

Consignes/informations : lire attentivement le fascicule avant la séance. Il s'agit d'un fascicule de rappel de cours/connaissances qui est disponible sous Claroline. Un exemplaire par étudiant est également mis à disposition pendant la séance de TP. Chaque étudiant rédige son compte-rendu lors de la séance, en complétant le polycopié distribué en début de séance. A la fin de la séance les étudiants partent avec leur compte-rendu (CR) ainsi qu'avec leur tracé ECG.

La présence en TP est obligatoire et permet la validation de la séance auprès du secrétariat. Les échanges entre étudiants sont possibles mais ils doivent être validés par le secrétariat au préalable. Toute personne absente doit passer au secrétariat pour justifier son absence et être autorisé à rattraper sa séance sur un autre créneau horaire. Tout retard supérieur à 15 minutes ne sera pas accepté.

Les salles de TP de physiologie sont situées dans le bâtiment Rockefeller, au niveau de l'aile D, au deuxième étage. Leur présence est indiquée au niveau du fronton du couloir desservant ces salles de TP. Il faut ensuite franchir les portes battantes pour avoir accès aux salles de TP de physiologie.

ELECTROCARDIOGRAPHIE ET PRESSION ARTERIELLE

-A- ELECTROCARDIOGRAPHIE

I – BUT

Apprendre à réaliser soi-même un électrocardiogramme 12 dérivations et à analyser un tracé ECG de repos afin de vérifier si le tracé est physiologique ou non physiologique. Chaque étudiant réalisera un ECG sur l'un(e) de ses camarades et analysera ensuite son propre tracé.

II – INTERET

L'ECG est un moyen d'investigation rapide et non invasif (non sanglant et sans danger) de la fonction cardiaque. Il donne des renseignements sur l'activité électrique cardiaque du cœur en fonction du temps (il décèle les troubles du rythme). Il identifie et localise dans l'espace les lésions électriquement détectables. Il décèle certains troubles métaboliques ayant un effet sur l'excitabilité myocardique (déséquilibres ioniques, médicaments, ...).

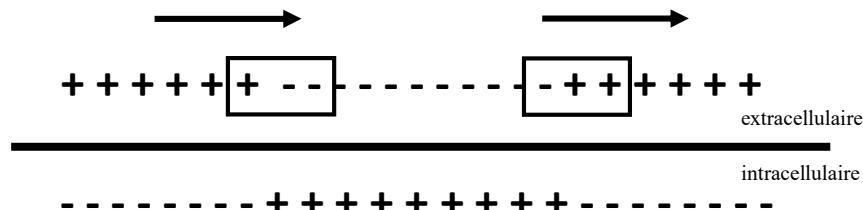
III – PRINCIPE

1/ Principe général

Les courants électriques transmembranaires déclenchant la contraction cardiaque se propagent le long des fibres myocardiques en provoquant une onde de dépolarisation suivie d'une onde de repolarisation. L'activité électrique ainsi produite est suffisamment importante pour être enregistrée par des électrodes placées à distance : cette observation est à la base du principe de l'électrocardiographie établi par Einthoven.

2/ Les hypothèses d'Einthoven- notion de dipôle

Un dipôle électrique est constitué de deux charges électriques ponctuelles de sens contraire et très proches l'une de l'autre. La propagation de l'excitation dans une fibre myocardique remplace de proche en proche des charges positives par des charges négatives à la surface de la cellule. Ce processus d'activation peut être assimilé au déplacement d'un dipôle dont le pôle positif est situé en avant de l'onde d'excitation et le pôle négatif en arrière. Lors de la repolarisation, le dipôle a son pôle positif en arrière :



1ère hypothèse d'Einthoven :

L'activité électrique cardiaque, à chaque instant, peut être assimilée à celle d'une fibre musculaire unique, donc à un dipôle. En effet, le cœur engendre, lors de sa contraction, une multitude de dipôles électriques représentés par un vecteur résultant, instantané. A chaque instant, l'activité électrique du cœur peut donc être représentée par un vecteur unique.

2ème hypothèse d'Einthoven :

Le corps est assimilable à un milieu conducteur étendu et homogène (en effet, on peut enregistrer l'activité du dipôle cardiaque résultant grâce à des électrodes placées à la surface du corps ou aux extrémités des membres).

3ème hypothèse d'Einthoven :

Le dipôle unique résultant est au centre d'un triangle équilatéral dont les sommets sont formés par les électrodes des membres supérieurs droit et gauche et du membre inférieur gauche.

Un dipôle placé dans un milieu conducteur peut être exploré par des électrodes :

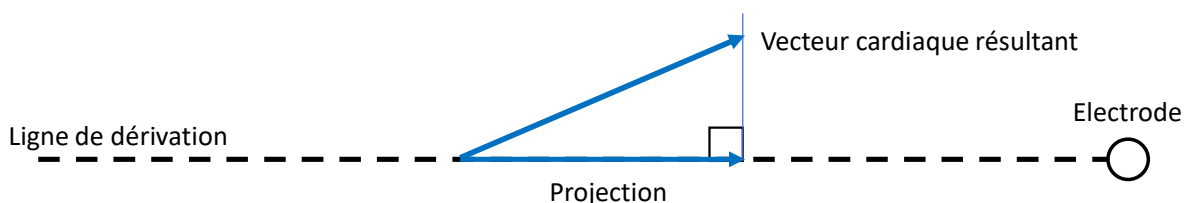
Une électrode qui voit un dipôle dont le pôle positif est en avant enregistre une électropositivité.

Le tracé varie selon la position de l'électrode :

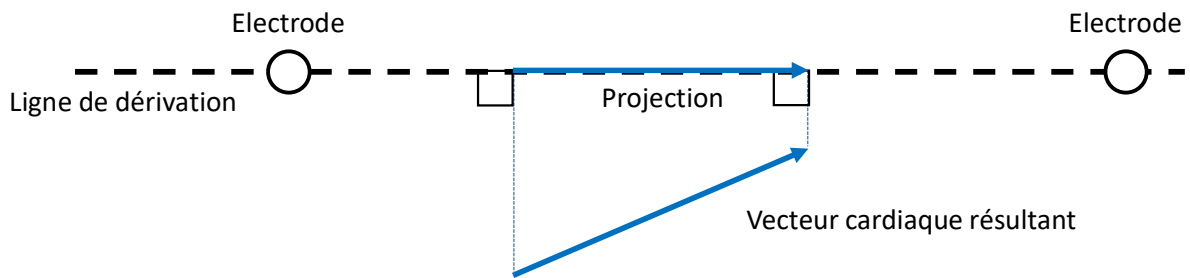
En effet l'amplitude d'une déflexion est toujours proportionnelle à la projection du vecteur représentant le dipôle sur la ligne de dérivation.

La ligne de dérivation :

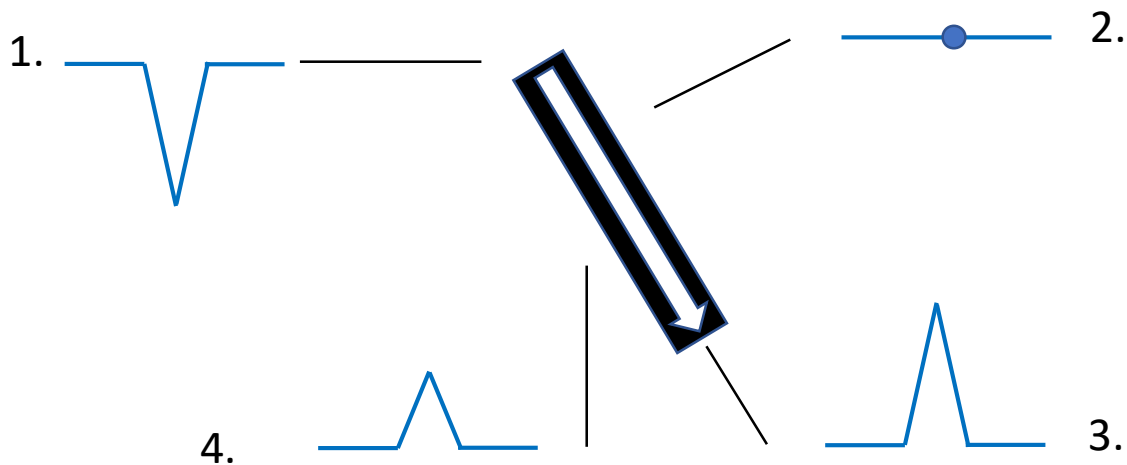
- Pour une électrode unique (dérivation unipolaire) c'est la ligne qui joint l'électrode au point d'application de l'excitation, soit le centre du dipôle cardiaque :



- Pour deux électrodes exploratrices (dérivation bipolaire) c'est la ligne qui passe par les deux électrodes :



Ainsi, si l'on dispose plusieurs électrodes uniques mesurant la différence de potentiel entre l'origine du vecteur et l'électrode, le même dipôle donnera les déflexions suivantes sur le tracé.



3/ Les douze dérivations standards. La loi d'Einthoven

Les 12 dérivations standards (les plus utilisées en électrocardiographie) sont **des montages électriques** permettant de mesurer une différence de potentiel sous douze angles différents, donnant ainsi une image de l'activité électrique du cœur dans le plan frontal (6 dérivations frontales) et dans un plan approximativement horizontal (6 dérivations thoraciques).

Chaque électrode de mesure est en outre reliée à l'électrode du pied droit qui constitue un point neutre commun (terre).

