



TP1 : ECG et circulations périphériques

L' OBJECTIF

L'objectif de ce TP est de comprendre comment le cœur achemine le sang vers la circulation périphérique à travers l'enregistrement et l'analyse simultanée de différents signaux : l'ECG, qui reflète l'activité électrique du cœur, et le pouls digital, qui montre l'arrivée de l'onde de sang dans les doigts à chaque contraction du cœur.

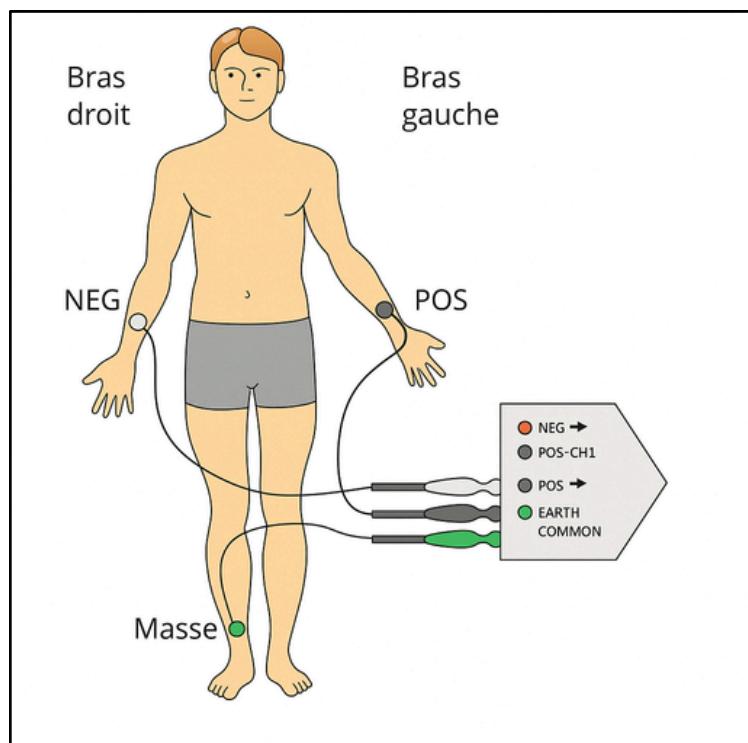
Les différents exercices visent à examiner la forme du pouls et l'amplitude sur plusieurs doigts des volontaires, à repérer les principaux sites de palpation artérielle du membre supérieur, à explorer l'organisation vasculaire de la main et à observer comment certaines conditions, comme l'exposition au froid, modifient le signal du pouls.

L'ensemble de ces mesures vise à relier l'activité cardiaque centrale à la circulation périphérique et à ses mécanismes d'adaptation.

LE MATERIEL ET LA METHODE

Le matériel utilisé est le suivant :

- PowerLab
- Logiciel LabTutor
- Ordinateur
- Transducteur de pouls digital.
- Câbles bioAmp ECG
- électrodes réutilisables "crocodiles"
- Gel conducteur pour les électrodes
- bombe d'azote (pour l'effet du froid).
- papier absorbant



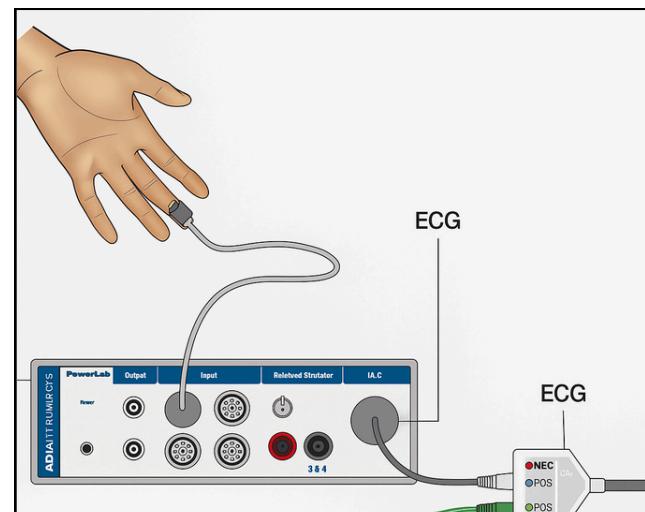
La méthode :

exercice 1: ECG et pouls au repos

- Vérifier que le PowerLab est bien branché et allumé.
- Le capteur de pouls digital est placé sur l'un des majeurs et le connecter à l'entrée 1 du PowerLab.
- Les électrodes pinces branché sur les poignets et la cheville droite, puis relier les fils provenant de ces électrodes sur le câble Bio Amp en respectant les entrées prévues.
- Les fils des électrodes sont connectés aux entrées Masse (terre), CH1 NEG et POS sur le câble du bioamplificateur.
- Le câble du bioamplificateur est connecté sur l'entrée "bioAmp" du PowerLab.
- Etudiez la relation entre ECG et pouls pour chaque membre du groupe à l'aide des outils du logiciel (marqueur, curseur..)

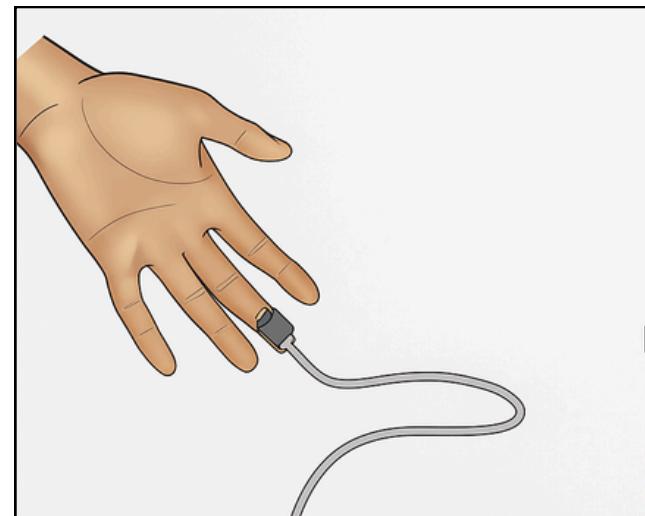


remarque : le capteur de pression est un signal analogique il se branche sur une entrée analogique standard, (comme Input 1) mais les électrodes ECG captent un signal électrique biologique (très faible) donc elles se branchent sur une entrée amplifiée et isolée, le Bio Amp



