



# TP3 : Respiration

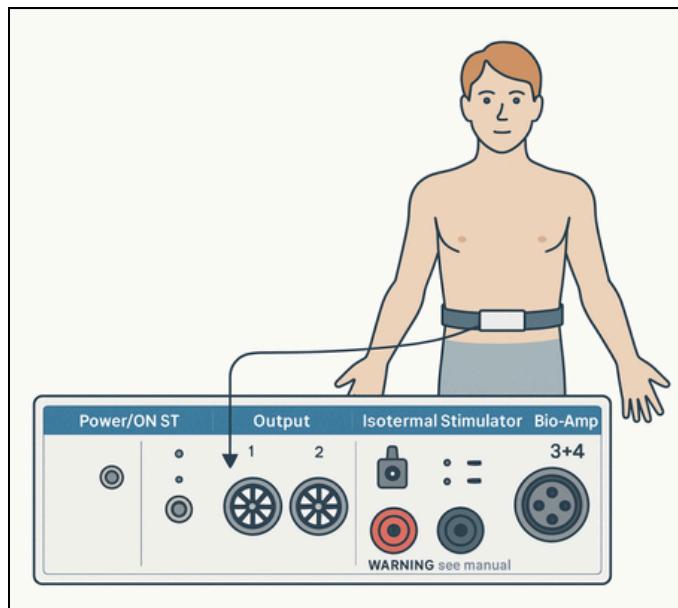
## L' OBJECTIF

L'objectif ici est d'enregistrer les mouvements respiratoires à l'aide d'une ceinture respiratoire abdominale afin d'**observer et analyser différents aspects de la ventilation** et **comprendre comment les variations de la ventilation vont impacter la fréquence cardiaque**. Au travers de 4 exercices, nous allons étudier la **rétenzione du souffle**, **l'hyperventilation volontaire** et ses **effets** sur la ventilation, la respiration en circuit fermé et son impact sur le rythme respiratoire pour enfin finir sur l'observation de la relation entre respiration et fréquence cardiaque.

## LE MATERIEL ET LA METHODE

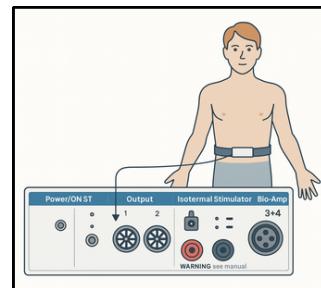
Le matériel utilisé est le suivant :

- ordinateur
- logiciel LabTutor
- PowerLab
- transducteur de pouls digital branché à l'entrée 2
- ceinture respiratoire branché à l'entrée 1
- sac en papier ou mains du volontaire



## Protocole préliminaire exercice 1 à 3

- attacher la ceinture respiratoire autour de l'abdomen du volontaire comme ci contre
- positionner le capteur au niveau du nombril, à l'avant, suffisamment serré
- connecter le capteur de la ceinture à l'entrée 1 du PowerLab



### La méthode :

#### exercice 1: respiration normale

- Le volontaire respire rapidement durant quelques secondes, puis revient à une respiration lente et normale afin d'analyser les variations initiales du signal ventilatoire puis commente sur le tracé : « ligne de base 1 ».
- Le volontaire respire normalement, au repos pendant 2 à 3 minutes pour rétablir le profil de la ligne de base 1 , puis commente sur le tracé « respiration au repos ».
- Le volontaire réalise une inspiration maximale, puis retient son souffle aussi longtemps que possible ; puis commenter « rétention du souffle après inhalation ».
- Le volontaire reprend une respiration normale pendant 2 à 3 minutes pour permettre le retour aux valeurs de repos.
- Le volontaire effectue une expiration maximale, puis retient son souffle aussi longtemps que possible puis commenter « rétention du souffle après exhalation ».
- Le volontaire reprend enfin une respiration normale pour observer la réinstallation progressive du rythme basale.
- A l'aide des outils du logiciel (marqueur, curseur de courbe), insérer les valeurs au panneau de valeur

#### exercice 2: hyperventilation

- Le volontaire effectue une respiration au repos pendant 2 à 3 minutes pour établir le profil basale puis une inspiration maximale et retient son souffle au maximum puis commenter « rétention du souffle après inhalation ».
- Le volontaire respire normalement au repos pendant 2 à 3 minutes
- Réaliser une hyperventilation volontaire pendant 30 secondes et commenter "hyperventilation"

