



# TP2 : ECG et bruits du cœur

## L' OBJECTIF

L'objectif de ce TP est d'étudier, au travers de quatre exercices, **comment l'activité électrique du cœur enregistrée par l'ECG se transforme en activité mécanique** comme la contraction du muscle cardiaque et la fermeture des valves, qui produisent les bruits du cœur. L'objectif est de **comprendre** comment ces **événements s'enchaînent et se synchronisent** pour obtenir une vision plus complète du cycle cardiaque.

L'idée est de suivre le battement du cœur dans l'ordre où les événements se produisent :

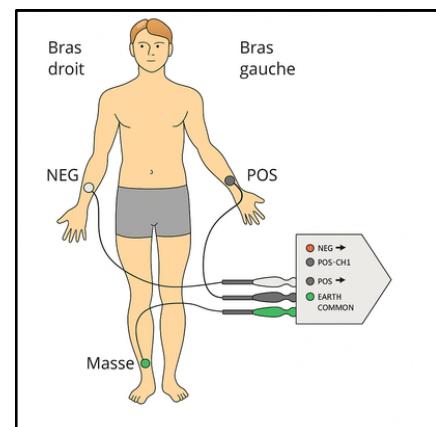
- **l'activité électrique** (dépolarisation et repolarisation visibles sur l'ECG),
- puis **l'activité mécanique** (contraction du muscle cardiaque et mouvements valvulaires)
- puis les **manifestations cliniques** que ces phénomènes génèrent (bruits B1/B2, variations du pouls).

Ce TP permet donc de mettre en relation ces trois niveaux pour comprendre comment l'électricité du cœur commande les mouvements du cœur, qui eux-mêmes produisent les signaux que l'on peut entendre ou mesurer.

## LE MATERIEL ET LA METHODE

Le matériel utilisé est le suivant :

- Ordinateur
- logiciel LabTutor
- PowerLab
- Transducteur de pouls digital
- marqueur d'événements (**bouton poussoir**), servant à générer des signaux temporels, branché à l'entrée 1 du PowerLab.
- cardio-microphone pour la **phonocardiographie** (enregistre bruit du cœur en l'affichant en temps réel) branché à l'entrée 1
- stéthoscope pour percevoir les battements du cœur
- Câble BioAmp ECG raccordé à l'entrée BioAmp du PowerLab.
- Électrodes réutilisables "crocodiles" pour l'enregistrement ECG (reliées aux bornes : masse, CH1, négative, positive).
- Gel conducteur appliqué sur la zone de contact des électrodes.
- Tampons alcoolisés pour nettoyer la peau.
- Gel abrasif afin d'améliorer la conductivité cutanée et réduire les artefacts.



## La méthode :

### exercice 1: ECG au repos

- Installer le volontaire en décubitus dorsal, détendu, bras le long du corps.
- Nettoyer la peau avec un tampon alcoolisé, puis appliquer le gel abrasif sur les zones de pose des électrodes.
- Placer les électrodes "crocodiles" du câble BioAmp en suivant les consignes du TP, puis connecter le câble à l'entrée BioAmp du PowerLab.
- Vérifier la qualité du signal sur LabTutor (ligne de base stable, complexes PQRST bien visibles).
- Demander au volontaire de rester immobile et de respirer calmement.
- Lancer l'enregistrement pendant quelques secondes (au moins 10-15 s) pour obtenir un ECG au repos stable.
- Lancer un deuxième enregistrement mais demander au volontaire de fermer et rouvrir ses mains, et placer les mains sur la poitrine ( cela permet simplement de montrer qu'il est impératif de rester immobile, chaque mouvement peut fausser le résultat )
- Sauvegarder l'enregistrement, puis utiliser les outils de LabTutor pour mesurer : l'amplitude et la durée des ondes P, QRS, T et l'intervalle RR et la fréquence cardiaque correspondante.

### exercice 2 : variation des ECG

- Faire le montage ECG identique à l'exercice 1 mais sur un autre volontaire.
- Afficher en parallèle le canal ECG et le canal Événement (signal du marqueur bouton pousoir).
- Enregistrer quelques secondes au repos pour servir de référence puis demander au volontaire de fermer et rouvrir ses mains, et placer ses mains sur sa poitrine.
- Sauvegarder l'enregistrement le plus lisible puis utiliser les outils de LabTutor pour mesurer : l'amplitude et la durée des ondes P, QRS, T, et l'intervalle RR.

### **exercice 3: ECG et bruits du cœur**

- Installer un volontaire en décubitus ou en position demi-assise.
- Dite au volontaire de placer lui-même la cloche du stéthoscope, pour mieux isoler les bruits cardiaques, sur le côté gauche de sa poitrine.
- Un autre volontaire ou vous-même, porté les écouteurs du stéthoscope et tené le bouton poussoir connecté au PowerLab.
- Lorsque les deux bruits cardiaques sont bien audibles, la position du stéthoscope ne doit plus être modifiée pour éviter les artefacts.
- L'enregistrement est lancé.
- À chaque cycle cardiaque, la personne qui écoute doit appuyer sur le bouton poussoir lorsqu'elle perçoit B1, puis relâcher lorsqu'elle perçoit B2.
- Répéter la manœuvre sur plusieurs cycles cardiaques pour obtenir plusieurs repères B1 / B2 sur l'ECG.
- Une fois l'enregistrement terminé, LabTutor affiche le canal ECG et le canal Événement de façon superposées : Remarquer la corrélation entre les signaux des deux canaux.
- Utiliser les outils du logiciel (marqueur, curseur de courbe) pour repérer précisément l'emplacement de B1 par rapport au complexe QRS et l'emplacement de B2 par rapport à l'onde T.
- Insérer les valeurs mesurées dans le tableau prévu pour l'analyse.

### **exercice 4 – ECG et phonocardiographie**

- Conserver le montage ECG (câble BioAmp + électrodes).
- debranchez le bouton poussoir de l'entrée 1 et brancher le cardio microphone a la place
- Le volontaire place lui même le capteur de phonocardiographie sur le coté gauche de sa poitrine et le maintien fermement avec un livre ou une sangle, pas avec la main pour éviter les mouvements.
- Vérifier sur LabTutor la qualité du signal sonore visibles sous forme de pics ou complexes ( B1 ET B2)
- demander au volontaire de rester calme, respiration régulière puis lancer un premier enregistrement pour stabilise les signaux ECG et signaux cardio microphone, déplacer/replacer le microphone pour avoir de meilleur signaux si nécessaire.
- Quand le signal est stable et visible relancer un enregistrement de 20s et arrêter.
- utiliser les curseurs pour mesurer : le délai entre le complexe QRS et le premier bruit cardiaque (B1), le délai entre l'onde T et le second bruit cardiaque (B2), éventuellement les intervalles entre B1 et B2 et entre B2 et le B1 suivant.