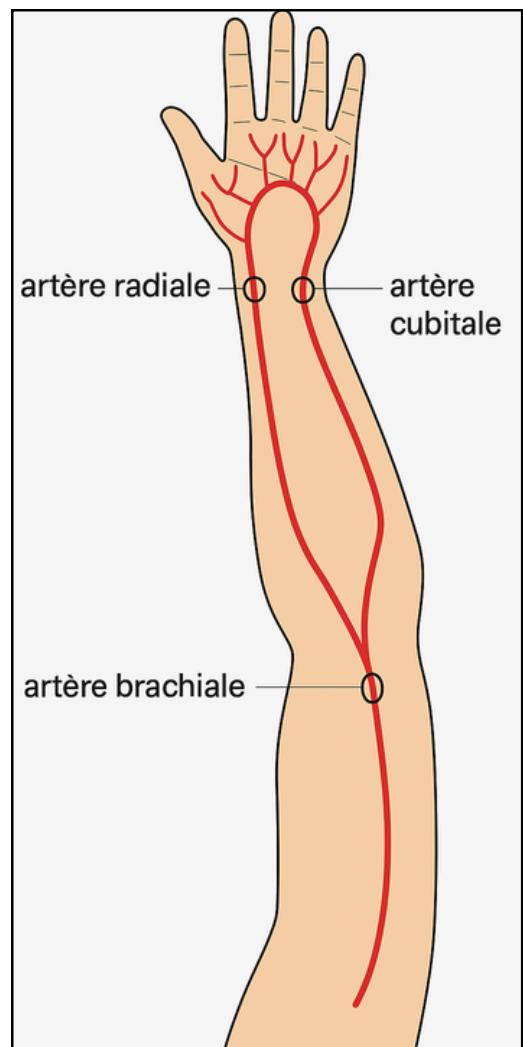
exercice 2 : le pouls

- Le capteur de pouls digital est fixé sur le doigt du volontaire.
- Le nom du volontaire est inscrit dans le panneau de commentaires de LabTutor.
- L'enregistrement est lancé, un commentaire est ajouté, et la mesure est réalisée pendant environ 10 secondes.
- L'enregistrement est ensuite arrêté, puis répété pour chaque membre du groupe.
- Observer les différences d'amplitude et de forme du signal entre les volontaires à l'aide des outils du logiciel.



exercice 3 : palpations des pouls artériels du membre supérieur

- Le pouls radial du volontaire est palpé à l'endroit indiqué sur la figure ci contre à l'aide de l'index, le majeur ou l'annulaire.
- Le pouls cubital est sentie sur le bord interne de l'avant bras du volontaire.
- Le pouls brachial est senti au niveau de l'intérieur du coude



exercice 4 : anastomose artérielle de la main

- Le capteur de pouls digital est placé sur la phalange du majeur.
- L'enregistrement est lancé dans LabTutor.
- Pour chaque artère (brachiale, radiale et cubitale), une pression manuelle ferme est appliquée avec le pouce pendant 5 à 10 secondes, puis relâchée.
- Des annotations " compressée" et "relâchée" sont inscrite dans le logiciel ainsi que le nom de l'artère.
- Observé les modifications du signal sur les tracé et déduire quel effet la compression de chaque artère a eu sur le pouls du doigt

exercice 5 : effet du froid sur le pouls digital

- Le capteur de pouls est placé sur un doigt du participant.
- Un premier enregistrement du pouls est réalisé au repos (avant le froid).
- Le doigt est exposé au froid à l'aide d'une bombe d'azote, avec un jet bref appliqué à distance.
- Un second enregistrement du pouls est effectué immédiatement après l'exposition au froid.
- Observer et comparer le signal sur les tracé "avant froid" et "après froid" et déduire quel effet le froid a eu sur le pouls du doigt.

LE RESULTAT

exercice 1: ECG et pouls au repos

La figure 1 (cf ANNEXE) montre un enregistrement simultané de l'ECG et du pouls digital. Sur le canal de la courbe ECG, les complexes QRS apparaissent régulièrement, le marqueur placé sur l'un des pics QRS indique le point utilisé pour mesurer le délai entre l'activité électrique du cœur et l'arrivée du pouls. Le début de l'onde de pouls (qui correspond au QRS) a été utilisé pour calculer l'intervalle de pouls mesuré chez Malika à 0,27 s. Sur le canal de la courbe du pouls digital, on observe des ondes qui se répètent avec une montée, un pic et une descente progressive.

La figure 2 (cf ANNEXE) compare deux tracés ECG-pouls :

Sur le premier tracé , les complexes QRS sont bien espacés avec le pouls digital associé montrant des cycles plus longs mais réguliers, le second tracé, les QRS sont rapprochés avec des cycles de pouls digital plus courts.

Dans les deux cas, chaque onde de pouls apparaît juste après un complexe QRS.

exercice 2 : pouls

La figure 3 (cf ANNEXE) présente deux enregistrements du pouls digital réalisés chez Elissa et Malika, un marqueur est placé sur l'un des pics du signal afin de repérer un cycle de référence pour les mesures.

Sur le tracé d'Elissa (tracé du haut) le pouls apparaît sous forme d'ondes successives présentant une montée, un pic puis une descente pour chaque cycle. Les valeurs du tableau indiquent une amplitude faible (0,03 mV), un intervalle entre deux pics de 0,65 s et une fréquence cardiaque estimée à 92 bpm.

Sur le tracé de Malika (tracé du bas), on observe également une succession régulière d'ondes de pouls. Le tableau indique une amplitude nettement plus élevée (0,34 mV) et un intervalle de 0,86 s, correspondant à une fréquence cardiaque plus basse. Les ondes sont plus hautes et plus espacées.

Ces deux enregistrements permettent ainsi de comparer directement le rythme et l'amplitude du pouls entre Malika et Elissa.

exercice 3 : palpations des pouls artériels du membre supérieur

Le pouls radial a été facilement détecté sur la face antérieure du poignet, du côté du pouce.

Le pouls ulnaire, recherché sur le bord interne du poignet, était présent mais nettement moins intense.

Le pouls brachial a été palpé au niveau du pli du coude, où il était bien perceptible.

Pour chacun, la présence du pouls et la régularité des battements ont été vérifiées.

exercice 4 : anastomose artérielle de la main

Sur le premier tracé de la figure 4 (cf ANNEXE), on observe la variation du pouls digital de Malika lors de la compression des artères radiale, ulnaire et brachiale, ainsi que l'amplitude mesurée durant ces moments de compression/relâchement.

Lorsque l'artère radiale et cubitale sont comprimée, le pouls reste présent avec une légère baisse d'amplitude (le signal varie d' une amplitude d'environ 0,4-0,5 mV à 0,1-0,2 mV quand les artères sont comprimés).

Dans ces deux cas, la diminution d'amplitude est effectivement là, sans que le signal ne disparaisse pour autant.

En revanche, la compression de l'artère brachiale entraîne une chute marquée du signal : l'amplitude devient très faible, voire quasi nulle (le signal varie de 0.4-0.5 mV à 0.0-0.05 mV quand l'artère est comprimé).

Sur le second tracé de la figure 4 (cf. ANNEXE) on remarque la même variation :

Lors de la compression des artères cubitale et radiale, l'amplitude diminue nettement (le signal variant de 0.4-0.5 mV à environ 0,1 à 0,2 mV) tout en restant détectable. Lorsque l'artère cubitale est en phase de "relâchement", l'amplitude revient à une valeur proche de 0,4-0,5 mV et le tracé du pouls redevient régulier.

Dans tout les cas, le pouls reste présent mais avec des variations d'amplitude plus ou moins élevé.

exercice 5 : effet du froid sur le pouls digital

Sur le tracé de la figure 6 (cf. ANNEXE) on observe au début de l'enregistrement (température ambiante) un signal du pouls régulier, l'amplitude est relativement élevée : autour de 0,30 à 0,35 mV.

