

# TP 2 –ECG et bruits du cœur

## Exercice 1 : ECG au repos

### 1. Comment décririez-vous les amplitudes des diverses ondes au cours de différents cycles cardiaques ?

Amplitude des ondes au cours de différents cycles cardiaques

- Lorsqu'on observe un électrocardiogramme (ECG) sur plusieurs cycles cardiaques, les amplitudes des différentes ondes (P, QRS, T) présentent à la fois une constante générale et des variations légères.

#### 1- Amplitude en conditions normales

- Les amplitudes des ondes restent relativement constantes d'un cycle à l'autre
- Les variations légères sont physiologiques et peuvent être dues à :
  - la respiration, qui modifie la position du cœur dans la cage thoracique,
  - le contact des électrodes avec la peau,
  - de petites fluctuations du tonus nerveux autonome

#### 2- Onde spécifique

Onde	Amplitude typique	Variation d'un cycle à l'autre
<b>P</b>	0,1 à 0,3 mV	Légère
<b>QRS</b>	0,5 à 2 mV	Faible à modérer
<b>T</b>	0,1 à 0,5 mV	Légère

#### 3- Variations physiologiques

- Les modulations respiratoires peuvent faire varier légèrement les amplitudes :
  - Inspiration -> légère diminution ou augmentation selon la dérivation => lors de l'inspiration, le diaphragme s'abaisse, et le cœur se déplace légèrement, ce qui modifie la distance, électrode-cœur
  - Expiration -> le phénomène inverse se produit

-> C'est ce qu'on appelle un « balancement respiratoire » de l'ECG.

- Ces modifications sont normales et ne modifient pas la morphologie globale des ondes

#### 4- Conclusion

Les amplitudes des ondes ECG restent relativement constantes d'un cycle à l'autre, mais de petites variations physiologiques sont normales et liées à la respiration, au tonus nerveux et aux mouvements corporels.

### 2. L'onde P et le complexe QRS représentent respectivement la dépolarisation du muscle atrial et du muscle ventriculaire. Pourquoi l'amplitude du complexe QRS est-elle la plus grande ?

Rappel des faits

- Onde P -> représente la dépolarisation des oreillettes (muscle atrial)
- Complexe QRS -> correspond à la dépolarisation des ventricules (muscles ventriculaires)

-> Sur l'électrocardiogramme (ECG), l'amplitude du complexe QRS est nettement plus grande que celle de l'onde P

- 1- Différence de masse musculaire

- C'est la raison principale.

- Les ventricules possèdent une masse musculaire beaucoup plus importante que les oreillettes :

-> Le ventricule gauche, en particulier, a une paroi trois à quatre fois plus épaisse que celle des oreillettes, car il doit éjecter le sang dans tout le corps (grande circulation).

- Comme le signal enregistré à la surface du corps dépend de la quantité de muscles dépolarisés,

-> plus la masse musculaire est grande,

-> plus le courant généré est fort,

-> et donc plus l'amplitude du signal est élevée.

=> Amplitude -> masse musculaire dépolarisée.

## 2- Vitesse de dépolarisation

- La vitesse de propagation de l'influx électrique est plus rapide dans le tissu ventriculaire (système de His-Purkinje) que dans le tissu auriculaire.

- Cette dépolarisation rapide d'une masse importante de cellules produit un courant instantané plus intense, ce qui accentue encore l'amplitude du QRS.

## 4- En résumé

Caractéristiques	Onde P (oreillette)	Complexe QRS (ventricule)
Masse musculaire dépolarisée	Faible	Très grande
Vitesse de conduction	Lente	Rapide
Amplitude de moyenne	0,1 à 0,3 mV	0,5 à 2 mV
Raison principale	Faible masse musculaire	Grande masse musculaire et dépolarisation rapide

=> Donc l'amplitude du complexe QRS est plus grande car la dépolarisation des ventricules mobilise une masse musculaire bien plus importante et se propage plus rapidement, générant un courant électrique de plus grande intensité

3. Au cours des étapes 7 et 8, la fréquence cardiaque a été calculée en se basant sur les intervalles pic à pic des ondes R. Avez-vous remarqué des variations entre les battements ? Pensez-vous que l'intervalle entre les battements serait toujours identique ? Pourquoi ou pourquoi pas ?

## Observation

- Lorsqu'on mesure les intervalles pic à pic des ondes R (c'est-à-dire les intervalles RR) sur un ECG, on remarque souvent que ces intervalles ne sont pas parfaitement identiques d'un battement à l'autre.

- Autrement dit, le cœur ne va pas comme un métronome.

## 1- Variations entre les battements

- Même chez un individu sain et au repos, on observe des petites fluctuations des intervalles RR.

- Ces variations traduisent, ce qu'on appelle la variabilité sinusale, c'est-à-dire des modulations du rythme cardiaque autour d'une valeur moyenne.

## 2- Explication des variations

- Elles sont principalement dues à la régulation autonome du cœur par le système nerveux végétatif :

-> le système parasympathique (nerf vague) ralentit le cœur.

-> le système sympathique l'accélère.

- Ces deux systèmes ne sont jamais en équilibre parfait, ce qui entraîne les microfluctuations dans la fréquence cardiaque.

## 3- Influence de la respiration (arythmie sinusale respiratoire)

- C'est la cause physiologique la plus fréquente :  
-> Lors de l'inspiration, le tonus vagal diminue -> le cœur accélère

légèrement.

- > Lors de l'expiration, le tonus vagal augmente -> le cœur ralentit un peu.  
=> Cela provoque des petites différences entre les intervalles RR successifs.

#### 4- Intervalle entre les battements non identique

- Ce serait anormal que tous les intervalles RR soient exactement identiques : cela signifierait que le cœur est contrôlé de façon purement mécanique, sans influence du système nerveux autonome.
- Or, la variabilité cardiaque est un signe de bonne santé : elle reflète la capacité du cœur à s'adapter en permanence aux besoins de l'organisme (oxygène, activité, stress, respiration...).

=> Non, on ne s'attend pas à ce que l'intervalle entre les battements soit toujours identique, car le rythme cardiaque est modulé en permanence par le système nerveux autonome et la respiration. Ces variations sont naturelles et bénéfiques.

4. La fréquence cardiaque au repos se situe entre 60 et 90 bpm.(battements par minute.) La fréquence cardiaque au repos d'un athlète au top de sa forme peut se situer entre 45 et 60 bpm. Pourquoi la fréquence cardiaque d'une personne en excellente condition physique est-elle plus lente que celle d'une personne qui fait modérément de l'exercice ?

#### 1- Raison principale : adaptation du cœur

- Chez une personne très entraînée :

-

#### 1- Hypertrophie physiologique du ventricule gauche.

- Le muscle ventriculaire devient plus puissant et efficace
- Chaque contraction éjecte plus de sang (augmentation du volume

d'éjection systolique)

#### 2- Effet sur la fréquence cardiaque

- Pour maintenir le débit cardiaque au repos, il suffit de moins de battements puisque chaque battement éjecte plus de sang.
- Débit cardiaque  $Q = \text{fréquence cardiaque (FC)} \times \text{Volume d'éjection systolique (VES)}$  -> si VES augmente, FC peut diminuer tout en maintenant Q constant

#### 2- Influence du système nerveux, autonome

- Les athlètes ont un tonus parasympathique plus élevé et un tonus sympathique plus faible au repos, ce qui ralentit naturellement le cœur.
- Cela contribue à la bradycardie physiologique de l'athlète sans danger.

#### 3- Avantages

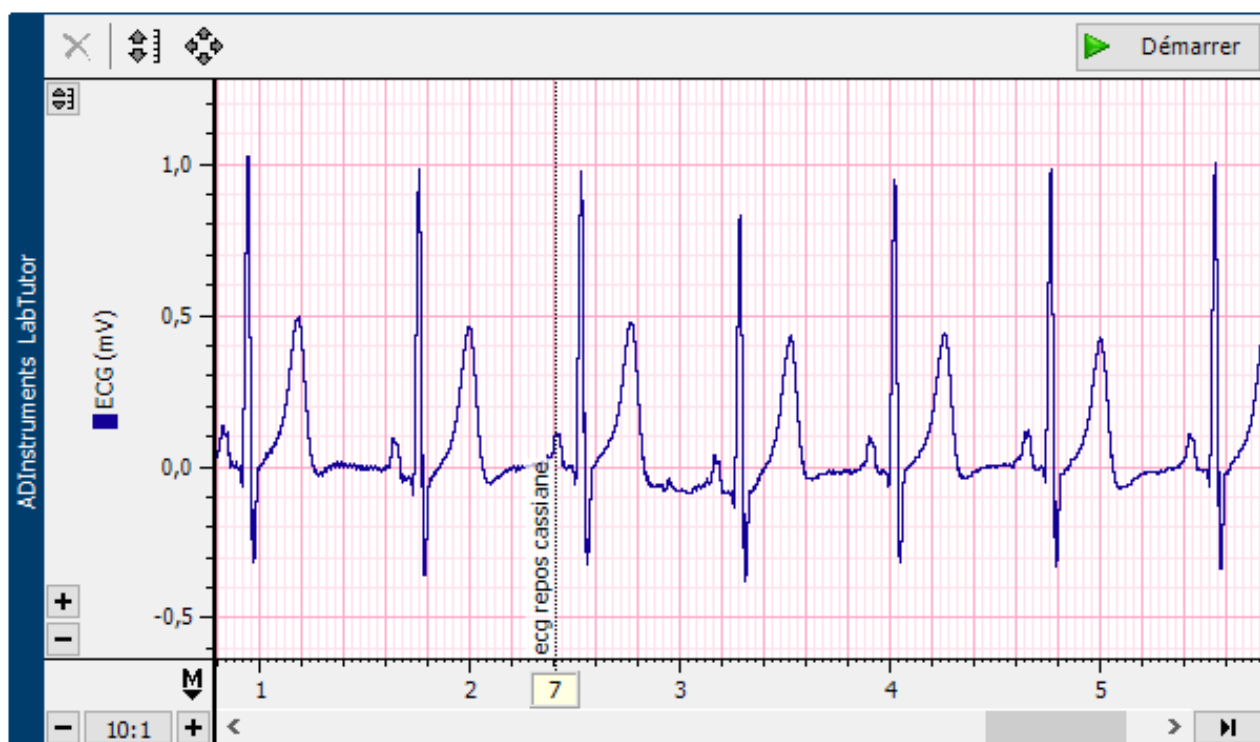
- Moins de stress mécanique et énergétique sur le cœur au repos.
- Amélioration de la performance cardio-vasculaire lors des efforts

=> La fréquence cardiaque d'une personne très entraînée est plus lente parce que son cœur est plus efficace : il pompe plus de sang à chaque battement, et le système nerveux parasympathique ralentit naturellement le rythme au repos