## LE RESULTAT

---

### exercice 1 : ECG au repos

Le tracé ECG de la figure 1 (cf. ANNEXE) présente une répétition régulière de cycles cardiaques visibles entre 15 et 19 secondes.

Chaque cycle comporte les composantes de l'activité électrique du cœur :

- Une onde P de faible amplitude( amplitude 0,124 mV, durée 0,084 s.) précédant chaque complexe QRS.
- Un complexe QRS étroit et de forte amplitude( amplitude 0,775 mV, durée 0,042 s.) constituant le pic principal du tracé.
- Une onde T positive, suivant chaque complexe QRS, de forme arrondie et d'amplitude inférieure au pic R - Onde T : amplitude 0,092 mV, durée 0,144 s.)

Les trois intervalles RR mesurés (0,74 s, 0,75 s et 0,77 s) sont très proches les uns des autres La fréquence correspondante varie légèrement entre 78 et 81 battements par minute. L'ensemble indique un rythme constant au repos, sans variations marquées d'un battement à l'autre.

La figure 2 ( cf.ANNEXE) montre un enregistrement ECG qui apparaît irrégulier et saccadé, avec des variations d'amplitude très marquées. On observe des zones où la ligne ECG devient instable, présentant des oscillations rapides et désorganisées. Ces fluctuations ne correspondent pas à l'activité cardiaque elle-même, mais à des perturbations externes voulus (fermeture de la main, bras posé sur la poitrine)

Les trois zooms situés sous le tracé principal montrent plus en détail la manière dont ces mouvements altèrent l'ECG : pics irréguliers à forte amplitude, pics dépassant la hauteur des ondes normales PQRST, d'autres qui montrent des déviations de la ligne de base, et des oscillations rapides qui masque la forme habituel de l'ECG et participent à empêcher d'identifier clairement le signal.

## **exercice 2 : variations de l'ECG**

La figure 3 (cf. ANNEXE) présente l'ECG d'Elissa au repos, montrant un tracé stable composé d'ondes P, QRS et T bien identifiables. Le tableau associé met en évidence des variations quantitatives entre Elissa et Malika, tout en conservant une organisation générale similaire du cycle cardiaque.

Sur l'onde P, l'amplitude est plus élevée chez Elissa (0,124 mV) que chez Malika (0,026 mV), alors que la durée est plus longue chez Malika (11,86 ms) que chez Elissa (0,084 s). Pour le complexe QRS, Malika présente une amplitude nettement supérieure (0,744 mV contre 0,057 mV) ainsi qu'une durée légèrement plus élevée (0,056 s contre 0,042 s). Enfin, l'onde T est plus ample chez Elissa (0,076 mV contre 0,061 mV) et sa durée est également plus longue (0,213 s contre 0,013 s).

Ces résultats montrent que, bien que les deux volontaires présentent la même succession d'ondes caractéristiques de l'ECG, mais des amplitudes et durées différentes d'une personne à l'autre

## **exercice 3 :ECG et bruits du cœur**

Le tracé simultané de l'ECG et des bruits du cœur présenté dans les figures 4 et 5 (cf. ANNEXE), obtenu grâce au bouton-poussoir, permet de visualiser la position des deux bruits B1 et B2 , au sein du cycle cardiaque.

Dans la figure 4 (Malika), le tableau associé indique un délai d'environ 0,022 s entre l'onde R et B1, et d'environ 0,036 s entre l'onde T et B2. Ces valeurs montrent la distinction temporelle entre les deux bruits.

Dans la figure 5 (Elissa), aucune valeur numérique en secondes n'est fournie dans le tableau, mais les repetitions faites sans enregistrement ont montrés que B1 apparaît bien avant B2, et que l'intervalle correspondant reste du même ordre de grandeur, avec un B1 plus court que B2, comme observé chez Malika.

L'ensemble des tracés permet d'effectuer un repérage de la position des bruits par rapport aux ondes de l'ECG, malgré l'imprécision à la méthode du bouton-poussoir.

## **exercice 4 : ECG et Phonocardiographie**

Les tracés de la figure 6 (cf. ANNEXE) montrent simultanément l'ECG et le phonocardiogramme, ce qui permet d'observer en parallèle le signal électrique du cœur et les vibrations mécaniques associées aux bruits cardiaques.

Sur l'image 1, le tracé bleu situé en haut (ECG) présente une répétition régulière d'ondes P, de complexes QRS bien visibles et d'ondes T, formant un signal stable et identifiable. Le tracé vert situé en bas (phonocardiogramme) montre, quant à lui, une série d'oscillations plus serrées, de formes variées et de plus grande densité que celles de l'ECG.

L'image 2, les deux tracés sont superposés, cela permet de visualiser le positionnement des bruits du cœur par rapport aux ondes de l'ECG.

On y distingue un premier bruit apparaît juste après le complexe QRS et un second bruit apparaît après l'onde T.

Le tableau associé aux tracés indique un intervalle d'environ 0,027 s entre l'onde R et la première vibration, et d'environ 0,148 s entre l'onde T et la seconde vibration.

Ces éléments montrent un alignement temporel net entre les deux signaux.

## ANALYSE ET INTERPRETATION

### exercice 1: ECG au repos

Le tracé de l'ECG de la figure 1 (cf. ANNEXE) montre un rythme régulier, avec un enchaînement normal des ondes P, QRS et T.

L'analyse des intervalles RR confirme la régularité du rythme : les trois intervalles mesurés sont très proches (0,74 ; 0,75 ; 0,77 s), soit une fréquence cardiaque autour de 80 battements/minute. La faible variation de ces valeurs traduit une stabilité du cycle cardiaque au repos, sans pauses ni irrégularités marquées. L'ensemble des données (morphologie des ondes, durées courtes du QRS, répétition régulière des cycles) est cohérent avec un ECG de repos présentant un rythme organisé et une conduction ventriculaire rapide, dans les limites attendues en physiologie chez un sujet au repos.

Le tracé de la figure 2 illustre clairement l'impact des mouvements volontaires sur la qualité du signal ECG. Les irrégularités observées ne proviennent pas du cœur lui-même, mais des artéfacts de mouvement, c'est-à-dire de signaux parasites générés lorsque les muscles se contractent ou que le thorax bouge. Ces artéfacts sont souvent beaucoup plus puissants que l'activité électrique cardiaque et viennent alors dominer le tracé. L'objectif de cette figure était de montrer que l'ECG est un signal très sensible et que l'activité musculaire environnante interfère fortement avec son enregistrement.

