

I Histoire abrégée du diagnostic cardiaque

L'intérêt de Léonard pour l'anatomie vient d'une curiosité artistique ; la Renaissance est une époque où on redécouvre le nu antique et les artistes étudient alors le corps humain. C'est donc pour mieux dessiner que Léonard dissèque des cadavres dans les hôpitaux de Florence et de Rome.

Mais sa curiosité ne s'arrête pas là, il va plus loin et cherche à comprendre à quoi servent les organes. Il écrit par exemple : "...détermine si le sang qui quitte le coeur par l'artère pulmonaire revient de nouveau au coeur", ayant ainsi l'intuition de la circulation sanguine qui ne sera pourtant découverte qu'en 1628.

I Histoire des principales découvertes sur le coeur :

<p>Avant L. de Vinci</p> <p>Claude Galien (131-201) établit sa théorie du flux et du reflux - le sang veineux avait son origine dans le foie et le sang artériel dans le coeur. Cette théorie a été reconnue et enseignée en Occident jusqu'en 1628 (William Harvey).</p>	
---	--

Léonard de Vinci - Coeur et vaisseaux coronaires, vers 1511-1513, Royal Collection Trust © HM Queen Elizabeth II 2018 - *Détection d'un infarctus*

A son époque, la croyance traditionnelle voulait que de l'air circule des poumons au coeur, se mélangeant directement au sang dans l'appareil cardio-pulmonaire: Une hypothèse pluriséculaire que finira par réfuter Vinci

Vinci avait fait des expériences pour voir ce qu'il se passait quand de l'eau ou de l'encre passait au travers de ces valves : cela créait des tourbillons qui refermait les valves derrière eux. Il avait compris ce système de flux unidirectionnel, et c'est incroyable ! On voit aussi ses représentations des parois du coeur, de leur épaisseur, il a bien vu que c'était un muscle.

1628, Harvey et la circulation sanguine

Jusqu'au XVII^e siècle, on pensait que c'était le foie qui produisait le sang, tandis que le coeur le chargeait d'un esprit vital qui distribuait la vie dans l'ensemble du corps. Mais en 1628, les observations

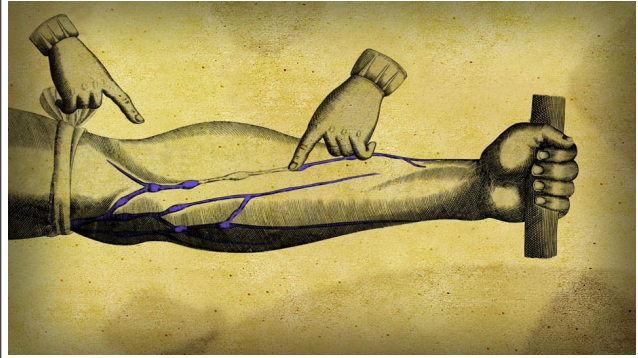
Hypothèses et démonstrations

Pour prouver son hypothèse de circulation avec retour du sang sur lui-même, Harvey recourt à un raisonnement quantitatif (il est ainsi le premier à

du médecin anglais William Harvey révèlent que le volume de sang est constant pour un individu donné et que le cœur est une simple pompe qui le fait circuler...

Il démontre que la phase de contraction commence aux oreillettes pour se propager aux ventricules ; que le sang pénètre les ventricules par la systole des oreillettes et non par l'attraction provoquée par la diastole des ventricules ; que les ventricules ne se contractent pas simultanément, mais successivement. Le pouls artériel est attribué à la systole ventriculaire

introduire la méthode quantitative en médecine) :



Il prouve cette théorie par l'expérience du garrot : on peut ainsi observer le flux du sang dans les veines au fur et à mesure qu'on desserre le garrot. La structure dans laquelle se fait ce retour, ce sont les veines superficielles : dans lesquelles on fait aujourd'hui les prises de sang. Il s'agit d'un retour progressif.