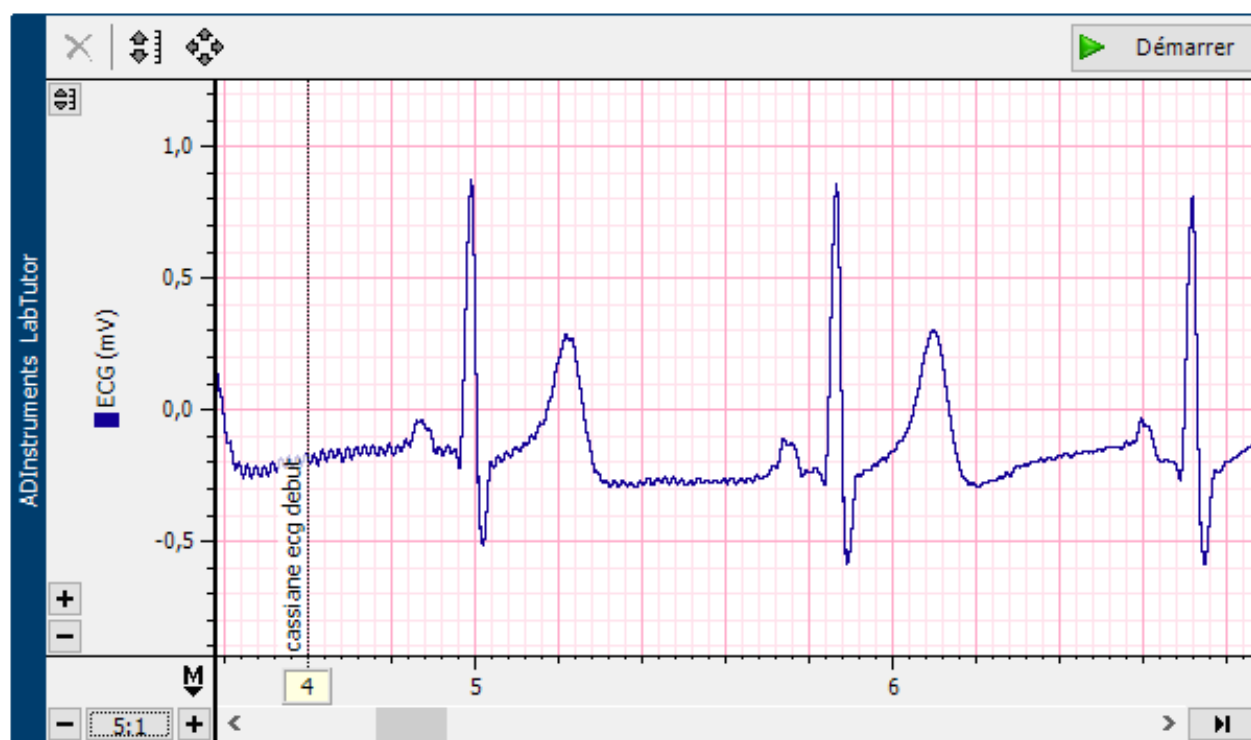
---

## Exercice 2 : Variations des ECG

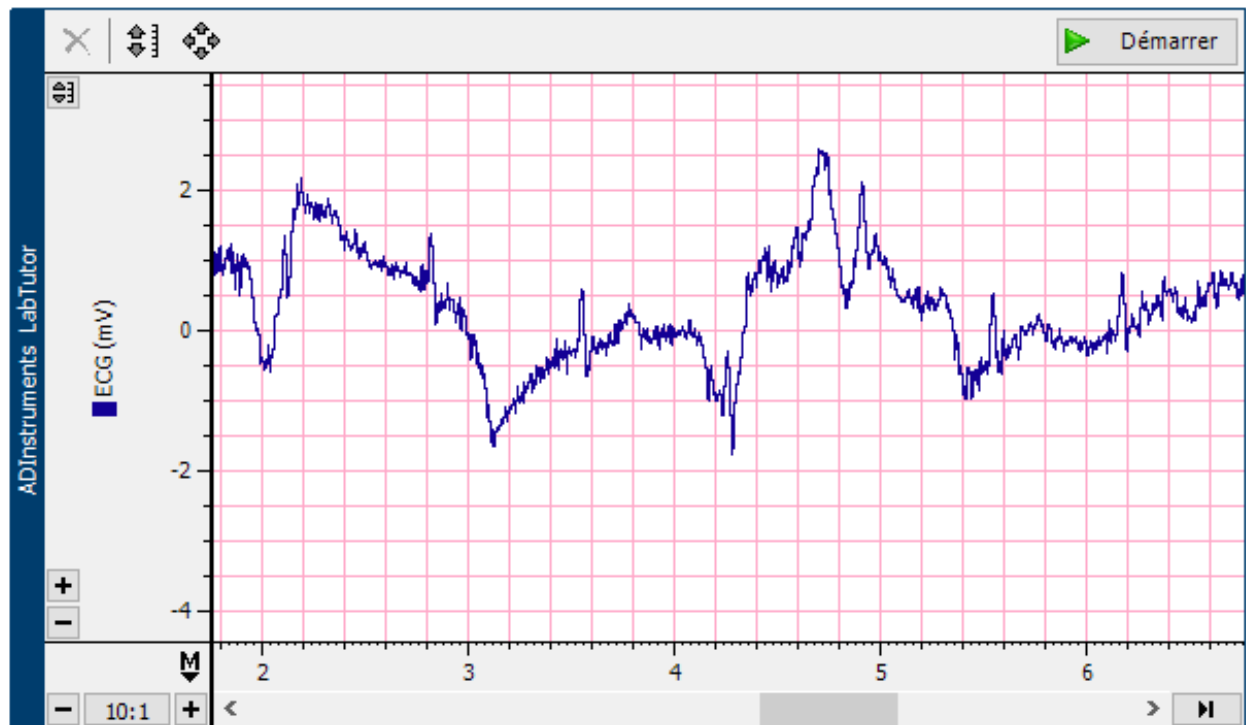
**PARTIE CASSIANE ROLLET EXERCICE ECG REPOS, MAIN SUR LA POITRINE, MAIN OUVERTE ET FERMÉE, TABLEAU**



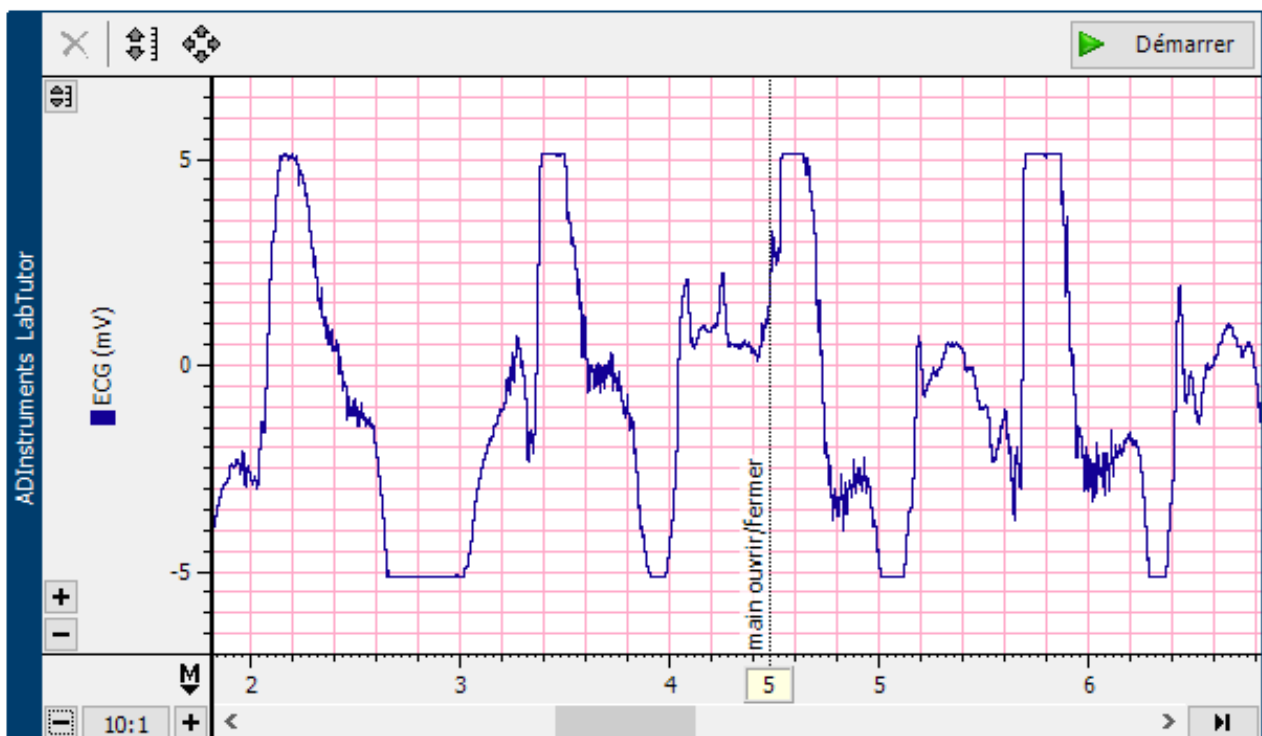
ECG Cassiane Rollet - repos à la fin de l'enchaînement