Pour tracer **Les dérivations frontales** il faut placer 4 électrodes, qui déterminent 6 dérivations. Ces dérivations sont réparties en deux groupes :

a) 3 dérivations bipolaires qui mesurent la ddp entre 2 électrodes actives :

DI mesure la ddp entre bras droit (-) et bras gauche (+)

DII mesure la ddp entre bras droit (-) et pied gauche (+)

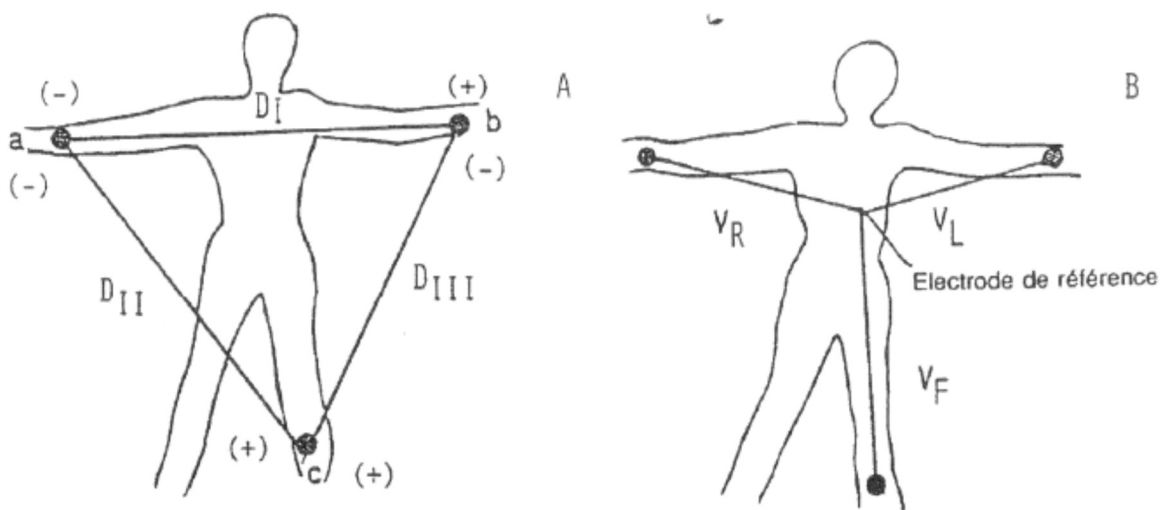
DIII mesure la ddp entre bras gauche (-) et pied gauche (+)

D'où la loi d'Einthoven : $DII = DI + DIII$

- b) 3 dérivations unipolaires** qui mesurent la ddp entre une électrode active (+) placée sur les membres R (poignet droit) ou L (poignet gauche) ou F (cheville gauche) et une électrode de référence inactive (-).

L'électrode de référence est constituée par la réunion des 3 électrodes inactives (par exemple pour VR, l'électrode de référence est la réunion de VR, VL, VF). Pour amplifier le voltage (dans AVR, AVL, AVF) l'électrode de référence est constituée par la réunion seulement de 2 électrodes inactives (par exemple pour AVR l'électrode de référence est la réunion de VL et VF) :

- VR ou AVR dérivation unipolaire pour le bras droit
- VL ou AVL dérivation unipolaire pour le bras gauche
- VF ou AVF dérivation unipolaire pour le pied gauche

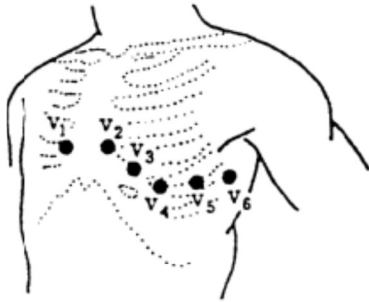


A- Enregistrement en bipolaire

B- Enregistrement en monopolaire

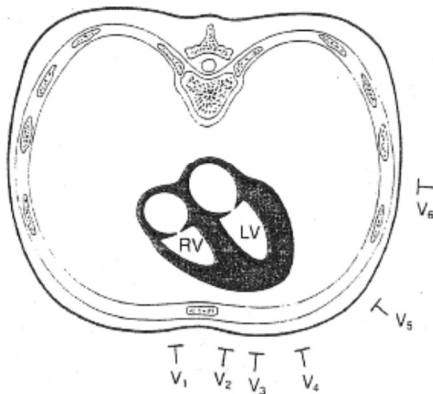
Il existe un code couleur pour reconnaître le positionnement de chaque électrode du plan frontal. L'électrode située au niveau de la cheville droite est reliée au branchement en noir, l'électrode située au niveau du poignet droit est reliée au branchement rouge. Pour le côté gauche l'électrode située au niveau du poignet gauche est reliée au branchement jaune tandis que l'électrode située au niveau de la cheville gauche est reliée au branchement vert. Il existe plusieurs moyens mnémotechniques : pour le côté droit on peut penser au livre le rouge et le noir, pour le côté gauche on peut penser au soleil sur la prairie (le soleil est au-dessus, donc au niveau du poignet).

Les dérivations thoraciques ou précordiales sont des dérivations horizontales, unipolaires mesurant la différence de potentiel entre un point central de potentiel stable (-) reliant par des résistances les 3 électrodes des membres et l'un des six points suivant où est placée une électrode exploratrice (+) :



Positionnement des électrodes précordiales, dans l'ordre de leur placement.

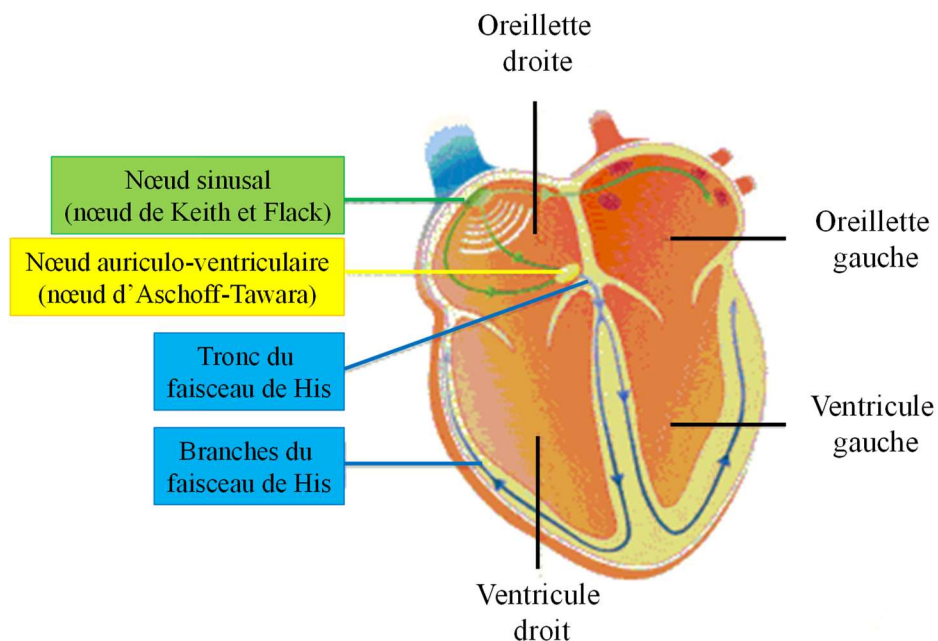
- V1 : 4^{ème} espace intercostal, au bord droit du sternum
- V2 : 4^{ème} espace intercostal, au bord gauche du sternum
- V4 : 5^{ème} espace intercostal, sur la ligne médioclaviculaire
- V3 : située entre V2 et V4, au milieu
- V5 : sur la ligne horizontale de V4, au niveau de la ligne axillaire antérieure
- V6 : sur la ligne horizontale de V4, au niveau de la ligne médioaxillaire



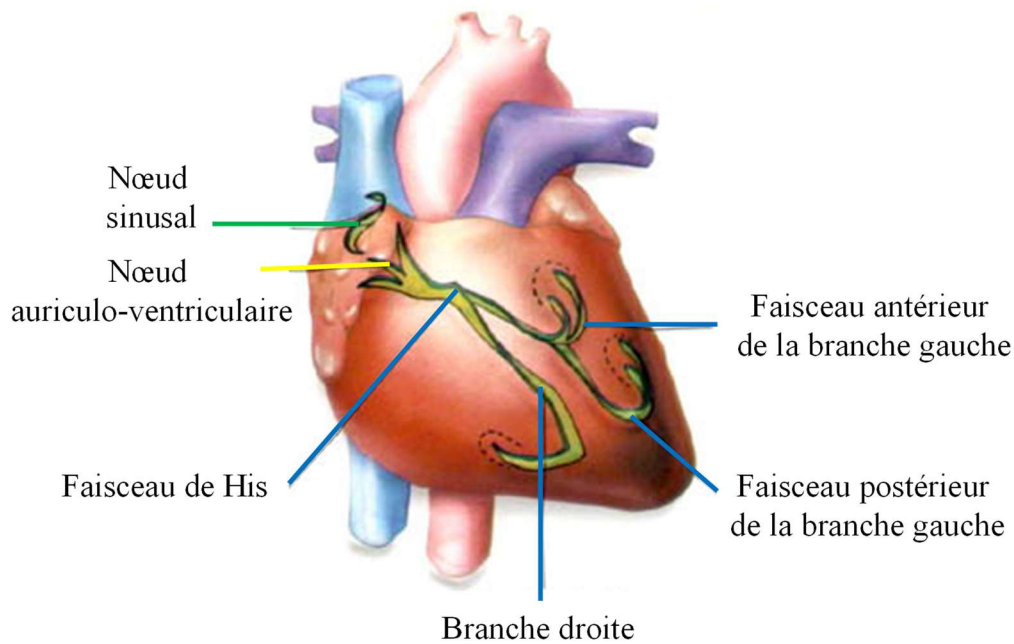
Position des électrodes dans un plan sagittal

4/ Progression de la dépolarisation cardiaque et ECG type :

Pour comprendre l'aspect varié que prend le tracé ECG selon la dérivation considérée il est nécessaire de connaître la séquence normale de la dépolarisation cardiaque.