- Respirer normalement pendant 2 à 3 minutes
- Le volontaire effectue une seconde hyperventilation volontaire et commenter "hyperventilation" puis reprend une respiration normale
- Le volontaire réalise une seconde inspiration maximale puis retient son souffle au maximum puis commenter « rétention du souffle après inhalation post hyperventilation ».
- Le volontaire reprend sa respiration au repos pendant 2 à 3 minutes
- Comparer ensuite les apnées avant hyperventilation et après hyperventilation
- Sur le canal fréquence respiratoire sélectionner une partie représentant la fréquence respiratoire normale avant l' inhalation et retention de souffle : ceci représente fréquence respiratoire moyenne
- extraire cette valeur et la reporter sur la cellule correspondante du tableau
- Sur le canal de la respiration, sélectionner la durée de la rétention du souffle après inhalation
- extraire cette valeur et la reporter sur la cellule correspondante du tableau
- Répéter la même procédure ( que ci- dessus ) pour la période d'hyprventilation et la période de rétention du souffle post hyperventilation

### **exercice 3: respiration en circuit fermé**

- Enregistrer 2 à 3 minutes de respiration normale afin d'établir la ligne de base 1
- Demander au volontaire de respirer en circuit fermé (ou de créer une résistance en plaçant la main devant la bouche) pendant 1 min
- Retirer le circuit fermé
- Demander au volontaire de respirer normalement pendant 1 min

---

### **Protocole préliminaire exercice 4**

- Laisser la ceinture respiratoire autour de l'abdomen du volontaire.
  - Connecter le capteur de pouls digital à l'entrée 2, puis placer le capteur sur le doigt du volontaire.
  - S'assurer que le volontaire est assis, calme, la main posée sur le plan de travail, sans mouvements parasites susceptibles de modifier le signal.
  - Vérifier la stabilité des deux signaux (ventilation + pouls) avant de commencer l'enregistrement.
- 

### **exercice 4: respiration et fréquence cardiaque**

- Enregistrer une ligne basale de la fréquence cardiaque et du rythme respiratoire pendant 2 minutes afin d'obtenir les valeurs de repos.
- Demander au volontaire d'inhaler profondément puis de retenir son souffle autant que possible puis commenter « inhale, retenir son souffle ».
- Demander au volontaire à reprendre une respiration normale, afin d'observer le retour au rythme basale

## LE RESULTAT

---

### **exercice 1: respiration normale**

Le tracé de la figure 1 ( cf. ANNEXE) on observe que lors des inhalations l'amplitude du signal augmente positivement et lors des exhalations l'amplitude du signal baisse négativement

On observe une phase d'hyperventilation avec un rythme respiratoire irrégulier avec une vitesse non identifiable sur le tracé mais que l'on a mesuré à 100BPM : ce qui montre un rythme rapide. On observe ensuite une période de respiration normale durant laquelle le rythme respiratoire redevient régulier et stable. Cette portion constitue la ligne de base, avec une fréquence ventilatoire beaucoup plus faible, estimée entre 0 et 5 BPM, en cohérence avec les périodes de faible mouvement respiratoire observées sur le signal.

La phase suivante correspond à l'étape "inhalation maximale puis apnée", le signal respiratoire indique une augmentation nette de l'amplitude du mouvement ventilatoire lors de l'inspiration profonde, suivie d'un arrêt des mouvements respiratoires complets. L'absence de mouvement est clairement visible, le tracé chutant jusqu'à environ -10 mV, tandis que la portion du tracé du mouvement respiratoire qui correspond disparaît. La durée mesurée de retention du souffre est d'environ 8 secondes.

Après un retour à une respiration normale, une deuxième apnée est réalisée, cette fois après une expiration maximale: on observe , pendant la rétention du souffle, une amplitude faible et une vitesse respiratoire qui disparaît. Quand Malika reprend son souffle , la respiration reprend, le tracé montre une augmentation brusque de la fréquence, passant de 0 à environ 50 BPM, accompagnée d'une reprise des mouvements respiratoires . La durée de rétention est légèrement plus longue (8,25 secondes)

Pour la figure 2 ( cf. ANNEXE), l'observation des signaux du tracé chez Elissa confirme qu'il se passe les mêmes phénomènes physiologiques avec des variations quantitatives (durées d'apnée, amplitude des mouvements.) mais un déroulement identique lors des différentes phases de respiration.