### exercice 2: variation de l'ECG

Les différences observées entre les ECG de Malika et Elissa traduisent leur anatomie propre, leurs propriétés électrophysiologiques individuelles ainsi que les aléas possibles dans l'acquisition des données entre Elissa et Malika. Ces différences illustrent la variabilité interindividuelle de l'ECG

### **exercice 3 : ECG et bruits du cœur**

Les tracés des figures 4 et 5 (cf. ANNEXE) montrent une synchronisation correcte entre l'ECG et les bruits cardiaques, ce qui permet de vérifier le déroulement normal du cycle cardiaque. Le premier bruit (B1) apparaît immédiatement après le complexe QRS : cela correspond à la fermeture des valves auriculo-ventriculaires, événement mécanique qui se produit juste après la dépolarisation ventriculaire. Le second bruit (B2) survient après l'onde T, au moment où les ventricules terminent leur repolarisation : c'est le moment où les valves sigmoïdes se ferment, marquant la fin de la systole. Cet enchaînement est cohérent avec la physiologie : l'activité électrique précède l'activité mécanique, et la systole (intervalle B1-B2) est logiquement plus courte que la diastole (intervalle B2-B1).

La seule limite de ce protocole est liée à l'utilisation du stéthoscope avec un bouton-poussoir, qui sert davantage à entendre les bruits qu'à les mesurer précisément. Le temps nécessaire pour percevoir le bruit et appuyer induit un retard systématique et variable, ce qui rend la mesure du délai exact entre l'ECG et les bruits cardiaques imprécise. Le stéthoscope ne fournit donc pas un repérage temporel fiable, mais simplement une estimation.

### **exercice 4: ECG et phonocardiographie**

L'enregistrement avec le cardio-microphone permet d'observer avec plus de précision la façon dont l'activité électrique déclenche les événements mécaniques du cœur. Le phonocardiogramme capte directement le signal, offrant un repérage temporel bien plus fiable que l'écoute au stéthoscope.

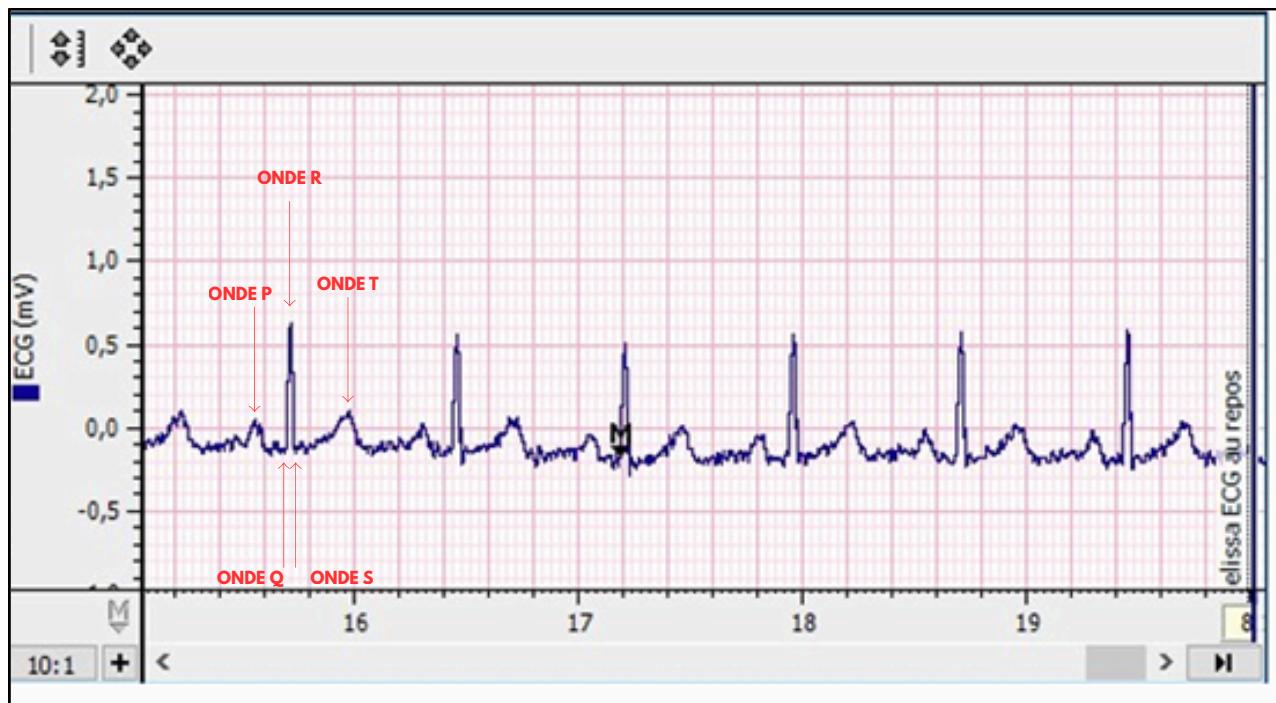
La position de B1 juste après le QRS et de B2 juste après l'onde T correspond exactement aux résultats attendus et trouvés précédemment : la dépolarisation ventriculaire entraîne la contraction et la fermeture des valves auriculo-ventriculaires (B1), tandis que la repolarisation prépare la relaxation et la fermeture des valves sigmoïdes (B2).

Les délais B1 et B2 sont courts, B1 est plus court que B2 (comme vu précédemment), réguliers et suivent parfaitement la chronologie normale entre activité électrique et activité mécanique du cœur.

## ANNEXES

Identification	sps25almalla, sps25almalla (sps25almalla, sps25almalla) sps25ouattara, sps25ouattara (sps25ouattara, sps25ouattara) sps25zegour, sps25zegour (sps25zegour, sps25zegour)	En Cours
		Commencé 09:01 4 nov. 2025

### Exercice 1: ECG au repos



#### Identification des composantes du complexe PQRST:

Amplitude et durée des composantes d'un ECG			Intervalle et fréquence d'un ECG		
Tableau	Composante	Amplitude (mV)	Tableau	Paire	Intervalle (s)
	Onde P	0,124		1	0,74
	Complexe QRS	0,775		2	0,75
	Onde T	0,092		3	0,77
					Fréquence Cardiaque (BPM)
					81,1
					80,0
					77,9

Figure 1 - Tracé de l'ECG au repos d'Elissa avec tableau des composantes du complexe PQRST, leurs amplitudes et durées, ainsi que les intervalles et la fréquence cardiaque associée

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

Au repos, les amplitudes des ondes de l'ECG restent globalement stables d'un battement à l'autre. L'onde P garde une petite amplitude, le complexe QRS est toujours le plus élevé et, par contraste, l'onde T présente une amplitude intermédiaire. Il n'y a donc pas de variation importante d'un cycle cardiaque à l'autre lorsque le cœur est au repos.

