



Dispositifs Médicaux de Mesure des signaux physiologiques

Pr. Norbert Noury

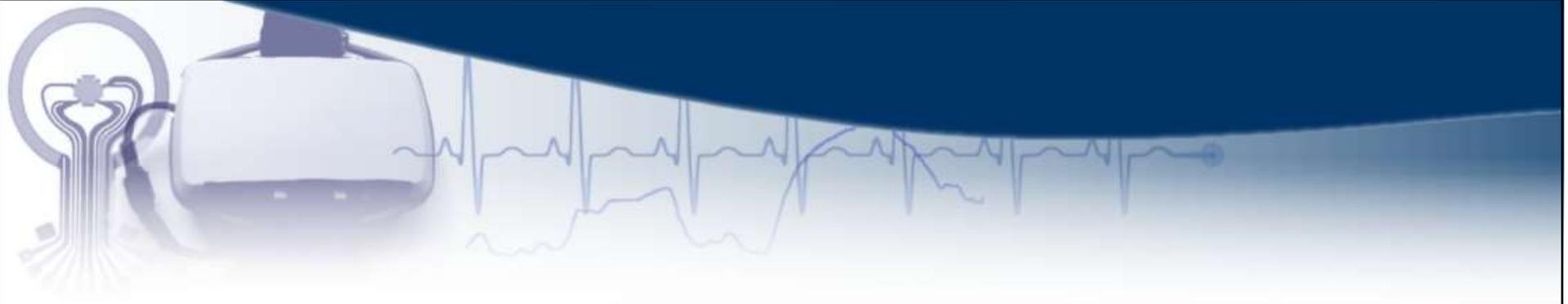


Université Claude Bernard



Lyon 1





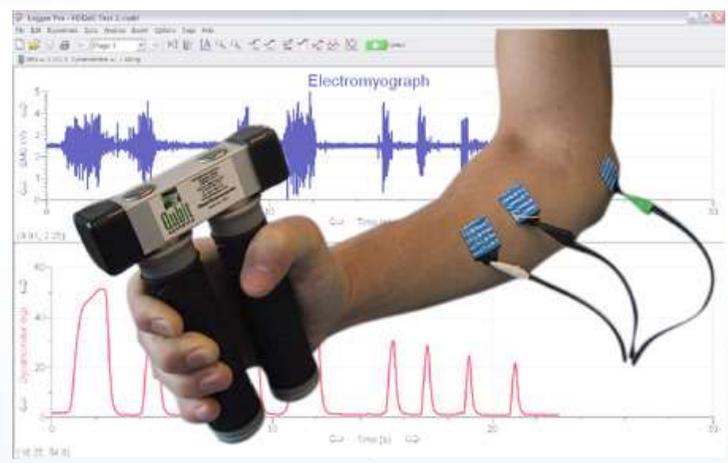
3

Mesure des biopotentiels

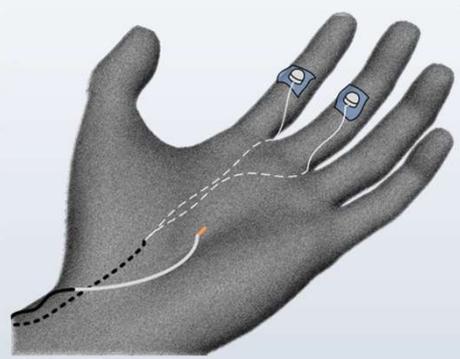
3B- mesure de l'ECG



EMG



GSR



ECG



EEG



EOG



Impédance

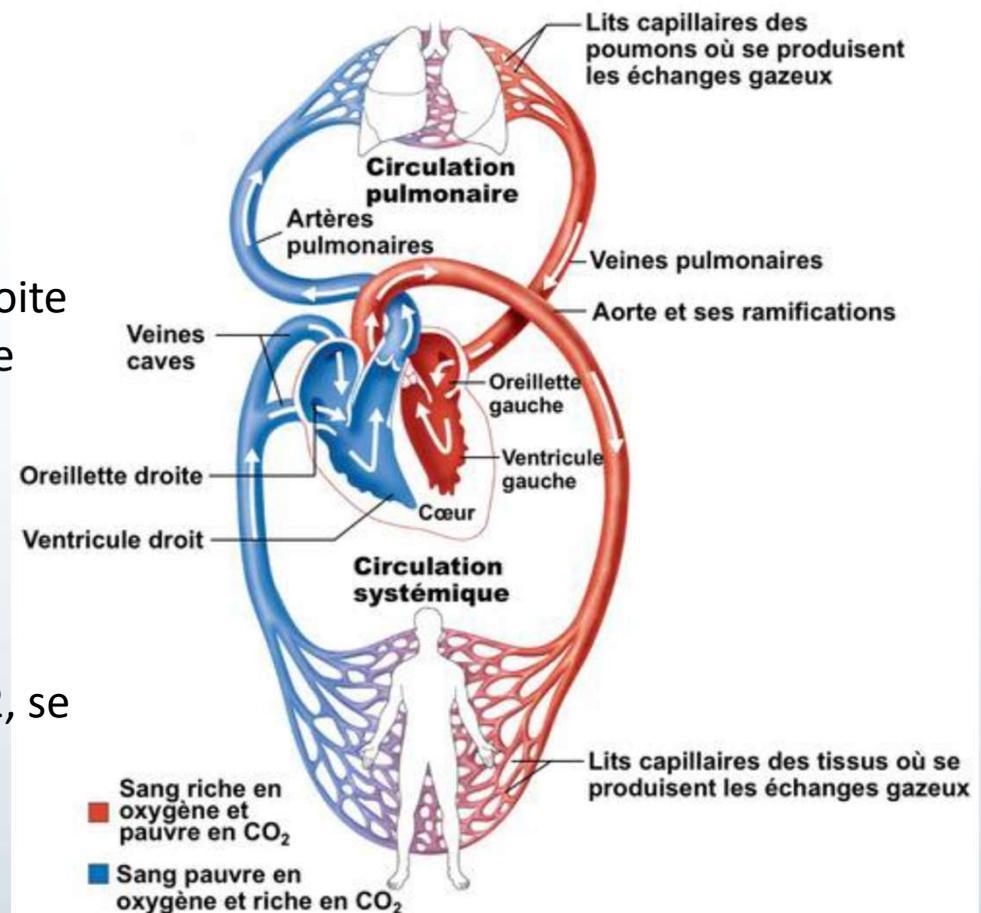
Les 3 blocs du système cardio-vasculaire

le système cardiovasculaire composé de trois grands blocs :

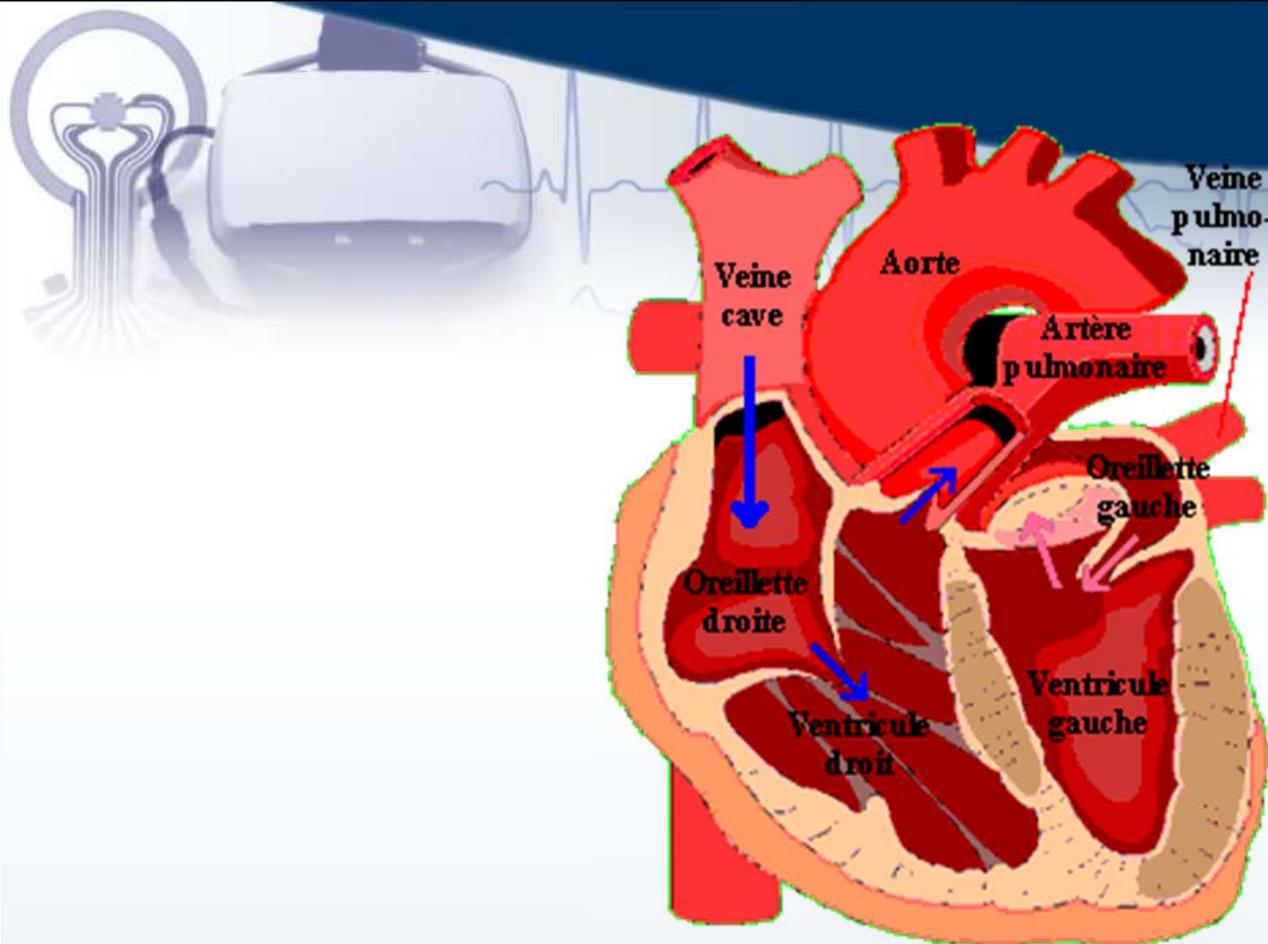
- la circulation pulmonaire
- la circulation systémique
- le coeur (pompe active)

Un retour veineux arrive dans l'oreillette droite à travers la veine cave supérieure et la veine cave inférieure. La contraction auriculaire droite permet le remplissage du ventricule droit. La contraction ventriculaire droite permet l'éjection du sang veineux dans la circulation pulmonaire.

