Philippe CLARET

Traitement des signaux ECG

Projet CST

Table des matières

[1. L’objectif du document 2](#_Toc12883788)

[2. L’électrocardiographie 2](#_Toc12883789)

[3. L’électrocardiogramme 2](#_Toc12883790)

[3.1. Résultat d’un ECG avec un rythme sinusal 2](#_Toc12883791)

[3.2. L’activité électrique du cœur en 3 dimensions 3](#_Toc12883792)

[3.3. Les 12 dérivations cardiaques 3](#_Toc12883793)

[3.3.1 Les 6 dérivations frontales 4](#_Toc12883794)

[3.3.2 Les 6 dérivations horizontales (ou de Wilson) 6](#_Toc12883795)

[4. Les réglages d’un appareil EGC 7](#_Toc12883796)

[5. Traitement des enregistrements ECG 7](#_Toc12883797)

# L’objectif du document

Le but de ce document est de comprendre comment sont tracées les courbes d’électrocardiogramme et d’optimiser le traitement de collecte des données ECG en utilisant le langage Python.

# L’électrocardiographie

C’est une représentation graphique de l'activité électrique du [cœur](https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C5%93ur). Cette activité électrique est liée aux variations de [potentiel électrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Potentiel_%C3%A9lectrique) des cellules spécialisées dans la contraction (myocytes) et des cellules spécialisées dans l'automatisme et la conduction des influx. Elle est recueillie par des [électrodes](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrode) à la surface de la [peau](https://fr.wikipedia.org/wiki/Peau).

Pour plus d’informations sur l’activité électrique du [cœur](https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C5%93ur) :

[*https://www.fedecardio.org/Je-m-informe/Le-coeur/lactivite-electrique-du-coeur*](https://www.fedecardio.org/Je-m-informe/Le-coeur/lactivite-electrique-du-coeur)

L'électrocardiographe est l'appareil permettant de faire un **électrocardiogramme** ([**ECG**](https://www.fedecardio.org/glossaire/ECG)).

# L’électrocardiogramme

C’est un examen permettant de mesurer l'activité électrique du cœur et dont le résultat est une **courbe (x, y)** affiché sous forme d’un **tracé sur papier** ou un **tracé numérique affiché sur un moniteur et stocké sur un support informatique (ECG informatisé)** à l’aide d’un logiciel.

## Résultat d’un ECG avec un rythme sinusal

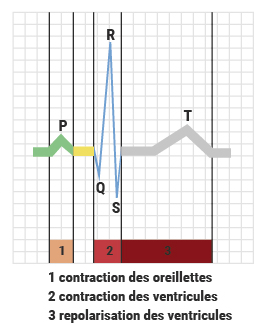
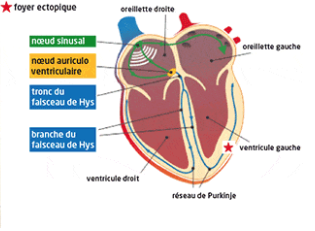
C’est un examen normal avec une fréquence normale à 60/ min, un rythme régulier (car les espaces entre les QRS sont identiques) et sinusal (car chaque onde P est suivi d’un QRS).



La ligne isoélectrique ou ligne de base est la ligne en rouge sur le schéma. Elle correspond au tracé qui serait enregistré sur un ECG si le cœur n’avait aucune activité électrique.

Les ondes situées au-dessus de cette ligne isoélectrique sont dites « positives » (onde P, onde T), les ondes situées en dessous de cette ligne sont dites « négatives » (onde Q). Le segment ST est isoélectrique (élément très important à observer en cas de douleur thoracique et de suspicion d’IDM).