Vers 15 secondes (lors de l'application du froid sur le doigt) on observe une chute immédiate de l'amplitude : les ondes du pouls deviennent beaucoup plus basses. Les valeurs relevées dans le tableau descendant rapidement à 0,17 mV, puis autour de 0,10 mV. Après quelques instants, (à partir de 30 secondes), le pouls reste présent mais l'amplitude demeure faible, avec un tracé plus aplati. Les valeurs oscillent entre 0,10 et 0,21 mV. La différence globale mesurée entre avant et après froid est de $\Delta \approx 0,14$ mV.

Sur le tracé de la figure 7 (cf. ANNEXE), où la courbe est plus visible, la même évolution est observée : avant le froid, l'amplitude reste stable (environ 0,3 mV visuellement), juste après le froid, le signal devient nettement plus faible (proche de 0,1 mV), et lors du retour à température ambiante, le pouls reste présent mais l'amplitude ne retrouve pas immédiatement sa valeur initiale.

Sur le tracé de la figure 8 (cf. ANNEXE) , l'évolution suit la même trajectoire : on observe au début de l'enregistrement (température ambiante) un signal du pouls régulier, avec des ondes bien visibles. L'amplitude est relativement élevée à 0:30 s, l'amplitude mesurée est de 1,58 mV, ce qui correspond à la valeur maximale observée dans le tableau. Tout de suite après l'exposition au froid, les ondes deviennent plus petites : à 1:00 min, l'amplitude est à 1,00 mV.

On constate une valeur isolée plus élevée (1,69 mV à 1:30 min), mais le tracé montre bien que la tendance générale est à la baisse.

L'amplitude continue de diminuer progressivement à 2:00 min, 0.66mV, puis 0,52 mV à 2:30 min, puis seulement 0,14 mV à 3:00 min. Le signal devient plus faible.

Lors du retour à température ambiante, le pouls réapparaît de façon régulière, mais son amplitude reste basse et ne remonte pas encore aux niveaux observés avant l'exposition au froid.

ANALYSE ET INTERPRETATION

exercice 1: ECG et pouls au repos

L'enregistrement simultané de l'ECG et du pouls au repos permet de visualiser, sur un même tracé, le moment où le cœur se contracte et le moment où l'onde de pression arrive dans les doigts.

Sur la figure 1 (cf. ANNEXE), le complexe QRS correspond à la dépolarisation ventriculaire, donc au déclenchement de la contraction. Juste après, on voit apparaître l'onde de pouls dans le doigt, avec un délai mesuré ici à 0,202 s, qui représente simplement le temps nécessaire à l'onde de pression pour parcourir l'arbre artériel jusqu'aux artères digitales. Le pouls est régulier, tout comme l'ECG, ce qui témoigne d'un rythme stable.

Sur la figure 2 (cf. ANNEXE), les deux volontaires ont des rythmes différents.

Chez Elissa, les QRS sont espacés : la fréquence cardiaque est plus lente, et cela se retrouve sur le pouls, où les cycles sont plus longs.

Chez Malika, les QRS sont rapprochés : la fréquence est plus rapide, et les ondes de pouls se succèdent plus vite.

Dans les deux cas, l'onde de pouls apparaît toujours juste après le QRS, ce qui illustre bien la relation directe entre l'activité électrique du cœur et la transmission mécanique de l'onde de pression dans les artères.

exercice 2 : pouls

Les deux tracés de la figure 3 (cf. ANNEXE) montrent des signaux réguliers, mais avec des profils différents entre Elissa et Malika.

Chez Elissa, l'intervalle entre deux pics est de 0,65 s, ce qui correspond à une fréquence d'environ 92 bpm. Le pouls est donc rapide et son amplitude est faible (0,03 mV), ce qui apparaît sur le tracé sous forme d'ondes petites et rapprochées.

Chez Malika, l'intervalle est plus long (0,86 s), soit un rythme plus lent, autour de 70 bpm, mais l'amplitude est beaucoup plus élevée (0,34 mV). On voit alors sur son tracé des ondes plus espacées mais nettement plus hautes.

Quand la fréquence cardiaque est élevée comme chez Elissa chaque cycle est plus court : le ventricule a moins de temps pour se remplir avant de se contracter. Le volume d'éjection systolique tend alors à être un peu plus faible, ce qui se traduit en périphérie par des ondes de pouls plus petites.

À l'inverse, lorsque le rythme cardiaque est plus lent comme chez Malika le ventricule bénéficie d'un temps de remplissage plus long.

Cela peut augmenter légèrement le volume éjecté à chaque systole, ce qui se répercute par une amplitude de pouls plus importante au niveau du doigt.

Cette comparaison montre comment la fréquence cardiaque, l'amplitude du pouls et la forme des ondes peuvent varier d'une personne à l'autre, sans que cela soit pathologique et que la fréquence du pouls suit exactement la fréquence cardiaque.

exercice 3 : palpations des pouls artériels du membre supérieur

La palpation des artères du membre supérieur montre des différences nettes : par exemple pour le pouls brachial il correspond à une artère de gros calibre située proximalement, même si sa localisation peut demander un peu de temps au début, il a été facilement sentie. Le pouls radial est lui aussi facilement perceptible grâce à sa position très superficielle au poignet.

À l'inverse, le pouls ulnaire est souvent beaucoup plus discret, voire difficile à sentir, en raison de sa position plus profonde et d'un repère anatomique moins accessible.

Ces constatations reflètent uniquement ce que la palpation permet de percevoir. Elles ne suffisent pas à déterminer comment la main est réellement irriguée, car la palpation reste une méthode subjective : la force appliquée, l'épaisseur des tissus ou la morphologie du patient influencent directement la perception du pouls. Autrement dit, on peut sentir un pouls plus ou moins fort sans que cela renseigne réellement sur la contribution exacte de chaque artère à la vascularisation de la main.

C'est pour cette raison que l'exercice suivant, en observant la persistance ou la disparition du pouls digital pendant ces compressions, on peut objectiver le rôle des anastomoses et comprendre comment les deux artères participent ensemble à l'irrigation des doigts.

exercice 4 : anastomose artérielle de la main

Le tracé du haut de la figure 4 (cf. ANNEXE) montre que la compression des artères radiale et cubitale entraîne une baisse moyenne de l'amplitude du pouls, avec un signal persistant, ce qui suggère que l'autre artère continue d'alimenter la main grâce au principe d'anastomose, tandis que lors de la compression de l'artère brachiale, le pouls chute presque à zéro : comme cette artère irrigue à la fois la radiale et l'ulnaire, sa compression réduit fortement l'apport sanguin distal.

Chez Elissa (le tracé du bas) montre que la compression radiale et ulnaire diminue aussi l'amplitude du pouls sans le faire disparaître, ce qui correspond au fonctionnement normal des anastomoses. L'absence de l'enregistrement du signal du pouls en phase de compression brachiale empêche d'observer une disparition franche du pouls comme le tracé observé chez Malika.