A travers les poumons, le sang libère le CO₂, se charge en oxygène, retourne à l'oreillette gauche, puis dans le ventricule gauche. La contraction ventriculaire gauche permet l'éjection du sang chargé en oxygène dans la circulation systémique, ce à travers l'aorte.



Cycle cardiaque

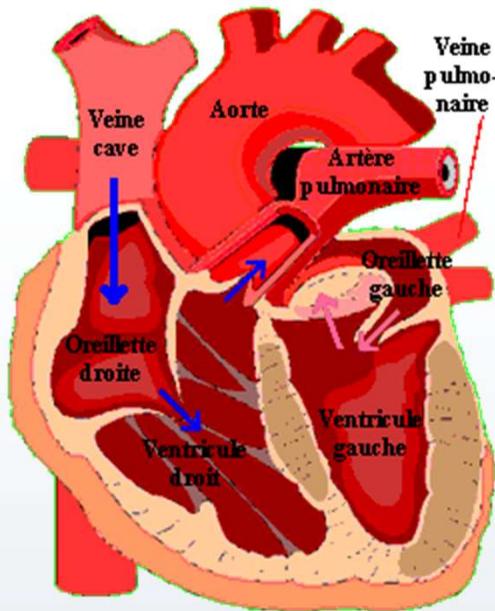


Le coeur comprend quatre cavités:

- Les cavités supérieures sont les oreillettes (peuvent contenir 3 et $\frac{1}{2}$ cuillères à soupe de sang à la fois).
- Les cavités inférieures sont les ventricules (peuvent contenir environ un quart de tasse de sang à la fois).
- Ces petites cavités sont chargées de pomper près de 8000 litres de sang par jour !

Cycle cardiaque

Chaque moitié du coeur fonctionne séparément de l'autre mais en phase.



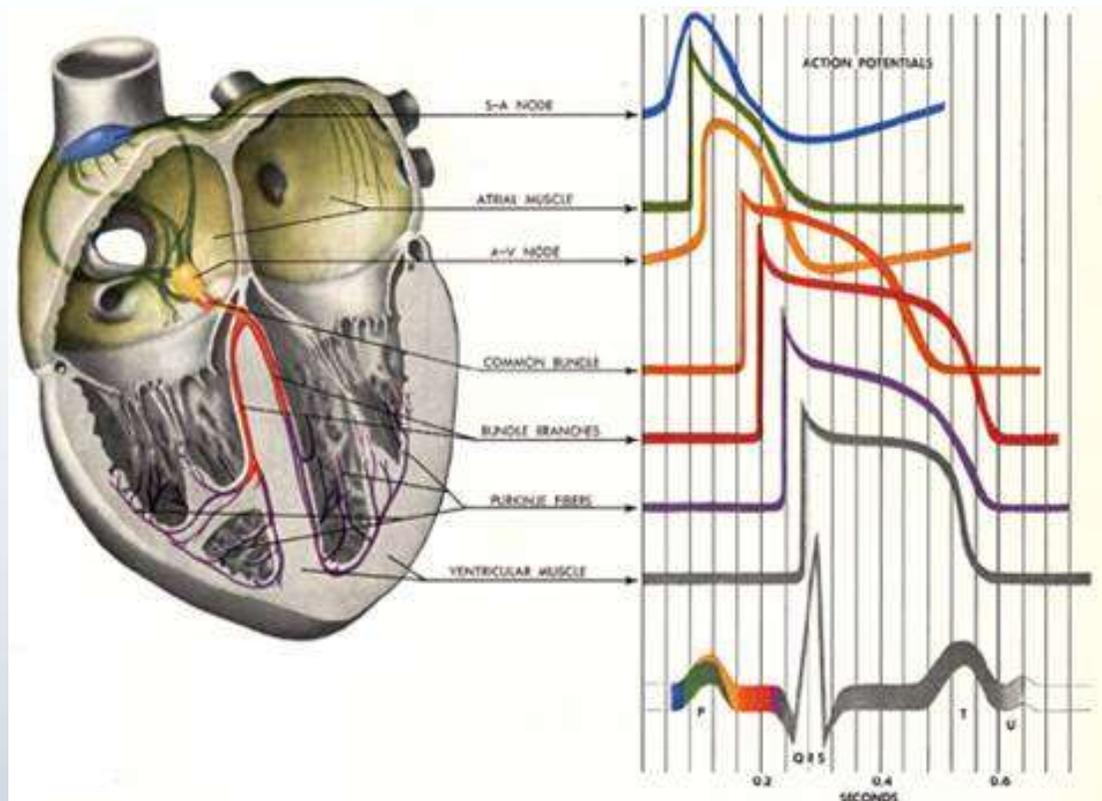
- Le côté droit du coeur
- chargé de renvoyer le sang pauvre en oxygène aux poumons pour éliminer le dioxyde de carbone et réoxygéner le sang.
- L'oreillette droite reçoit le sang veineux apporté par la veine cave. Le sang est ensuite propulsé dans le ventricule droit. Lorsque ce dernier se contracte le sang pénètre dans l'artère pulmonaire et dans les poumons.
- Le côté gauche du coeur
- reçoit le sang fraîchement oxygéné provenant des poumons et le redistribue dans tout le corps.
- Le sang oxygéné pénètre dans l'oreillette gauche par les quatre veines pulmonaires. Le sang est ensuite propulsé dans le ventricule gauche en traversant la valve mitrale (contrôle le débit). Lorsque votre coeur se contracte, le sang est propulsé à travers la valve aortique dans l'aorte (le plus gros vaisseau de l'organisme), et distribué dans le corps par l'intermédiaire d'un réseau d'artères.

Mesure Electro Cardio Gramme

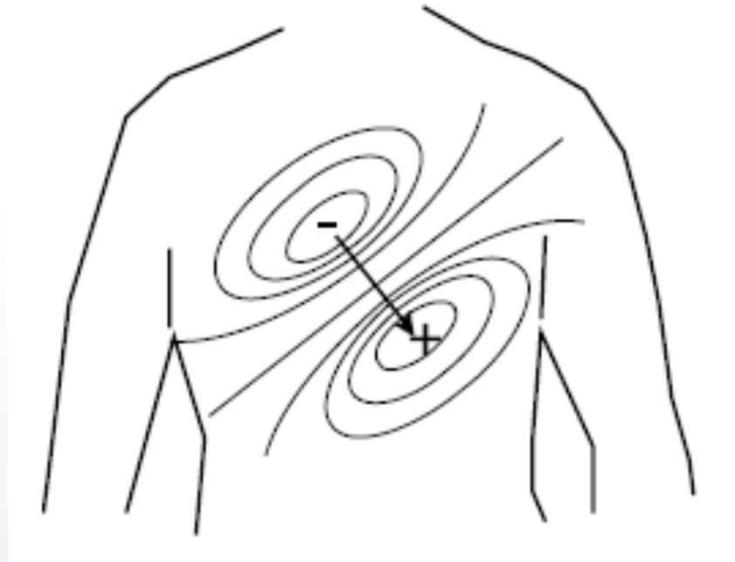
L'ECG est la représentation dans le temps du potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur.

- Les PA des cardiomyocytes provoquent des déplacements de charges (ou courants) dans les liquides de l'organisme.
- Ces courants représentent la somme des PA qui surviennent en même temps dans plusieurs cellules.