II Les diagnostics non invasifs et les techniques modernes

1 Les moyens classiques

La mesure de la tension artérielle

La tension artérielle correspond à la pression du sang dans les artères. Etape incontournable de toute consultation

Le test d'effort ou épreuve d'effort

Le test d'effort (ou épreuve d'effort) est un examen qui sert à évaluer les aptitudes cardiovasculaires, durant une activité physique soutenue.

La coronarographie

La coronarographie permet de visualiser les artères coronaires du cœur. Grâce à elle, le médecin peut détecter des anomalies de circulation sanguine dues à un obstacle.

2 Les méthodes informatisées

TEP: La tomographie par émission de positons, et 3D par rayons X

C'est un examen à visée diagnostique, reposant sur la détection de positons produits par une substance radioactive administrée au patient par voie intraveineuse. En cardiologie cet examen permet d'analyser le flux sanguin, soit dans les artères coronaires, soit dans les cavités cardiaques elles-mêmes.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) et le scanner cardiaque sont ainsi devenus des outils diagnostics et pronostiques

<https://www.youtube.com/watch?v=b-rq7pVOyHE>

[https://www.youtube.com/watch?](https://www.youtube.com/watch?time_continue=20&v=5n7BsEO9LA&feature=emb_1)

[time_continue=20&v=5n7BsEO9LA&feature=emb_1](https://www.youtube.com/watch?time_continue=20&v=5n7BsEO9LA&feature=emb_1)
ogo

L'électrocardiogramme

Un ECG (électrocardiogramme) est un enregistrement papier ou numérique des signaux électriques du cœur. L'ECG est utilisé pour déterminer la fréquence cardiaque, le rythme cardiaque et d'autres informations concernant l'état du cœur.

Le Holter : complémentaire à l'ECG

Le Holter analyse l'activité cardiaque durant 24 à 48 heures sans interruption afin de mettre en évidence d'éventuels troubles intermittents du rythme cardiaque qui ne peuvent pas être diagnostiqués par

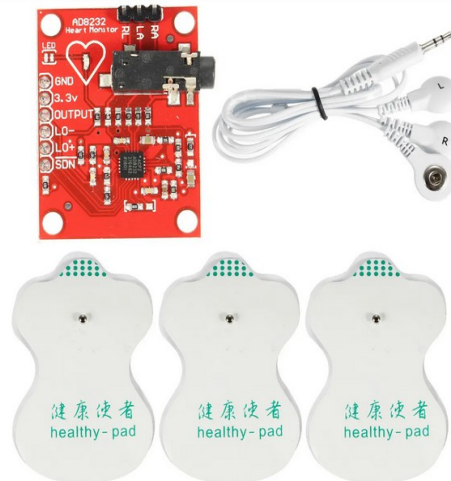


un électrocardiogramme simple

- **Angiographie**
- **Le doppler**

3 Activité élève - Construire un électrocardiographe

Le capteur ECG AD8232 est une carte économique utilisée pour mesurer l'activité électrique du cœur. Cette activité électrique peut être représentée sous forme d'ECG ou d'électrocardiogramme et sortie sous forme de lecture analogique. Le moniteur de fréquence cardiaque est conçu pour extraire, amplifier et filtrer les petits signaux biopotentiels en présence de conditions bruyantes, telles que celles créées par le mouvement ou le placement à distance des électrodes.