**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 ?**

L'amplitude du complexe QRS est la plus grande parce qu'il correspond à la dépolarisation des ventricules, qui possèdent une masse musculaire beaucoup plus développée que les oreillettes. Plus il y a de myocytes à exciter, plus le signal électrique produit est fort, d'où une onde plus haute.

**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 ?**

En comparant les ECG d'Elissa et de Malika au repos, on observe que les intervalles R-R ne sont pas parfaitement identiques d'un battement à l'autre et présentent de légères variations. Cela est normal : même au repos, le cœur n'est jamais complètement régulier. L'intervalle entre les battements varie sous l'influence du système nerveux autonome, de la respiration et d'autres facteurs physiologiques comme le tonus parasympathique. Il est donc normal que les intervalles ne soient pas strictement constants.

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

La fréquence cardiaque d'une personne très entraînée est plus lente parce que son cœur est plus puissant et éjecte plus de sang à chaque battement. Le volume d'éjection systolique est plus élevé, et l'on n'a pas besoin de battre aussi vite pour assurer le même débit sanguin au repos.

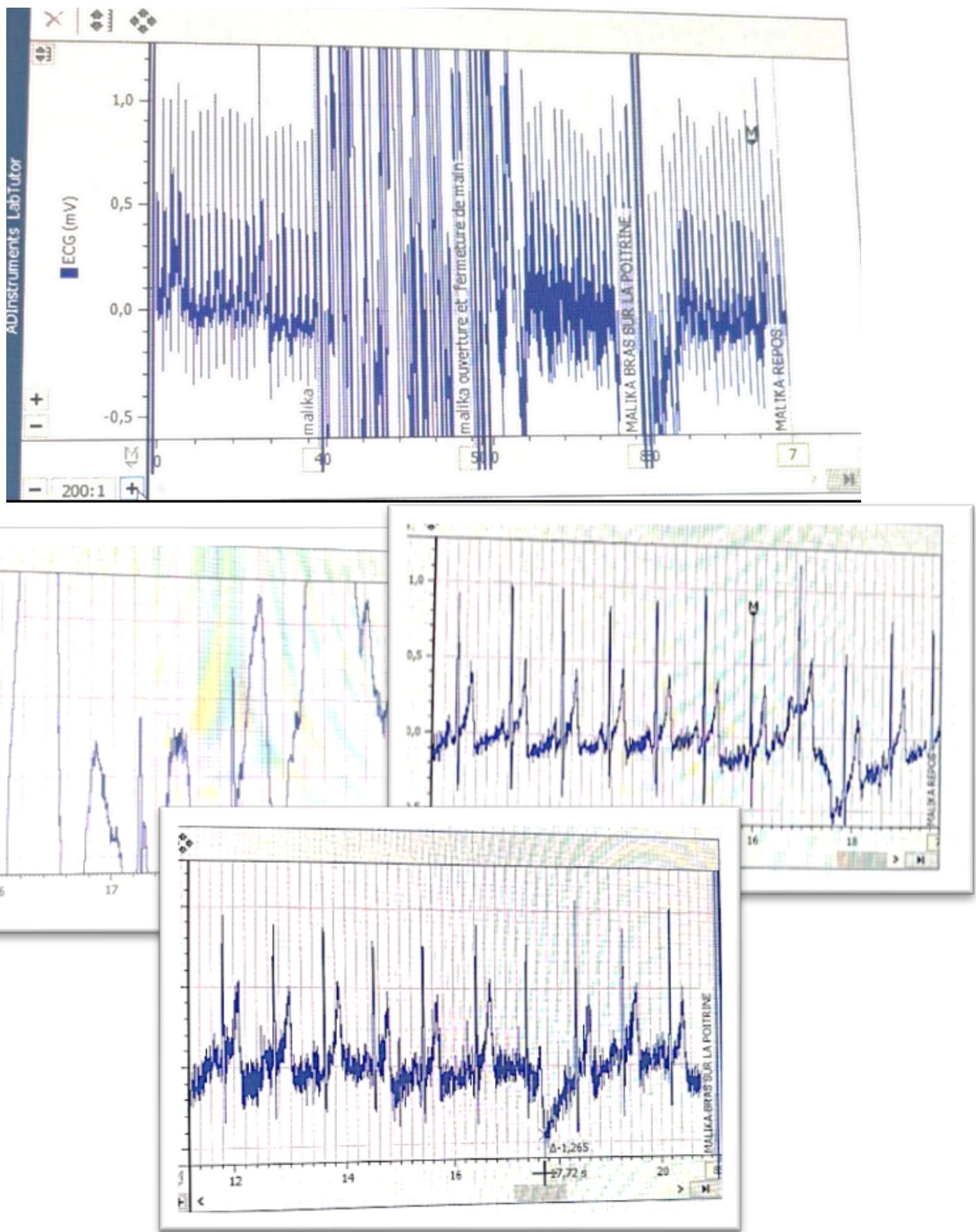


Figure 2 : Tracé saccadé de l' ECG de Malika au repos présentant des déformations liées aux manœuvres (fermeture de la main, bras sur la poitrine), avec trois zooms illustrant les artefacts de mouvement observés lors de chaque action