Les deux tracés montrent la compensation entre les artères radiale et cubitale via les anastomose garantissent la continuité du flux sanguin périphérique même lorsqu'une artère n'alimente plus en périphérie

exercice 5 : effet du froid sur le pouls digital

Sur les tracés des figures 6,7 et 8 (cf. ANNEXE) , on constate la chute progressive de l'amplitude du pouls chez tout les volontaires, traduisant une vasoconstriction digitale, donc diminution du débit sanguin : les artéries du doigt se rétrécissent pour limiter les pertes de chaleur, ce qui réduit le volume de sang arrivant à chaque battement. C'est pourquoi on observe, sur le tracé de la figure 8 , l'amplitude passer d'une valeur élevée (1,58 mV) à des valeurs beaucoup plus faibles (jusqu'à 0,14 mV)

La valeur ponctuellement élevée à 1:30 min (1,69 mV) ne correspond pas au reste de la tendance, elle est dû à un léger mouvement du capteur au moment de la mesure de plus, le tracé ne montre aucune remontée réelle de l'amplitude à ce moment, ce qui confirme qu'il s'agit probablement d'une valeur isolée sans signification physiologique.

Après le froid (t. ambiante), l'amplitude reste basse, cela peut s'expliquer par la persistance temporaire de la vasoconstriction : les vaisseaux ne se réouvrent pas immédiatement et la perfusion digitale met du temps à se normaliser.

Ce comportement correspond à la physiologie de la thermorégulation périphérique.

ANNEXES

Identification	sps25almalla, sps25almalla (sps25almalla ,sps25almalla) sps25ouattara, sps25ouattara (sps25ouattara ,sps25ouattara) sps25zegour, sps25zegour (sps25zegour ,sps25zegour)	En Cours
		Commencé 09:51 14 oct. 2025

Exercice 1 : ECG et pouls au repos

1. Aujourd'hui, vous avez mesuré un signal électrique (ECG) produit par le cœur. Décrivez de votre mieux et le plus précisément possible l'origine du complexe QRS de l'ECG mesuré.

Le complexe QRS correspond à la dépolarisation des ventricules, après que les oreillettes se soient dépolarisées, l'influx nerveux passe par le nœud auriculo-ventriculaire, puis se propage rapidement dans le faisceau de His et enfin les fibres de Purkinje. Cette activation coordonnée entraîne la contraction des cellules myocardiques ventriculaires.

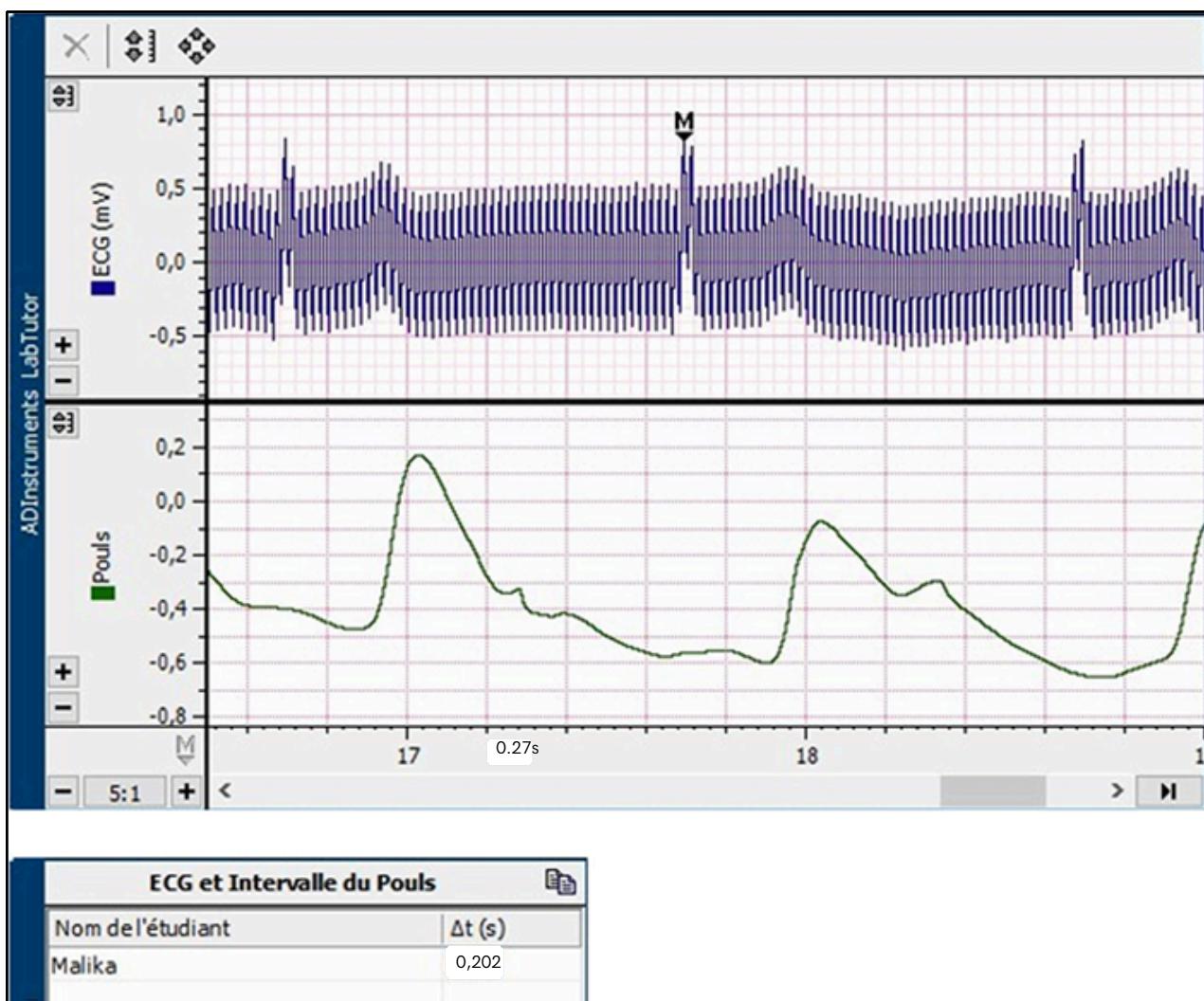


Figure 1 - Tracé de l'ECG de Malika et du pouls digital avec mesure de l'intervalle QRS-début de l'onde de pouls