L'activité électrique du cœur est à chaque instant équivalente à celle d'un dipôle unique dont la direction, l'orientation et le moment varient au cours du cycle mais dont l'origine reste fixe



Mesure ECG: vecteur cardiaque



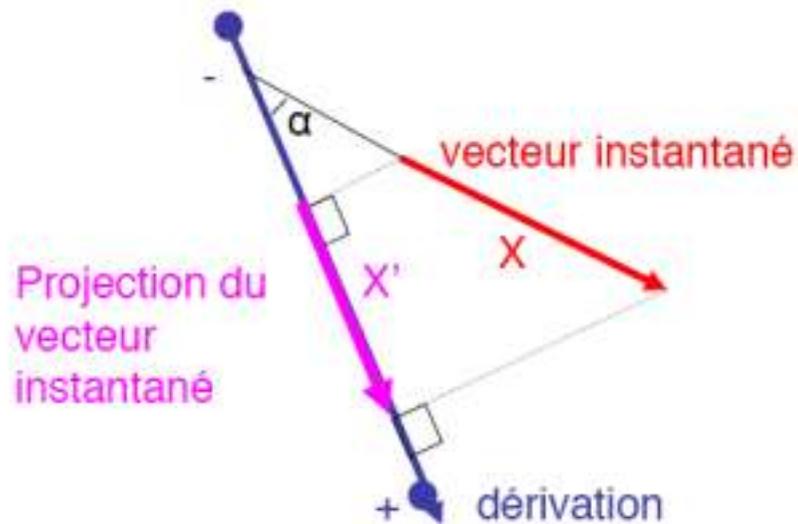
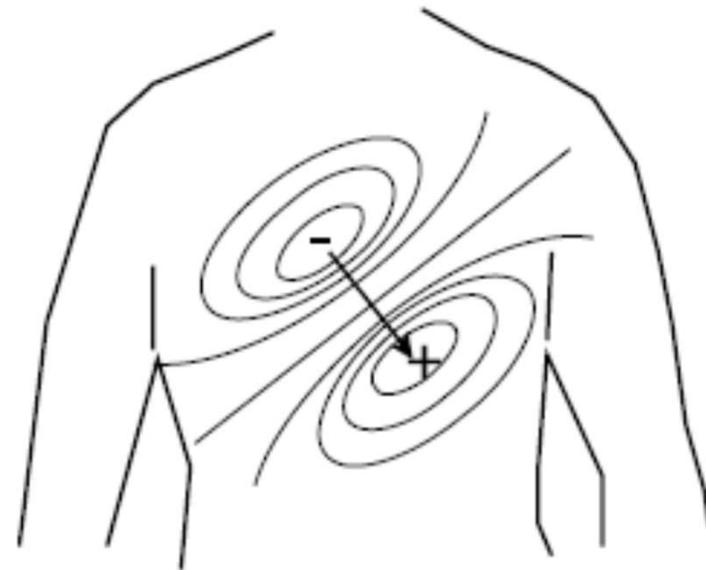
Zone dépolarisée//zone activée → dipôle électrique
variable au cours du temps

Mesure ECG standardisée

Si on place des électrodes sur des équipotentielles distinctes :

Tension V_d = projection du vecteur cardiaque dans la direction d

$$V_d = \vec{M} \cdot \vec{d}$$



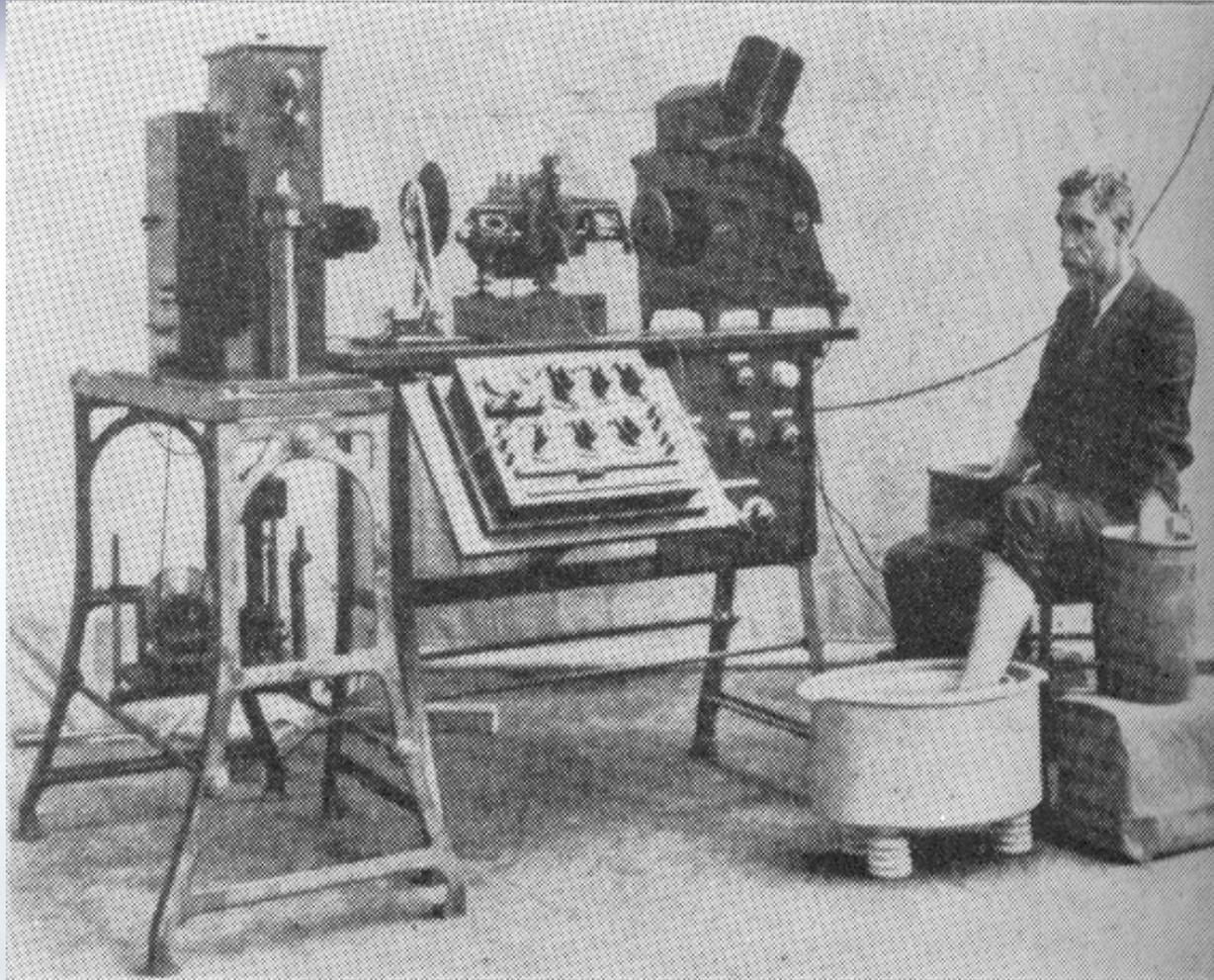
$$X' = k \cdot X \cdot \cos \alpha$$

Mesure ECG: les 12 dérivations standard

- Une dérivation est une ligne passant par deux points du corps où sont placées les électrodes d'enregistrement.
- Un ensemble de deux dérivations au moins détermine un plan
- Le point de dérivation relié à la borne positive de l'appareil de mesure est marqué (+).
- L'orientation de la dérivation est du (-) vers le (+)

→ Nécessité de standardiser le placement des électrodes :
les 12 dérivations standard

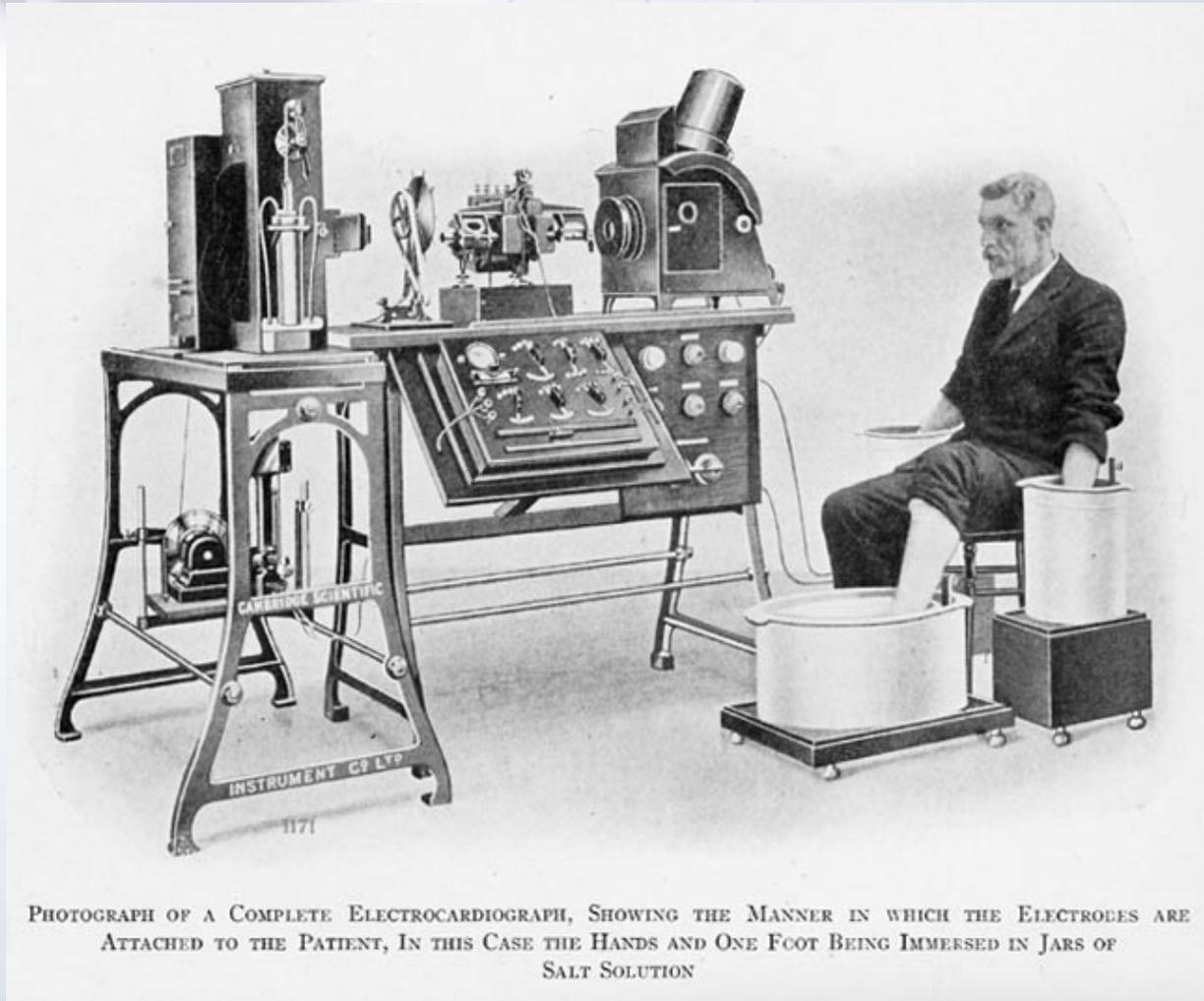
Premières mesures de l'ECG : Carlos Matteucci