## **exercice 2: hyperventilation**

Le tracé de la figure 3 ( cf ANNEXE) de Sara montre d'abord une respiration de repos qui apparaît avec un rythme régulier, de faible amplitude et une vitesse faible (autour de 5 à 10 BPM) ce qui constitue la ligne de base.

Lors de l'inhalation maximale, le signal respiratoire présente une élévation nette comme vu à l'exercice précédent, suivie d'un signal qui est plus faible et moins rapide, correspondant à l'apnée : la vitesse baisse à 0 BPM avec une disparition du tracé de la vitesse respiratoire.

Sara reprend une respiration normale, ce qui se traduit par le retour plus ou moins de la ligne de base 1. La phase d'hyperventilation entraîne une augmentation nette de la fréquence respiratoire (100 à 130 BPM) , l'amplitude des mouvements respiratoires devient également plus élevé que la ligne de base. Le retour de respiration au repos, montre un ralentissement du rythme respiratoire, avec une amplitude qui diminue et une vitesse aussi qui suit le mouvement.

En comparant la phase post-inhalation qui suit l'apnée (avant hyperventilation) à la phase post-inhalation qui suit l'apnée (après hyperventilation), on observe des différences nettes : l'amplitude respiratoire et la fréquence respiratoire post-hyperventilation est plus élevée que celle mesurée après la première reprise de souffle post-inhalation.

## **exercice 3: respiration en circuit fermé**

Le tracé de la figure 4 (cf. ANNEXE) montre qu'Elissa présente d'abord une respiration normale, avec une fréquence basse sur la durée et pas très régulière car sans doute artefact ou mouvement, la vitesse est d'environ 15 a 40 BPM. Les signaux rouges sont plutot espacés et l'on observe des pauses respiratoires physiologiques, ce qui se traduit par des diminutions transitoires de la fréquence sur le tracé bleu.

Lors du passage en circuit fermé, le rythme respiratoire s'accélère nettement : les oscillations du signal rouge deviennent plus nombreuses, plus rapprochées et légèrement plus amples. La fréquence respiratoire augmente en conséquence, et se maintient de manière un peu plus constante, autour de 15 à 30 BPM.

Lorsque la respiration redevient normale (hors circuit fermé), le signal rouge retrouve des oscillations plus espacées et moins fréquentes, et la fréquence respiratoire (tracé bleu) diminue progressivement pour revenir vers des valeurs de repos.

#### **exercice 4: respiration et fréquence cardiaque**

Le tracé de la figure 5 ( cf.ANNEXE) montre trois signaux enregistrés de façon simultanée chez Elissa : en rouge, les mouvements respiratoires (mV), en bleu, le signal du pouls (amplitude du capteur digital), et en vert la fréquence du pouls (BPM).

Le signal respiratoire montre des cycles réguliers d'amplitude modérée, correspondant à un mouvement respiratoire normale.

On observe un pic sur la courbe rouge, lors de l'inhalation profonde qui précède l'apnée, il apparaît marqué , plus haut que les autres avec un diminution disparition du signal du pouls sur la courbe verte et une fréquence du pouls diminué. Ce pic est immédiatement suivi d'une diminution nette de l'amplitude et des oscillations de la courbe en rouge ( mouvement respiratoire) caractéristique du début d'une apnée, avec une fréquence du pouls qui diminue de près de la moitié que dans une respiration normale ( passe de signaux ayant une fréquence de pouls dépassant les 500bpm a des signaux ne dépassant pas 250 bpm)

Après cette pause, les oscillations reprennent avec une amplitude plus faible puis progressivement plus régulière, indiquant la reprise de la respiration normale après la manœuvre.

## ANALYSE ET INTERPRETATION

### exercice 1: respiration normale

Pendant la respiration normale, les mouvements du thorax sont petits : le corps respire juste assez pour garder un niveau de CO<sub>2</sub> stable, donc il n'y a pas de raison d'augmenter l'amplitude.