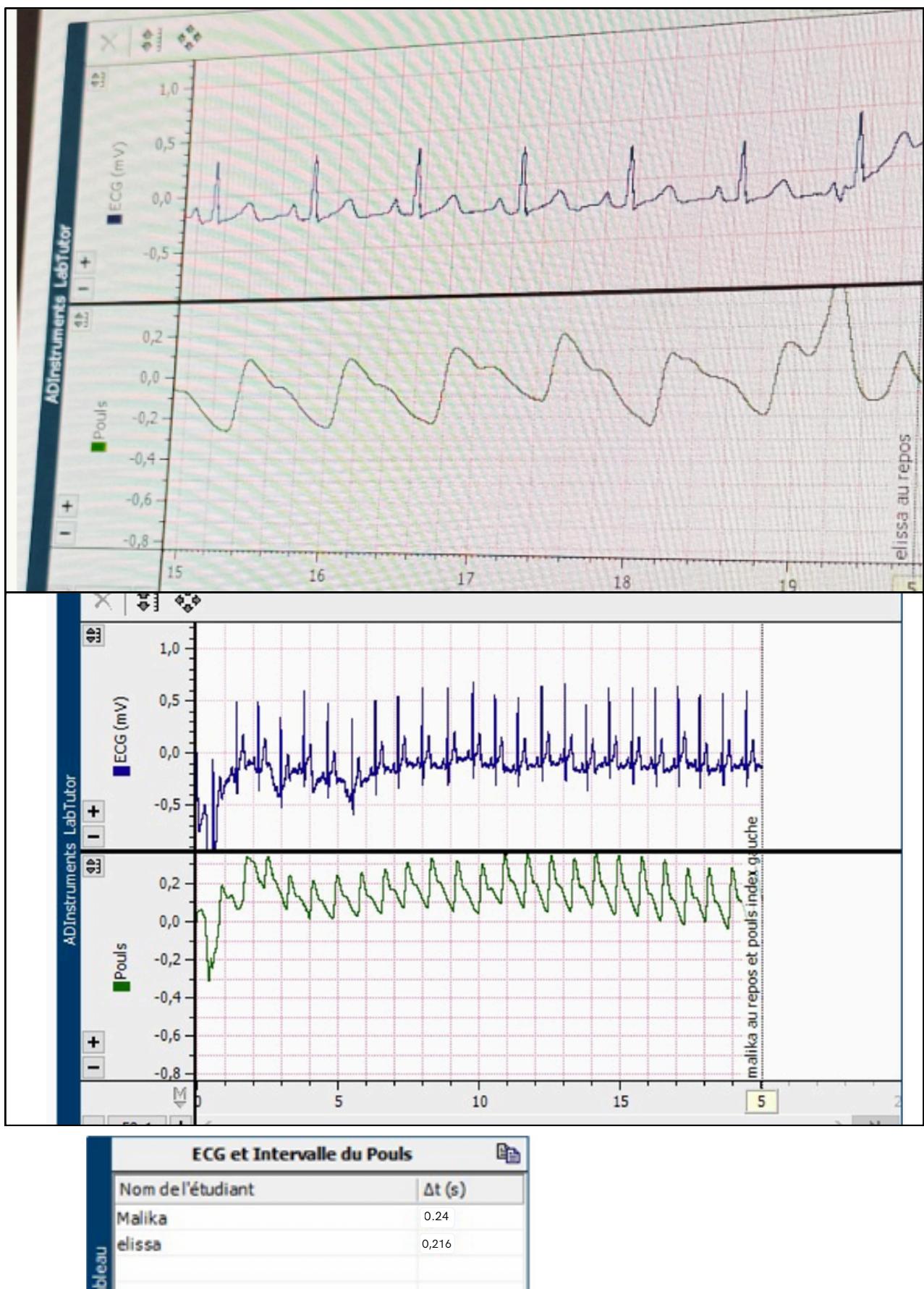


Figure 2 - Tracés de l'ECG et du pouls digital de Malika et Elissa, avec mesure de l'intervalle QRS-début de l'onde de pouls

1. Faites une liste des phénomènes physiologiques successifs qui se produisent entre la génération du complexe QRS et l'arrivée de l'onde du pouls au bout du doigt.

Le complexe QRS déclenche la contraction des ventricules. Cette contraction fait augmenter la pression dans le ventricule gauche jusqu'à ce qu'elle dépasse celle de l'aorte, ce qui ouvre la valve aortique et éjecte le sang dans l'aorte. L'éjection du sang crée une onde de pression, appelée onde de pouls, qui se propage dans les artères, remonte le bras, passe dans l'artère radiale et atteint finalement les artères des doigts, où elle est détectée par un capteur sous forme de signal de pouls. Le signal observé dans LabTutor est la propagation de cette onde de pouls.

Exercice 2 : le pouls

1. Citez quelques raisons pour expliquer les différences d'amplitude du pouls d'un individu à un autre.

Les différences d'amplitude du pouls entre les individus peuvent être dues aux variations inter-individu (sexe, taille, âge, besoins, état de santé), mais aussi par le volume sanguin, la pression sanguine, le stress.