Rappel de la structure conductrice du tissu nodal.



Division des branches du faisceau de His. Les différentes branches du faisceau de His se terminent avec le réseau des fibres de Purkinje.

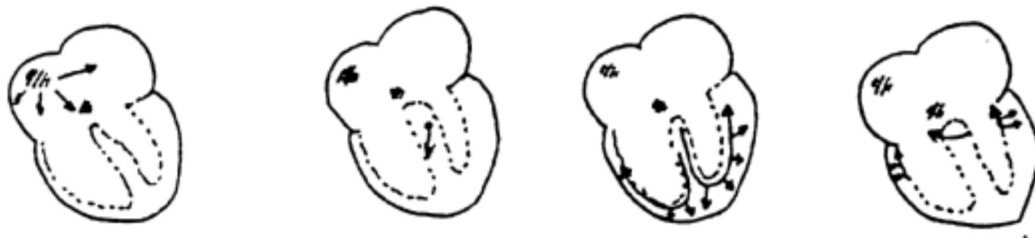
a) La dépolarisation

Elle prend naissance spontanément au nœud sinusal (ou nœud de Keith et Flack), qui est situé dans la paroi supérieure de l'oreillette droite, au niveau de la jonction avec la veine cave supérieure et près de la crista terminalis. Ensuite cette dépolarisation va gagner l'ensemble des parois auriculaires. Le vecteur résultant est court et se dirige obliquement en bas à gauche et légèrement en avant.

Pendant l'activation auriculaire, l'onde d'excitation poursuit son trajet vers le nœud d'Aschoff-Tawara (ou nœud auriculo-ventriculaire). Les oreillettes et les ventricules sont séparés par un anneau fibreux, électriquement neutre, et le seul point de passage entre oreillettes et ventricules se situe au niveau du nœud auriculo-ventriculaire.

Ensuite la dépolarisation emprunte le tronc du faisceau de His et atteint ainsi les ventricules. La dépolarisation des ventricules commence par le septum, du côté gauche vers le côté droit, puis vers le bas. Le vecteur résultant est petit et se dirige à droite, en bas et vers l'avant. Elle se poursuit ensuite par la dépolarisation des parois libres des ventricules, de l'endocarde vers l'épicarde. Comme l'épaisseur du ventricule gauche est deux à trois fois plus importante que celle du ventricule droit et que le cœur est incliné, le vecteur résultant est grand, se dirige vers la gauche et vers l'arrière, en bas ou en haut suivant l'inclinaison du cœur. La dépolarisation ventriculaire se termine par les régions basales des deux ventricules et du septum interventriculaire. Le vecteur résultant est court et le plus souvent à droite, en haut et vers l'arrière.

Au total, on peut mesurer un QRS moyen approché (ce n'est pas un vecteur instantané) appelé axe électrique du cœur. Une approximation correcte est obtenue par la différence entre les pics positifs et négatifs de QRS. L'axe QRS normal est situé dans le quadrant inférieur gauche du plan frontal.



Activation Auriculaire :
Onde P

Activation ventriculaire : complexe QRS

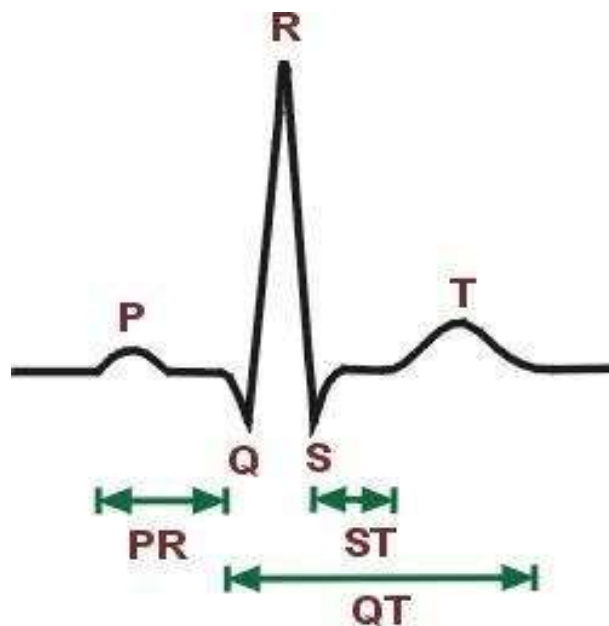
b) La repolarisation

La repolarisation des oreillettes se fait pendant la dépolarisation ventriculaire et se trouve camouflée par elle sur le tracé électrocardiographique.

La repolarisation du ventricule survient pendant la contraction ventriculaire. A ce moment, la pression intraventriculaire est maximum. On suppose qu'elle retarde la repolarisation de l'endocarde : la repolarisation est donc lente et se fait en sens inverse de la dépolarisation, c'est à dire de l'épicarde vers l'endocarde. La repolarisation de la fibre isolée suit le même trajet que la dépolarisation et le dipôle de repolarisation, dont le pôle négatif est en avant est normalement enregistré par une déflexion de sens opposé à celle de la dépolarisation. Dans le cas du myocarde, l'onde de repolarisation est positive, comme le complexe QRS, dans la plupart des dérivations.

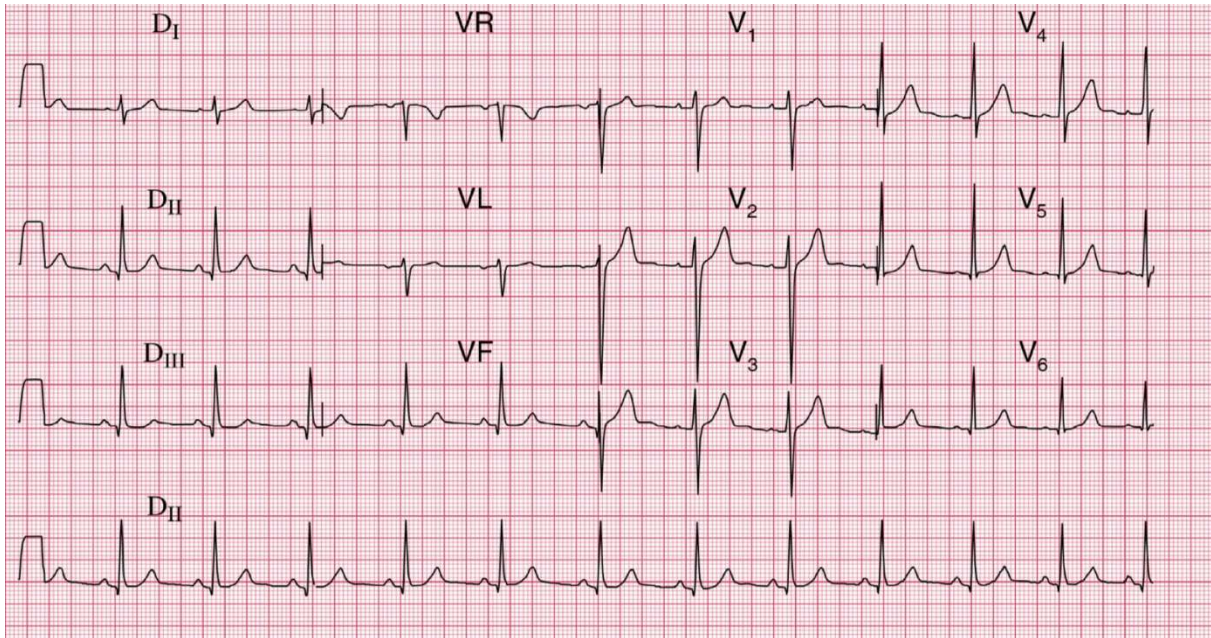
c) Tracé ECG-type

La séquence des événements électriques du cycle cardiaque se traduit de la façon suivante sur l'ECG : chaque onde est nommée par une lettre (P, Q, R, S, T).