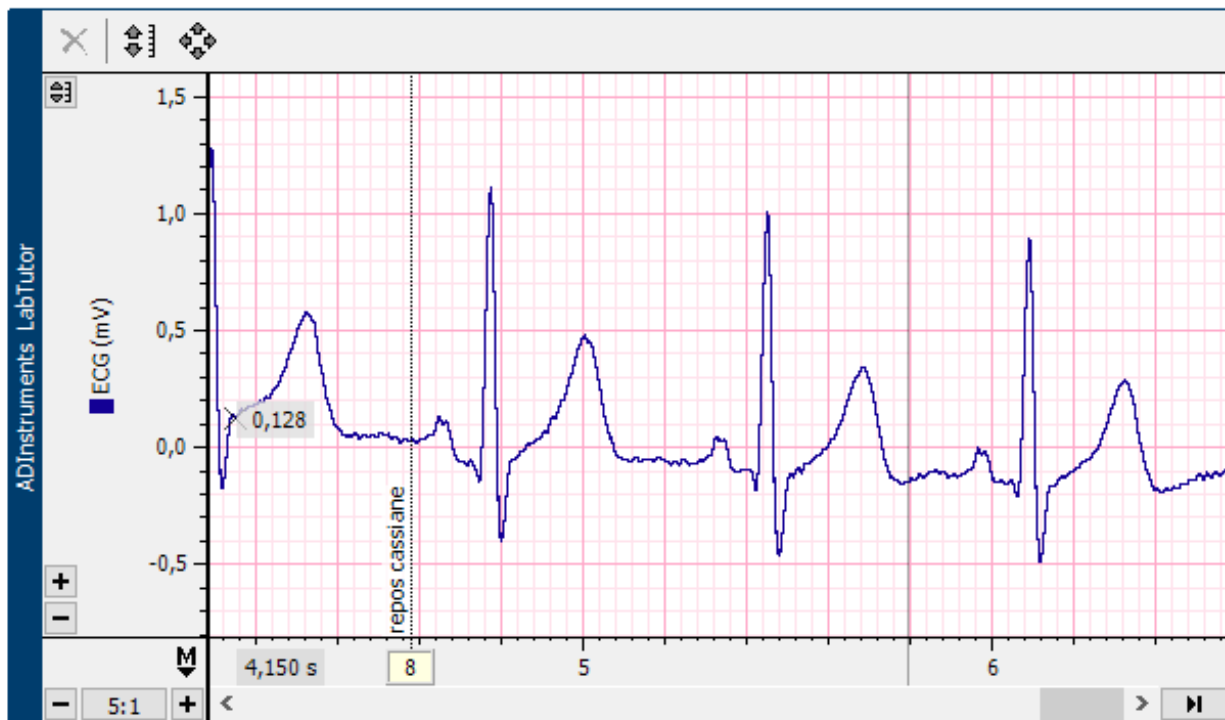
ECG Cassiane Rollet - debout



ECG Cassiane Rollet - main sur la poitrine



ECG Cassiane Rollet - main ouverte et fermé



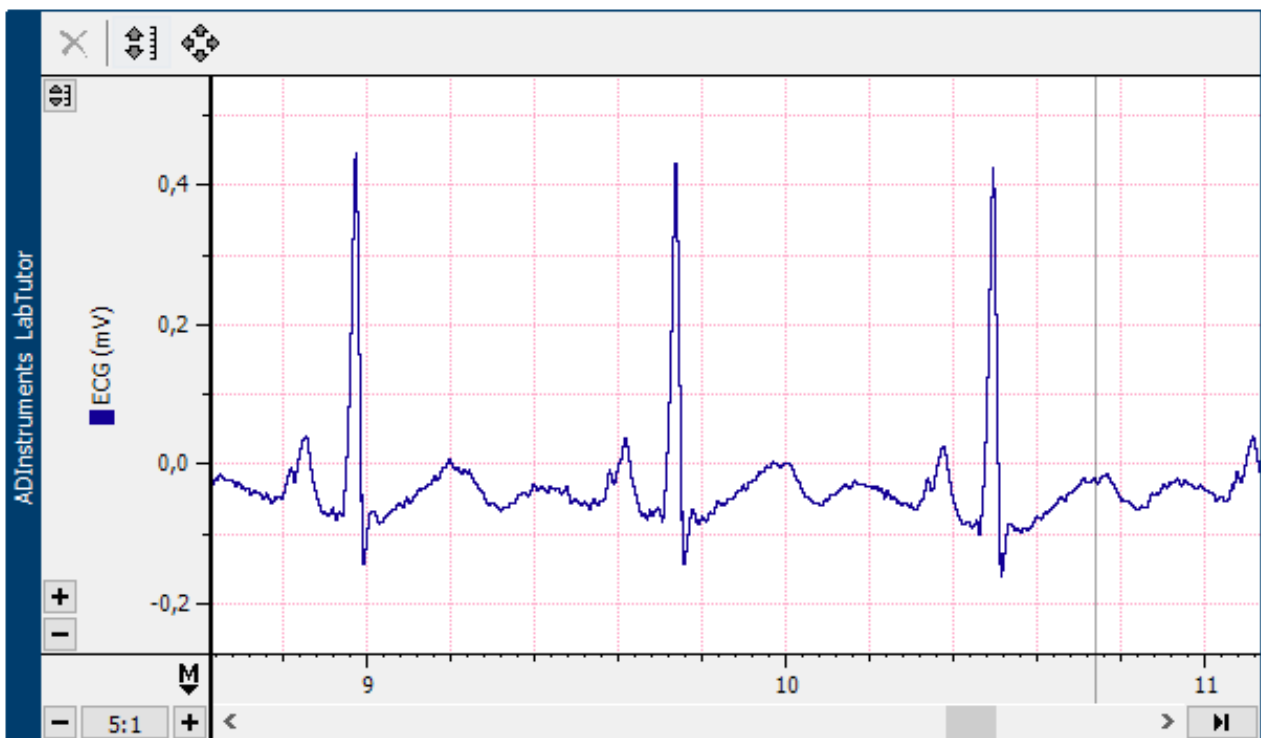
ECG Cassiane Rollet - repos au début de l'enchaînement

Amplitude et durée d'un ECG		
Composante	Amplitude (mV)	Durée (s)
Onde P	0,072	0,035
Complexe QRS	0,86	0,065
Onde T	0,472	0,15

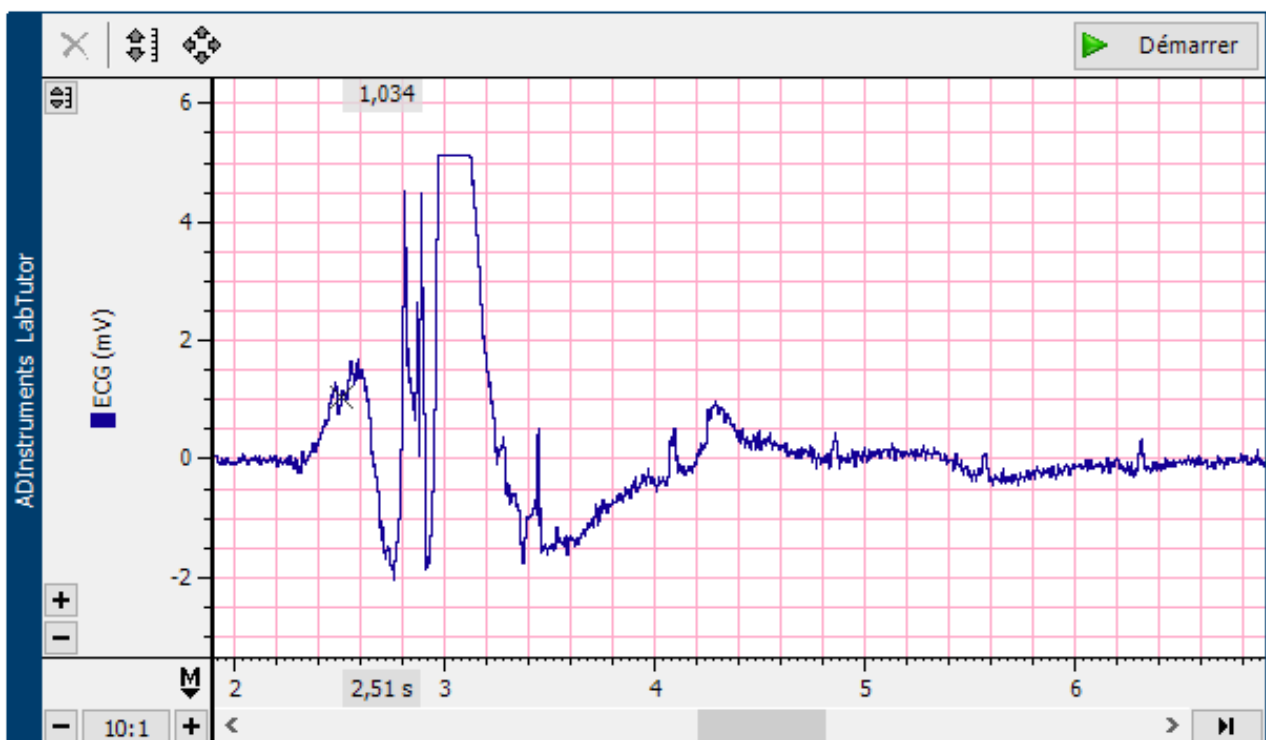
Intervalle et fréquence d'un ECG		
Paire	Intervalle (s)	Fréquence cardiaque (BPM)
1	0,95	63,2
2	1,77	33,9
3	2,53	23,7

Tableau Cassiane Rollet - amplitude et durée d'un ECG et intervalle et fréquence d'un ECG

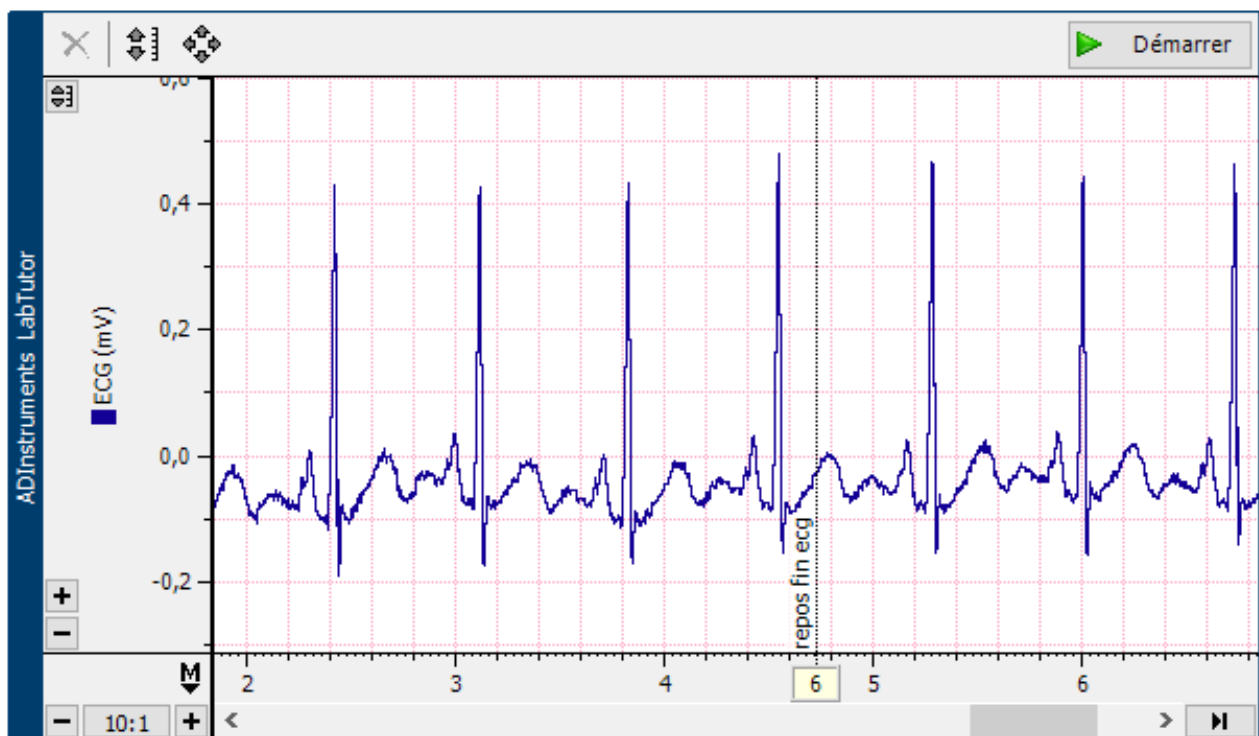
**PARTIE CHARLINE PICAULT EXERCICE ECG REPOS, MAIN SUR LA POITRINE, MAIN OUVERTE ET FERMÉ, TABLEAU**