1842: travaux de **Carlo Matteucci**

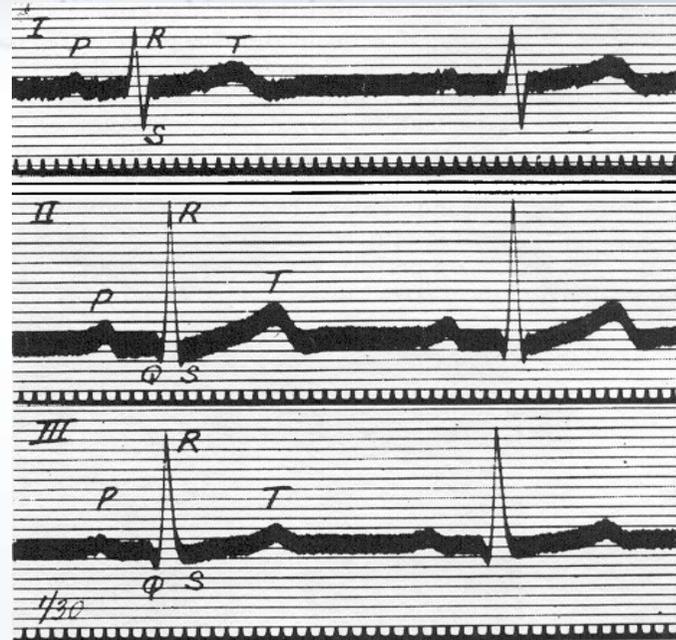
1878 : premières expérimentations par John Burden Sanderson et Frederick Page

les déflexions ECG : Willem Einthoven



En 1895 Willem Einthoven met en évidence les cinq déflexions P, Q, R, S et T, il utilise le galvanomètre à cordes (Prix Nobel 1924)

Le triangle d'Einthoven

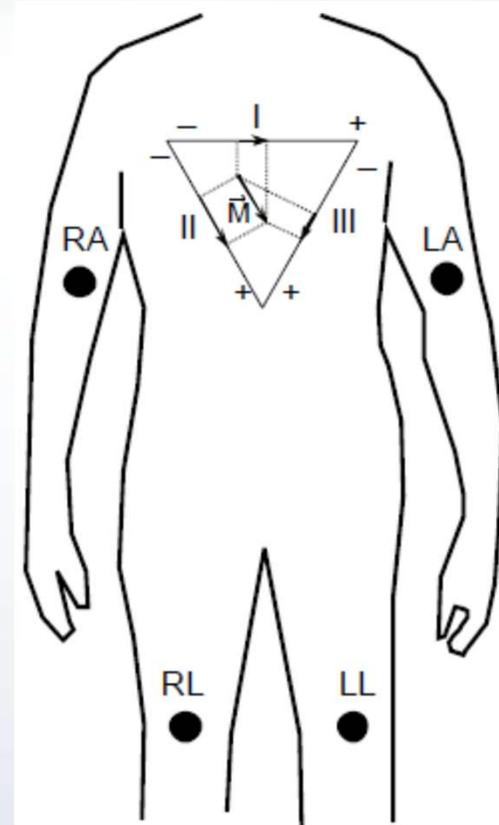


$$\text{Lead I} + \text{Lead III} = \text{Lead II}$$
$$\text{Lead I} + \text{Lead III} - \text{Lead II} = 0$$

Mesure ECG: les 6 dérivations frontales

Les 3 premières dérivations
« périphériques » dans le
plan frontal :

I, II, III



Dérivations périphériques et « Triangle d'Einthoven »

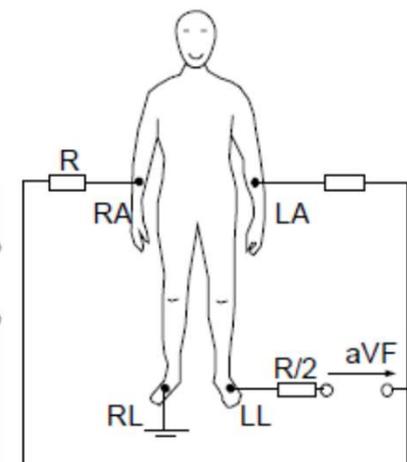
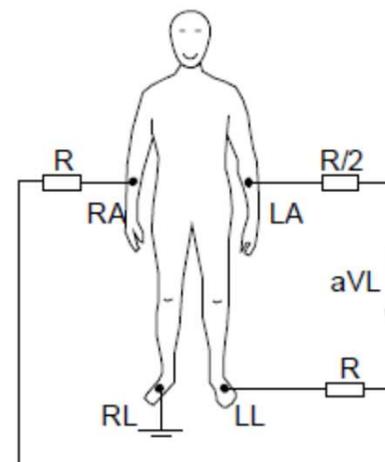
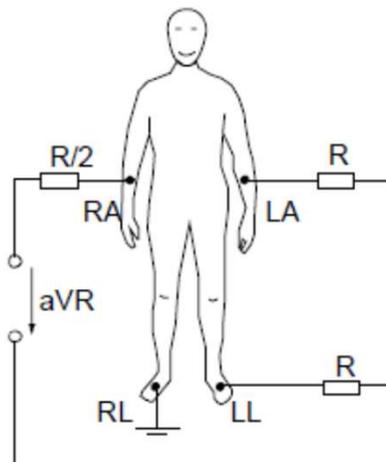
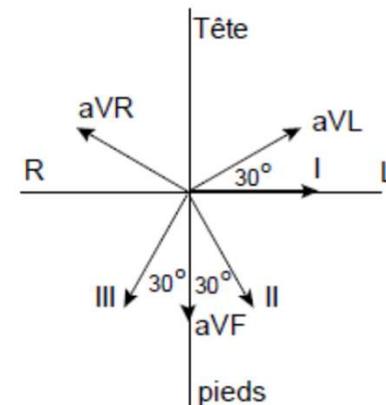
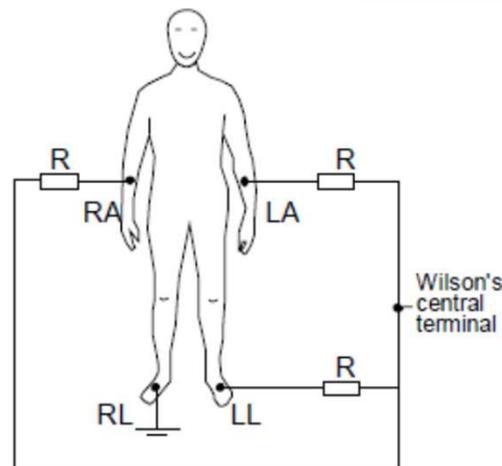
Mesure ECG:

le point central de Wilson et les 3 dérivations unipolaires

aVR, aVL, aVF

Terminaison centrale de Wilson : relie les électrodes RA, LA et LL à travers une résistance élevée ($R > 5M\Omega$).

Dérivations unipolaires aVR, aVL, aVF : différences de potentiel entre une électrode exploratrice (bras gauche, bras droite ou jambe gauche) et l'électrode neutre de Wilson.



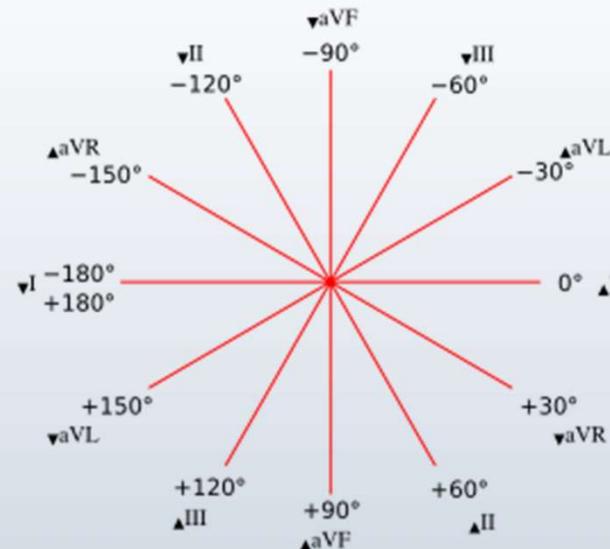
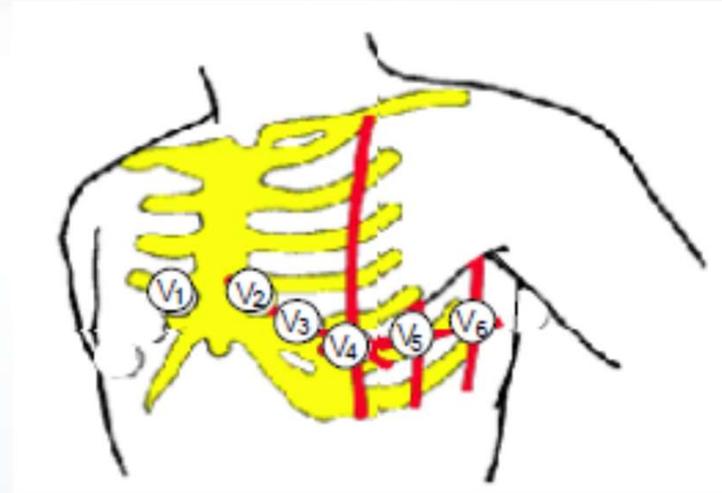
Mesure ECG: les 6 dérivations transversales