## Exercice 2: Variation des ECG

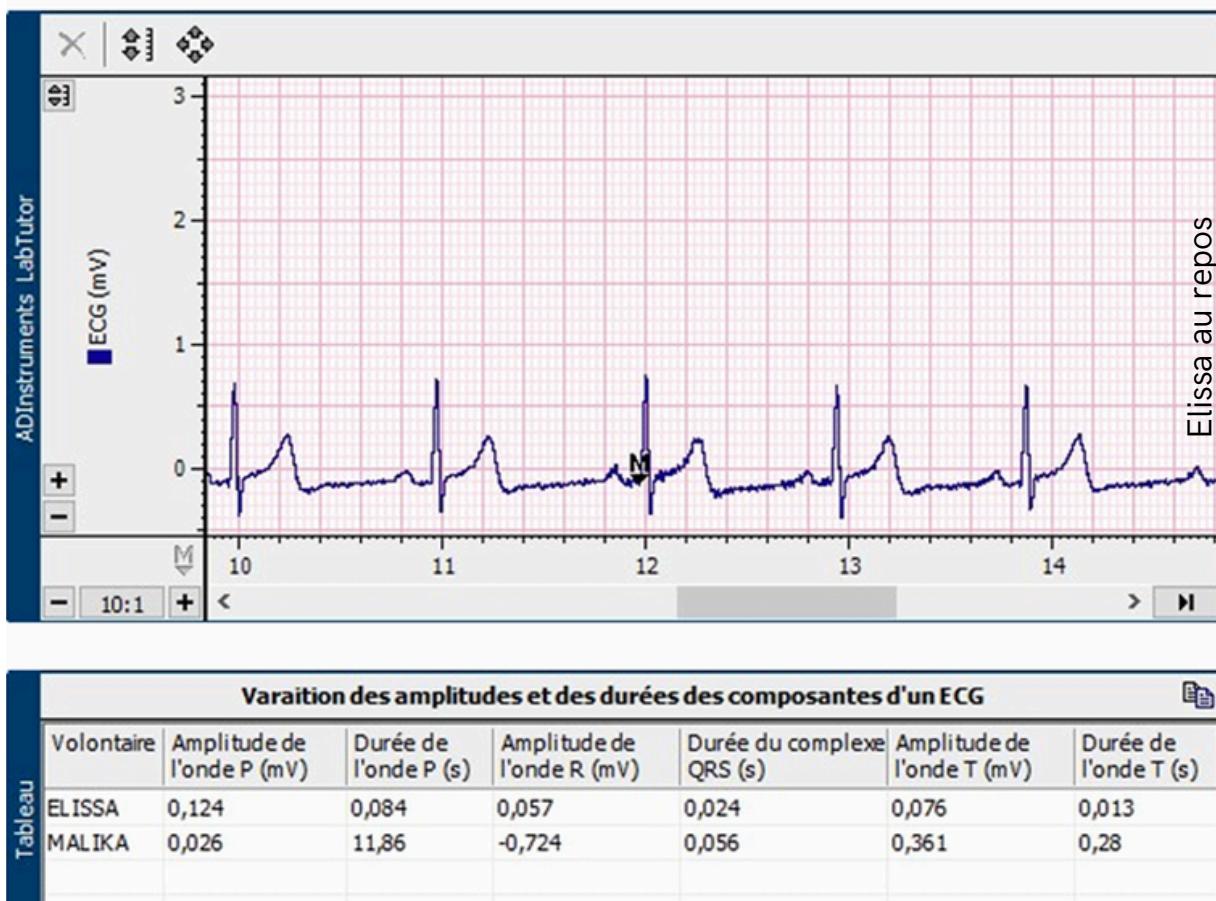


Figure 3 : Tracé de l'ECG au repos d'Elissa et tableau de variations des composantes de l'ECG chez Malika et Elissa ( amplitudes et durées des ondes P, QRS et T)

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

Les amplitudes et les durées des ondes P, QRS et T sont globalement du même ordre entre les deux individus. On observe quelques différences, mais elles restent modérées et physiologiques. Chaque personne a une morphologie et une position électrode-cœur légèrement différentes, ce qui explique de petites variations, mais la structure générale de l'ECG reste similaire d'un individu à l'autre.

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

Nous avons observé une différence notable entre les individus : Elissa présentait une fréquence cardiaque au repos autour de 80 bpm, tandis que Malika était plutôt autour de 60-63 bpm. Ces variations sont normales et s'expliquent par des différences individuelles telles que le niveau de stress, la respiration, l'état de forme physique ou le tonus du système nerveux autonome. Ainsi, même au repos, la fréquence cardiaque peut varier d'une personne à l'autre.