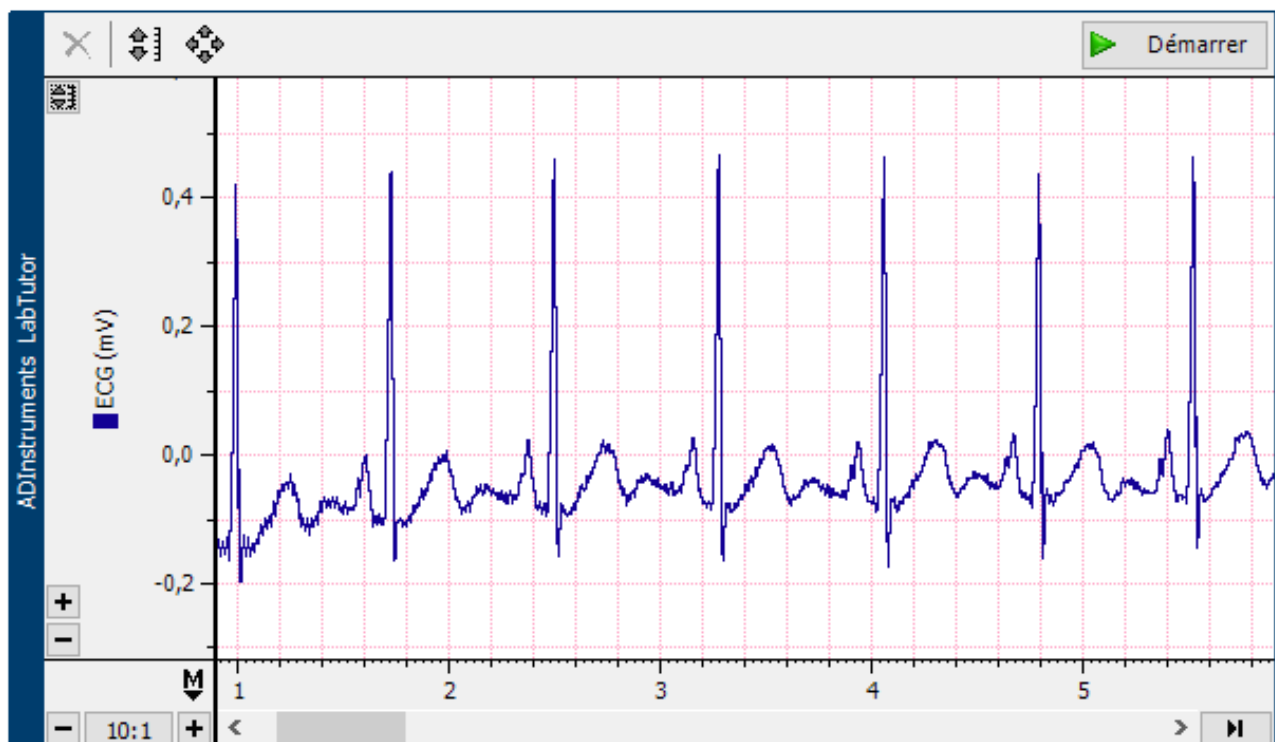
ECG Charline Picault - repos au début de l'enchaînement



ECG Charline Picault - main sur la poitrine

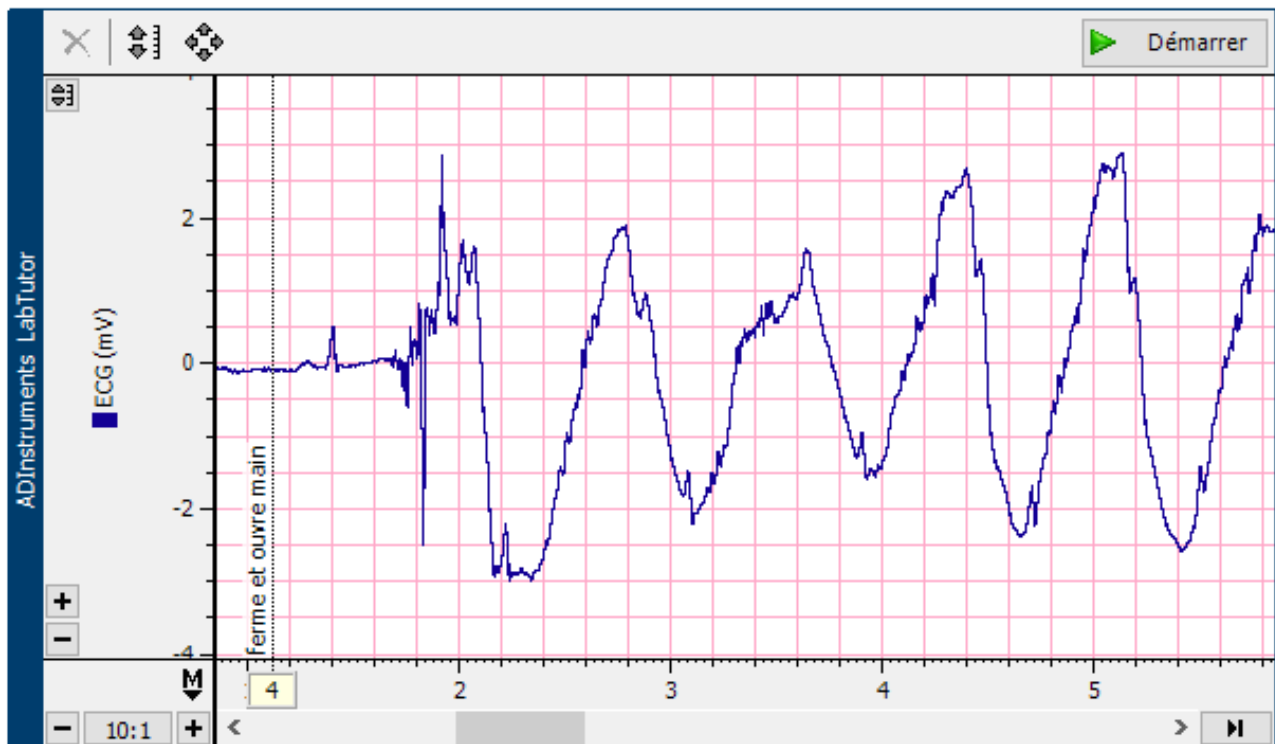


ECG Charline Picault - repos à la fin de l'enchaînement



ECG Charline Picault - repos





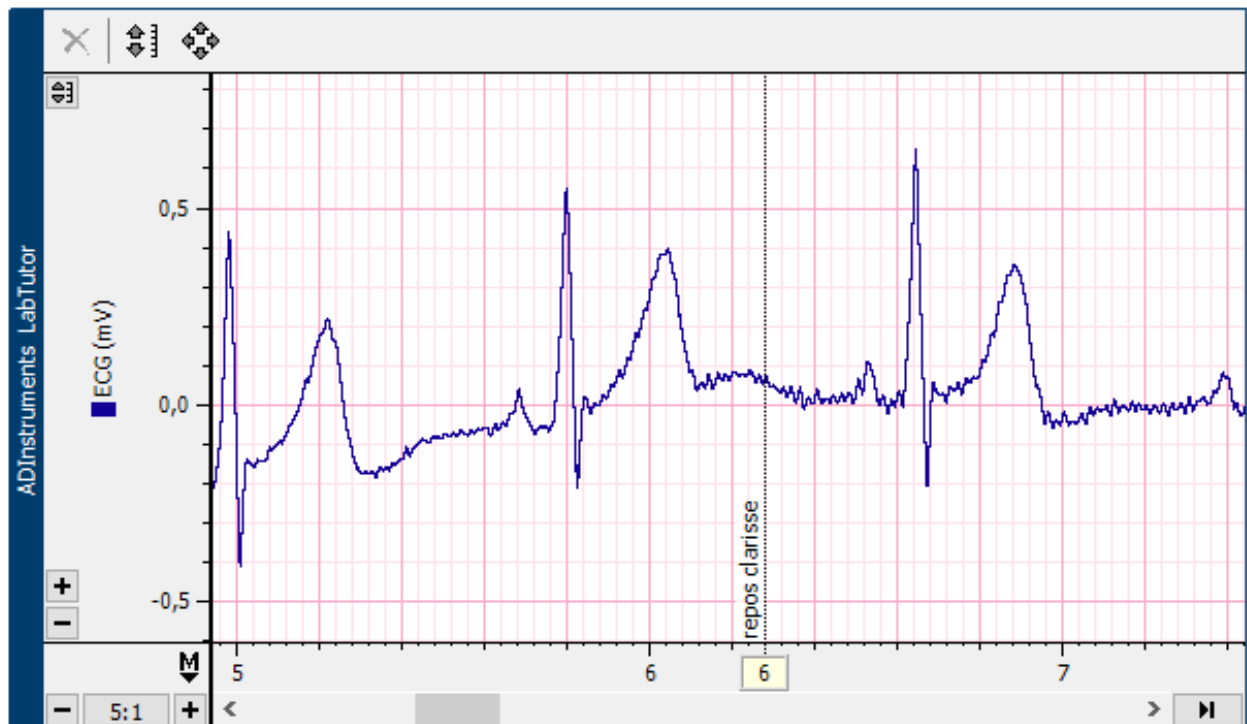
ECG Charline Picault - main ouverte et fermé

Amplitude et durée d'un ECG		
Composante	Amplitude (mV)	Durée (s)
Onde P	0,081	0,08
Complexe QRS	0,544	0,055
Onde T	0,057	0,135

Intervalle et fréquence d'un ECG		
Paire	Intervalle (s)	Fréquence cardiaque (BPM)
1	2,41	24,9
2	3,12	19,2
3	3,83	15,7

Tableau Charline Picault - amplitude et durée d'un ECG et intervalle et fréquence d'un ECG

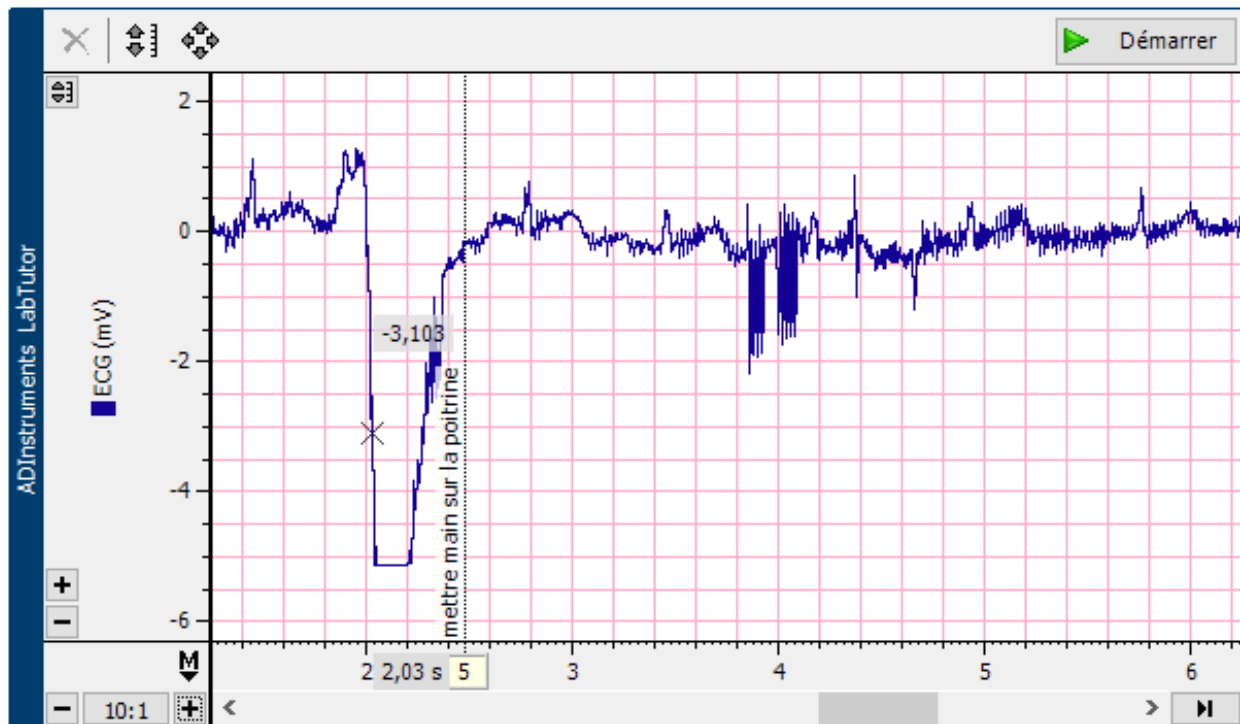
**PARTIE CLARISSE IACOVELLA EXERCICE ECG REPOS, MAIN SUR LA POITRINE, MAIN OUVERTE ET FERMÉ, TABLEAU**



