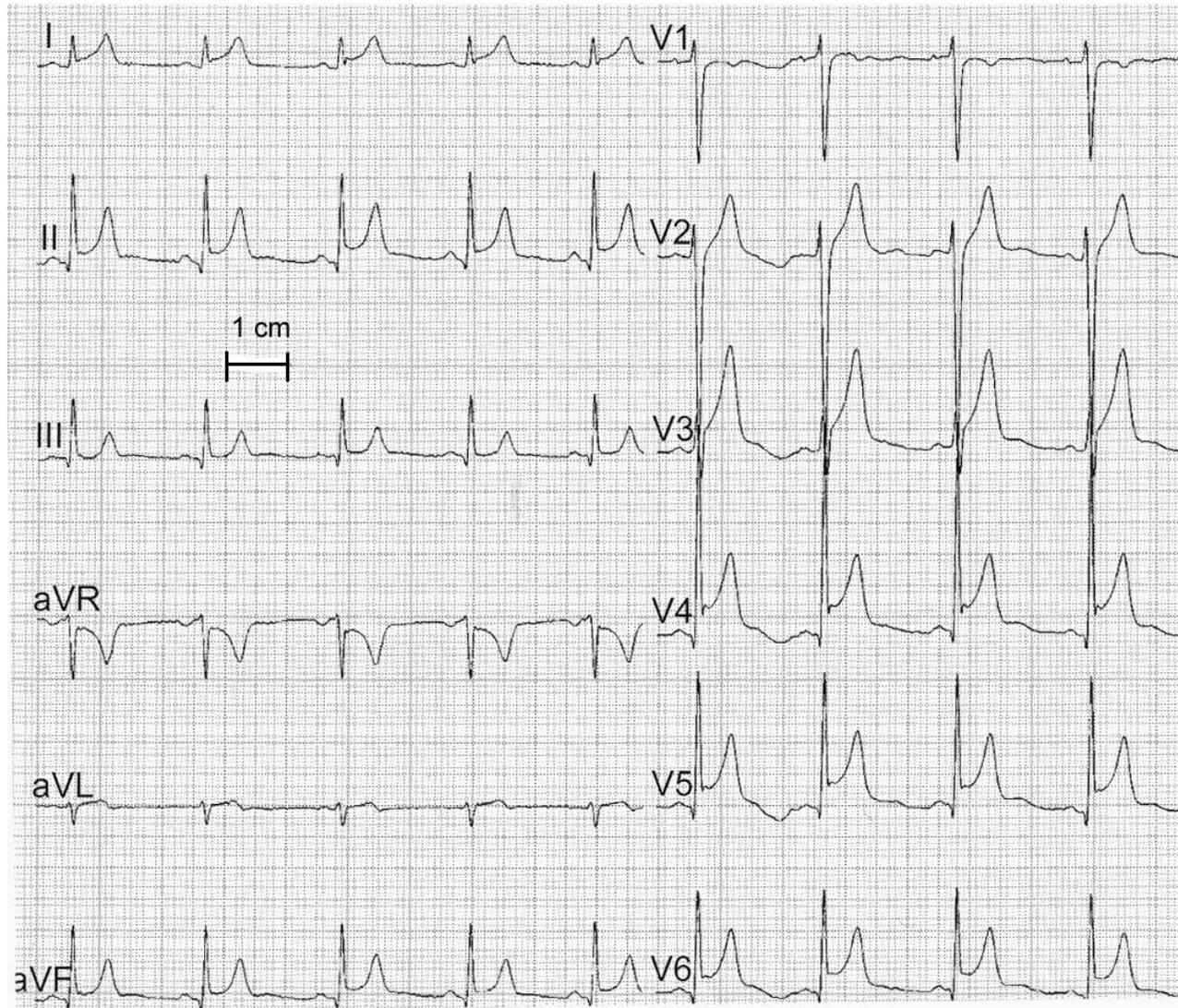
Hypokaliémie



Ischémie – Flux conservé



Péricardite



Hypertrophie VG

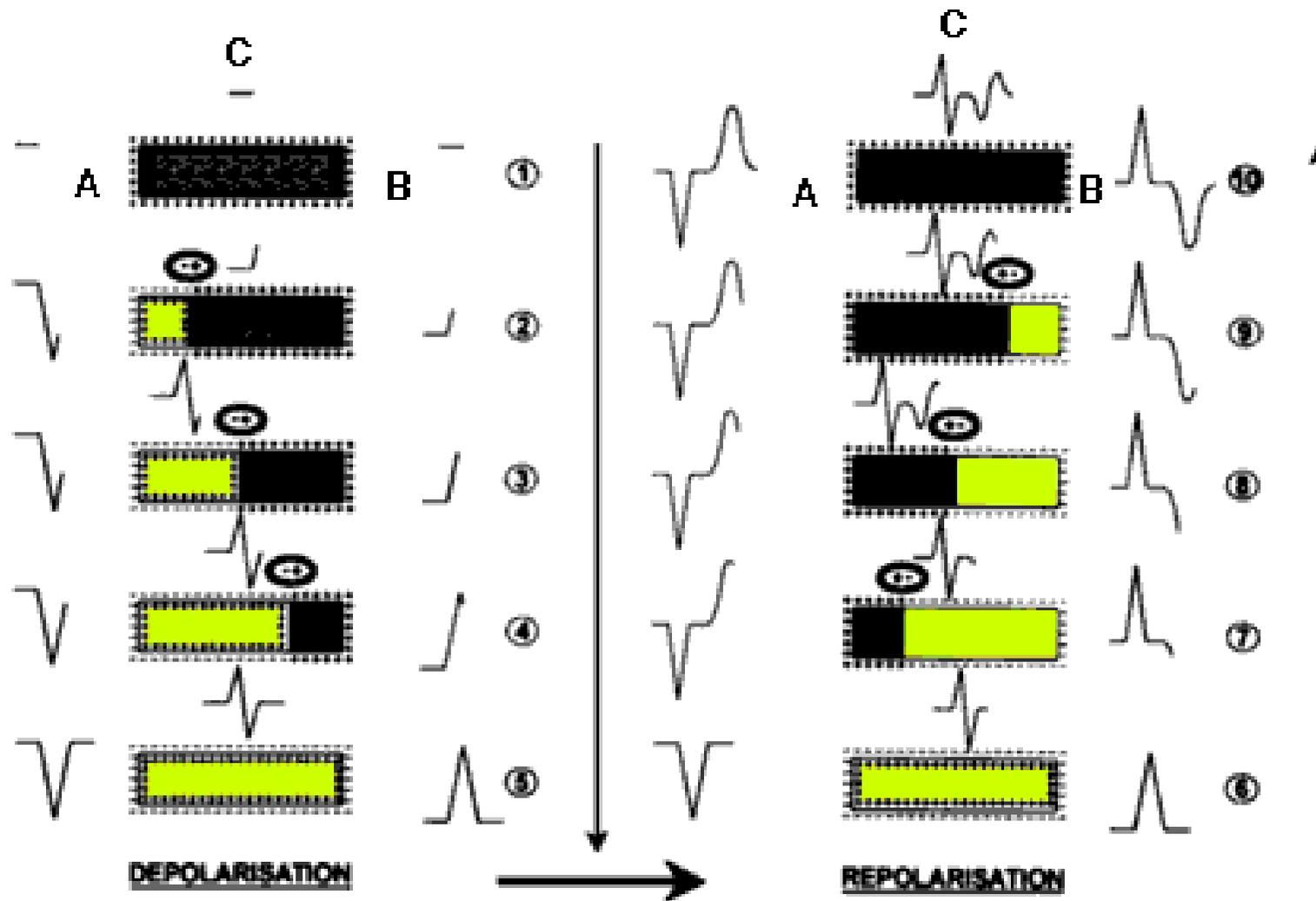


Le complexe QRS : durée

- mesurée dans la dérivation où le complexe QRS paraît le plus "large".
- La durée de QRS est normalement comprise **> 0,12 seconde**, on évoque un trouble de **conduction intraventriculaire**; entre 0,08 et 0,12 seconde on peut parler de trouble "mineur" de conduction intraventriculaire (**bloc de branche complet ou incomplet**)

Bases électrophysiologiques de l'ECG

Repolarisation



L'ELECTROCARDIOGRAMME NORMAL

- L'Onde P
- L'Intervalle PR ou PQ
- Le complexe QRS
- Le segment ST
- L'Onde T
- L'Intervalle QT
- L'Onde U
- La fréquence ventriculaire
- Le rythme
- L'axe de QRS
- Hypertrophie
- La conduction
- La repolarisation

Bases électrophysiologiques de l'ECG

Dépolarisation