* **L’onde P** correspond à la contraction auriculaire, elle est toujours positive sauf en AVR
* **L’espace PR** correspond à la conduction auriculo-ventriculaire (passage de l’influx électrique des oreillettes aux ventricules)
* **Le QRS** correspond à la contraction des ventricules et est généralement fin
* **Le segment ST** est toujours isoélectrique
* **L’onde T** correspond à la repolarisation ventriculaire, elle est souvent positive et de forme asymétrique



## L’activité électrique du cœur en 3 dimensions

Le terme « piste » (ou encore « dérivation ») désigne une caractéristique technique de l’appareil ECG. Une piste correspond à un chemin, (une voie) par lequel le courant mesuré passe et dont le résultat des mesures est représentée par une courbe (x, y).

Il existe des appareils ECG à 1, 2, 3 et même 10 ou 12 pistes. On pourrait comparer cela à une autoroute à une ou plusieurs voies. Plus un appareil ECG a de dérivations, plus il donne des renseignements précis sur l’activité électrique du cœur. Sur le marché, les **ECG 3, 6 et 12 dérivations (ou pistes)** se côtoient allègrement.

Chaque piste (ou dérivation) correspond à un œil (un point de vue) qui regarde l’activité électrique du cœur. Plus on a de points de vue, mieux on voit l’activité électrique du cœur se déplacer des oreilles vers les ventricules (donc de haut en bas et d’avant en arrière puisque le cœur est un organe en trois dimensions). Un ECG à plusieurs pistes est un peu comme un cinéma en 3D qui donne une vision en relief. Un ECG à une piste observe le cœur dans 2 dimensions seulement.

Le principal renseignement donné par un ECG une piste est d’analyser le rythme cardiaque et l’origine de la contraction (l’oreillette et/ou le ventricule). Cela est suffisant pour l’analyse de la plupart des maladies du rythme cardiaque.

Par-contre, une seule piste est insuffisante pour analyser toutes les caractéristiques de l’activité électrique du cœur (car elle ne permet pas d’obtenir une "vue d’ensemble"). En conséquence, certaines maladies du cœur ne peuvent pas être analysées au moyen d’un ECG une piste.

## Les 12 dérivations cardiaques

Sur l'électrocardiogramme, les dérivations cardiaques sont l'enregistrement de la différence de potentiel électrique entre deux points, que ce soit entre deux électrodes (dérivation bipolaire) ou entre un point virtuel et une électrode (dérivation unipolaire).

Il est important de savoir que les dérivations cardiaques ne doivent pas être constatées séparément mais avec l'ensemble de l'électrocardiogramme car chaque dérivation est un point de vue différent du même stimulus électrique.

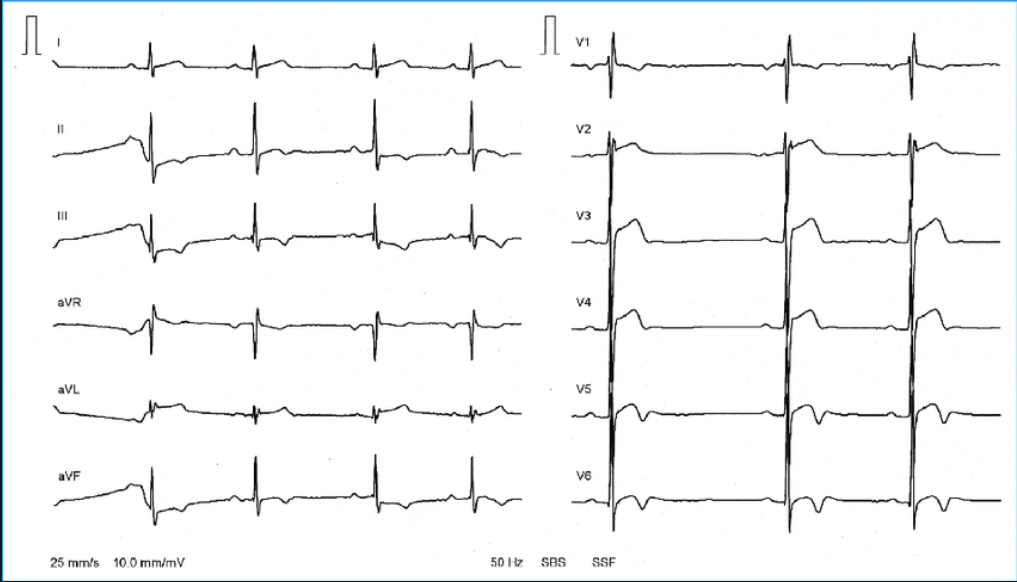
Un électrocardiographe mesure l’activité électrique du cœur sur deux plans, dits horizontal et frontal :