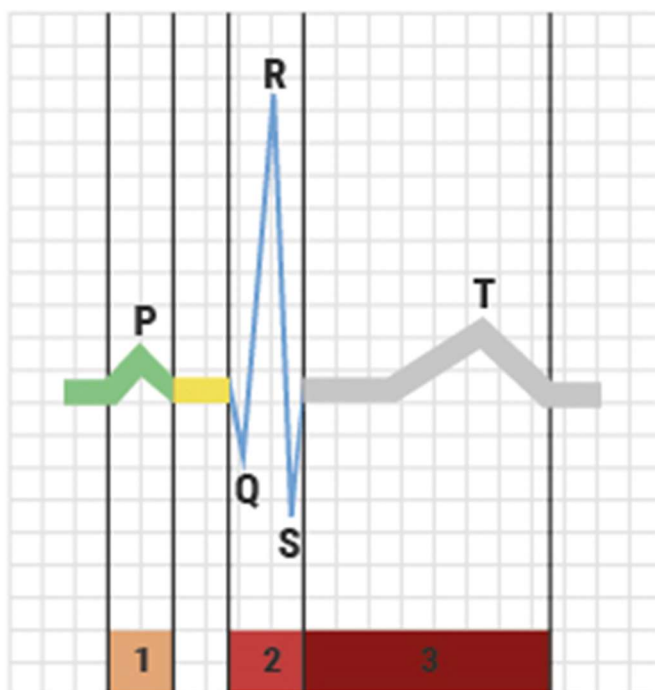


Les éléments de l'ECG normal

Le tracé ci-dessus est typique d'un enregistrement avec DII, dont le sens et la direction sont sensiblement parallèles à ceux du vecteur cardiaque moyen mais **ATTENTION !** car suivant la dérivation concernée (c'est-à-dire selon la position des électrodes exploratrices), certaines ondes peuvent ne pas apparaître (par exemple l'onde P n'apparaît pas dans toutes les dérivations), ou sont parfois inversées (le tracé de AVR est une image en miroir du tracé type).



Ci-dessus, voici un exemple de tracé ECG normal avec les douze dérivations standard.



- 1- Contraction des oreillettes
- 2- Contraction des ventricules
- 3- Repolarisation des ventricules

Relation entre les ondes du tracé ECG et la mécanique cardiaque.

IV - MODE OPERATOIRE

1/ Appareillage

Les électrocardiographes utilisés en TP sont des modèles portables, fonctionnant sur batterie. On peut réaliser avec ces appareils des tracés avec une ou plusieurs pistes. L'appareil comporte un boîtier avec touches de commande, papier enregistreur thermosensible et un cordon distribuant les branchements pour les dix électrodes qui seront placées au début de l'examen. Les indications de branchement des électrodes sont gravées sur les fiches associées à un code couleur.

R ou RA : bras droit (rouge)

L ou LA : bras gauche (jaune)

F ou LF : jambe gauche (vert)

RF ou N : jambe droite (noir)

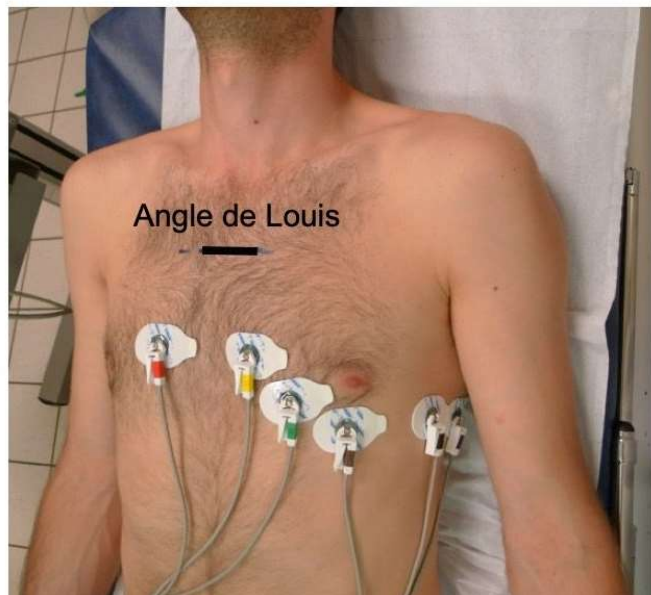
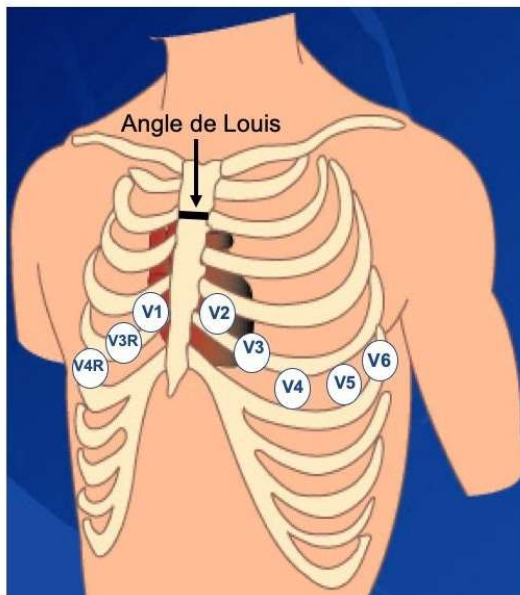
C1 ou V1 à C6 ou V6 : électrodes précordiales ou thoraciques.

2/ Mesure

2-1. pose des électrodes :

La ddp à mesurer étant très faible, il est important de s'assurer un excellent contact au niveau des électrodes. La peau sera soigneusement dégraissée à l'alcool à la face intérieure des poignets et des chevilles ainsi qu'à l'emplacement des électrodes thoraciques puis imprégnée par un peu de gel conducteur. Les électrodes seront plaquées et correctement maintenues en place par le système de fixation choisi (pinces ou lanières ou électrodes autocollantes).

Le branchement à l'appareil se fera ensuite en veillant à ne pas intervertir les fils et toutes les électrodes seront mises en place en veillant à ce qu'elles ne se touchent pas entre elles.



Positionnement des électrodes précordiales chez l'homme. L'angle de Louis est une saillie osseuse qui marque la position de la deuxième côte. Il faut ensuite compter les espaces intercostaux pour arriver sur le 4^{ème} espace intercostal pour positionner V1 et V2 et le 5^{ème} espace intercostal pour positionner V4.

2-2. mesure :

Le patient doit être confortablement allongé, il ne parle pas et ne bouge pas, ses bras et jambes ne touchent pas de mur ou d'autres appareils. On peut également lui demander de fermer les yeux. L'étalonnage est fixé à 1cm pour une impulsion de 1mV et la vitesse de déroulement du papier est de 25mm /seconde. Dans un premier temps on réalise un enregistrement en manuel de la dérivation DII sur au moins 15 à 20 cycles. Dans un second temps on réalise un enregistrement en automatique qui permet d'obtenir le tracé de chaque dérivation pendant 3 secondes, avant de passer à la suivante. Dans ce cas de figure l'ordre des dérivation est standardisé et est le suivant : DI, DII, DIII, AVR, AVL, AVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6. Pour chaque dérivation le nom, l'échelle d'intensité ainsi que la vitesse de défilement du papier sont indiquées.

Le mode de fonctionnement de l'appareil sera précisé en TP.

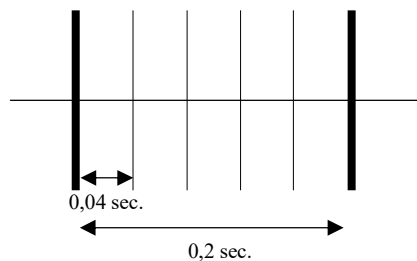
V - ANALYSE DES TRACES**1. Rythme et fréquence cardiaque (FC)**

Pour cette partie on doit se placer sur une dérivation avec un tracé comportant au moins 12 complexes. Utilisez la dérivation DII en manuel.

a) FC

On parle ici de fréquence ventriculaire. On va s'intéresser ainsi aux complexes QRS.

La vitesse de déroulement du papier est en TP de 25 mm/sec et le papier est gradué tous les mm avec un trait épais tous les 5mm.



1 mm = 0,04 sec. et 5 mm = 0,2 sec.

Calcul :

On peut calculer la fréquence de façon exacte en mesurant la période (durée d'un cycle) entre 2 pics consécutifs ou plus si la fréquence est très lente.

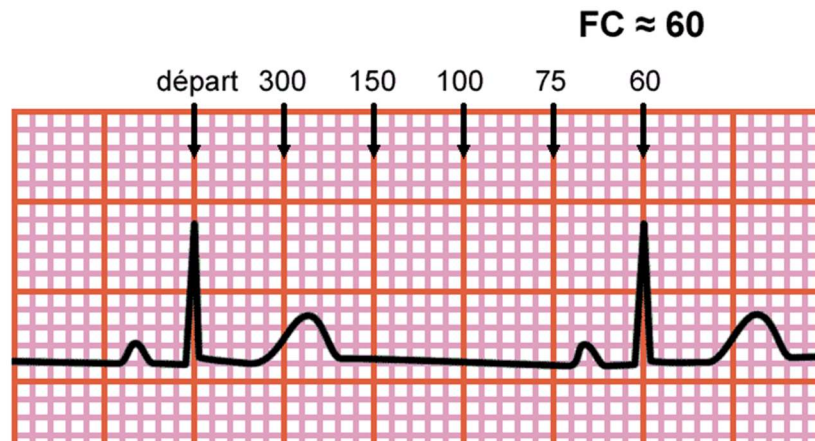
Sur 10 battements cardiaques L étant la distance en mm entre le 1^{er} et le 11^{ème} pic R, la fréquence cardiaque en battements par min est donnée par la formule :

$$FC = (10 \times 25 \times 60)/L, L \text{ étant exprimé en mm.}$$

Méthodes rapides :

Etant donné que l'ECG est utilisé dans des cas d'urgence, il existe plusieurs méthodes rapides d'évaluation de la fréquence.

- 1) Méthode des 300 :** il faut repérer sur le tracé une onde R qui coïncide avec un trait gras vertical puis rechercher l'onde R suivante en plaçant respectivement sur chaque trait gras rencontré la séquence de chiffres suivante : « 300 - 150 - 100 - 75 - 60 - 50 » (ce qui revient à diviser 300 par 1, 2, 3, 4, 5, 6, ..).