### Exercice 3: ECG et bruit du cœur

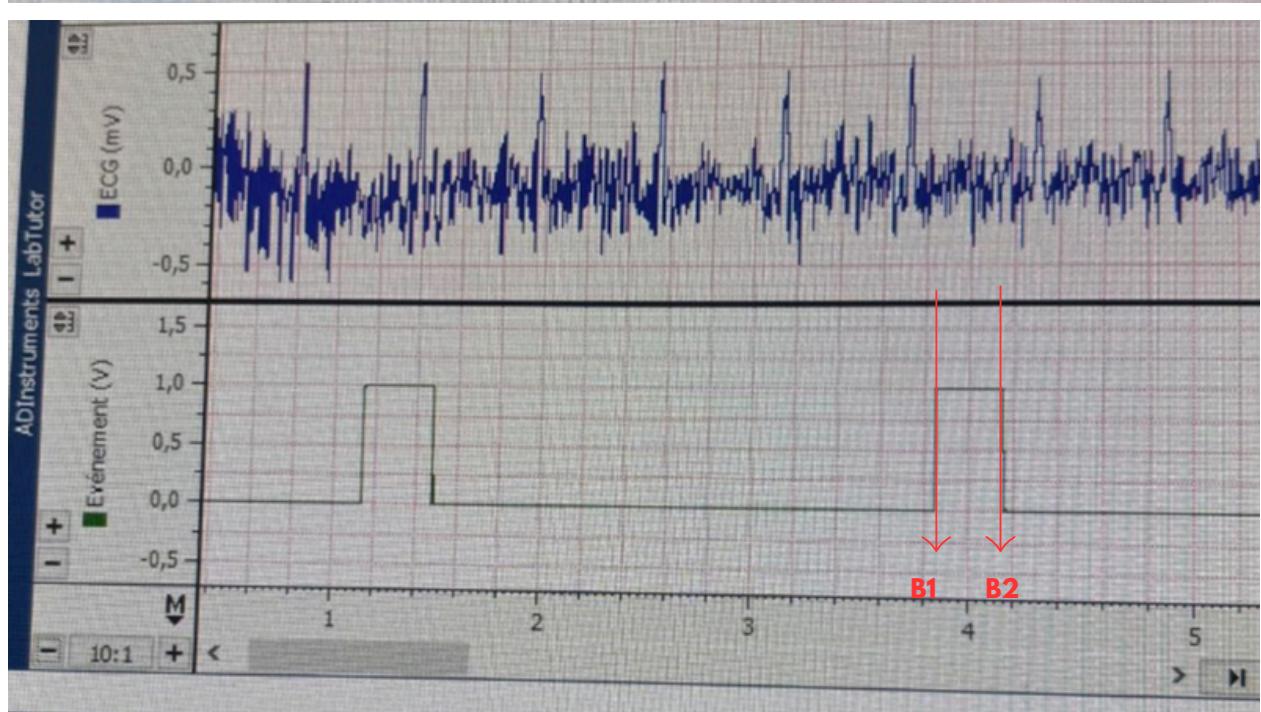
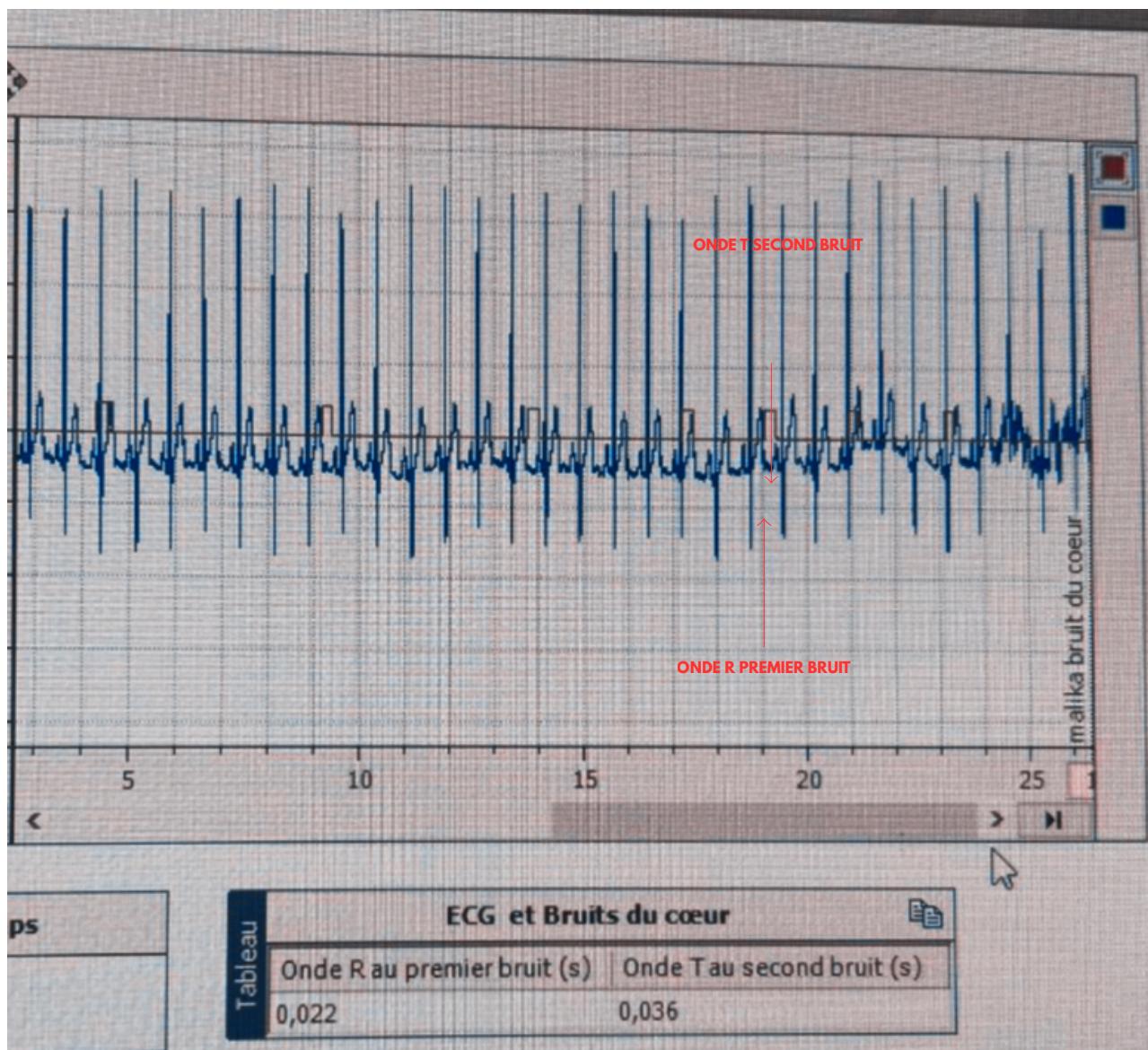


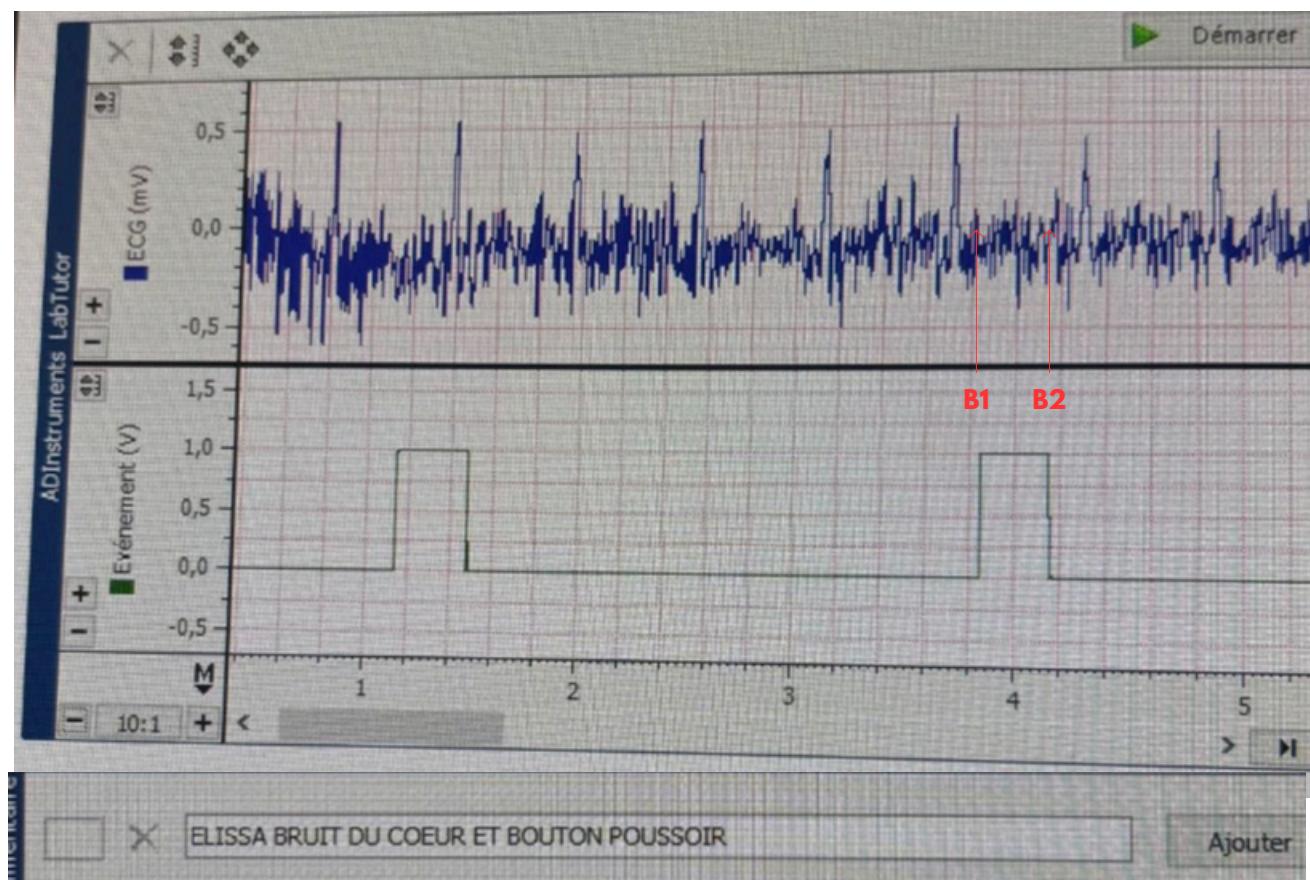
Figure 4 : Tracé de l'ECG et des bruits du cœur de Malika avec repérage temporel des bruits B1 et B2 par rapport au complexe QRS et à l'onde T et tableau de valeurs des délais mesurées entre activité électrique et bruits cardiaques.