Quand la personne prend une grande inspiration, l'amplitude du mouvement augmente fortement (le thorax se soulève beaucoup), puis elle bloque sa respiration. Pendant cette apnée d'environ 8 secondes, il n'y a plus aucun mouvement respiratoire : le CO<sub>2</sub> monte petit à petit dans le sang, et c'est cette augmentation qui oblige le corps à recommencer à respirer.

Lorsque l'apnée se fait après avoir soufflé un maximum, les poumons sont presque vides, donc le mouvement respiratoire est très faible. Cette apnée peut être légèrement plus longue ( $\approx 8,25$  s) mais elle devient vite inconfortable, car le CO<sub>2</sub> augmente encore plus rapidement. Dès que la personne reprend sa respiration, elle ventile très fort et très vite ( $\approx 50$  BPM) pour éliminer le CO<sub>2</sub> accumulé.

Enfin, Elissa et Malika montrent exactement les mêmes réactions physiologiques : seule la durée des apnées et l'amplitude des mouvements changent un peu, ce qui est normal puisqu'il existe toujours une variabilité individuelle entre deux personnes en bonne santé.

### exercice 2: hyperventilation

le corps respire lentement parce qu'il maintient naturellement un bon équilibre en CO<sub>2</sub>. Lorsqu'il y a une grande inspiration suivie d'une apnée, la respiration s'arrête complètement ; cette pause dure seulement jusqu'à ce que le CO<sub>2</sub> remonte assez dans le sang pour obliger la personne à reprendre son souffle. Pendant l'hyperventilation, la respiration devient très rapide (environ 100 à 130 respirations par minute) et cela fait éliminer trop de CO<sub>2</sub>, ce qui peut provoquer des sensations de vertige, de fourmillements ou une impression de tête légère.

Quand la personne arrête d'hyperventiler, la respiration repart plus fort et plus vite que la première fois, car le corps essaie de corriger très rapidement le manque de CO<sub>2</sub>.

Dans l'ensemble, ces réactions sont normales : elles montrent simplement que le rythme respiratoire est largement contrôlé par la quantité de CO<sub>2</sub> dans le sang.

### **exercice 3: respiration en circuit fermé**

Le tracé de la figure 4 ( cf.ANNEXE) montre qu'Elissa commence par respirer normalement : son rythme est plutôt lent, parfois irrégulier, avec des inspirations espacées et quelques petites pauses tout à fait normales. Quand elle passe en circuit fermé, c'est-à-dire qu'elle réinhale son propre air, sa respiration s'accélère : les cycles deviennent plus rapprochés, un peu plus amples, et sa fréquence respiratoire augmente car le corps détecte l'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'air qu'elle respire. Ce CO<sub>2</sub> stimule naturellement le centre respiratoire et pousse à respirer plus vite pour s'en débarrasser. Quand elle revient ensuite à une respiration normale avec de l'air ambiant, son rythme ralentit progressivement, les inspirations redeviennent plus espacées, et la fréquence respiratoire retombe vers les valeurs du repos. Cela montre que son corps élimine le CO<sub>2</sub> accumulé et que la régulation respiratoire fonctionne tout à fait normalement. On a induit l'effet inverse d'une hyperventilation : lors d'une hyperventilation volontaire, on respire trop vite et on élimine trop de CO<sub>2</sub> : son taux chute elle doit retrouver l'homeostasie c'est pour cela la respiration est instable. À l'inverse, en circuit fermé, on réinhale du CO<sub>2</sub> déjà expiré : son taux augmente et le cerveau accélère la respiration pour le faire baisser.