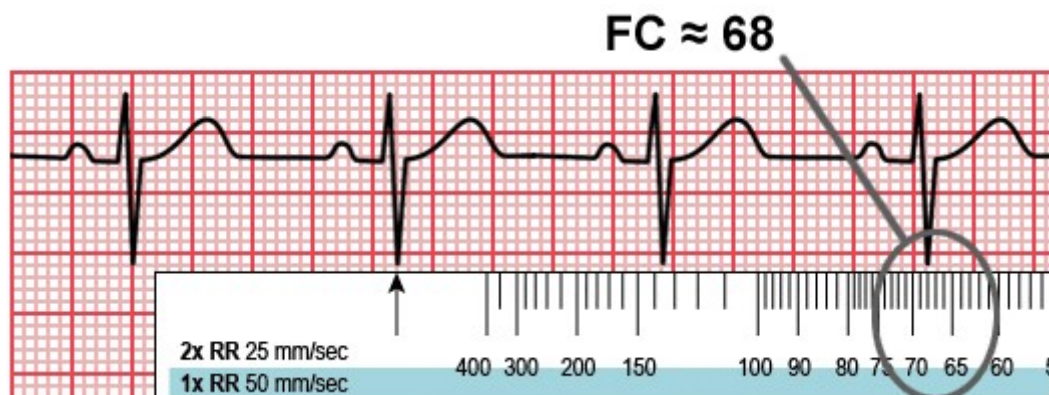
Dans l'exemple ci-dessus, la fréquence est de 60 cycles par minute puisque le pic consécutif tombe sur le trait gras correspondant à une fréquence de 60.

Une méthode alternative consiste à compter le nombre de grands carrés qui séparent deux ondes R, et ensuite de diviser 300 par ce nombre. Cela permet également d'avoir une approximation de la FC.

On peut dans certains cas observer une arythmie sinusale liée à la respiration, dite arythmie sinusale respiratoire. Cette arythmie est liée aux modifications du tonus sympathique et parasympathique au cours du cycle respiratoire. On observe que l'intervalle R-R diminue pendant l'inspiration et augmente pendant l'expiration. Il y a donc une augmentation de la FC pendant la phase d'inspiration et une diminution de la FC pendant la phase d'expiration.

On doit alors changer de méthode rapide.

- 2) **Méthode des 6 secondes.** On compte le nombre de complexes sur 6 secondes, c'est-à-dire pour 30 grands carrés, puis ensuite on multiplie par 10. On a alors une idée de la FC moyenne.
- 3) **Règle ECG :** il existe des règles ECG (voir ci-dessous), qui permettent de mesurer la FC en s'intéressant à l'intervalle R-R, voir S-S si l'onde S est proéminente. Toutefois il faut que le rythme soit régulier sinon la problématique est la même que pour la règle des 300.



La fréquence normale au repos est située entre 60 et 100 battements par minute. Une fréquence inférieure est appelée bradycardie, une fréquence supérieure, tachycardie. La fréquence peut être irrégulière mais le rythme rester sinusal comme dans l'arythmie respiratoire.

b) Le rythme

L'ECG permet d'identifier les arythmies (anomalies du rythme) cardiaques. Dans un rythme normal c'est le noeud de Keith et Flack ou noeud sinusal qui déclenche le stimulus de l'activité de commande c'est pourquoi on l'appelle rythme sinusal. Sur le tracé ECG cela se traduira par la présence d'une seule onde P devant chaque complexe QRS. On observe aussi une régularité dans le rythme c'est-à-dire une distance constante entre les ondes de même nature.

Les troubles du rythme peuvent se traduire par exemple par un rythme irrégulier ou par la présence d'extrasystoles (battements prématurés et amplifiés) ou des pauses.

L'arythmie sinusale respiratoire n'a aucune valeur pathologique. Elle peut être notée lors de la conclusion générale sur l'analyse de l'ECG.

2. Onde P

L'onde P est la première onde détectable sur un tracé ECG. L'onde P représente l'activation auriculaire (ou dépolarisation) précédant la contraction auriculaire. La dépolarisation débute au niveau de l'oreillette droite avant de se propager à l'ensemble des oreillettes. Sa durée est inférieure à 0,1 seconde, sa forme est arrondie et symétrique et son amplitude est inférieure à 0,2 mV dans la dérivation où elle est maximale (c'est-à-dire en DII).

Normalement l'onde P est positive en DI et DII et négative en AVR. On parle alors d'onde P sinusale. En V1 on observe normalement une onde P monophasique positive ou légèrement biphasique, qui commence en étant positive puis devient négative.

3. Conduction auriculo-ventriculaire : espace PQ ou PR

L'espace PQ ou PR (lorsque Q est absente) représente le temps qui sépare le début de l'activation des oreillettes (l'onde P) du début de l'activation ventriculaire (début du complexe QRS, c'est-à-dire début de l'onde Q ou de l'onde R). La qualité de la conduction entre oreillettes et ventricules va l'impacter.

Il est composé lors d'un rythme sinusal du :

- Temps de conduction entre le début de l'activation de l'oreillette droite et le nœud auriculo-ventriculaire.
- Temps de conduction lente pour la traversée du nœud auriculo-ventriculaire. Ce nœud est le seul point de passage de l'activité électrique entre oreillettes et ventricules.
- Temps de conduction dans le tronc du faisceau de His jusqu'aux ventricules.

La durée normale entre le début de l'onde P et le complexe QRS est comprise entre 0,12 et 0,20 sec. Cette durée doit être interprétée en fonction de la fréquence atriale. Quand la fréquence augmente, l'intervalle P-R s'allonge.

Quelques remarques :

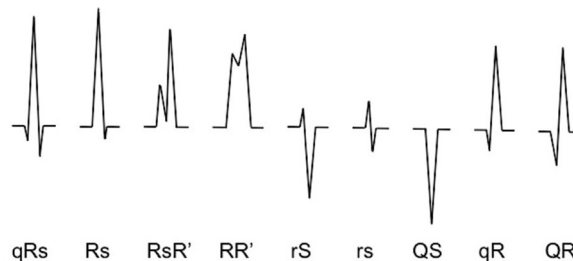
- L'intervalle PR est plus court chez l'enfant (0,10 à 0,12 sec) et plus long avec l'âge chez l'adulte (0,14 à 0,20 sec).
- En dessous de 0,12 sec, en l'absence de symptômes ou de préexcitation ventriculaire, on parle de PR court (le plus souvent physiologique jusqu'à 0,10 sec, sinon on parle de syndrome du PR court).
- Au-dessus de 0,20 sec, avec un rythme sinusal, il s'agit d'un bloc auriculo-ventriculaire du 1^{er} degré.

4. Conduction ventriculaire : complexe QRS

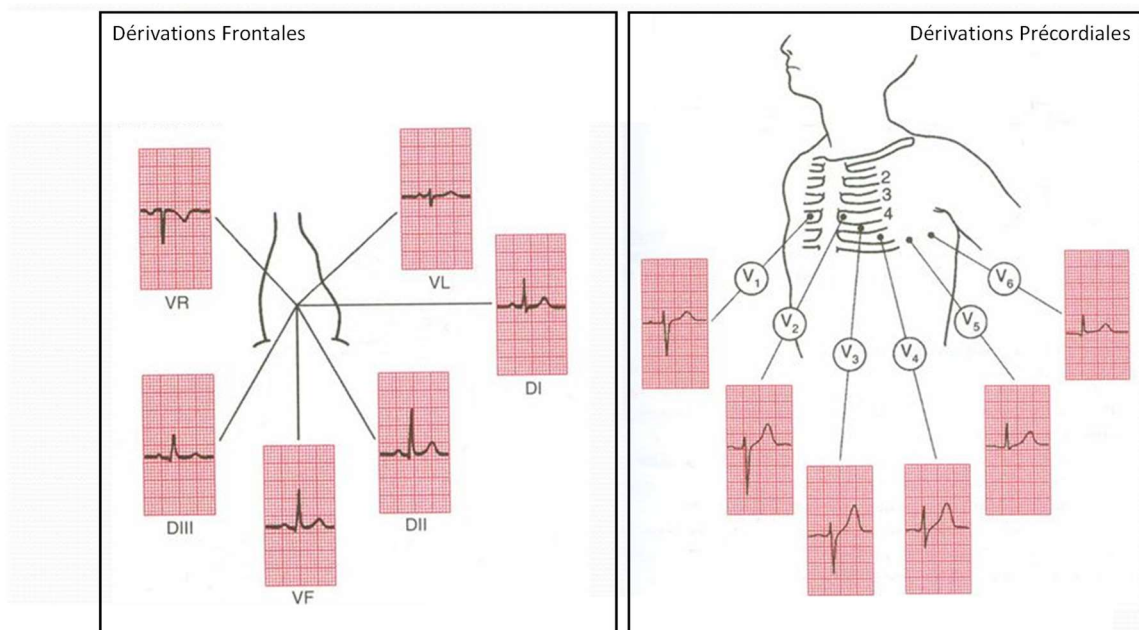
Elle est représentée par la durée de la dépolarisation ventriculaire donc la largeur du complexe QRS. Il y a des conventions d'écriture :

Q est la première onde négative du complexe QRS, R est la première positive du complexe QRS (R' s'il y en a une seconde), et S est l'onde négative qui suit l'onde R. Sachant qu'une onde est positive si elle est située au-dessus de la ligne isoélectrique et qu'une onde est négative si elle est située en dessous de la ligne isoélectrique.