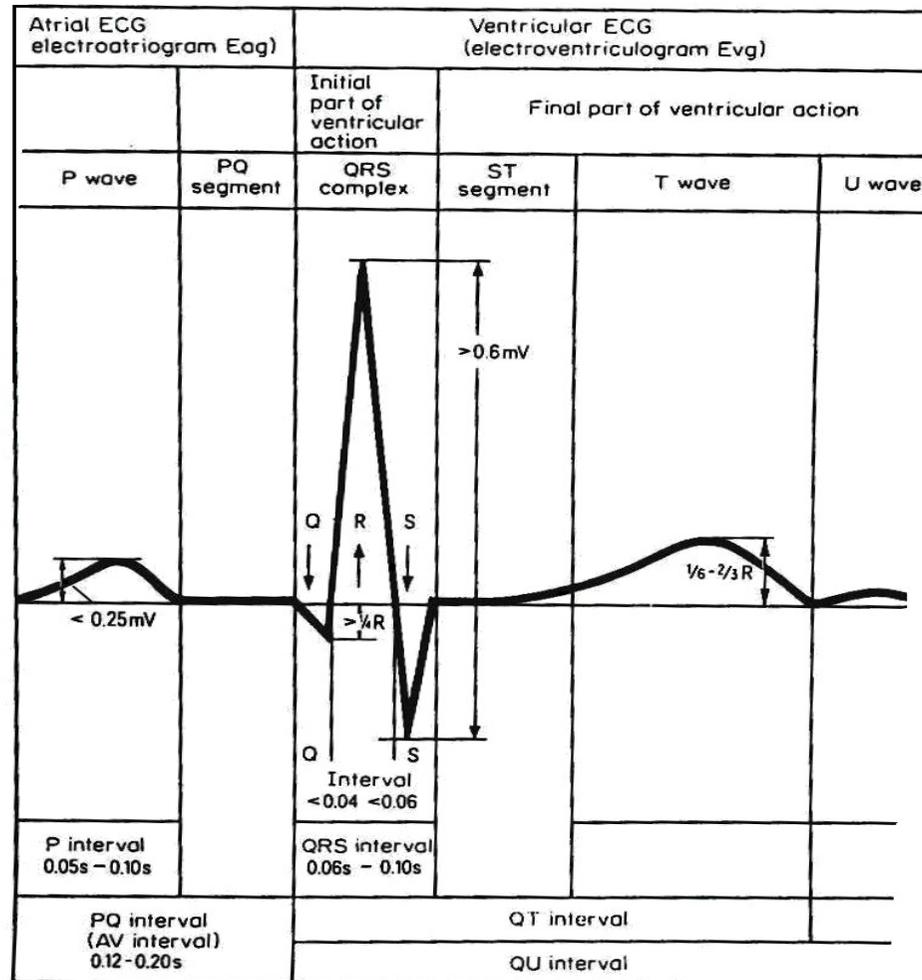
Les 6 dérivations
« précordiales » dans le
plan transversal :

V1, V2, V3, V4, V5, V6

Electrode de référence
reliée au central terminal
de Wilson

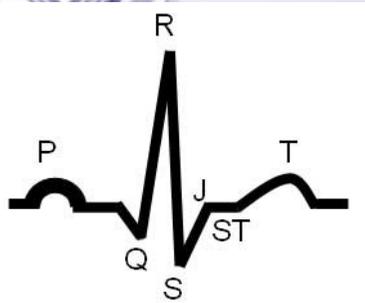


Rythmologie ECG



- Onde P
- Segment PQ (0.12-0.2s)
- intervalle QT (<math>< 0.44\text{s}</math>)
- dispersion QT (<math>< 0.05\text{s}</math>)
- Complexe QRS (0.07-0.1 s)
- intervalle PP
- intervalle RR (période cardiaque)...

Mesure ECG: Analyse du Rythme Cardiaque



Tachycardie:



complexes QRS

- Fibrillation auriculaire

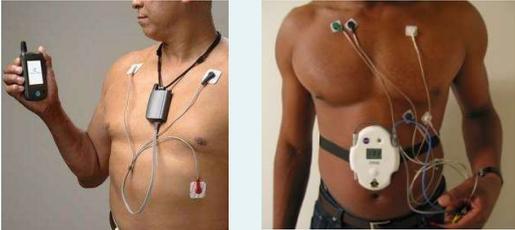


Pas d'onde P

- Fibrillation ventriculaire:

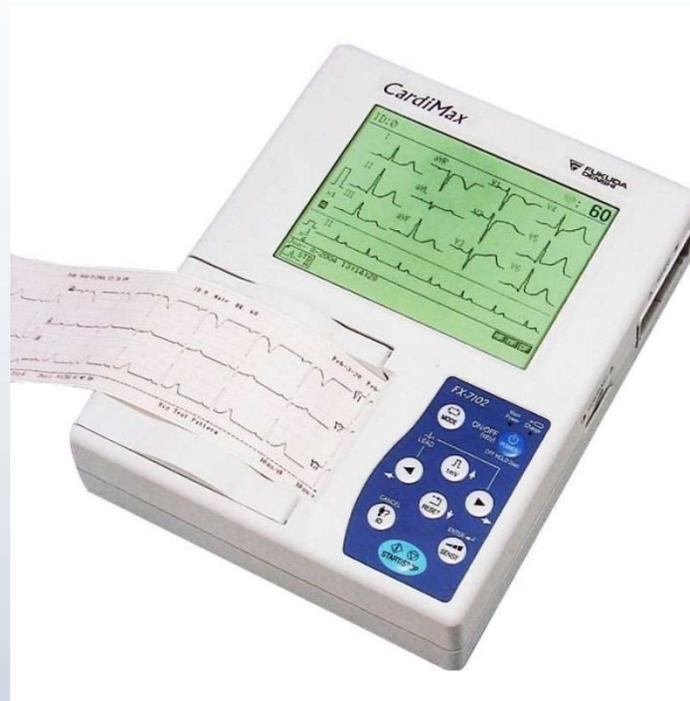


Capteurs portables pour monitoring ECG

Court Terme	Moyen Terme	Long Terme
<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de type « Holter » modifiés • Quelques heures 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de type « Patch » • Jusqu'à une semaine 	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de type vêtements intelligents • Plus d'une semaine
		
<p><i>Cardionet</i> <i>Lifeguard</i></p>	<p><i>Netguard</i> <i>Intelesens</i></p>	<p><i>Cardionet</i> <i>Lifeguard</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Qualité de la mesure ✓ Résolution numérique et temporelle élevée ✗ Confort et acceptabilité ✗ Peu adapté au long terme 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Qualité de la mesure ✓ Confort accru ✗ Irritabilité de la peau ✗ Requier un design d'électrodes spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Confort et acceptabilité ✓ Monitoring continu et longue durée ✗ Robustesse du capteur ✗ Qualité de la mesure

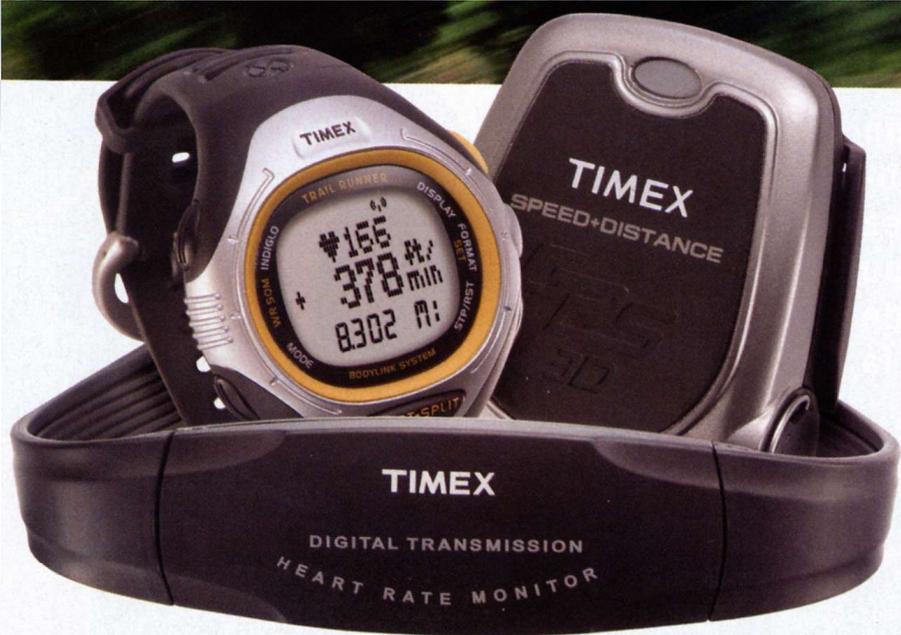
Electrocardiographes :

- Ecran LCD et clavier à touches tactiles sur l'écran
- Système d'archivage et mémorisation
- Imprimante intégrée
- Analyse et interprétation des résultats
- Batterie rechargeable



Fukuda Denshi Cardimax3
Prix de vente sur le marché
français : **1500 €**

Dispositifs Portables



TRANSMISSION DIGITALE
Le système TIMEX prévient les interférences avec les autres cardiofréquencemètres.