### **exercice 4: respiration et fréquence cardiaque**

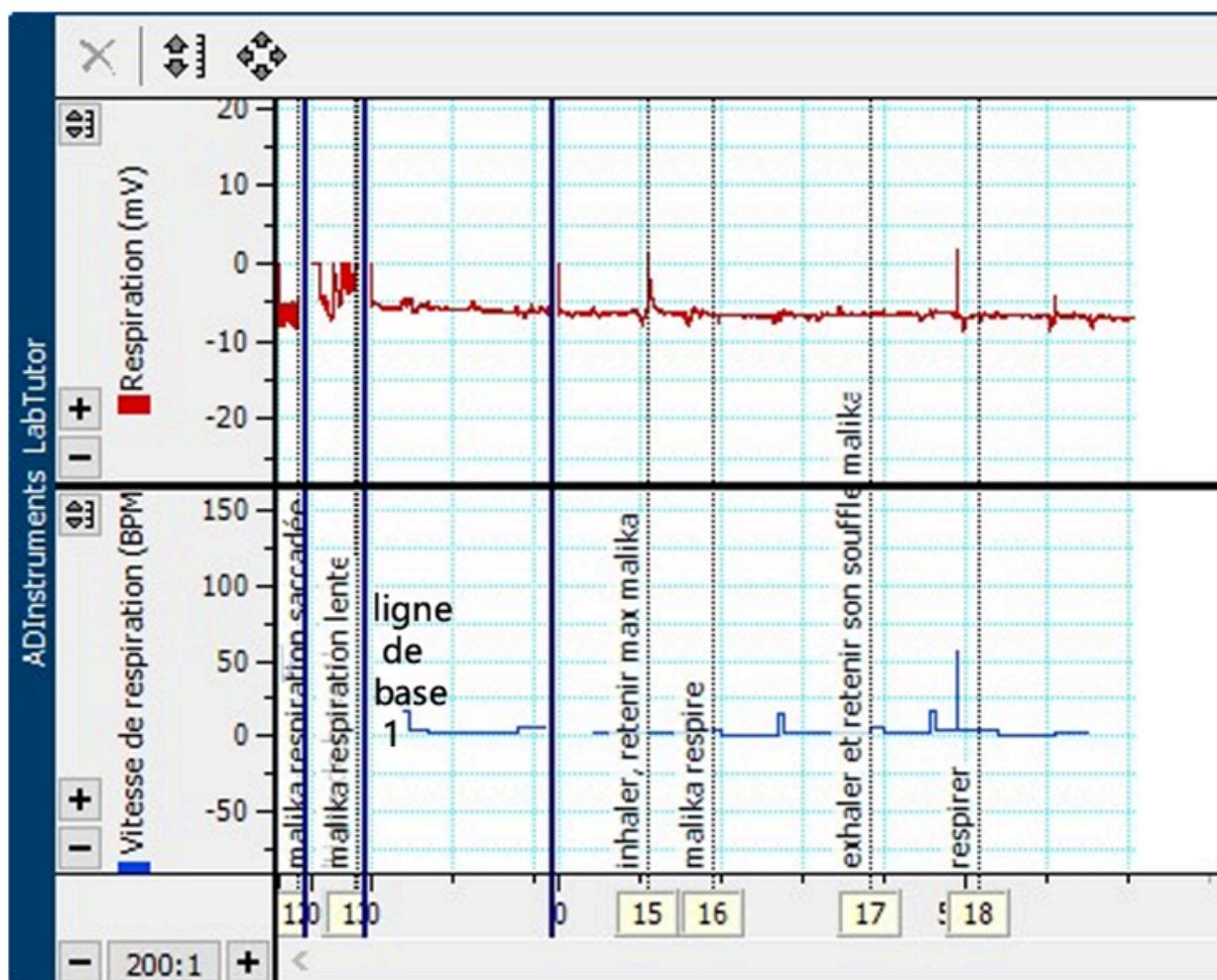
Le tracé de la figure 5 (cf. ANNEXE) montre au début, une respiration régulière avec le pouls stable. Quand Elissa prend une grande inspiration avant de bloquer son souffle, la courbe respiratoire montre un grand pic. Cette inspiration profonde fait temporairement ralentir le cœur, ce qui est normal : le thorax se remplit d'air, le sang revient un peu plus au cœur et cela modifie brièvement la commande nerveuse du rythme cardiaque. Pendant l'apnée, la respiration s'arrête complètement et le pouls ralentit nettement, parfois jusqu'à la moitié de sa fréquence habituelle, car le corps passe dans un mode plus "économique", dominé par le système parasympathique. Quand la respiration reprend, les mouvements respiratoires réapparaissent et le cœur remonte progressivement à son rythme normal.

L'ensemble du tracé montre donc très bien que la respiration et le cœur fonctionnent ensemble : chaque inspiration, expiration ou apnée influence naturellement le rythme cardiaque.