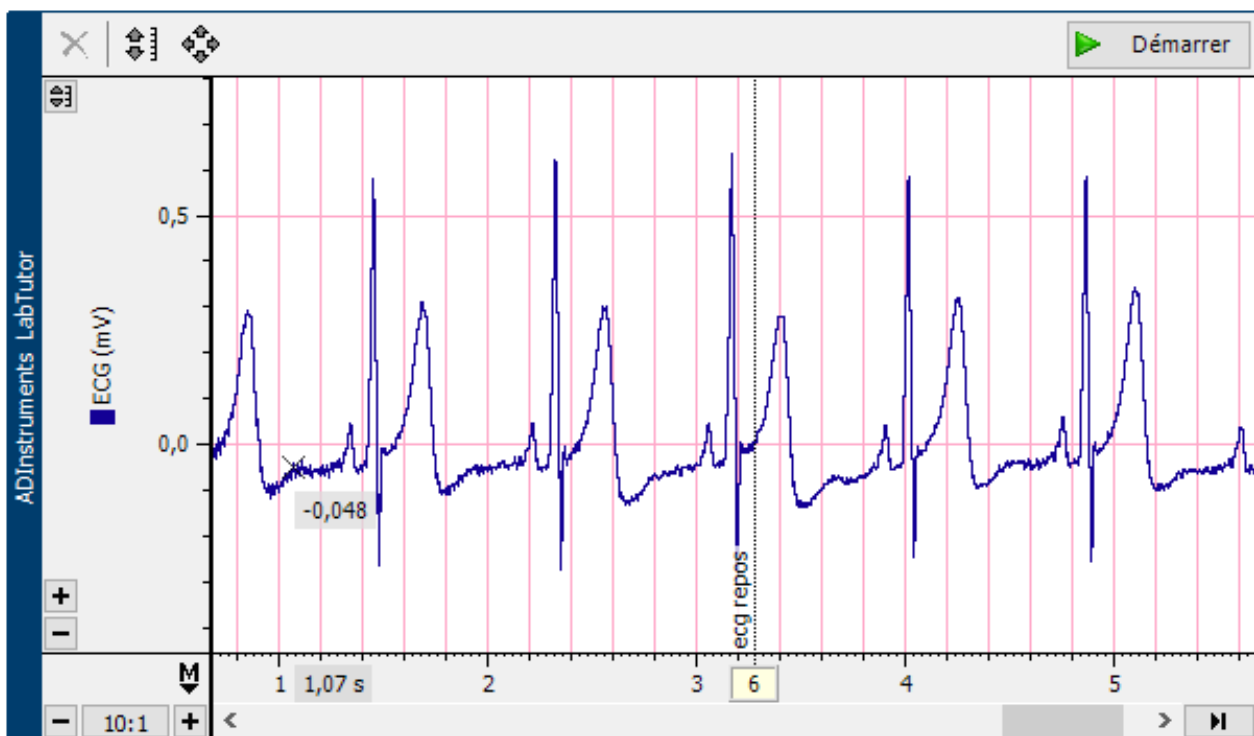
ECG Claisse Iacovella - repos



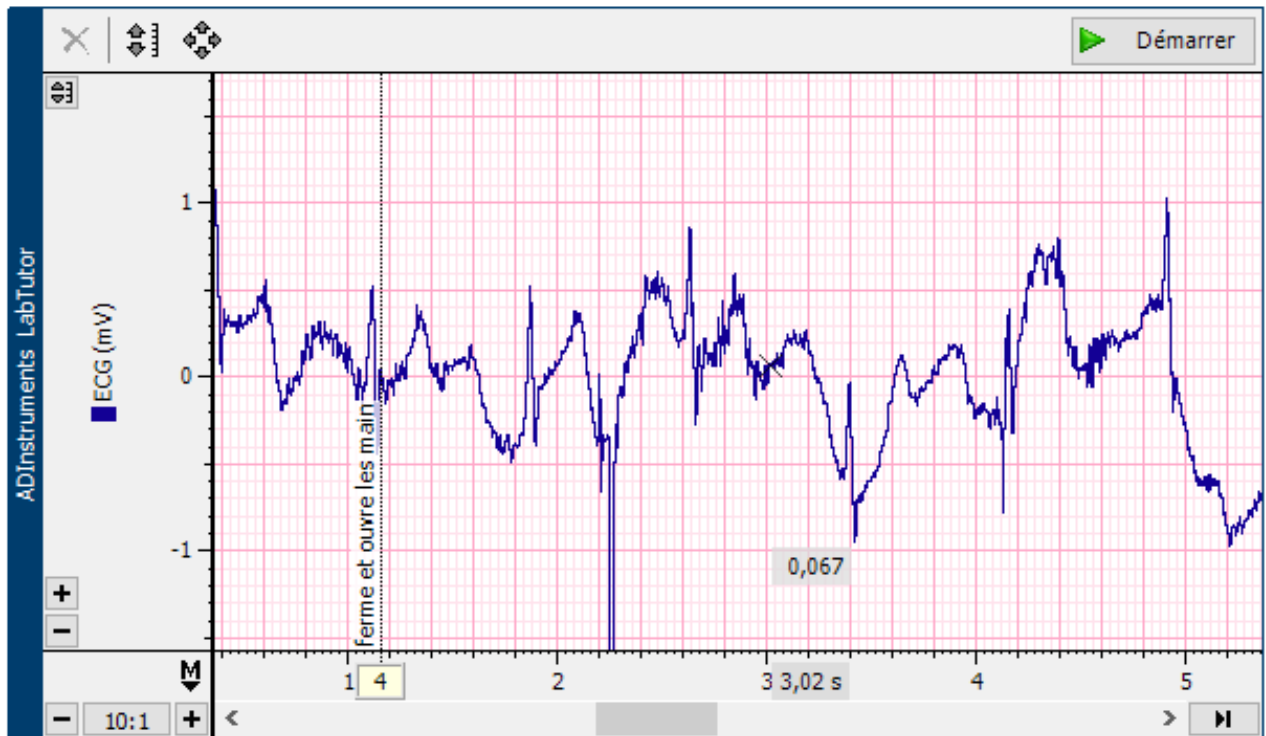
ECG Claisse Iacovella - repos au début de l'enchaînement



ECG Clarisse Iacovella - main sur la poitrine



ECG Clarisse Iacovella - repos à la fin de l'enchaînement



ECG Clarisse Iacovella - main ouverte et fermé

**TABEAU DE COMPARAISON DES VARIATIONS DES AMPLITUDES ET DES DURÉES DES COMPOSANTES D'UN ECG**

Variation des amplitudes et des durées des composantes d'un ECG						
Volontaire	Amplitude de l'onde P (mV)	Durée de l'onde P (s)	Amplitude de l'onde R (mV)	Durée du complexe QRS (s)	Amplitude de l'onde T (mV)	Durée de l'onde T (s)
clarisse	0,052	4,844	0,645	4,95	0,363	5,078
cassiane	0,094	5,95	1,04	6,062	0,328	6,24
charline	0,091	10,32	0,512	10,462	0,072	10,595

Tableau de comparaison des variations des amplitudes et des durées des composantes d'un ECG de Clarisse Iacovella, Cassiane Rollet et Charline Picault

5. Chez différents individus, les amplitudes et les durées des diverses ondes sont-elles du même ordre ou sont-elles très différentes ?

Variabilité des amplitudes et durées des ondes ECG entre individus

- Lorsqu'on compare les électrocardiogrammes des différents individus, on observe que les amplitudes et les durées des différentes ondes (P, QRS, T) présentent à la fois des similitudes et des variations.

### 1- Amplitude des ondes

- Amplitude de l'onde P : généralement 0,1 à 0,3 mV mais peut varier légèrement selon la taille des oreillettes et l'épaisseur de la paroi thoracique.
- Amplitudes du complexe QRS : en moyenne 0,5 à 2 mV, mais varient beaucoup d'un individu à l'autre selon :
  - masse ventriculaire (hypertrophie ou atrophie) ...
- Amplitude de l'onde T : généralement 0,1 à 0,5 mV, varie selon la repolarisation ventriculaire et l'état physiologique (exemple : exercice, électrolytes, température...)

=> Les amplitudes sont du même ordre de grandeur, mais elles varient entre individus.

### 2- Durée des ondes et intervalles

- Durée de l'onde P : 0,08 à 0,12 s
- Durée du complexe QRS : 0,08 à 0,12 s
- Intervalle PR : 0,12 à 0,20 s
- Intervalle QT : variable selon la fréquence cardiaque
- Ces durées sont relativement constantes mais peuvent légèrement varier selon :
  - la taille du cœur.
  - la vitesse de conduction électrique.
  - la fréquence cardiaque.