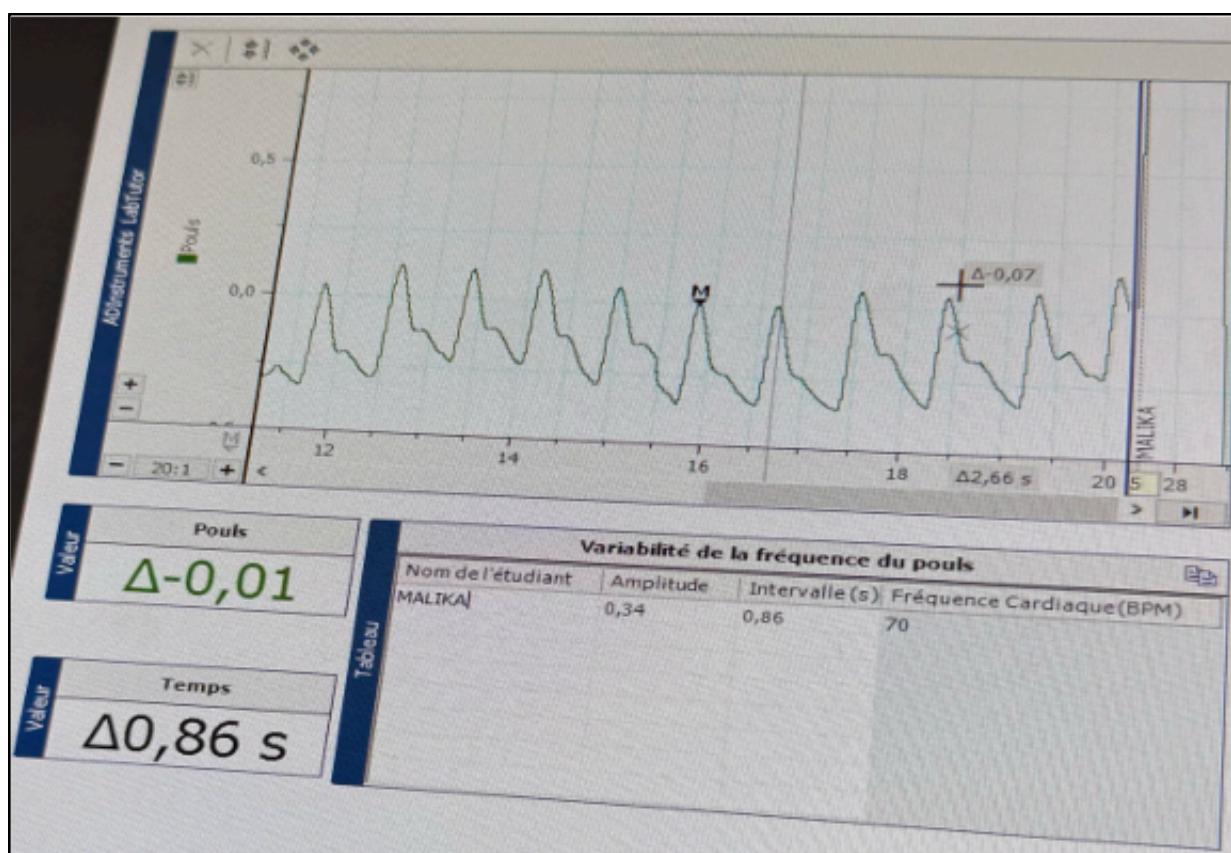
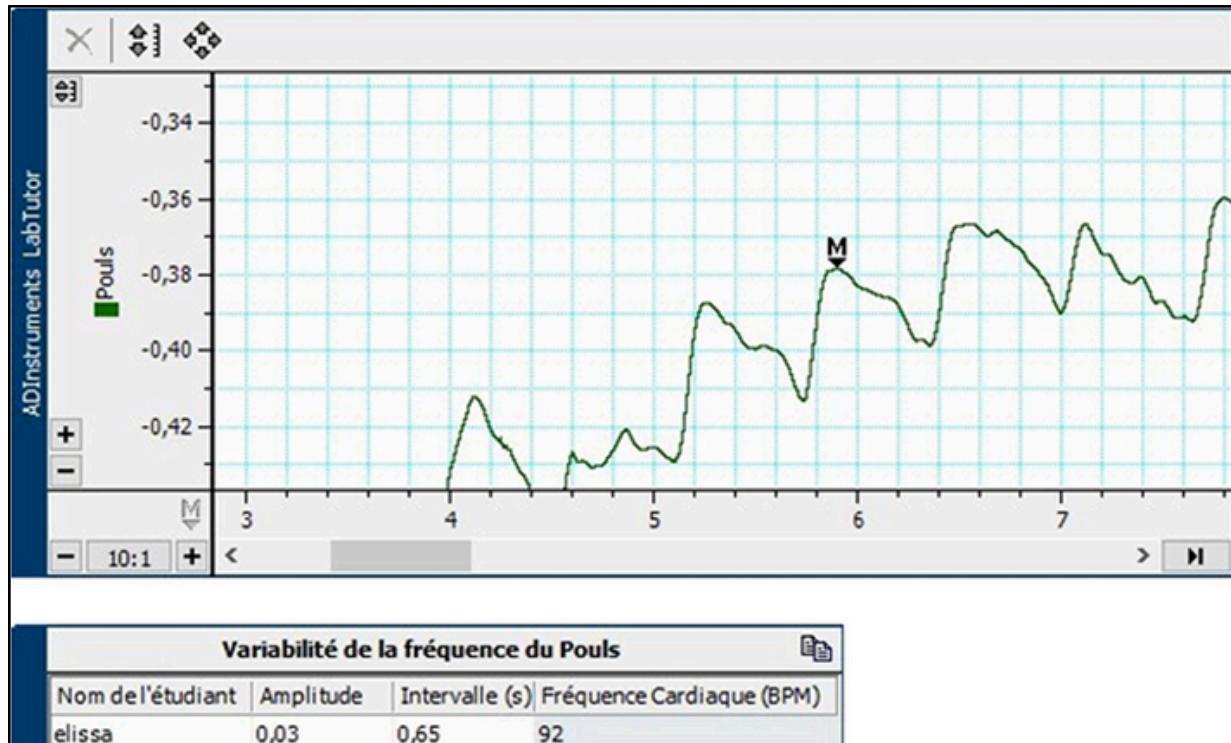


Figure 3 - Tracé du signal du pouls digital de Malika et Elissa et mesures de l'amplitude, de l'intervalle et de la fréquence cardiaque

Exercice 3 : Palpation des pouls artériels

1. Quand vous sentez un pouls, sentez-vous (a) le débit sanguin, (b) l'onde de pression, ou (c) les changements rapides de diamètre de l'artère dus à l'onde de pression?

Lorsqu'on palpe le pouls on sent les changements rapides de diamètre de l'artère causés par l'onde de pression.

2. Les sites anatomiques de palpation des pouls correspondent souvent aux 'points de pression' pour arrêter une hémorragie lors des premiers soins. Pourquoi?

On palpe le pouls à certains points comme le poignet ou le cou, car l'artère y est proche de la peau et repose sur un os, ce qui facilite la détection du pouls. En cas de saignement, on peut appuyer sur l'artère contre l'os : cela bloque partiellement ou totalement le flux sanguin et permet de réduire ou stopper l'hémorragie.

3. Pourquoi le pouls cubital ne peut-il généralement pas être senti?

Le pouls cubital, qui correspond à l'artère ulnaire, est difficile à sentir parce que cette artère est profonde et recouverte par des muscles et des tendons, ce qui la rend moins accessible que l'artère radiale.

4. Les médecins sont formés pour évaluer les différents aspects du pouls: la fréquence cardiaque, le rythme, l'amplitude et la qualité. Par exemple, la fréquence cardiaque peut être de 72 battements par minute, le rythme régulier ou irrégulier, l'amplitude élevée et la qualité 'filante' ou se dégradant. En vous basant sur les exercices du TP d'aujourd'hui, quels sont, d'après vous, les paramètres qui sont faciles à évaluer et ceux qui sont plus difficiles à évaluer?

La fréquence et le rythme cardiaque sont faciles à évaluer car ils sont identiques dans le corps mais l'amplitude et la forme du pouls sont plus difficilement évaluables car l'amplitude et la forme de l'onde de pouls varient selon les régions du corps : elle est plus faible dans les grosses artères proche du cœur et plus élevée dans les artères périphériques.