DATA RECORDER 2
Nouveau logiciel pour téléchargement sur PC. Vendu séparément.



NAVIGATION



LATITUDE & LONGITUDE



ALTITUDE/VITESSE VERTICALE



POINT DE PASSAGE



GUIDAGE DIRECTIONNEL



ROUTE REVERSIBLE



SYSTEME VITESSE & DISTANCE



ODOMETRE



PREVISION DE L'HEURE D'ARRIVEE



SYSTEME MAINS LIBRES



CARDIOFREQUENCEMETRE



ZONES CIBLES



COMPTEUR DE RECUPERATION



FREQUENCE CARDIAQUE MAXIMALE



TEMPS PASSE EN ZONE

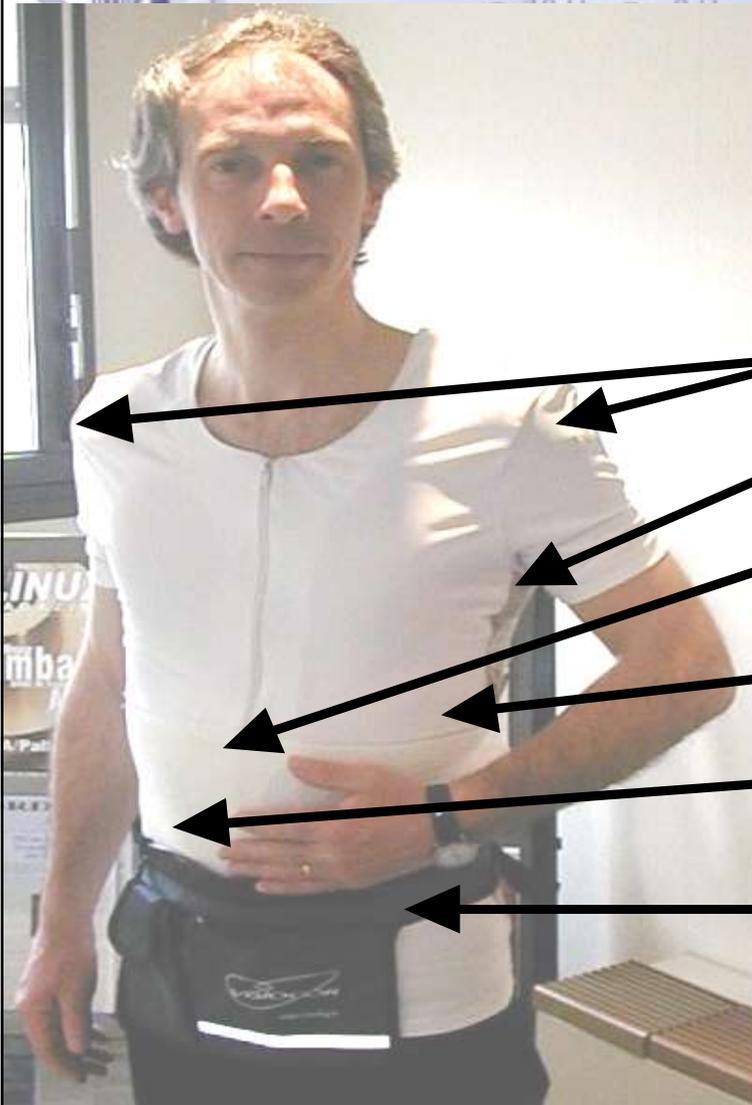
Cardiofréquencesmètres : *Polar6*

Caractéristiques :

- Affichage des calories brulées
- Rythmes cardiaques moyen et maximum d'entraînement
- Zone cible automatique en fonction de l'âge



Vêtements Intelligents capteurisés



Projet VTAMN

Electrodes ECG

Capteur Température

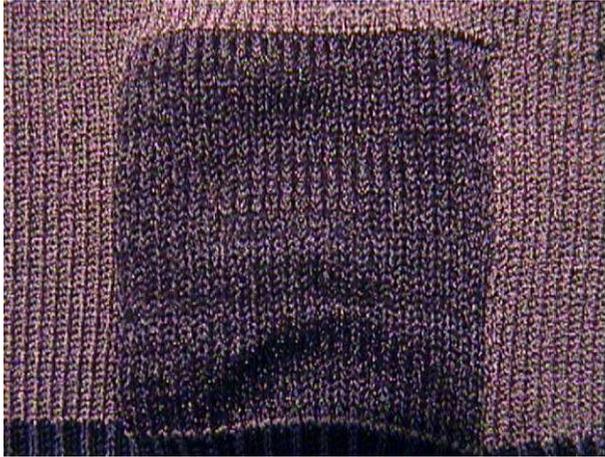
Bande de respiration

Capteur de chute

Reference ECG

**Ceinture avec batterie &
Carte-mère**

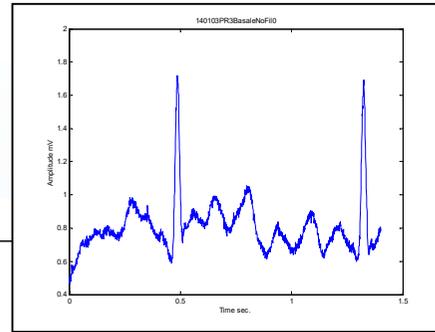
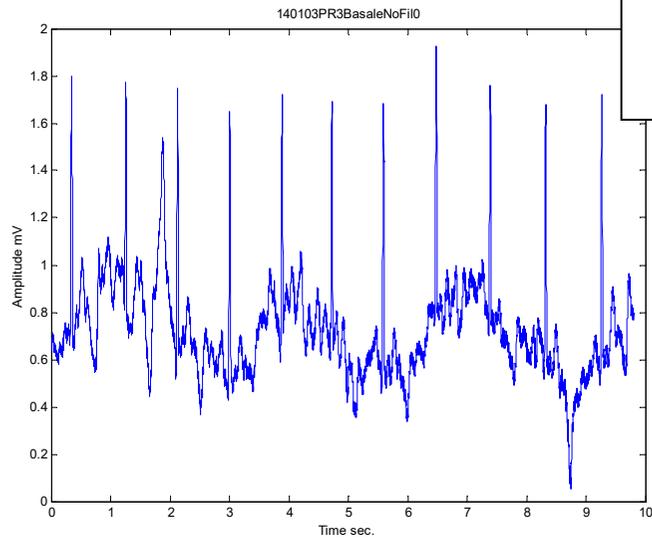
Smart Textiles : Integrated fabric electrode in basal condition with or without Hydrogel



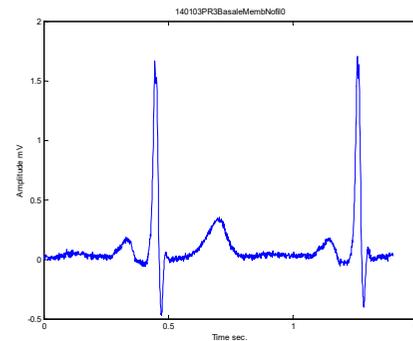
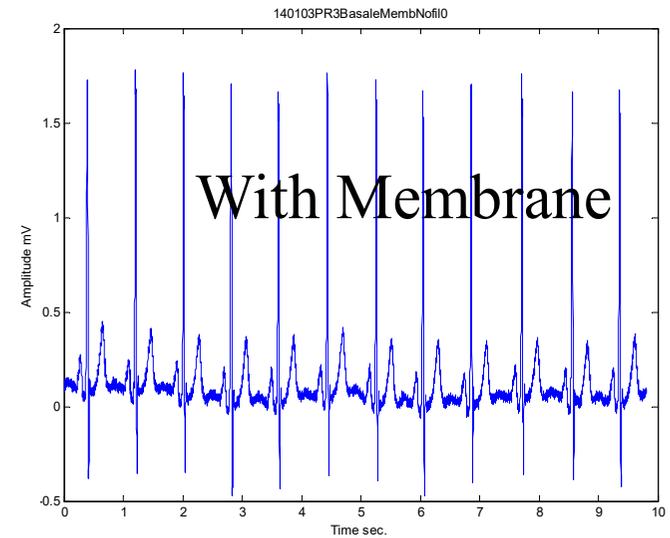
Peak R revealed without membrane: 1 mV