Si l'amplitude d'une onde est inférieure à 5mm, elle est notée en minuscule et si elle est supérieure elle est notée en majuscule (exemple : Rs, qR, rS, RS...).



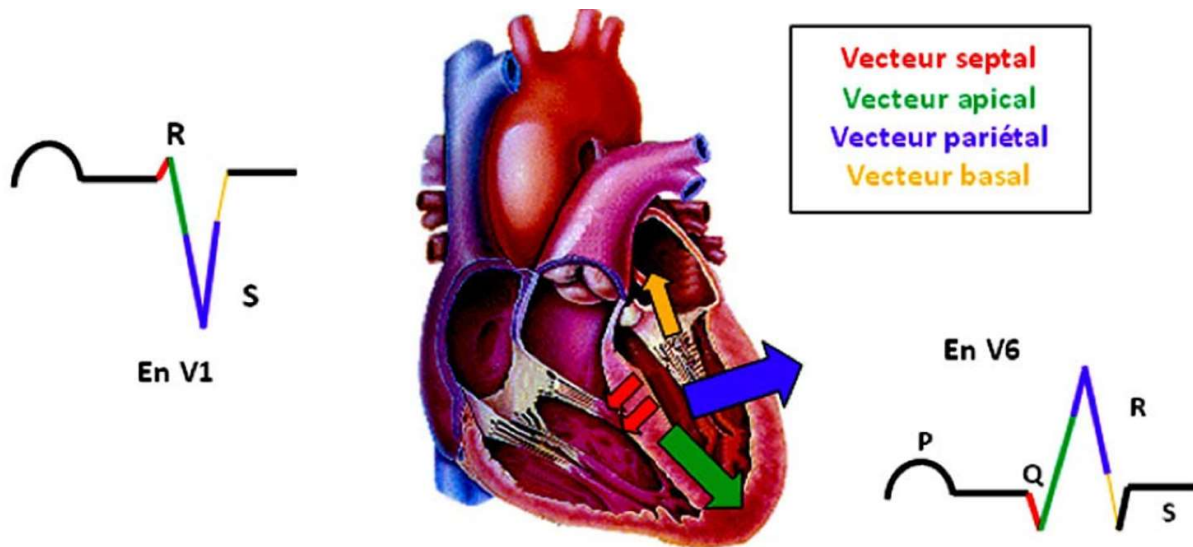
L'importance respective des ondes de ce complexe varie beaucoup selon la dérivation.



D'après Hampton, 2003.

Un aspect croché est anormal surtout s'il est associé à un élargissement du complexe QRS il peut traduire un bloc de branche.

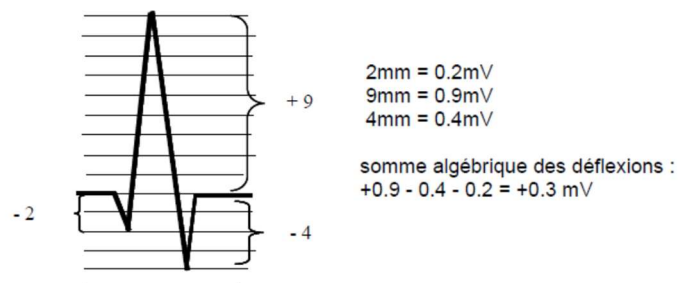
La durée normale de QRS est inférieure ou égale à 0.08 sec. Entre 0.08s et 0.12s on parle de bloc de branche incomplet.



Représentation de la part des différents vecteurs (septal, apical, pariétal et basal) dans un complexe QRS, en fonction de la position de la dérivation précordiale.

5. Détermination de l'axe de QRS (l'axe de P et de T ne sera pas déterminé en travaux pratiques).

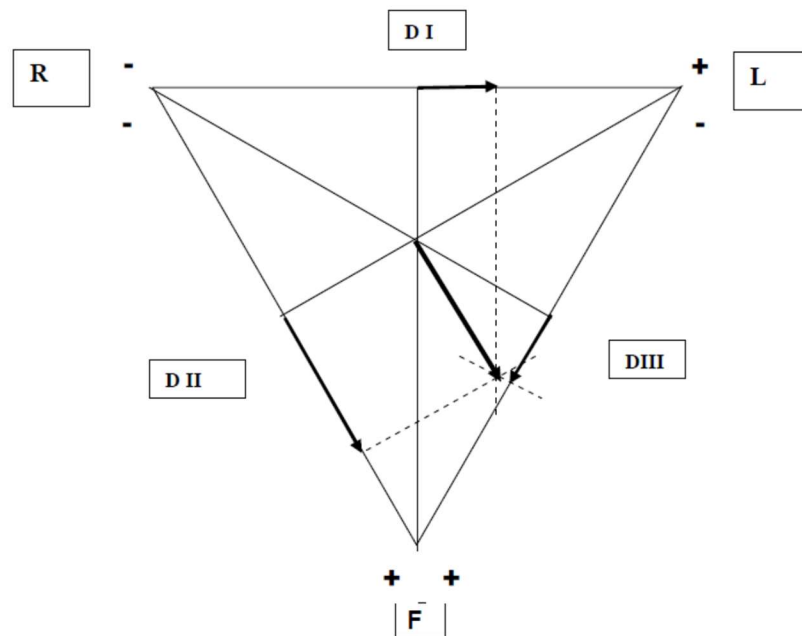
- a) Mesurer le vecteur QRS moyen sur chacune des trois dérivations standard des membres DI, DII et DIII. Pour cela, faire la **somme algébrique** des différentes ondes du complexe QRS.



- b) Reporter les valeurs obtenues sur la ligne de dérivation correspondante du triangle d'Einthoven en plaçant l'origine du vecteur au milieu du côté du triangle.

Trouver l'axe en projetant orthogonalement chacun des vecteurs QRS moyens vers le centre du triangle : l'intersection des projections de deux vecteurs suffit à déterminer l'axe, mais vérifier que la troisième projection passe par l'intersection des deux premières.

Chez l'adulte, l'axe est normalement situé en bas à gauche, entre 0° (coeur horizontal) et $+90^\circ$ (coeur vertical) avec une petite tolérance au-delà de ces valeurs. Il est en général influencé par la position anatomique du coeur, plutôt horizontal chez un sujet bréviligne et vertical chez un sujet longiligne. Un axe est dit dévié lorsqu'il sort du quadrant normal (déviation gauche quand l'angle est inférieur à -30° et déviation droite quand l'angle est supérieur à $+110^\circ$). En cas d'hypertrophie, l'activité électrique, plus grande de ce côté déplacera l'axe vers le côté hypertrophié et à l'inverse dans l'infarctus du myocarde, du fait d'une zone électriquement muette, l'axe sera déplacé vers le côté opposé à la zone infarctée.



c) Il existe une méthode plus rapide pour déterminer grossièrement l'axe :

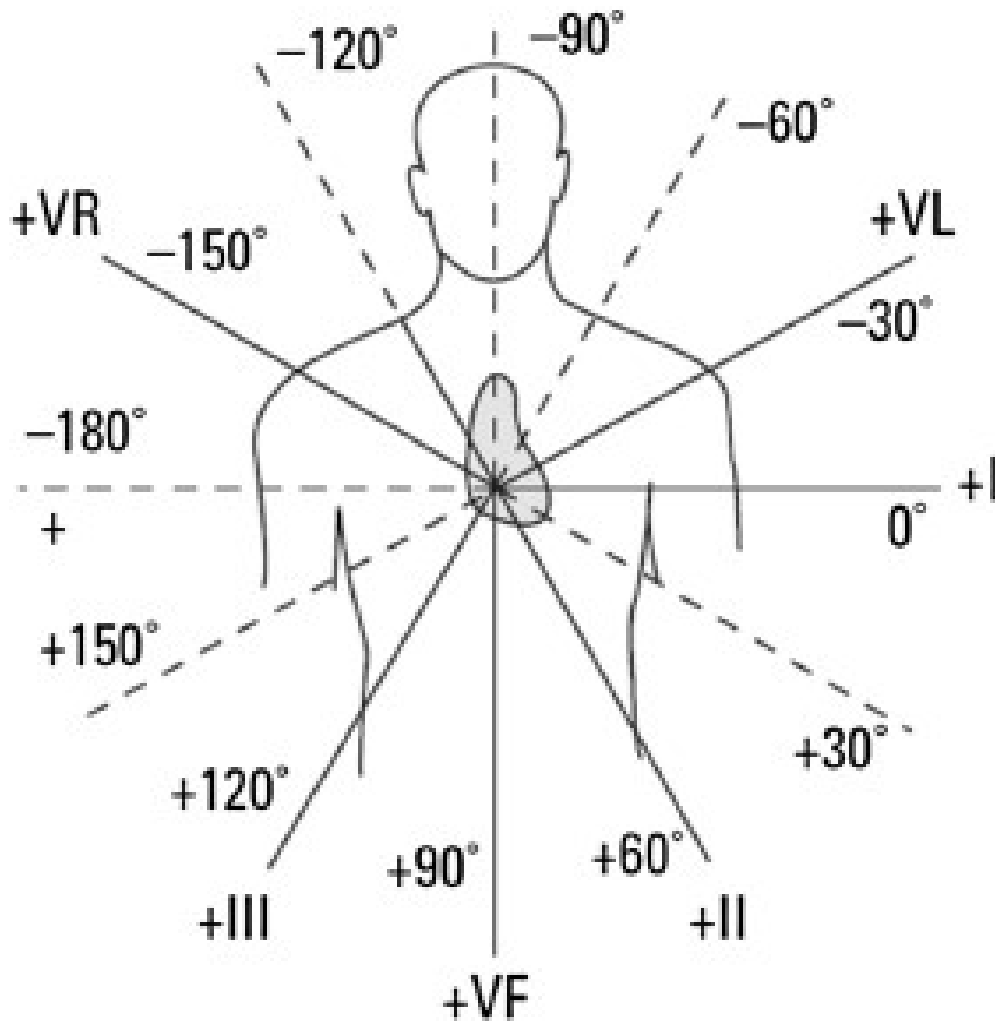
Si DI est positif, l'axe est dirigé vers la gauche.