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

Le complexe QRS correspond à la dépolarisation des ventricules, c'est-à-dire à l'activation électrique qui déclenche leur contraction. Juste après cette activation, les ventricules commencent à se contracter donc c'est le début de la systole. Cette contraction ferme brutalement les valves mitrale et tricuspidale, ce qui produit le premier bruit du cœur, B1 ("Poum"). C'est pourquoi le bruit B1 apparaît presque immédiatement après le complexe QRS.

**8. Expliquez pourquoi une relaxation ventriculaire (diastole) et le bruit B2 ou 'Tap' se produisent après l'onde T.**

L'onde T correspond à la repolarisation des ventricules, donc au début de leur relaxation. Dans nos mesures, le second bruit du cœur (B2) apparaît 0,148 s après l'onde T, ce qui montre que la fermeture des valves aortique et pulmonaire survient juste après la fin de la repolarisation. Cette fermeture produit le bruit B2 ("Tap"). L'intervalle  $T \rightarrow B2$  (0,148 s) confirme que la relaxation ventriculaire suit l'onde T avant de générer le bruit B2



*Figure 5 : Tracé de l'ECG et des bruits du cœur d'Elissa avec repérage temporel des bruits B1 et B2 par rapport au complexe QRS et à l'onde T*

## Exercice 4: ECG et phonocardiographie

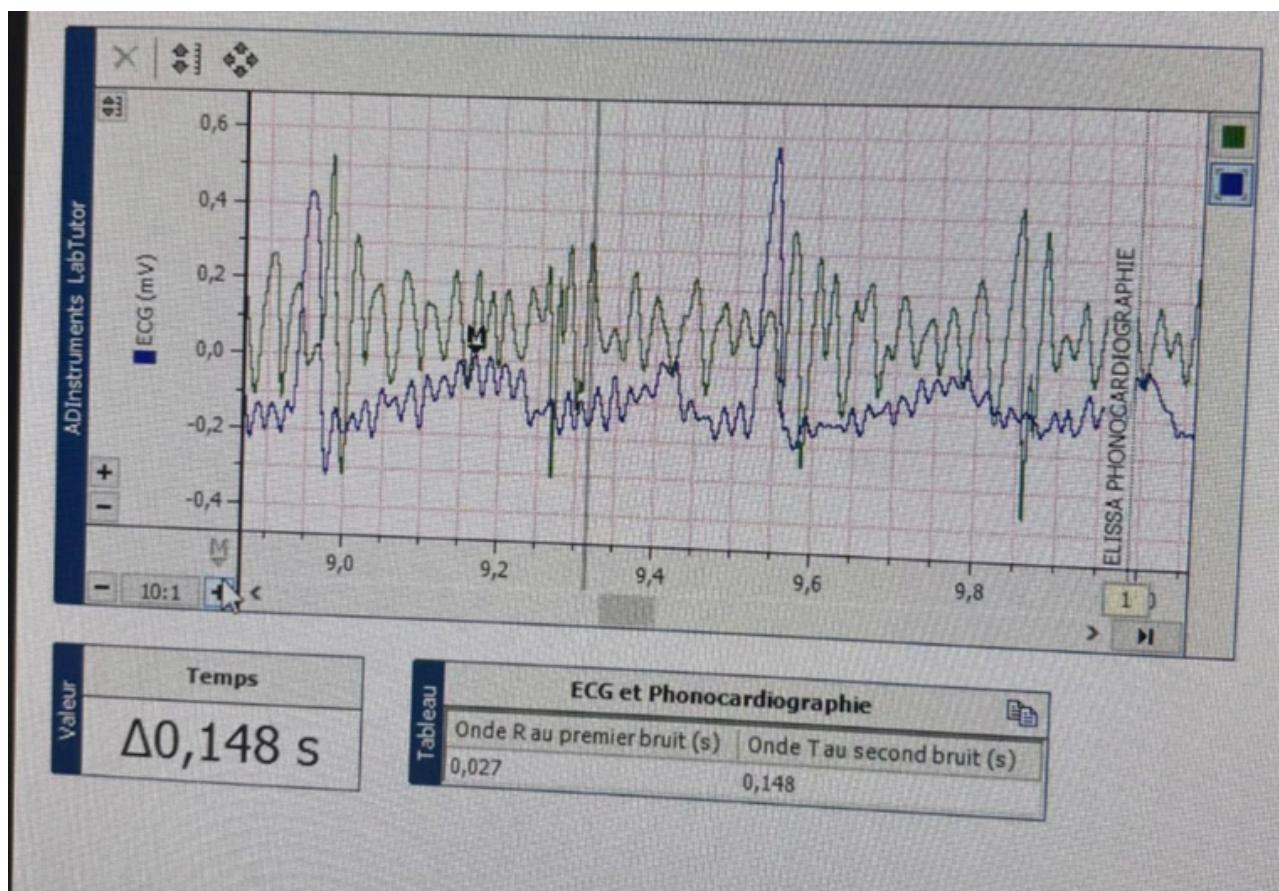
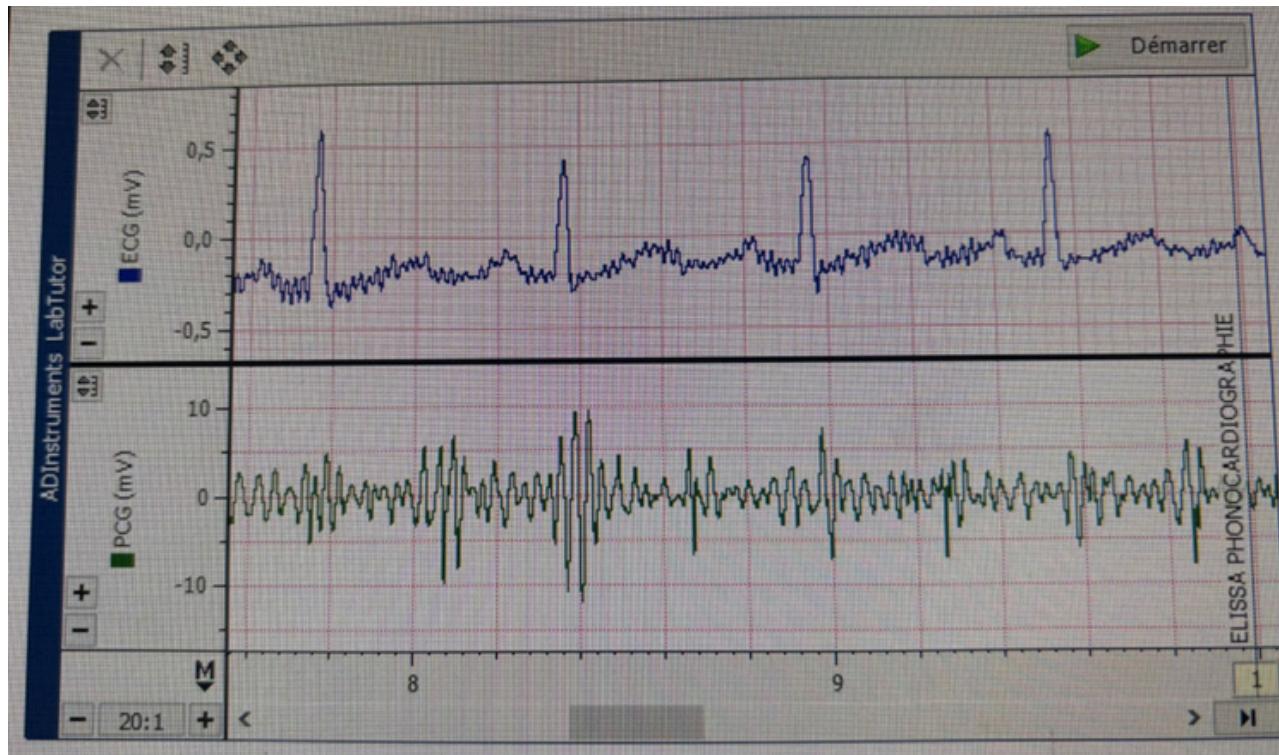