Remarque: Ce produit n'est PAS un appareil médical

Schéma de circuit / connexion entre l'Arduino et le capteur ECG AD8232

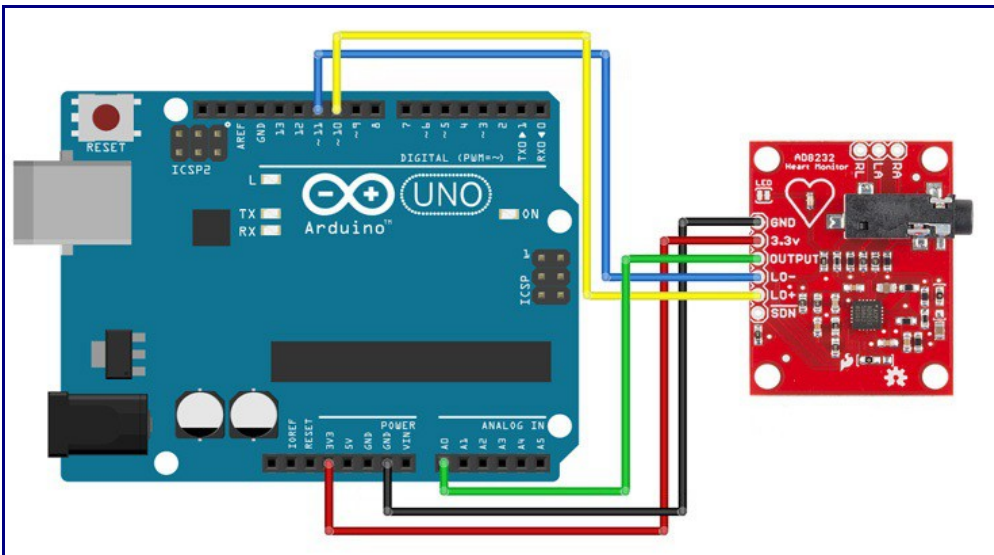
Le moniteur de fréquence cardiaque AD8232 sera connecté ou broché (Pin en anglais) selon les entrées et sorties suivantes:

Étiquette du conseil	Fonction Pin	Connexion Arduino
GND	Sol	GND
3.3v	Alimentation 3.3v	3.3v
SORTIE	Signal de sortie	A0
LO-	Détecter contacts d'électrodes -off -	11
LO +	Détecter les signaux +	10
SDN	Fermer	Non utilisé

Schéma

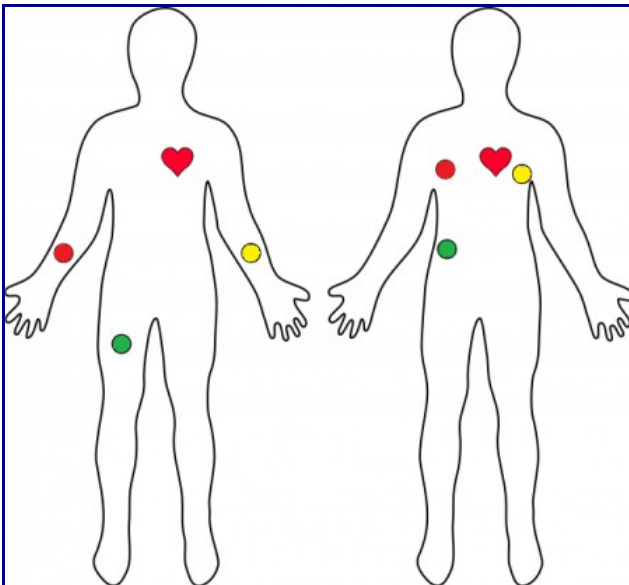
Suivez le schéma ci-dessous pour effectuer les connexions nécessaires. La broche SDN n'est pas utilisée ici. La connexion de cette broche à la terre ou "LOW" sur une broche numérique mettra la puce hors tension. Ceci est utile pour les applications à faible consommation.

Diagramme de connexion



Positionnement du capteur

Les capteurs doivent être placés en décrivant un triangle (Triangle d'Einthoven) sur les avant-bras et la jambe aussi être placés sur la poitrine, près des bras et au-dessus de l'abdomen droit mais plus les électrodes sont proches du cœur, meilleure est la mesure. Il est recommandé d'enclencher les contacts des capteurs électrodes sur les fils avant l'application sur le corps. Les câbles sont codés L, R et COM pour aider à identifier le placement approprié.



R (bras droit)
 L (bras gauche)
 COM ou RL (dernière côte ou jambe droite)

Code source / programme Arduino:

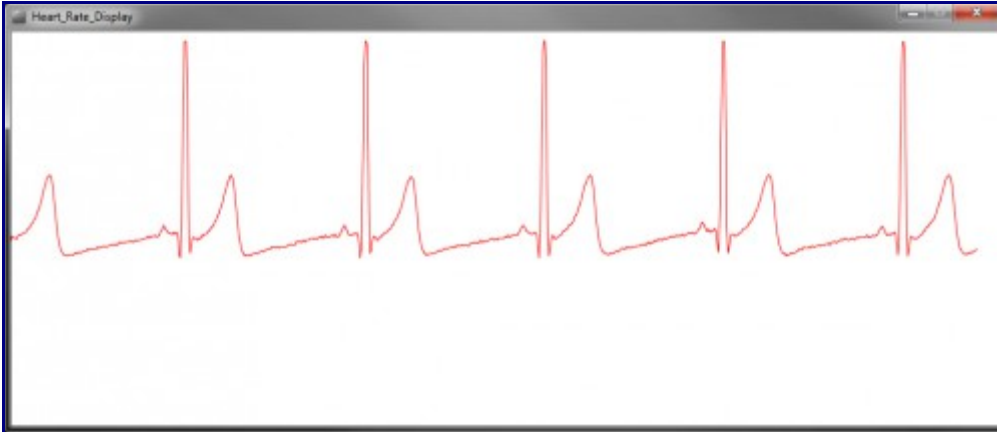
```
void setup() {
// initialise la communication avec le PC
Serial.begin(9600);
pinMode(10, INPUT); // signaux +
pinMode(11, INPUT); // signaux -
}

void loop() {
if((digitalRead(10) == 1)||((digitalRead(11) == 1)){
Serial.println("!");
}
else{
// send the value of analog input 0:
Serial.println(analogRead(A0));
}
}
```

```
delay(10);} 
```

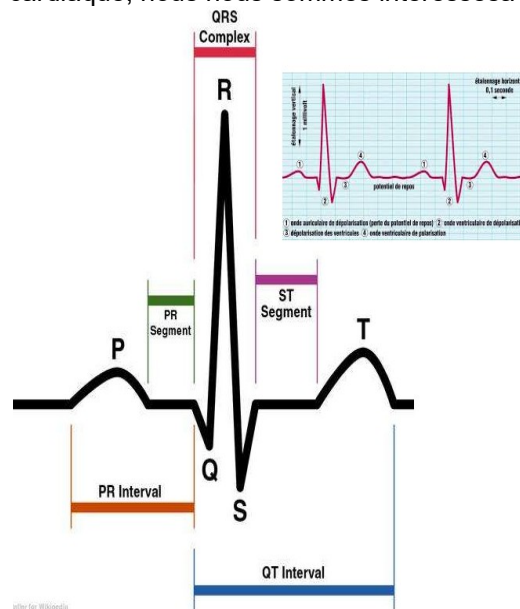
Traitement du code source / programme IDE

Une fois le code téléchargé, vous pouvez voir la valeur sur le moniteur série et également sur le traceur série.



Pour l'application Processing (représentation graphique) : Code à introduire

Le code proposé, hormis un affichage amélioré, permet le calcul du rythme cardiaque. Parmi les méthodes utilisées pour calculer le rythme cardiaque, nous nous sommes intéressés à la détection du complexe QRS.