* Plan frontal : par **dérivations des membres**
* Plan horizontal : par **dérivations précordiales**

L'ECG à **12 dérivations** a été standardisé par une convention internationale. Elles permettent d'avoir une **idée tridimensionnelle** de l'activité électrique du cœur. Il comporte un certain nombre de dérivations cardiaques. Elles correspondent aux 12 angles de la fonction cardiaque. Ces 12 dérivations seront représentées par 12 pistes différentes affichées sur l’écran de visualisation de l’appareil.

Les 12 dérivations se répartissent comme suit :

* 6 dérivations périphériques (plan frontal)
* 6 dérivations précordiales (plan horizontal)

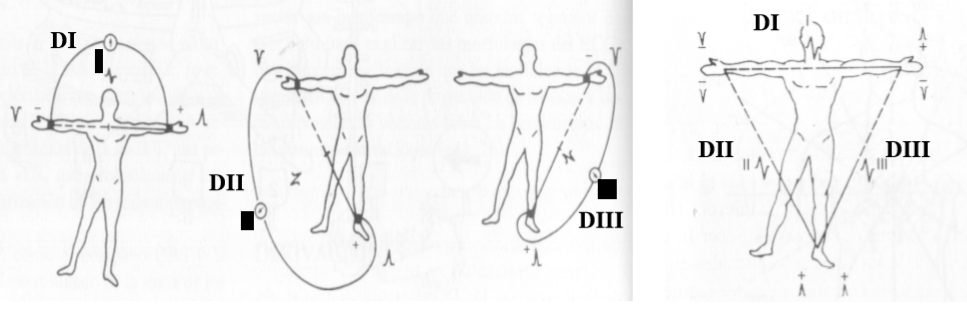


### Les 6 dérivations frontales

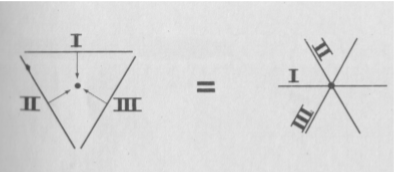
#### Les 3 dérivations bipolaires DI, DII et DIII

Chaque dérivation est mesurée à partir de deux électrodes et elles forment ensemble le triangle d'Einthoven (inventeur de l'électrocardiogramme). Elles maintiennent une proportion mathématique qui se reflète dans la loi d’Einthoven. Celle-ci nous dit : **DII = DI + DIII**.

* DI : mesure bipolaire entre bras droit(-) et bras gauche(+).
* DII : mesure bipolaire entre bras droit(-) et jambe gauche(+).
* DIII : mesure bipolaire entre bras gauche(-) et jambe gauche(+).

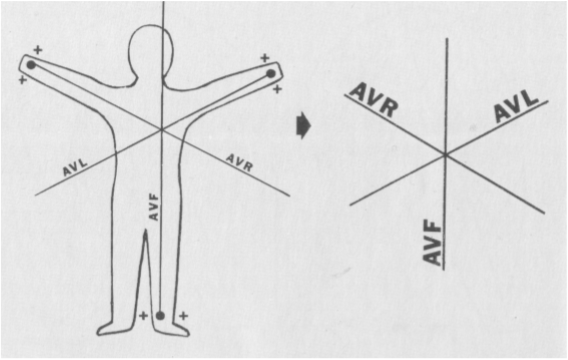


En déplaçant les 3 côtés du triangle d’Einthoven au centre de ce même triangle, on obtient le système triaxial de Bailey.