## ANNEXE

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

### Exercice 1 : Respiration normale



Durée de retenue du souffle	
Tableau	Durée (s)
Après inhalation	8
Après expiration	8.25

Figure 1 - Tracé de la respiration normale et des phases d'apnée volontaire de Malika : ligne de base, inhalation retenue et expiration retenue avec la durée de retenue en seconde

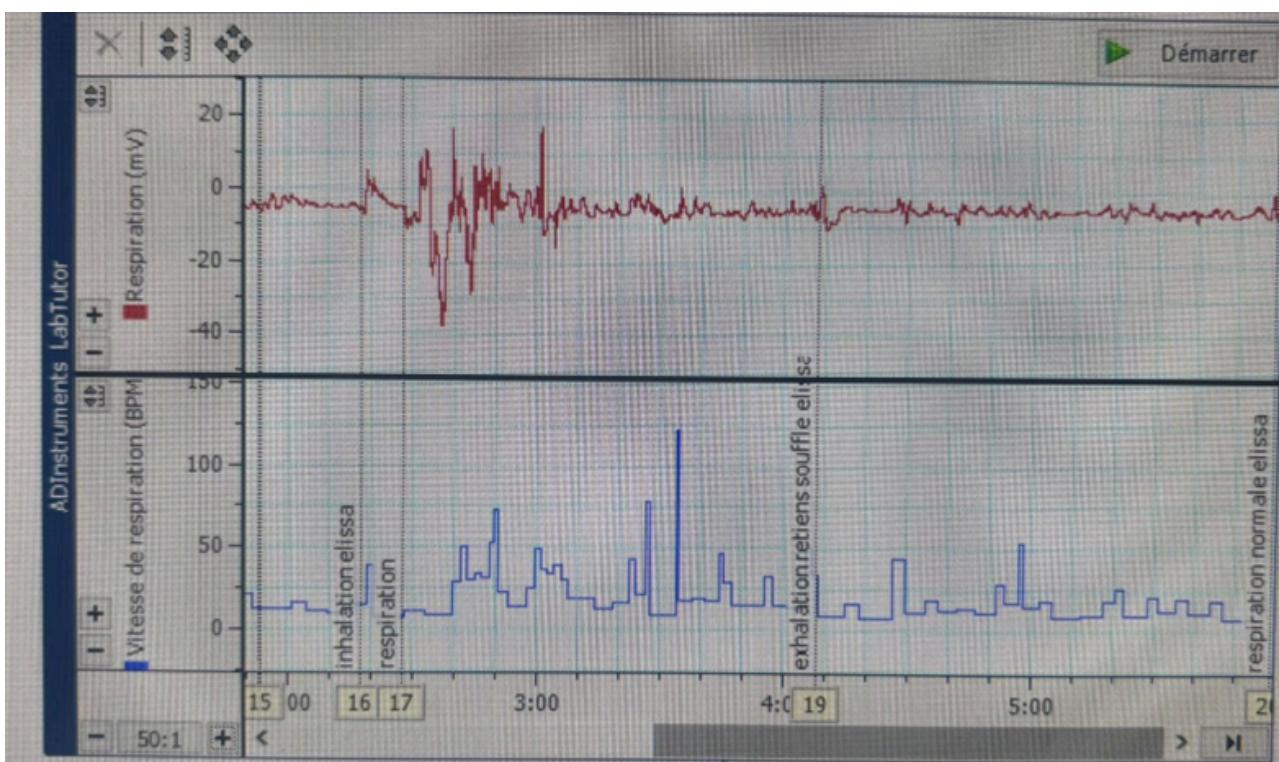
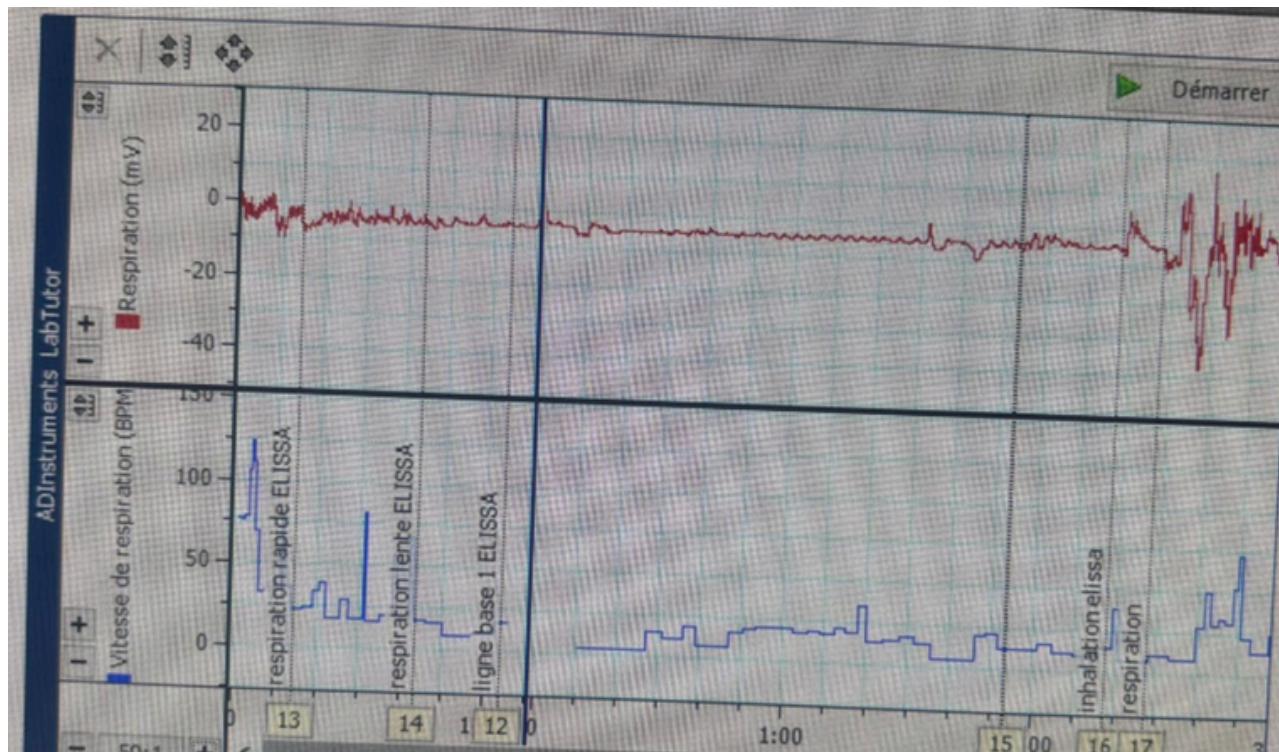