Si AVF est positif, l'axe est dirigé vers le bas.

Ces deux indications nous donnent un quadrant. Avec les deux observations ci-dessus l'axe électrique du QRS est dans le quadrant inférieur gauche (entre 0° et $+90^\circ$).

Pour affiner il suffit simplement de repérer la dérivation frontale où le vecteur QRS est globalement le plus proche de 0 : c'est la ligne de dérivation la plus perpendiculaire à la direction de l'axe quant à la dérivation frontale où le vecteur QRS moyen est globalement le plus important : c'est la ligne de dérivation la plus proche de la direction de l'axe.

On peut apprécier la localisation de l'axe électrique à environ 30° près en plaçant toutes les lignes de dérivation frontales sur un cercle trigonométrique comme suit :



Il s'agit du système hexa-axial de Bayley.

6. Les critères d'hypertrophies.

L'hypertrophie d'une cavité cardiaque se caractérise par une augmentation de l'épaisseur de la paroi musculaire de cette cavité au-delà de la normale. L'hypertrophie ventriculaire provoque des déviations de l'axe du côté de l'hypertrophie. Toutefois il existe plusieurs indices à calculer qui permettent de suspecter une hypertrophie ventriculaire.

a) *Indice de Sokolov et Lyon*

Classiquement l'indice (ou index) de Sokolov est calculé en additionnant l'amplitude de S en V1 (en valeur absolue) et l'amplitude R en V5 (ou V6 si R est plus grande en V6). Si on obtient une valeur inférieure à 35 mm (soit 3,5 mV si on a comme échelle 1 cm pour 1 mV) alors on ne suspecte pas d'hypertrophie ventriculaire gauche (HVG). Cette valeur est valable chez le sujet âgé d'au moins 40 ans. Chez les sujets jeunes, sportifs, avec un thorax étroit on pourra suspecter une HVG à partir de 45 mm. D'autres indices sont également nécessaires pour compléter cette observation.

Sokolov et Lyon ont également proposé un indice pour l'hypertrophie ventriculaire droite ou HVD. Dans ce cas on additionne RV1 + SV5 (en valeur absolue) et si la valeur obtenue est supérieure à 10,5 mm alors on suspectera alors une HVD.

b) Indice de Cornell : $RVL + SV3$

On considère que l'indice de Cornell est positif chez la femme s'il est supérieur à 20 mm et qu'il est positif chez l'homme s'il est supérieur à 28 mm.

Cet indice est plus sensible chez l'hypertendu et l'obèse que l'indice de Sokolov mais il est moins sensible avec l'âge.

c) Indice de Lewis : $(RDI - RDIII) + (SDIII - SDI)$

L'indice de Lewis est un indice d'hypertrophie ventriculaire qui se calcule en prenant en considération, dans les dérivations périphériques D1 et D3, l'amplitude des ondes R positives et des ondes S négatives. Cet indice se calcule en additionnant les différences des amplitudes, en millimètres, d'une part des ondes R1 et R3 et d'autre part, celles des ondes S3 et S1. Indice de Lewis = $(R1 - R3) + (S3 - S1)$. Cet indice est supérieur à + 17 mm dans l'hypertrophie ventriculaire gauche et est inférieur à -14 mm dans l'hypertrophie ventriculaire droite.

d) Indice de Peguero- Lo Presti : $SD_{\text{Deepest}} + SV4$

Pour cet indice on se place au niveau des dérivations précordiales. On additionne l'amplitude de S en V4 avec l'amplitude de S la plus élevée sur l'ensemble des dérivations du plan précardial.

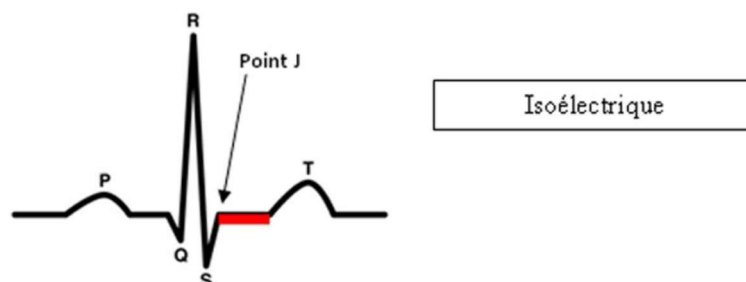
Si cet indice est supérieur à 23 mm chez la femme et à 28 mm chez l'homme, alors il est positif.

7. Intervalle QT.

L'intervalle QT regroupe l'ensemble des phénomènes électriques de dépolarisation et repolarisation ventriculaire, c'est le temps du début de l'onde Q ou R à la fin de l'onde T. Sa durée est de 0.30 à 0.40 secondes et varie avec la fréquence cardiaque elle augmente lors d'une bradycardie et diminue lors d'une tachycardie.

8. Segment ST.

Le segment ST représente l'état dépolarisé du ventricule. Il est défini entre la fin de l'onde S (ou de R si S absente) et le début de l'onde T, il est normalement situé sur la ligne isoélectrique. Son point de départ, que l'on appelle le point J, doit être au niveau de la ligne isoélectrique, en cas de segment ST ascendant. Sa durée (0.08 à 0.12sec) est difficile à apprécier car le début de T est imprécis.



Un sus-décalage marqué du segment ST traduit une lésion récente.

Il faut connaître toutefois la fréquence des sus-décalages de ST et du point J pouvant atteindre 3-4 mm dans les précordiales chez des sujets jeunes, de sexe masculin et vagotoniques indemnes d'affection cardiaque : on parle de repolarisation précoce.

9. Onde T

Elle représente la repolarisation rapide des ventricules sa durée est de 0.16 à 0.20sec son amplitude varie de 0.1 à 0.4 mV et sa forme est normalement asymétrique. Elle est en général positive en DI, DII, V3, V4, V5, V6, variable en DIII, AVL, V1 et V2, et toujours négative en AVR. Une zone mal irriguée provoque une modification de la repolarisation.

10. Onde Q

L'onde Q désigne la première onde négative du complexe QRS sa durée est normalement inférieure à 0.04sec et son amplitude normalement petite, inférieure à 25% de l'amplitude de R. On la voit surtout dans les dérivations qui font face à l'activité septale. On parle d'onde q septale. Elle traduit la dépolarisation septale du ventricule gauche observée depuis (V4)V5-V6 et DI-VL, parfois DII-DIII-VF.

Une zone nécrosée (infarctus du myocarde) est électriquement muette et provoque des modifications durables de l'aspect de QRS avec des onde Q larges ($>1\text{mm}$ soit 0.04sec) et/ou profondes ($>1/4$ amplitude de R suivante).

-B-
DETERMINATION DE LA PRESSION ARTERIELLE

I – BUT

Cette séance permet de se familiariser avec les méthodes non sanglantes de mesure de pression artérielle chez l'homme : auscultatoire, palpatoire et oscillométrique et d'appréhender brièvement la régulation de la pression artérielle lors du passage rapide de la position couché/debout.

II – INTERET

La pression artérielle est un des facteurs de l'hémodynamique le plus fréquemment mesuré en clinique. Une élévation anormale de la pression artérielle peut léser les artères, et également entraîner des complications cardiaques et cérébrales : dans ce cas elle est un indicateur du risque vasculaire ; elle est parfois la conséquence de l'atteinte d'un organe (le rein par exemple).

III – RAPPELS

La pression artérielle dépend du débit cardiaque (c'est-à-dire du volume d'éjection systolique x fréquence cardiaque) et des résistances à l'écoulement : $P = Q \times R$.

Le débit cardiaque lui-même dépend du volume circulant ; les résistances à l'écoulement dépendent de l'élasticité des parois artérielles et aussi du tonus vasomoteur. Les variations physiologiques ou pathologiques de ces paramètres vont donc modifier la pression artérielle. La pression artérielle (PA) est la force exercée par le sang à l'intérieur de tout le système artériel perpendiculairement à la paroi de l'artère. Elle est périodiquement variable et oscille entre deux valeurs, la pression maximale (Pmax) et la pression minimale (Pmin). La Pmax est atteinte pendant le pic de l'éjection ventriculaire, elle est appelée pression systolique. La Pmin est observée juste avant la contraction ventriculaire, elle est appelée pression diastolique.

La pression artérielle est en général exprimée par 2 chiffres consécutifs correspondant à la pression systolique et pression diastolique : exemple : 120/70 mm Hg ou 12/7 cm Hg. La pression artérielle évolue avec l'âge et on peut considérer qu'au repos $P_{min} = (P_{max}/2) + 10$. Le pouls qu'il est possible de percevoir au niveau d'une artère périphérique est dû au choc de l'ondée sanguine sur les parois des vaisseaux. La différence entre les pressions systolique et diastolique est appelée pression différentielle ou pression pulsatile.