Peak R revealed with membrane: 1.6 mV

Without Membrane



With Membrane



Smart textiles: WEALTHY Project

WEALTHY

Fabric Electrodes and Sensors

Shoulder articulation

ECG
(Einthoven's triangle)
AVR

EMG triceps

Elbow articulation

AVL

Thoracic respiration

EMG biceps

Precordial leads

Abdominal respiration

AVF

Milior

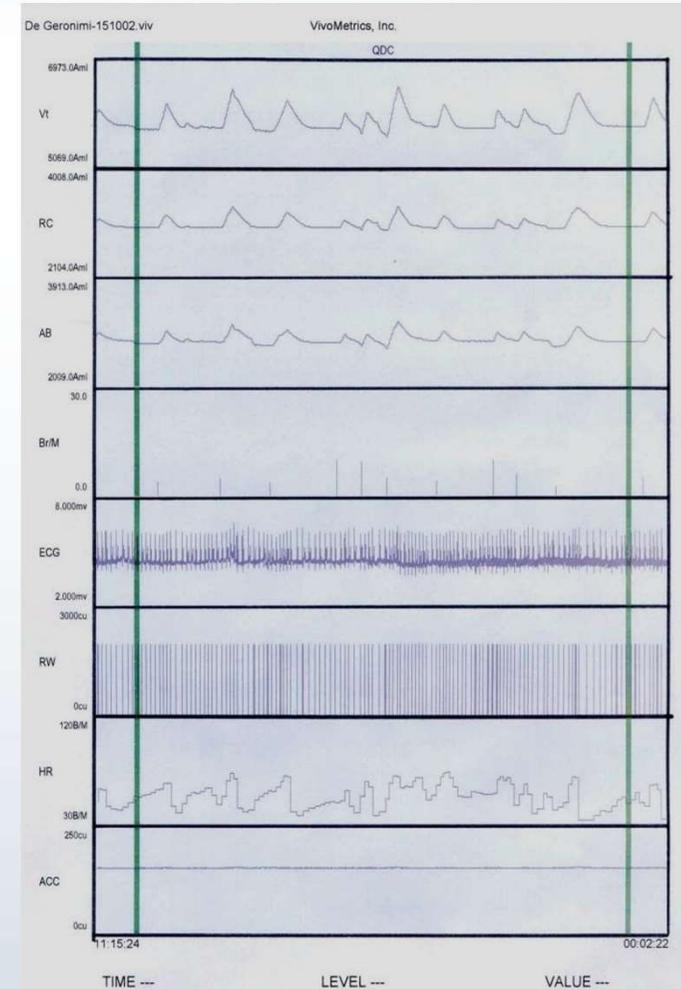
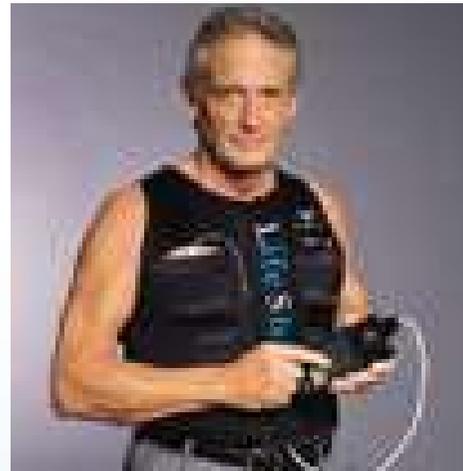
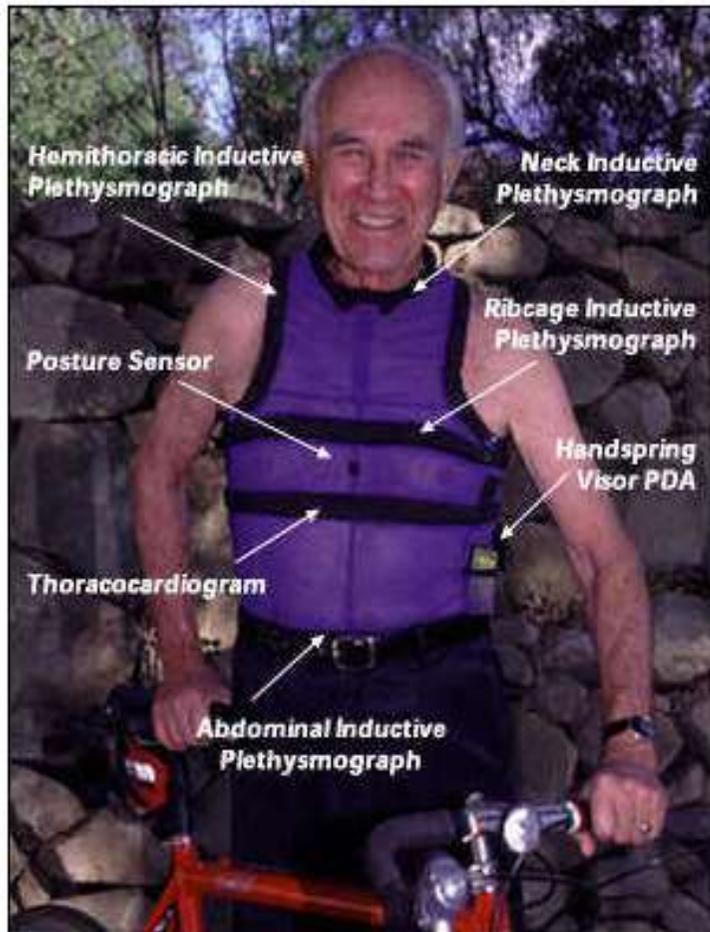
San Francisco, September 1-5, 2004

Smartex

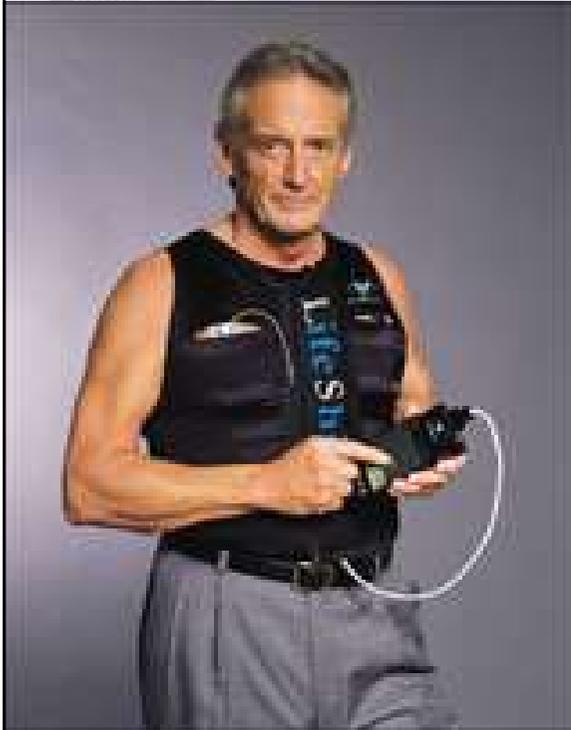


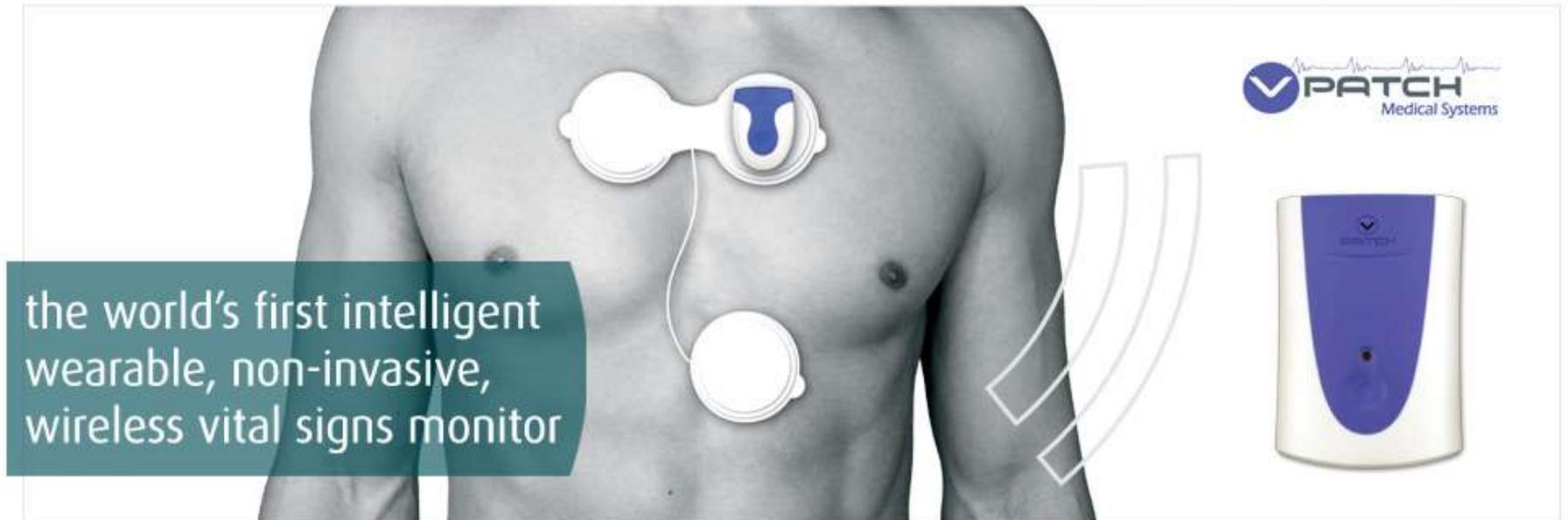
LifeShirt Vivometrics

Smart clothe to measure EKG and respiration



Evolution du LifeShirt Vivometrics VivoResponder™ System





the world's first intelligent wearable, non-invasive, wireless vital signs monitor

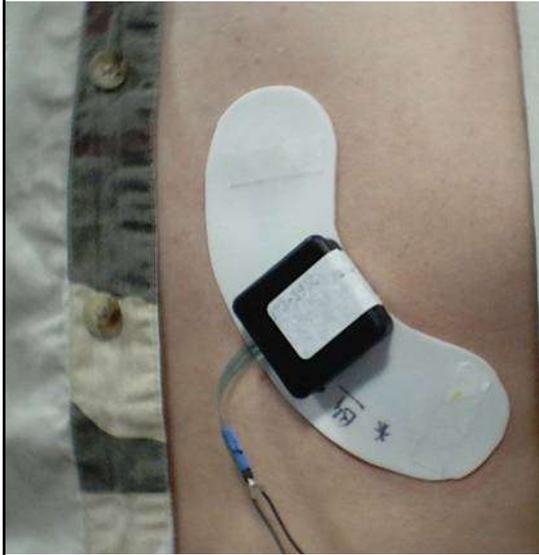
***Wireless Vital Signs Platform
& disposable sensor patch***