Exercice 4 : Anastomose artérielle de la main

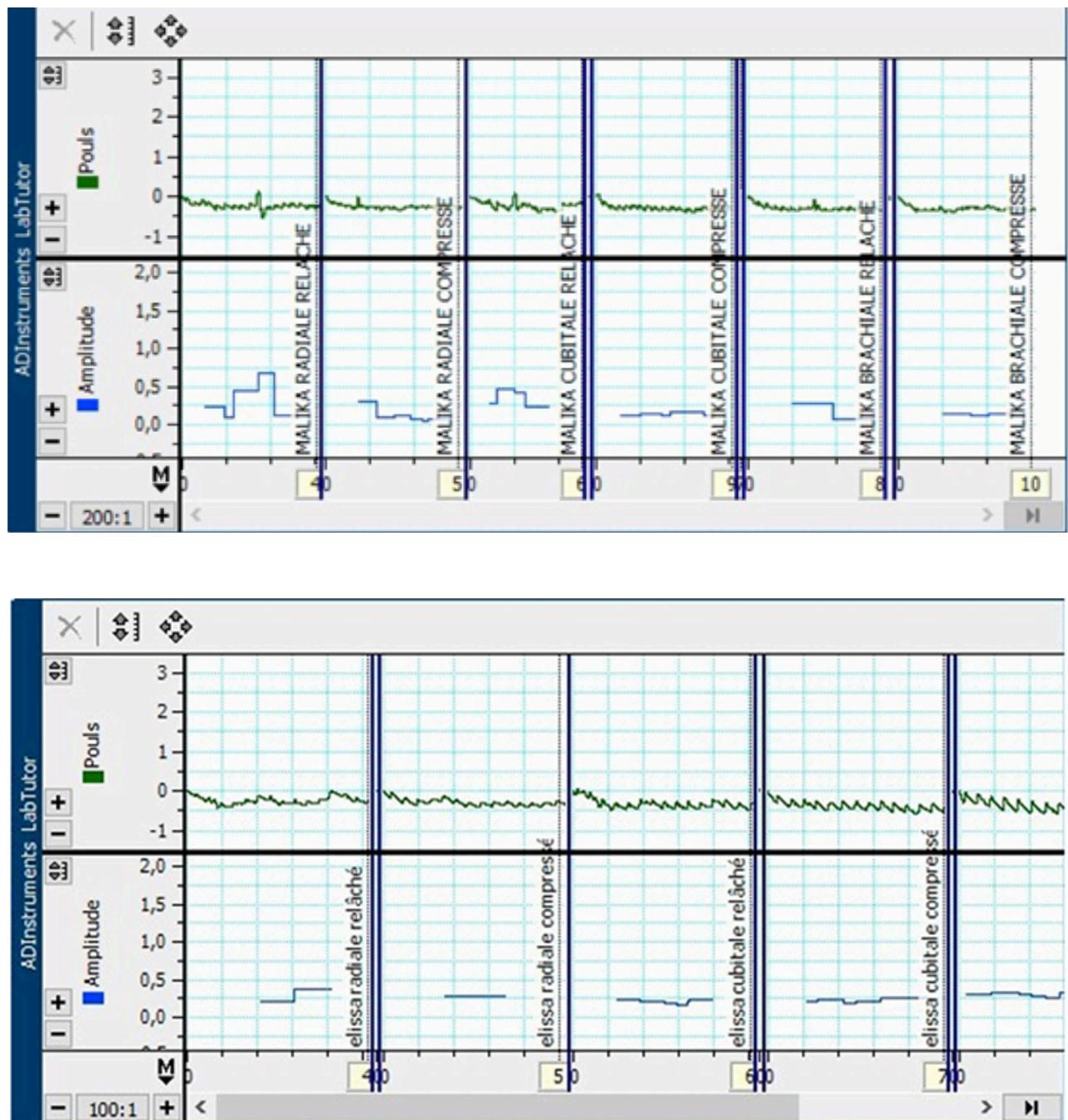


Figure 4 - Tracé du signal du pouls digital et de son amplitude chez Malika et Elissa lors de la compression et du relâchement successifs des artères radiale, cubitale et brachiale

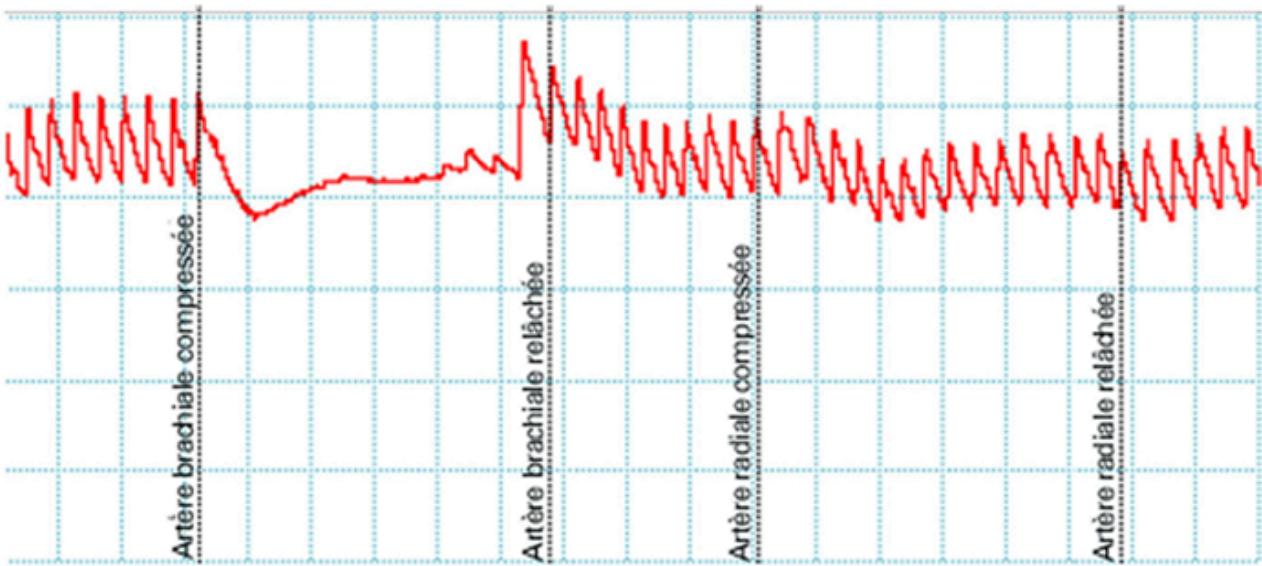


Figure 5 – Tracé de référence du signal du pouls digital attendu

1. Décrivez pourquoi le pouls a disparu dans les doigts lorsque l'artère brachiale a été compressée?

La compression de l'artère brachiale interrompt le flux sanguin principal vers l'avant-bras et la main, provoquant la disparition du pouls digital.

2. Est-ce que le pouls a disparu complètement quand l'artère radiale ou cubitale seule a été compressée? Si non, expliquez pourquoi?

Lorsque seule l'artère radiale ou cubitale est comprimée, le pouls ne disparaît pas totalement, grâce à la présence d'une anastomose artérielle (les deux artères apportent du sang aux doigts, si l'une est bloquée , l'autre continue à alimenter la main) qui compense le flux part une autre artère, avec un pouls un peu plus faible.

3. Il y a de nombreuses variations anatomiques d'une personne à une autre, mais pour la plupart des gens, le flux sanguin vers les doigts provient principalement de l'artère cubitale, avec une contribution moindre de l'artère radiale. En vous basant sur vos résultats, pouvez-vous le confirmer?

D'après nos résultats, l'analyse graphique montre qu'en comprimant l'artère radiale, l'amplitude reste relativement stable, mais qu'elle diminue lors de la compression de l'artère cubitale. Cette observation confirme que l'artère cubitale assure l'irrigation principale des doigts via l'anastomose artérielle.