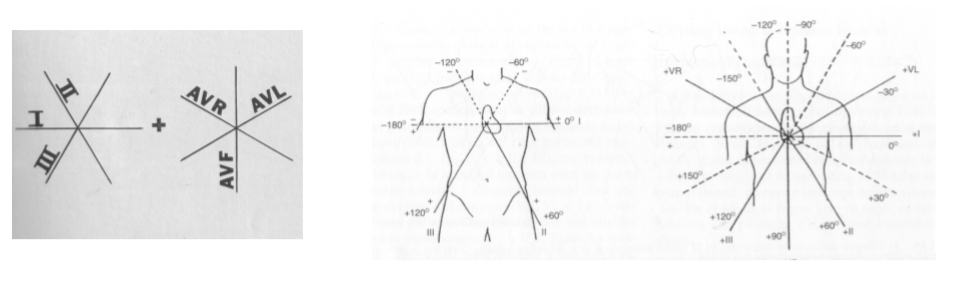


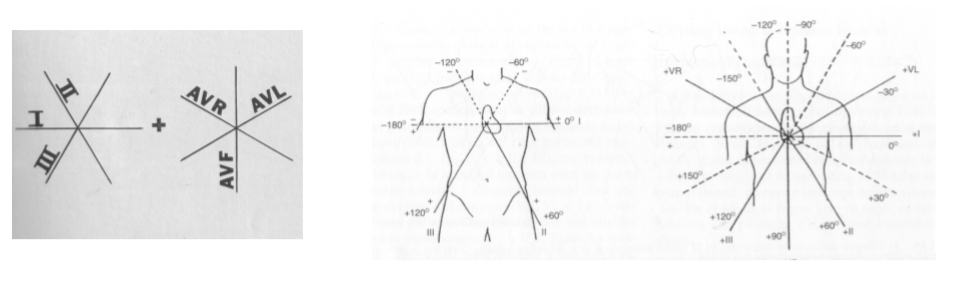
#### Les 3 dérivations monopolaires aVR, aVL et aVF

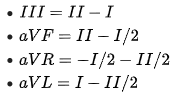
Elles sont dites de Goldberger et utilisent les mêmes électrodes que les dérivations d’Einthoven à ceci près que l’électrode est considérée comme pôle positif vers deux pôles négatifs constitués par les deux autres électrodes.

* aVR : mesure unipolaire sur le bras droit.
* aVL : mesure unipolaire sur le bras gauche.
* aVF : mesure unipolaire sur la jambe gauche.

Une combinaison dans le plan frontal des dérivations bipolaires et monopolaires donne le système hexaxial de Bailey.



On peut calculer la valeur de toutes ces dérivations à partir du signal de deux d'entre elles. Par exemple, si on connaît les valeurs de (DI) et (DII) : Énoncé de la Théorie d'Einthoven : le cœur se trouve au centre d'un triangle équilatéral formé par les membres supérieurs et la racine de la cuisse gauche.



**{\displaystyle III=II-I}Ces équations expliquent que les électrocardiogrammes numériques n'enregistrent plus en réalité que 2 dérivations frontales et restituent les 4 autres à partir de celles-ci par simple calcul.**