Les patchs



Vital Signs Monitoring



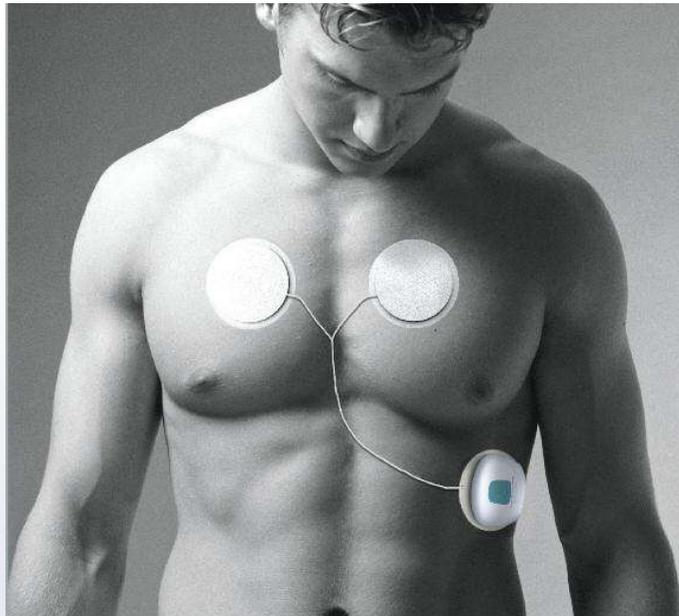
WelchAllyn®



Les patches



TECHNICAL INFORMATION



ECG

3 Leads

Frequency response: 0.5Hz - 40Hz

Sample Rate: 360 samples per second

Resolution: 12 bit

Event Detection

Bradyarrhythmia

Ventricular Tachycardia

Supraventricular Tachycardia

Ventricular Fibrillation

Atrial Fibrillation

Asystole

Patient activated event recording

Respiration

Impedance pneumography

Sample rate: 120 samples per second

Resolution: 12 bit

Activity

3-axis accelerometer

Scale: $\pm 2G$

Sample rate: 100 samples per second

Resolution: 12 bits on each axis

RF Event Transmission

Wi-Fi™ 802.11b/g

Transmission frequency: 2.4GHz

Transmission range: 50m

Full Disclosure Download

USB 2.0

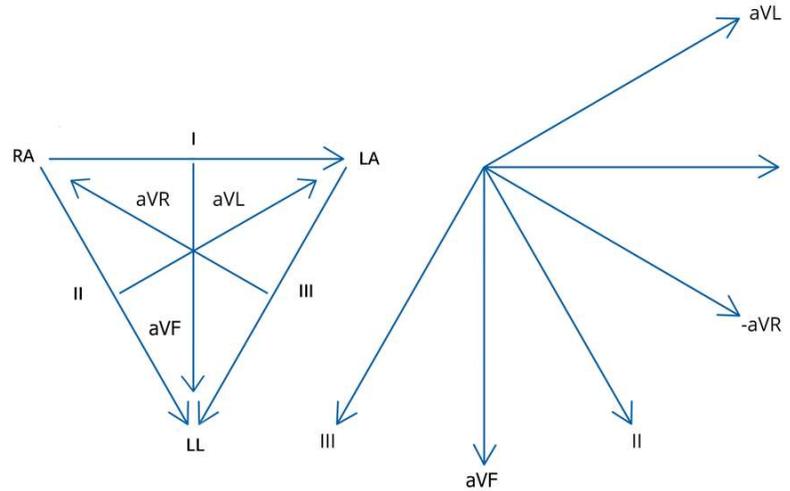
Regulatory Standards

CE Class IIa (pending)

STOP Exo !



Axe champ électrique cardiaque

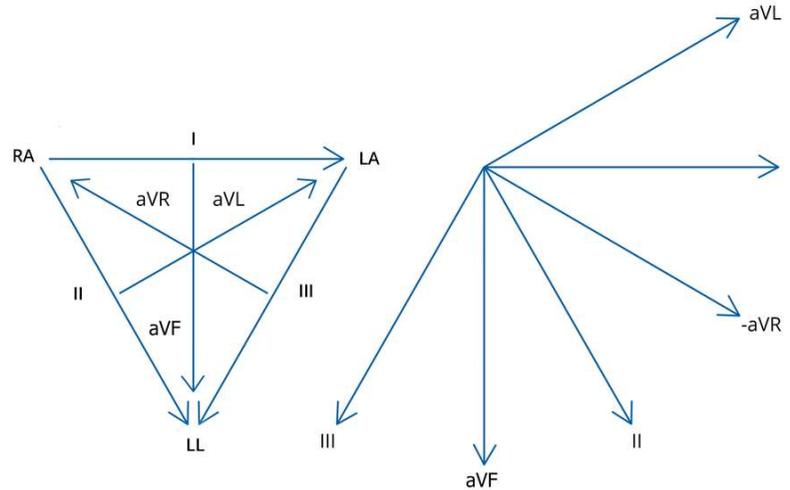


Christian Jonin, « La PACES en exercices » Ellipses, Juillet 2019

L'axe électrique cardiaque:

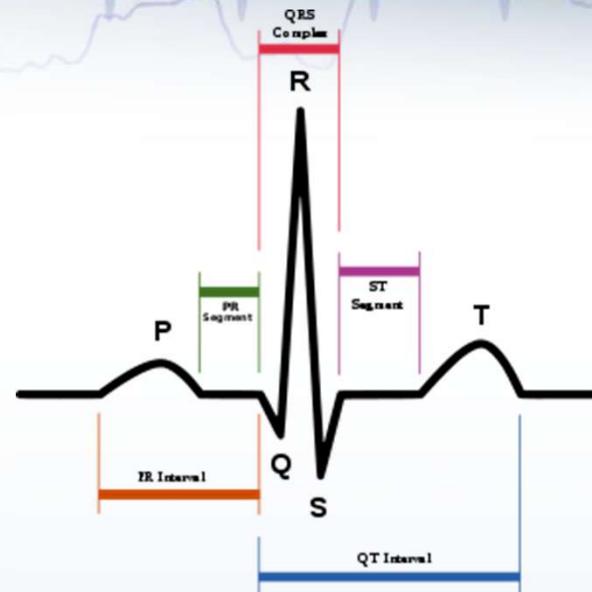
- Est situé exactement à $\pm 90^\circ$, si le complexe QRS a une amplitude nulle sur la dérivation I
- Est compris entre 0° et $+90^\circ$ si le QRS est négatif suivant dérivation I
- Est compris entre -30° et $+150^\circ$ si QRS est positif en II
- Est compris entre -30° et -90° si QRS est à la fois positif en I et II
- Est compris entre -30° et $+90^\circ$ si QRS est positif en I et négatif en II

Axe champ électrique cardiaque



L'axe électrique cardiaque:

- Est situé exactement à $\pm 90^\circ$, si le complexe QRS a une amplitude nulle sur la dérivation I
- Est compris entre 0° et $+90^\circ$ si le QRS est négatif suivant dérivation I
- Est compris entre -30° et $+150^\circ$ si QRS est positif en II
- Est compris entre -30° et -90° si QRS est à la fois positif en I et II
- Est compris entre -30° et $+90^\circ$ si QRS est positif en I et négatif en II
- Note: si QRS a une amplitude nulle suivant I cela signifie que la projection du dipôle cardiaque est nulle et que donc il est perpendiculaire à la dérivation I

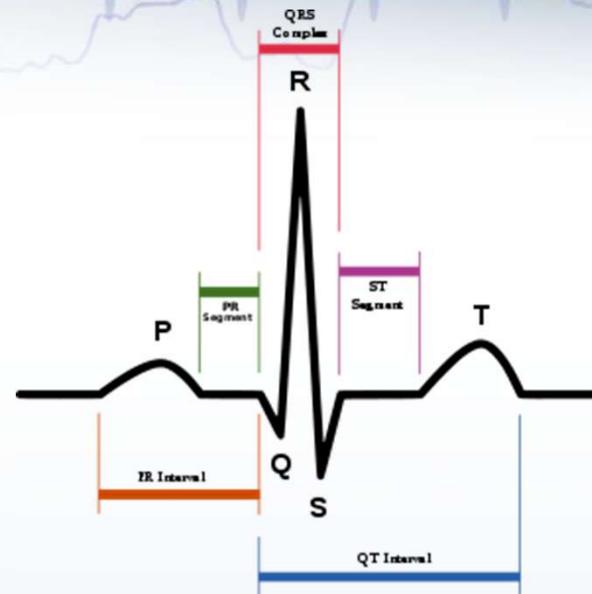


Christian Jonin, « La PACES en exercices » Ellipses, Juillet 2019

Soit un tracé d'ECG en dérivation II :

- La dérivation II est une dérivation bipolaire
- La dérivation II explore le cœur dans un plan horizontal
- Lors d'un trouble de repolarisation ventriculaire les points P et R seraient vraisemblablement plus proches l'un de l'autre
- Le point P est contemporain de la dépolarisation auriculaire
- Le point T est contemporain de la repolarisation auriculaire

Repères du tracé ECG



Christian Jonin, « La PACES en exercices » Ellipses, Juillet 2019

Soit un tracé d'ECG en dérivation II :

- La dérivation II est une dérivation bipolaire
- La dérivation II explore le cœur dans un plan horizontal
- Lors d'un trouble de repolarisation ventriculaire les points P et R seraient vraisemblablement plus proches l'un de l'autre (se distingue dans la partie ST)
- Le point P est contemporain de la dépolarisation auriculaire
- Le point T est contemporain de la repolarisation auriculaire



Keep going...