Exemple : $P \text{ différentielle} = 120 - 70 = 50 \text{ mm Hg}$

La pression différentielle diminue à mesure que le diamètre artériel est plus réduit et que l'on s'éloigne du cœur. Le régime variable et intermittent qui va de P min à P max et qui assure le débit circulatoire comporte un équivalent dynamique auquel on a donné le nom de pression moyenne. La pression moyenne est celle que devrait avoir un régime uniforme pour assurer dans le même temps le même débit que le débit variable. Ce n'est pas la moyenne arithmétique de la PA systolique et de la PA diastolique parce que la diastole est plus longue que la systole. La pression moyenne est utilisée dans des études cliniques lorsque par exemple connaissant le débit de perfusion d'un organe on veut connaître les résistances périphériques.

La pression artérielle varie d'un instant à l'autre, elle est plus élevée pendant l'état de veille que durant le sommeil et s'élève à l'effort ou lors d'émotions. Il est donc nécessaire de faire plusieurs mesures pour obtenir un résultat fiable.

IV – MANIPULATION

1. Principe général de mesure

On mesure habituellement la pression artérielle par méthode indirecte au niveau du bras et on estime que cette valeur de PA est identique dans tout le système artériel jusqu'aux artérioles non comprises.

Toutes les méthodes découlent de la méthode de Riva Rocci qui consiste à comprimer une grosse artère à travers les tissus mous par un brassard gonflé à une contre pression connue et à observer les effets de cette contre pression. Le patient est en position couchée ou assise, le brassard est placé dans le plan du coeur, le bras doit être soutenu et dénudé. Le brassard qui entoure le membre est une poche de caoutchouc entourée d'un tissu inextensible qui doit être adapté à la taille du bras. Le brassard peut être gonflé par une poire. La valeur de la contre pression est lue sur un manomètre. Un échappement réglé par une vis permet d'abaisser progressivement la valeur de cette contre pression.

2. Mesure par méthode auscultatoire

Cette méthode nécessite l'emploi d'un sphygmomanomètre (brassard relié à un manomètre) placé à la hauteur du coeur du sujet et d'un stéthoscope. Elle s'appuie sur l'étude des bruits artériels accompagnant la pulsation artérielle au-dessous du lieu de compression.

Le sujet doit être allongé au repos depuis une dizaine de minutes. Le bras ne doit pas être comprimé par des vêtements ou autres objets. Le brassard est mis en place en dessus du pli du coude, les tuyaux vers l'avant-bras et la poche gonflable plaquée contre l'intérieur du bras. Avant toute mesure le brassard doit être parfaitement dégonflé. Le stéthoscope est placé sur l'artère humérale et non sous le brassard, c'est-à-dire au pli du coude sur la gouttière bicipitale interne en dedans du tendon du biceps et les embouts auriculaires correctement positionnés.

On produit dans le brassard une pression supérieure à la pression maximale que l'on suppose exister dans l'artère. Tant que la contre pression est supérieure à la pression dans l'artère, celle-ci demeure complètement aplatie. Le sang ne peut s'engager sous le brassard, les variations de pression y sont nulles et l'on entend aucun bruit. En diminuant lentement la pression dans le brassard, il arrive un moment où la contre pression est juste inférieure à la pression maximale dans l'artère. Un peu de sang passe donc dans l'artère à chaque battement et l'on entend un bruit artériel faible mais net, de petits claquements secs de même fréquence que les battements cardiaques ; on retiendra cette valeur pour la pression artérielle systolique.

En poursuivant la décompression, les bruits augmentent d'intensité, puis brusquement ces claquements sont remplacés par des bruits de souffle qui sont remplacés eux-mêmes par des claquements d'abord nets puis sourds et d'intensité décroissante. La succession des bruits entendus dans ces conditions, lorsque la contre pression diminue dans le brassard, est décrite sous le nom de bruits de Korotkow. On retiendra le point de disparition des bruits pour la mesure de la pression diastolique, quand les bruits sont perçus jusqu'à zéro la diastolique est appréciée au moment de l'atténuation des bruits.

3. Mesure par méthode palpatoire

Cette méthode ne permet que l'évaluation approximative des valeurs de PA car elle présente des chiffres de maxima trop bas et des résultats illusoires pour la pression minima. Le brassard est placé en position brachiale comme dans la méthode auscultatoire et on explore avec les doigts le pouls artériel radial en aval du segment comprimé, au niveau du poignet du sujet en veillant à ne pas utiliser le pouce pour la palpation afin de ne pas fausser la mesure avec son

propre pouls. On augmente la pression jusqu'à ce que le pouls ne soit plus perceptible (pression supramaximale) et par décompression progressive, on recherche l'apparition du pouls qui se produit au moment où la pression dans le brassard équilibre exactement la pression maximale du sang à l'intérieur du vaisseau. On retiendra cette valeur comme pression systolique. Si on poursuit la décompression les pulsations augmentent progressivement d'intensité et deviennent vibrantes. Puis cette vibration disparaît. C'est à ce moment que l'on notera la pression diastolique. Cette détermination est difficile et demande de l'expérience et une bonne perception tactile.

ATTENTION ! la pulsation ne disparaît jamais, puisque le pouls est perceptible en absence de brassard.

4. Utilisation du tensiomètre automatique

Le moniteur de pression artérielle OMRON est un système automatisé qui fonctionne sur le principe de la méthode oscillométrique. Il mesure les pressions systolique et diastolique ainsi que la fréquence du pouls. Cette méthode de détermination met en oeuvre un transducteur de pression qui mesure l'amplitude des oscillations systolodiastoliques de pression : il a été montré que l'amplitude de ces oscillations est maximale pour la pression correspondant à la pression moyenne, elle est nulle au dessus de la Pmax et devient très faible au dessous de la Pmin.

Le cycle de fonctionnement comprend plusieurs parties :

- période de gonflage
- période de dégonflage par paliers
- période d'évaluation et d'affichage

Régulation de la pression artérielle – mise en évidence du baroréflexe

La régulation à court terme de la PA repose sur le baroréflexe de mise en jeu immédiate mais d'efficacité temporaire. Quand une personne se lève rapidement et passe de la station allongée à la station debout il se produit une chute importante du retour veineux au coeur au profit des veines des jambes. Cela conduit en retour à une baisse du volume d'éjection systolique, du débit cardiaque et donc de la pression sanguine. Cette hypotension « orthostatique » est détectée par les barorécepteurs sinocarotidiens. Cela conduit à une augmentation de la décharge sympathique au coeur et au système vasculaire pour restaurer le niveau normal de pression. La fréquence cardiaque augmente donc ainsi que les résistances périphériques.

Le sujet étant couché depuis 5-10 min, sa pression et fréquence sera lue sur le tensiomètre automatique puis il se lèvera et une nouvelle mesure sera immédiatement enclenchée et l'on effectuera la lecture de la PA et de la fréquence cardiaque.

V - NOTIONS DE PATHOLOGIE

Selon l'organisation mondiale de la santé la pression artérielle d'un sujet adulte doit rester inférieure à 140/90 mm Hg en position allongée, le sujet étant au calme. L'hypertension artérielle correspond à une pression trop élevée du sang dans les artères et peut présenter un risque de survenue d'une maladie cardiovasculaire.

On distingue :

L'hypertension labile avec augmentation de la pression systolique d'origine émotive ou neuronique qui cède au repos.

L'hypertension permanente qui est caractérisée par une augmentation de la Pmax et de la Pmin (simultanée ou non) considérée comme modérée ou sévère fonction du niveau de pression (voir tableau ci-dessous).

On observe des hypertensions « essentielles » (primitives) sans cause décelable dans 90% des

cas. La cause pourrait être l'augmentation des résistances ou être plurifactorielle (génétique, alimentaire, ...). On observe aussi des hypertensions « secondaires » (symptomatiques), de cause connue dans 10% des cas comme par exemple l'hypertension d'origine rénale par hyperproduction de rénine.

En tout état de cause, on note avec l'âge une augmentation de la P_{max} > à l'augmentation de la P_{min} du fait de la diminution de distensibilité des artères. L'hypotension correspond à une pression basse ($P_{max} < 100\text{mmHg}$) qui entraîne des signes cliniques par exemple chez des sujets fatigués, dans certaines maladies et en cas d'hémorragie.

Tableau 1. Classification de l'HTA et recommandations internationales.

Auteur, année, référence	Classification
Anaes 2000	HTA : PA > 140/90 mmHg
France	HTA grade 1 : 140-159/90-99 mmHg
(1)	HTA grade 2 : 160-179/100-109 mmHg
	HTA grade 3 : > 180/> 110 mmHg
ESH/ESC 2003	Pression artérielle optimale : < 120/80 mmHg
Europe	Pression artérielle normale : 120 –129/80-84 mmHg
(17)	Pression artérielle normale haute : 130-139/85-89 mmHg
	HTA grade 1 : 140-159/90-99 mmHg
	HTA grade 2 : 160-179/100-109 mmHg
	HTA grade 3 : > 180/> 110 mmHg
	HTA systolique isolée : $\geq 140 / < 90$ mmHg

(1) Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé. Prise en charge des patients adultes atteints d'hypertension artérielle essentielle. Paris : Anaes 2000

(17) European Society of hypertension, European Society of Cardiology. 2003 European society of hypertension European Society of cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. J Hypertens 2003; 21:1011-53