### Les 6 dérivations horizontales (ou de Wilson)

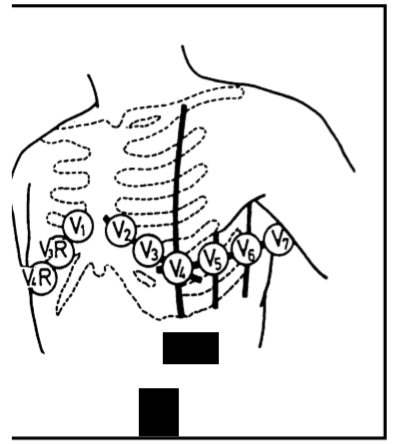
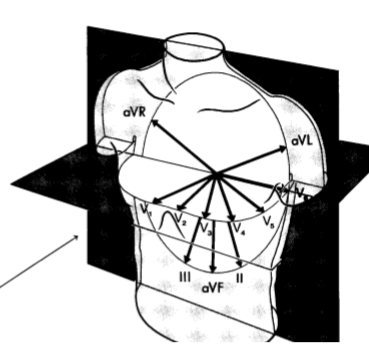
Il s’agit ici de dérivations unipolaires (V1, V2, V3, V4, V5 et V6). Comme les dérivations de Goldberger, la dérivation mesurée correspond au pôle positif tandis que les autres dérivations précordiales font office de pôle négatif.

Elles sont caractérisées par deux spécificités :

–          Elles enregistrent l’activité électrique cardiaque sur le plan horizontal

–          Leur dénomination « précordiales » indique qu’il faut les positionner près du cœur

Il existe également des dérivations plus à droite: V1R à V4R et plus à gauche : V7 à V9.

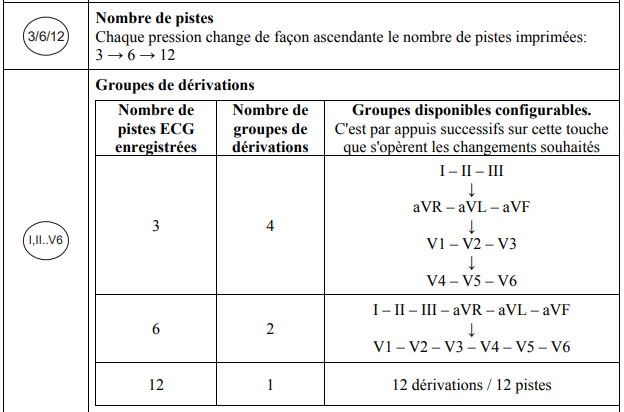


# Les réglages d’un appareil EGC

Un appareil ECG peut tracer jusqu’à 12 courbes (pistes ECG) au maximum. Le nombre de pistes est configuré au début de l’examen (3, 6 ou 12) et en fonction de ce dernier, un groupe de dérivations disponibles est configurable par l’opérateur.

12 dérivations permet d’avoir une **vue d’ensemble des ondes électriques cardiaques**.

Certains modèles d’ECG offrent la possibilité d’afficher les 12 pistes simultanément pour une**lecture plus claire et une interprétation des résultats plus fiable et complète**.



# Traitement des enregistrements ECG

L’algorithme écrit dans le fichier Python **import\_ecg\_2\_signaux\_lgvar.py** traite des fichiers de mesures d’électrocardiogramme qui sont enregistrées au format binaire. Il les convertit au format entier et les **écrit dans un** **fichier Excel**. Il **trace également une** **courbe x, y** pour chaque signal. Autre point important, il traite uniquement les fichiers ne comportant que 2 signaux ECG.

* un fichier (texte) .hea (en-tête) contenant des informations cliniques détaillées sur le sujet
* un fichier (binaire) .dat (signal) contenant les signaux numérisés de l'ECG

En prenant un exemple avec les enregistrements issus de la base de données sur les arythmies MIT-BIH, le signal supérieur est toujours une sonde de membre II modifiée (MLII) obtenue en plaçant les électrodes sur la poitrine. Le signal inférieur est généralement une dérivation modifiée V1 (parfois V2 ou V5 et, dans un cas, V4). Comme pour le signal supérieur, les électrodes sont également placées sur la poitrine.

Fichier 100.hea :

100 2 360 650000

100.dat 212 200 11 1024 995 -22131 0 MLII

100.dat 212 200 11 1024 1011 20052 0 V5