Tableau	Durée de retention du souffle	
		Durée (s)
Après inhalation	:	10
Après expiration	:	5.5

Figure 2 - Tracé de la respiration normale et des phases d'apnée volontaire de Elissa : ligne de base, inhalation retenue et expiration retenue avec la durée de retenue en seconde

**1. Décrivez les mouvements respiratoires de repos. Notez les caractéristiques du tracé telles que la fréquence et les durées relatives des périodes d'inspiration (inhalation) et d'expiration (exhalation)**

La respiration de repos montre un rythme lent et régulier, avec une fréquence faible (environ 10-15 BPM selon les tracés). L'inspiration est généralement plus courte que l'expiration, qui occupe une part plus longue du cycle respiratoire.

**2. Expliquez l'effet de la rétention du souffle sur le rythme respiratoire obtenu par la suite**

Après une apnée, le CO<sub>2</sub> accumulé stimule intensément les centres respiratoires : la respiration reprend de façon plus rapide et plus ample pendant quelques cycles avant de revenir au rythme de repos.

**3. Au cours de quelle phase de la respiration peut-on retenir son souffle le plus longtemps ?**

On retient son souffle plus longtemps après une inhalation maximale, car les poumons sont remplis d'air et la montée du CO<sub>2</sub> est plus progressive.

**4. Après avoir retenu son souffle, a-t-on besoin d'inspirer ou d'expirer ?**

Le premier mouvement est presque toujours une inspiration, car le besoin ventilatoire est déclenché par l'accumulation de CO<sub>2</sub> et la stimulation des centres respiratoires.

**5. La reprise de la respiration après avoir retenu son souffle est-elle différente entre les phases d'inspiration et d'expiration ?**

Oui. Après une apnée post-expiration, la reprise est plus brusque et plus rapide, car le CO<sub>2</sub> monte plus vite. Après une apnée post-inspiration, la reprise est plus douce, car la réserve en air est plus grande et la montée du CO<sub>2</sub> est plus lente.