### 3- Conclusion

- Les amplitudes et durées des ondes ECG sont du même ordre entre individus, ce qui permet de reconnaître les ondes P, QRS et T.
- Cependant, il existe une variabilité physiologique normale, influencée par :
  - la masse et taille du cœur.
  - état, physiologique (repos, exercice, stress)
  - âge et sexe

## 6. Quelles variations de fréquence cardiaque avez-vous observées chez les différents individus ?

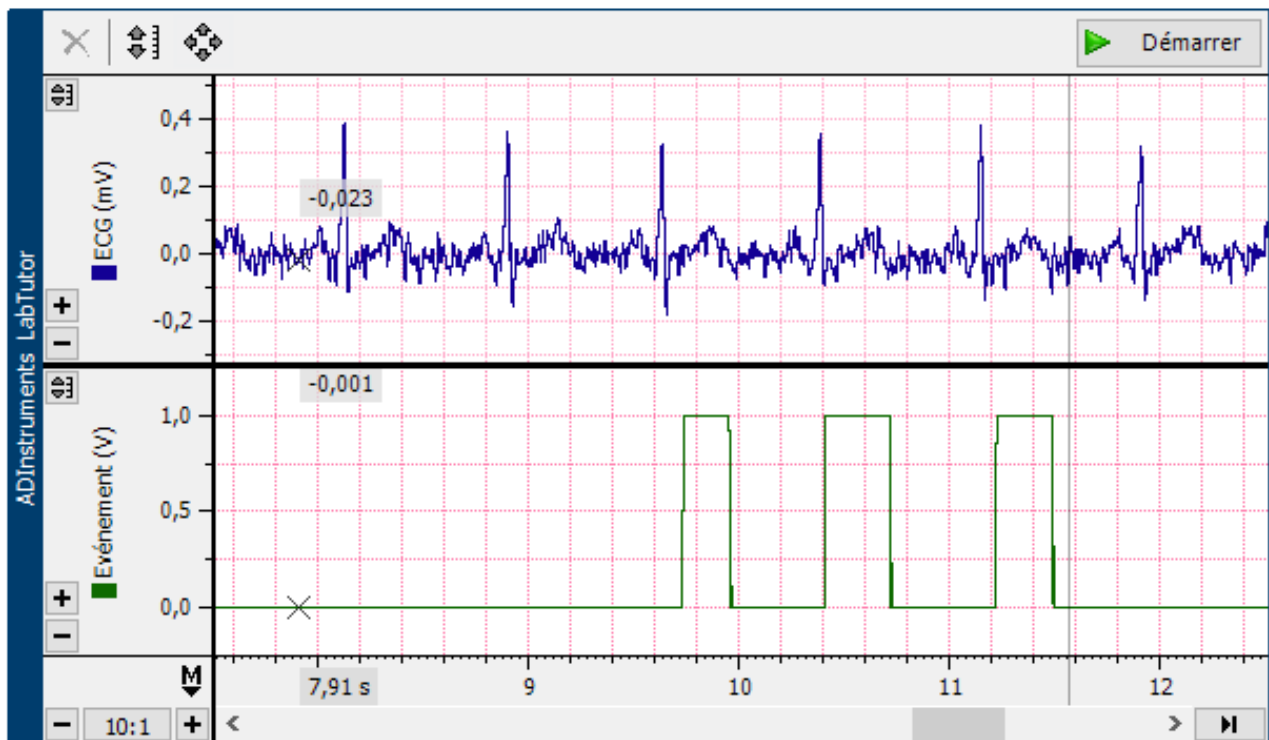
Les fréquences cardiaques observées chez les différents individus ne sont pas identiques. On observe des variations naturelles de la fréquence cardiaque au repos.

Ces différences dépendent de plusieurs facteurs physiologiques et environnementaux, qui peuvent être dus aux :

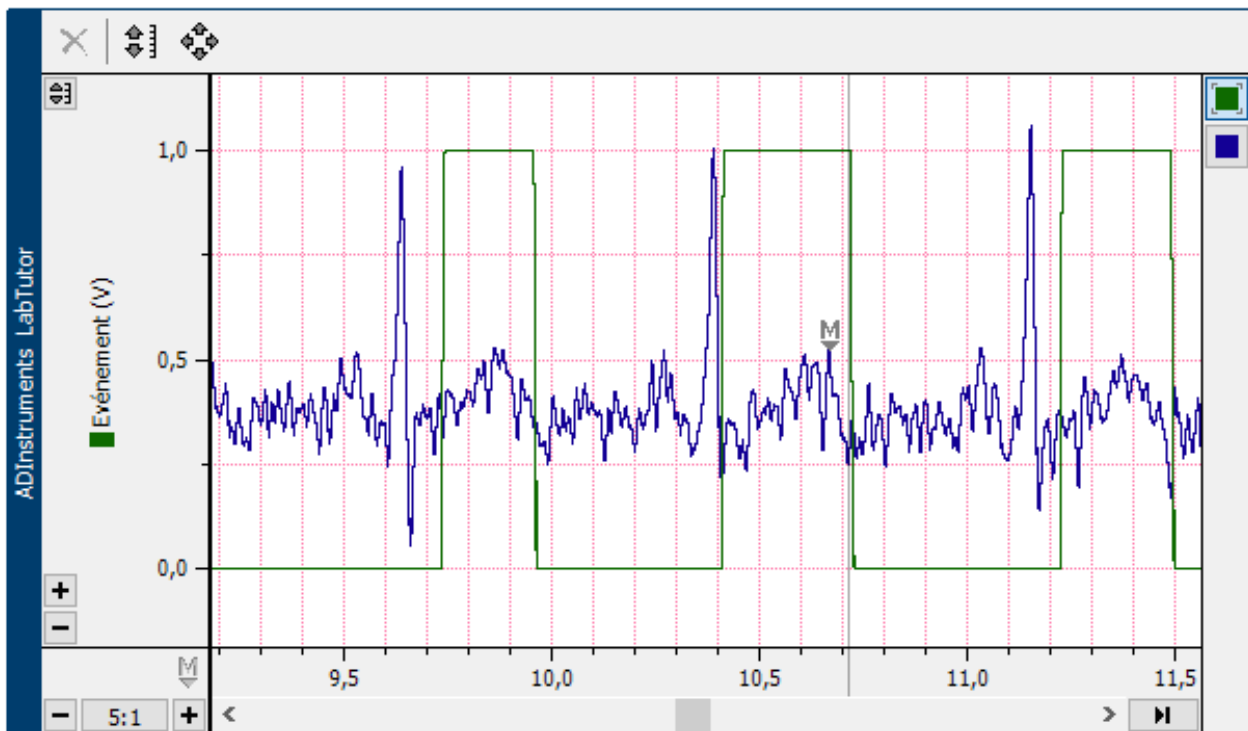
- Condition physique : les personnes bien entraînées ont souvent une fréquence cardiaque plus basse (bradycardie physiologique) car leur cœur est plus efficace
- Stress ou émotions : l'activité du système sympathique augmente la fréquence cardiaque
- Consommation de caféine ou de nicotine (ici ce n'est pas le cas car personne n'a consommé de nicotine avant d'effectuer le TP et personne n'en est un consommateur régulier), ou même la respiration (inspiration/expiration) peuvent influencer les battements
- Âge (ici ce n'est pas le cas, car on a à peu près tous le même âge) : la fréquence cardiaque est généralement plus élevée chez les jeunes que chez les adultes

---

## Exercice 3 : ECG et bruits du cœur



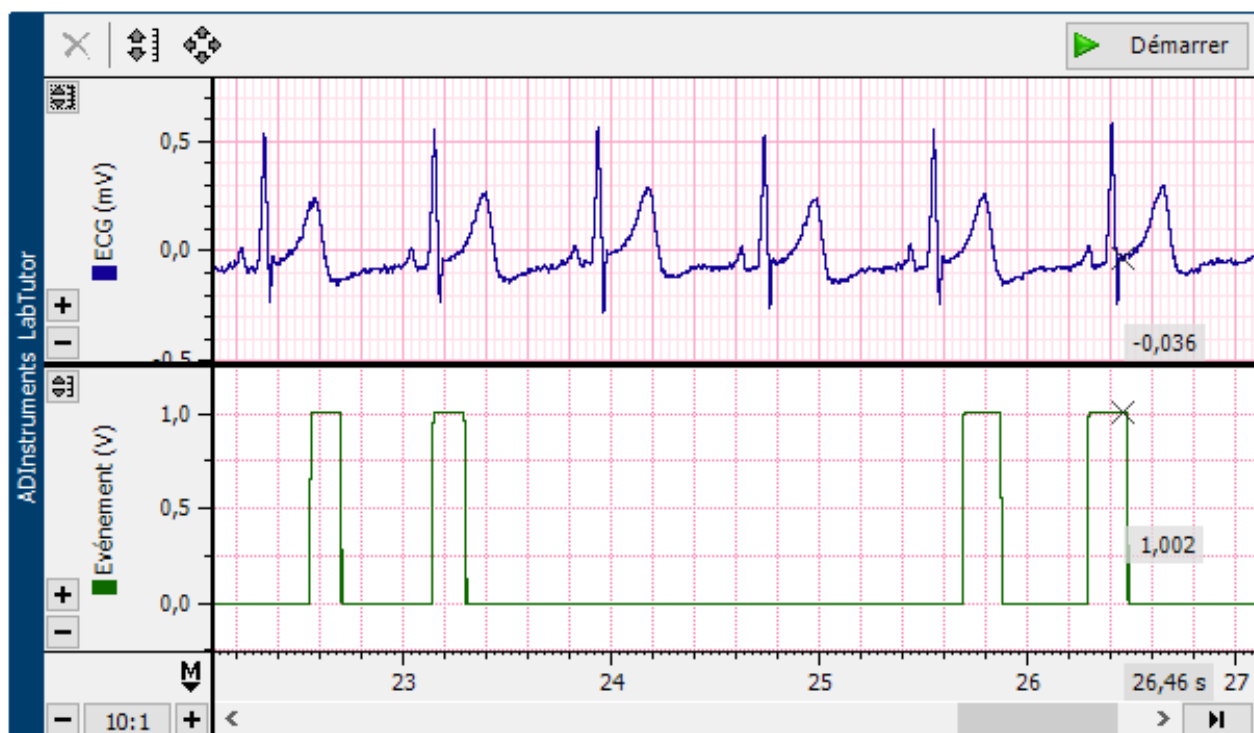
ECG et événement Boum Tap - Charline Picault



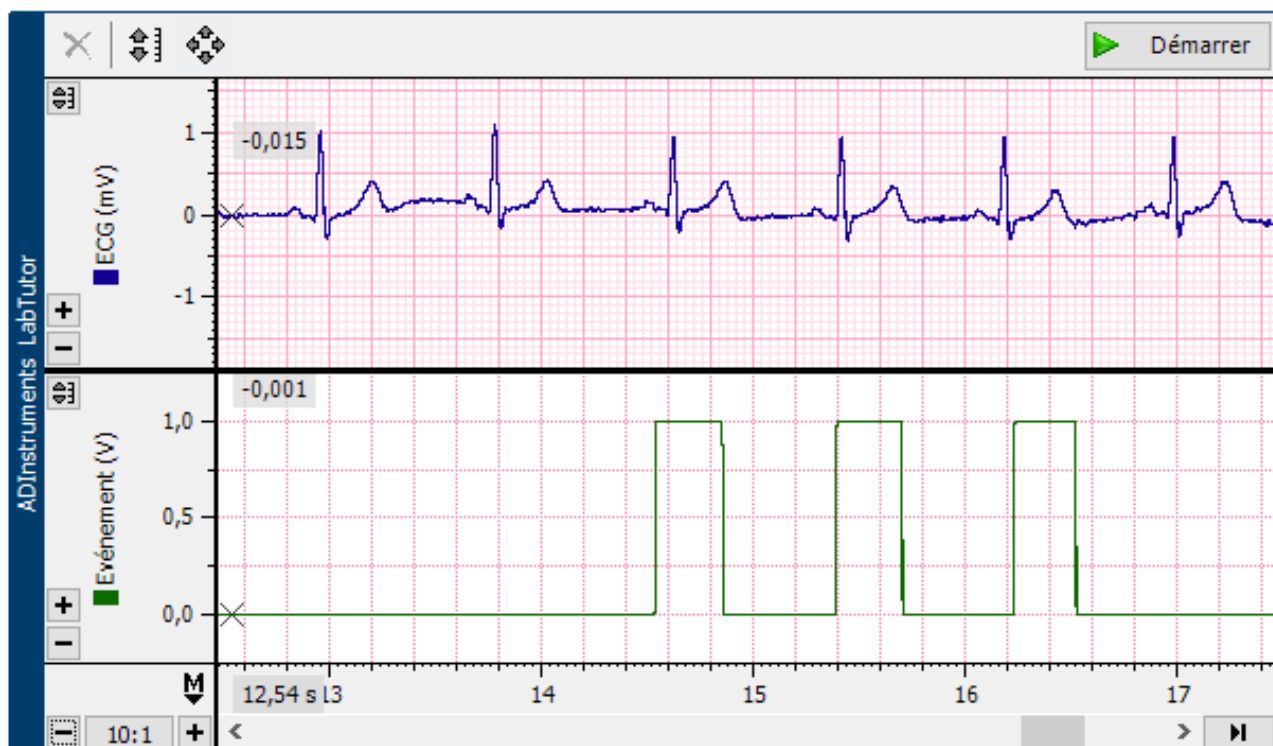
Valeur	Temps
	$\Delta 0,045 \text{ s}$

ECG et Bruits du cœur	
Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
0,015	0,045