Figure 6 : Tracé simultané de l'ECG et du phonocardiogramme chez Elissa, avec repérage temporel des bruits cardiaques par rapport aux ondes R et T.

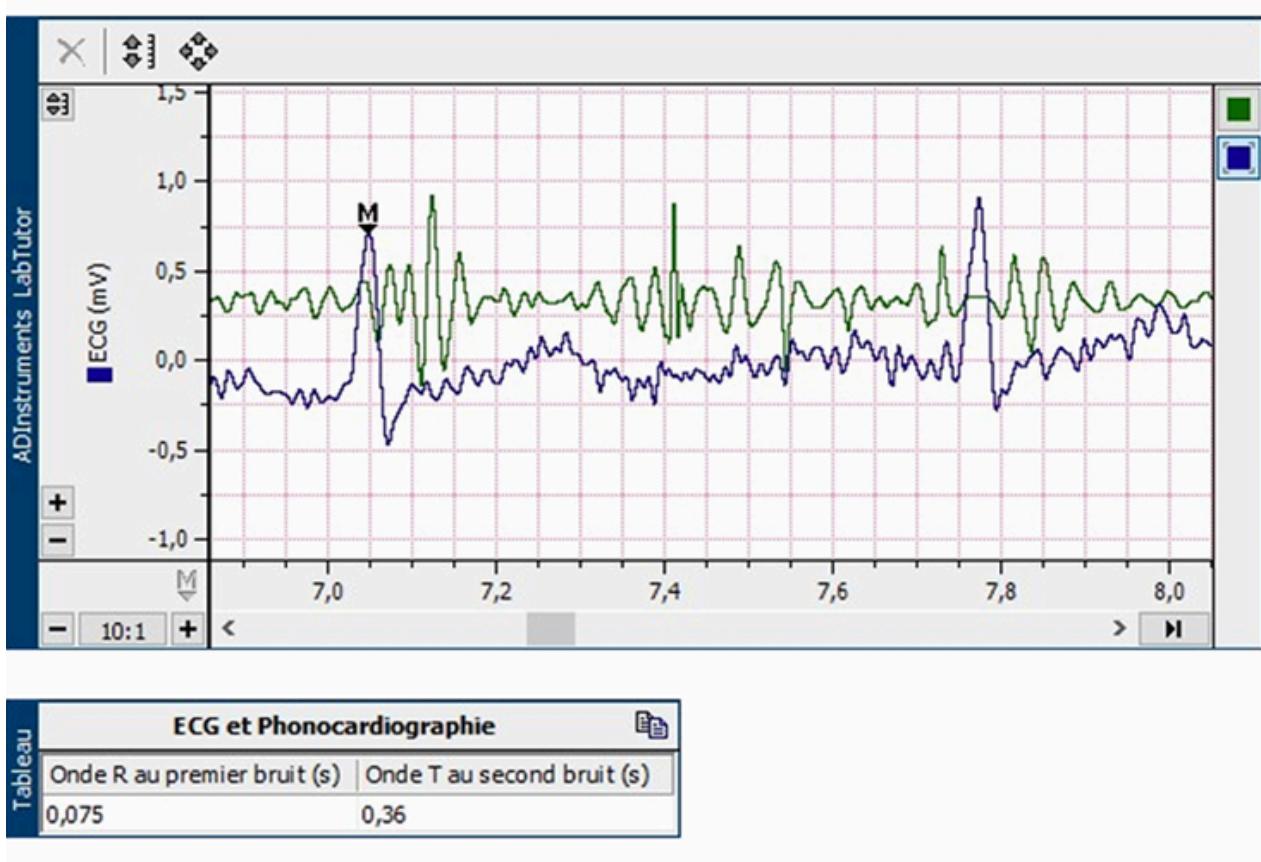


Figure 7 : Autre enregistrement : tracé simultané de l'ECG et du phonocardiogramme chez Sara, avec repérage temporel des bruits cardiaques par rapport aux ondes R et T.

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

Les bruits "Tap-Poum" enregistrés manuellement sont moins précis à cause du temps de réaction humain (délais lié à la perception entre l'écoute et l'appui sur le bouton) et du bruit ambiant. La phonocardiographie enregistre directement les vibrations des valves cardiaques sans délai et avec une précision bien plus élevée. Ces différences expliquent l'écart entre nos repères manuels et la mesure correcte fournie par la phonocardiographie.