Algorithme de détection des pics R: L'algorithme de détection du rythme cardiaque consiste à localiser les maxima locaux successifs dont la durée entre eux avoisine la durée typique d'un cycle cardiaque, à savoir 0,8 secondes comme durée moyenne ordinaire d'une révolution cardiaque (pour une moyenne de 75 BPM). Nous avons pris en considération la durée de la systole qui est toujours réduite par rapport à la durée diastolique. Cette condition nous permet d'écarter tout maximum local ne respectant pas la condition d'être localisé entre deux pics successifs d'une durée avoisinant la durée du cycle cardiaque.

```
import processing.serial.*;
Serial myPort; // le port série
int xPos = 1; // position horizontale du graphe
float height_old = 0;
float height_new = 0;
float inByte = 0;
int BPM = 0;
int beat_old = 0;
float[] beats = new float[500]; // utilisé pour calculer la moyenne des BPM
int beatIndex;
float threshold = 620.0; // seuil pour le calcul des BPM
boolean belowThreshold = true;
PFont font;

void setup () {
```



```

// set the window size:
size(1000, 400); // taille du graphe
// List all the available serial ports
println(Serial.list());
// Open whatever port is the one you're using.
myPort = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
myPort.bufferUntil('\n');
// set initial background:
background(0xff);
font = createFont("Arial", 12, true);
}

void draw () {
// positionne et dessine l'électrocardiogramme
inByte = map(inByte, 0, 1023, 0, height);
height_new = height - inByte;
line(xPos - 1, height_old, xPos, height_new);
height_old = height_new;
// à la fin de l'écran redémarre au début
if (xPos >= width) {
xPos = 0;
background(0xff);
}
else {
// increment the horizontal position:
xPos++;
}

// draw text for BPM periodically
if (millis() % 128 == 0){
fill(0xFF);
rect(0, 0, 200, 20);
fill(0x00);
text("BPM: " + inByte, 15, 10);
}
}

void serialEvent (Serial myPort)
{
// get the ASCII string:
String inString = myPort.readStringUntil('\n');
if (inString != null)
{
// trim off any whitespace:
inString = trim(inString);
// If leads off detection is true notify with blue line
if (inString.equals("!"))
{
stroke(0, 0, 0xff); //Set stroke to blue ( R, G, B)
inByte = 512; // middle of the ADC range (Flat Line)
}
// If the data is good let it through
else
{
stroke(0xff, 0, 0); //Set stroke to red ( R, G, B)
inByte = float(inString);
// BPM calculation check
if (inByte > threshold && belowThreshold == true)
{
calculateBPM();
belowThreshold = false;
}
else if(inByte < threshold)
{
belowThreshold = true;
}
}
}
}
}

```

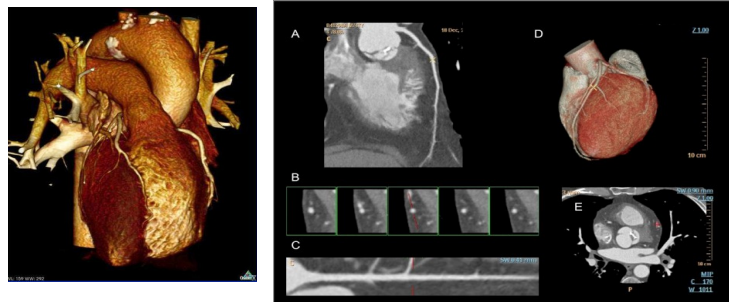
```
}  
}
```

```
void calculateBPM ()  
{  
int beat_new = millis(); // get the current millisecond  
int diff = beat_new - beat_old; // find the time between the last two beats  
float currentBPM = 60000 / diff; // convert to beats per minute  
beats[beatIndex] = currentBPM; // store to array to convert the average  
float total = 0.0;  
for (int i = 0; i < 500; i++){  
total += beats[i];  
}  
BPM = int(total / 500);  
beat_old = beat_new;  
beatIndex = (beatIndex + 1) % 500; // cycle through the array instead of using FIFO queue  
}
```

III Activité élève - Réalité augmentée: Tenir un coeur 3D dans sa main tel un hologramme est maintenant possible avec le Merge CubeLe "Merge Cube" est un cube présentant un motif différent sur ses 6 faces sur lequel des applications dédiées peuvent superposer un modèle numérique 3D (en réalité augmentée):



L'image du coeur d'un patient en 3D peut être construite et obtenue à partir de coupes issues d'un scanner



Selon l'application utilisée, l'utilisateur va pouvoir, en mode réalité augmentée avec son smartphone, avec ou sans casque de réalité virtuelle, manipuler un coeur qui bat, un cerveau, le système solaire, voire même des modèles 3D personnels. Un médecin pourra interagir avec ces modèles pour accéder à de l'information et les observer sous tous les angles et dans les moindres détails.

Nous utiliserons la fonction de l'application gratuite "**Object viewer**" associé au site "**Miniverse**". Cela nécessite dans un premier temps de se créer un compte sur le site Miniverse. A partir du code de l'objet à télécharger, les smartphones, démarrer l'application Object Viewer et entrer le code en question (Essayez par exemple coeur humain, P4PM1Q , ou LV8 9KE. Avec **Anatomy AR+** (Google Play, Apple Store) ou 4DAnatomy ce sont des organes du corps humain qui apparaissent.