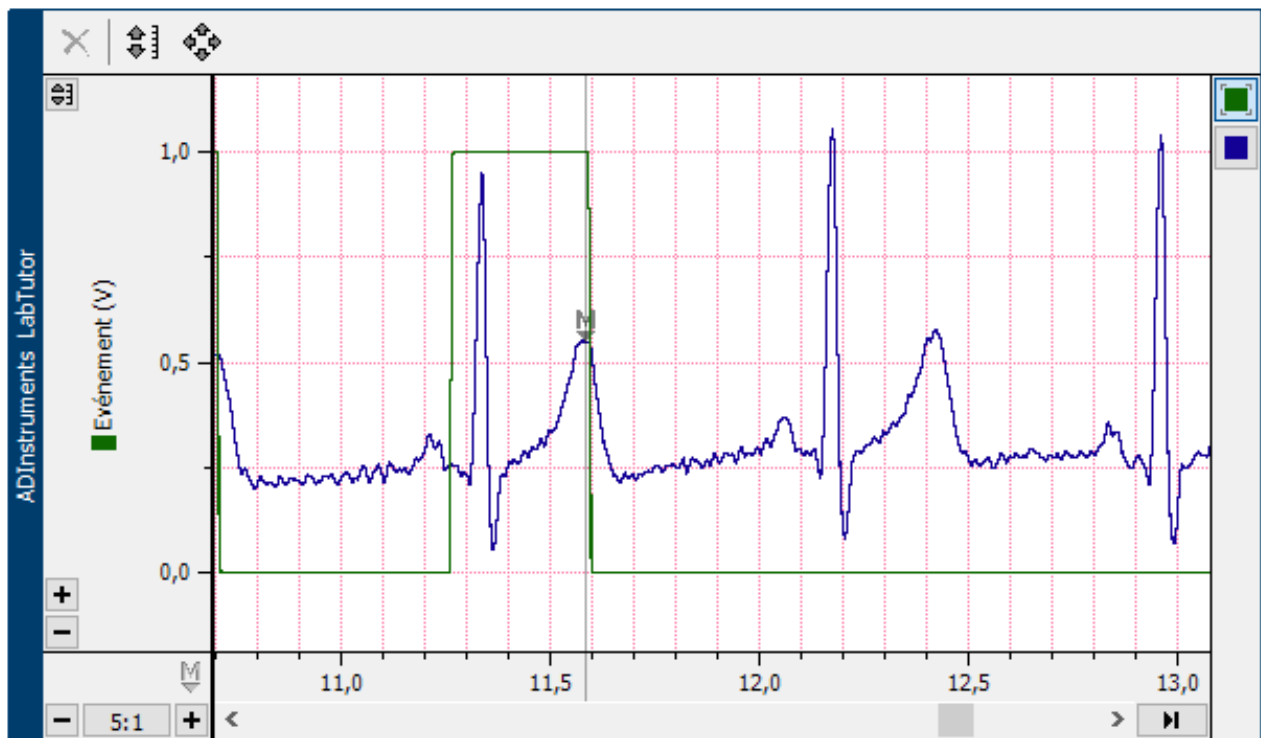
ECG et bruits du cœur tableau - Charline Picault



ECG et événement Boum Tap - Clarisse Iacovella



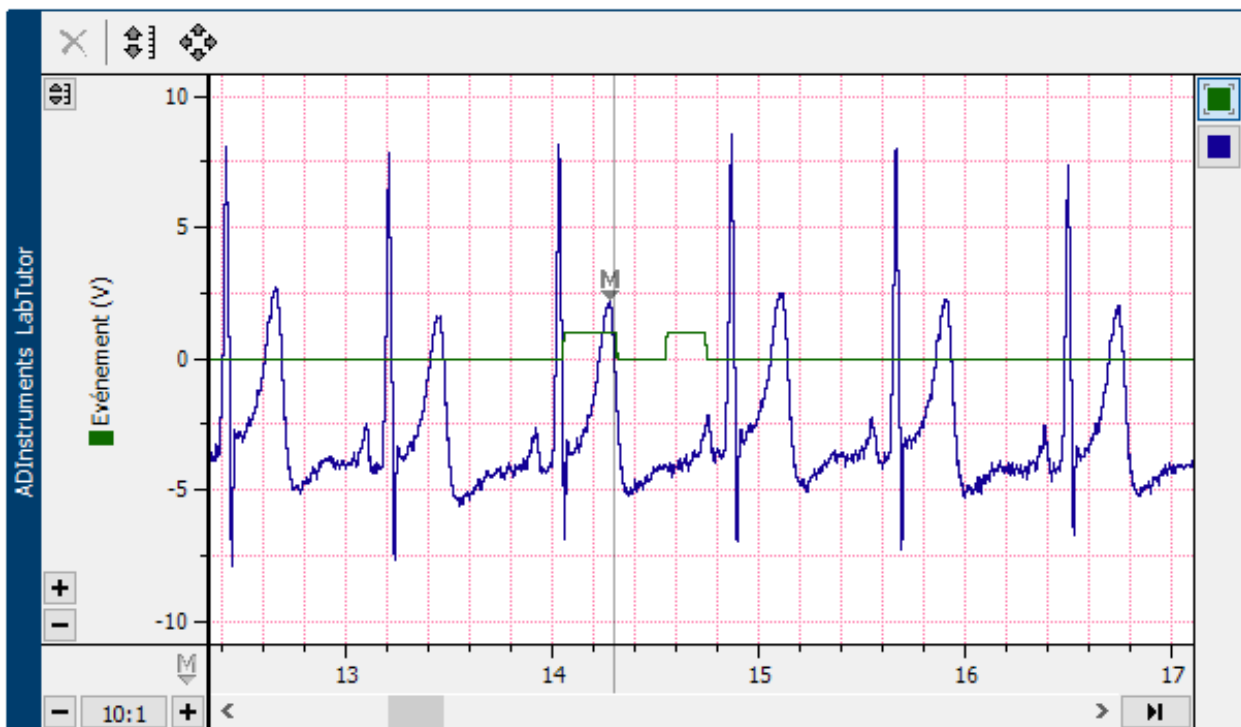
ECG et événement Boum Tap - Cassiane Rollet



Valeur	Temps
	$\Delta 0,000$ s

ECG et Bruits du cœur	
Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
-0,09	0

ECG et bruits du coeur tableau - Cassiane Rollet



Valeur	Temps
	$\Delta 0,02$ s

ECG et Bruits du cœur	
Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
0,01	0,02

ECG et bruits du coeur tableau - Clarisse Iacovella



## 7. Expliquez pourquoi une contraction ventriculaire (systole) et le bruit B1 ou 'Poum' se produisent immédiatement après le complexe QRS.

### 1- Le complexe QRS

- Sur un électrocardiogramme, le complexe QRS représente la dépolarisation des ventricules, c'est-à-dire le signal électrique qui déclenche la contraction des ventricules.
- La dépolarisation précède toujours la contraction, car les cellules myocardiques doivent d'abord être excitées électriquement avant de se contracter mécaniquement.

### 2- La contraction ventriculaire (systole)

- Après le QRS, les ventricules se contractent pour éjecter le sang vers l'aorte et l'artère pulmonaire.
- Cette contraction ferme les valves auriculo-ventriculaires (mitrale et tricuspide) afin d'éviter le reflux du sang vers les oreillettes.

### 3- Le bruit cardiaque B1 (« poum »)

- Le bruit correspond principalement à la fermeture des valves auriculo-ventriculaires.
- Il survient immédiatement après le QRS, parce que :
  - 1- Le QRS signale la dépolarisation ventriculaire.
  - 2- La dépolarisation déclenche la contraction (systole).
  - 3- La contraction ferme rapidement les valves AV, produisant le bruit

« Poum ».

## 8. Expliquer pourquoi une relaxation ventriculaire (diastole) et le bruit B2 ou 'tap' se produisent après l'onde T.

### 1- L'onde T

- Sur un ECG, l'onde T représente la repolarisation des ventricules, c'est-à-dire le retour des cellules ventriculaires à leur état électrique de repos.
- La repolarisation précède la relaxation mécanique des ventricules. Autrement dit : le cœur doit d'abord „se préparer électriquement” avant de se détendre.