Exercice 5 : Effet du froid sur le pouls

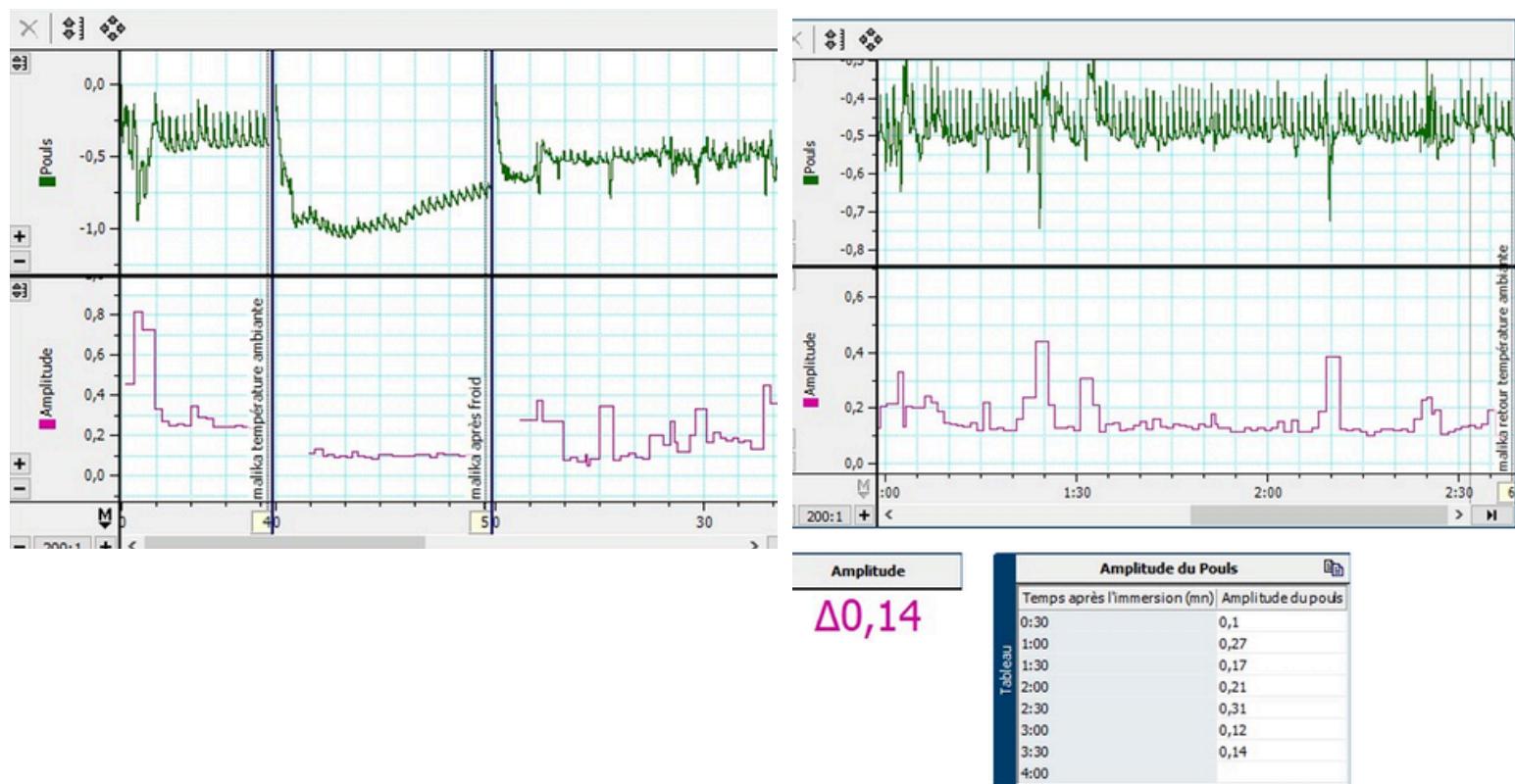


Figure 6 – Enregistrement du pouls digital de Malika avant et après exposition au froid, montrant l'évolution temporelle du signal et de son amplitude

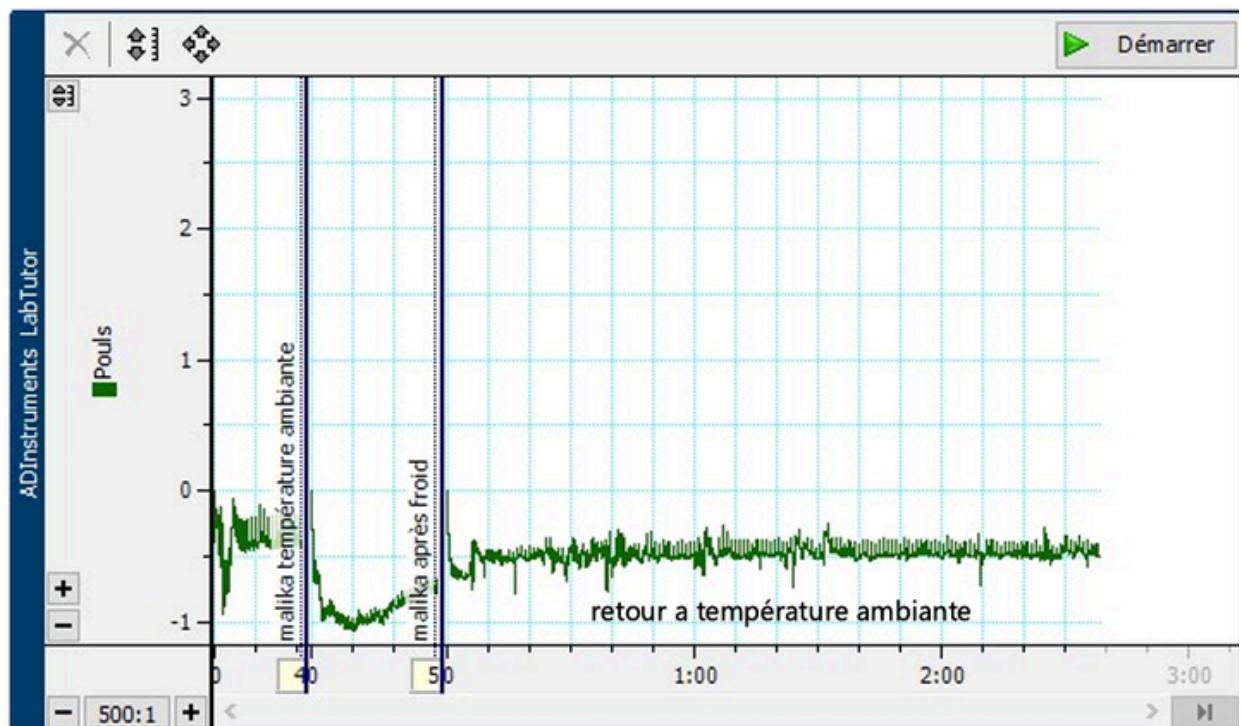


Figure 7 – Second enregistrement du pouls digital de Malika avant et après exposition au froid



Amplitude du Pouls	
Temps après l'immersion (mn)	AmplitudeduPouls
0:30	1,58
1:00	1:00
1:30	1,69
2:00	0,66
2:30	0,52
3:00	0,14
3:30	
4:00	

Figure 8 - Enregistrement du pouls digital d'Elissa avant et après exposition au froid, montrant l'évolution temporelle du signal et de son amplitude

1. Décrivez l'effet du froid sur le pouls.

Vasoconstriction périphérique, donc contraction des vaisseaux sanguins des extrémités, cela a pour conséquence de réduire le flux sanguin, réduire l'amplitude, rend le pouls plus faible, plus difficile à sentir.

2. De nombreux mammifères ont la capacité de diminuer leur circulation sanguine au niveau de leurs extrémités dans des environnements froids. Est-ce que vos résultats confirment cette observation ?

Les résultats expérimentaux confirment cette réponse physiologique, chez l'humain comme chez de nombreux mammifères, la diminution du flux sanguin périphérique dans des environnements froids, constitue un mécanisme de thermorégulation visant à limiter les pertes de chaleur et préserver les organes les plus vitaux (cœur, cerveau, reins) en redirigeant le sang vers la circulation centrale.