### 2- Relaxation ventriculaire (diastole)

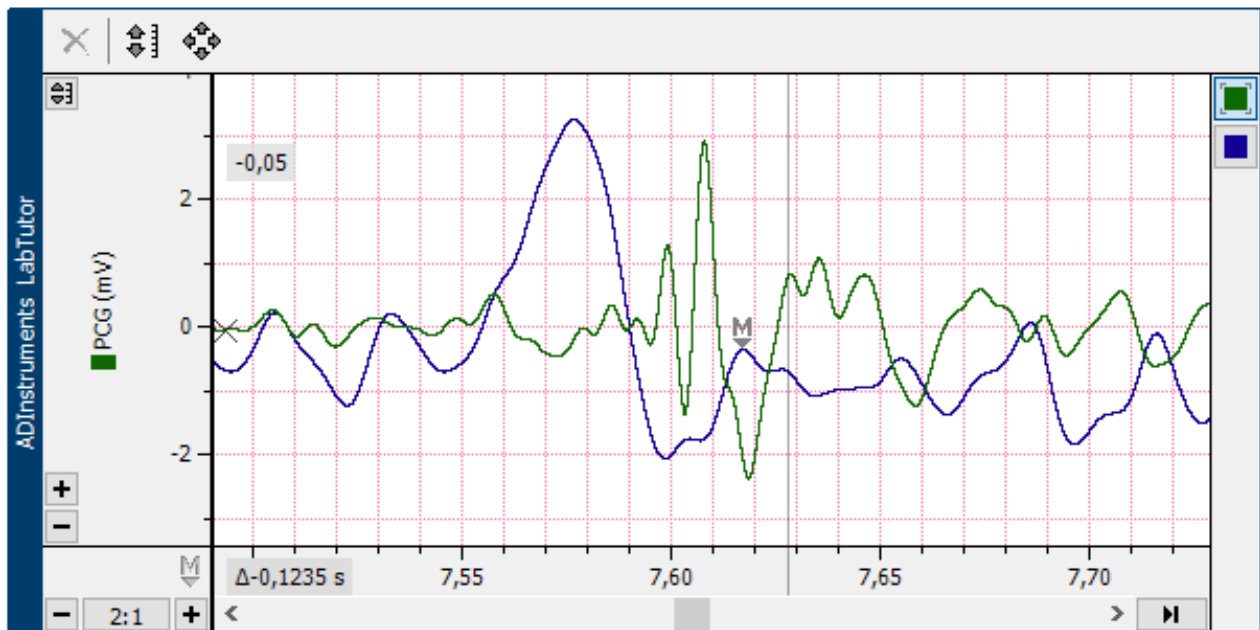
- Après la repolarisation (T), les ventricules se relâchent, diminuant la pression intracardiaque
- Cette baisse de pression permet le remplissage ventriculaire à partir des oreillettes

### 3- Le bruit cardiaque B2 (« tap »)

- Le bruit B2 correspond principalement à la fermeture des valves sigmoïdes (aortique et pulmonaire) à la fin de la systole
- Il survient immédiatement après l'onde T, car :
  - 1- L'onde T signale la repolarisation ventriculaire
  - 2- Les ventricules se relâchent (diastole)
  - 3- La baisse de pression ventriculaire entraîne la fermeture des valves aortiques et pulmonaires, produisant le bruit „tap”

---

## Exercice 4 : ECG et phonocardiographie



Valeur

Temps

$\Delta 0,0110$  s

ECG et Phonocardiographie	
Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
0,0017	0,011

ECG et phonocardiographie Charline Picault



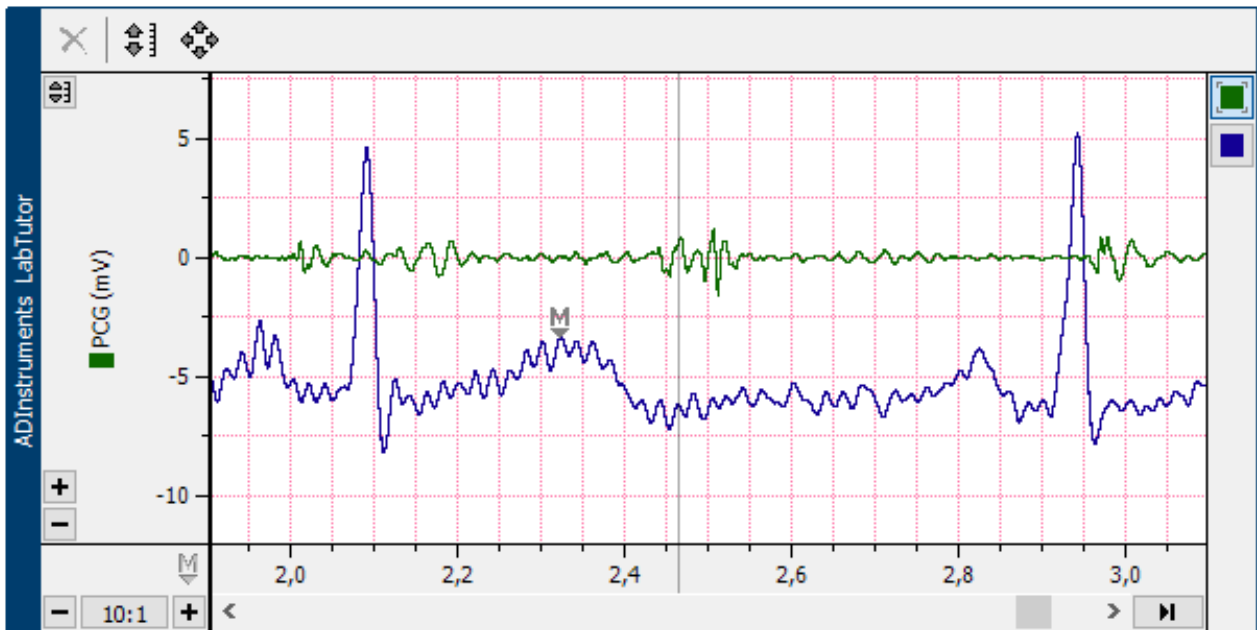
Valeur

Temps

$\Delta 0,007$  s

ECG et Phonocardiographie	
Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
0,0053	0,007

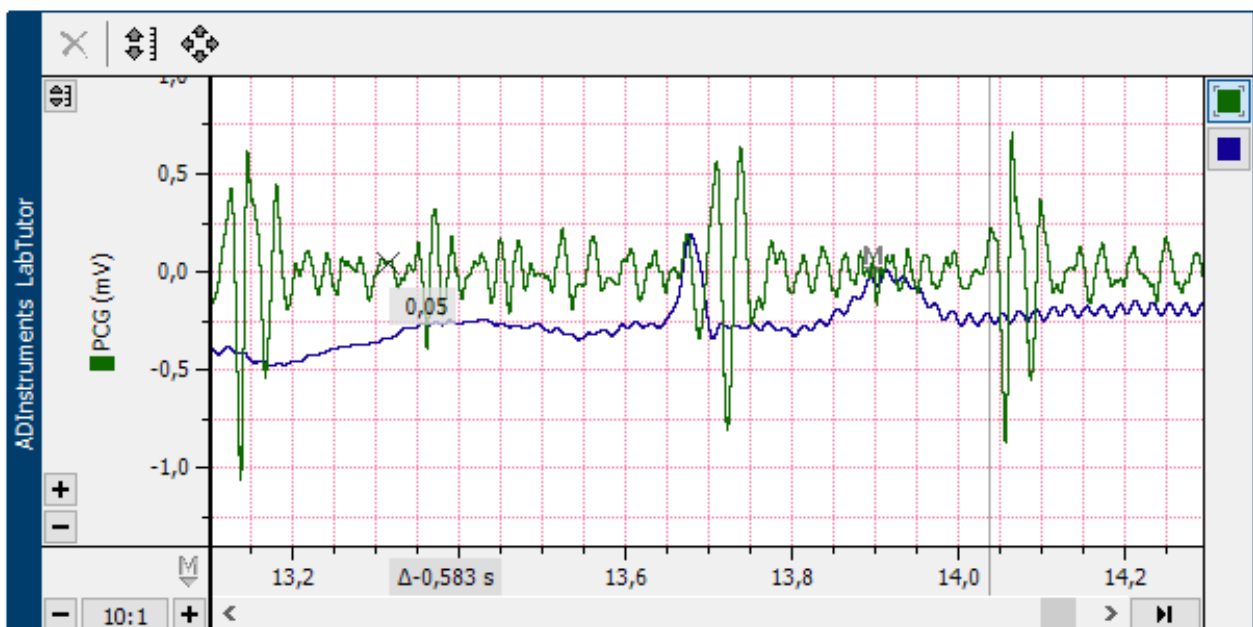
ECG et phonocardiographie Clarisse Iacovella



Temps  
Valeur  $\Delta 0,143$  s

ECG et Phonocardiographie	
Onde R au premier bruit (s)	Onde Tau second bruit (s)
0,053	0,143

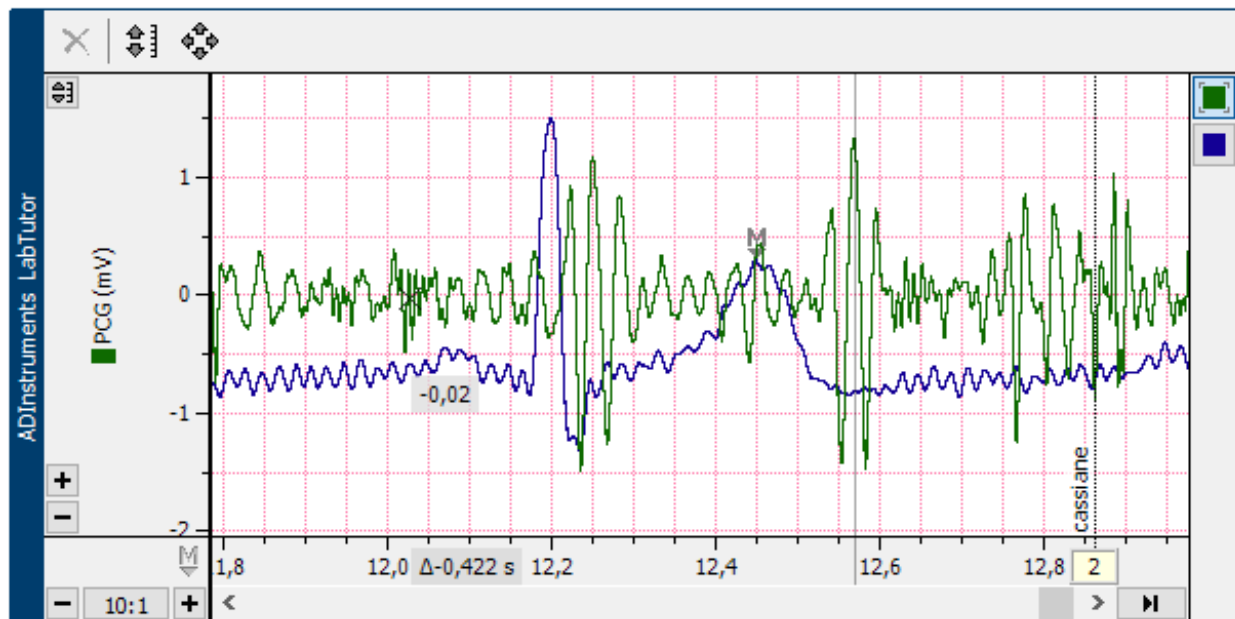
ECG et phonocardiographie Charline Picault - assis



Temps  
Valeur  $\Delta 0,140$  s

ECG et Phonocardiographie	
Onde R au premier bruit (s)	Onde Tau second bruit (s)
0,005	0,14

ECG et phonocardiographie Clarisse Iacovella - assis



	Temps
Valeur	$\Delta 0,120 \text{ s}$

	ECG et Phonocardiographie	
Tableau	Onde R au premier bruit (s)	Onde T au second bruit (s)
	0,015	0,12

ECG et phonocardiographie Cassiane Rollet - assis

9. Vos enregistrements des bruits „Tap-Poum” présentent certainement des différences par rapport à la fréquence correcte et du cœur évaluée par phonocardiographie. Comment expliquez-vous cette différence ?

- Les enregistrements des bruits „Poum-tap” réalisés manuellement présentent un décalage temporel ou une distorsion du son, liés à l'atténuation ou masquage par le bruit ambiant, respiration et position du stéthoscope et sont donc imprécise
- La phonocardiographie utilise un microphone sensible et un enregistreur électronique. Elle capte, amplifie et trace les vibrations sonores du cœur sous forme de courbe (phonocardiogramme) Cette méthode permet de détecter précisément le temps d'apparition des bruits B1 et B2 et leur fréquence.