## Exercice 2 : Hyperventilation

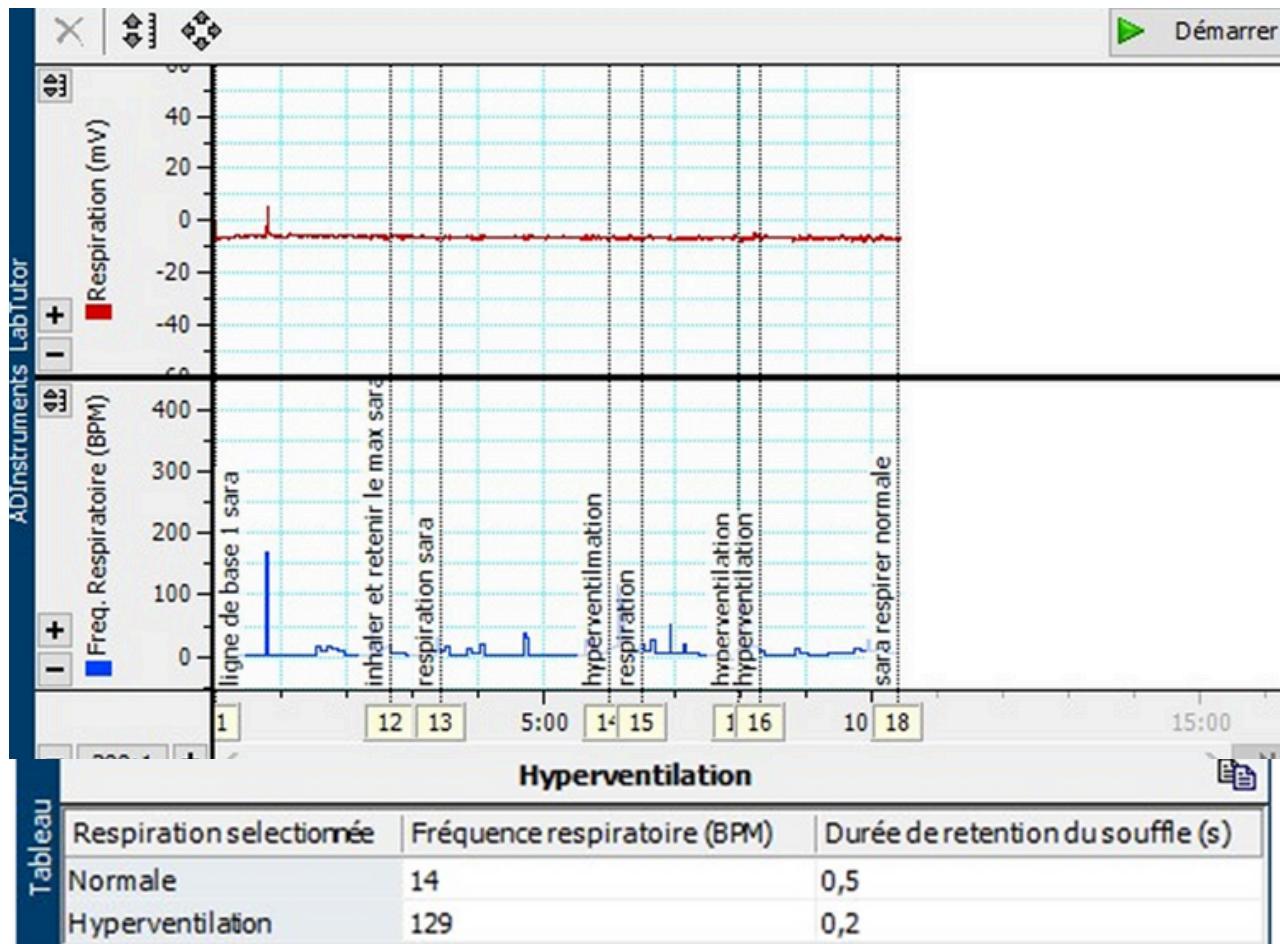


Figure 3 - Tracé de la respiration de Sara lors de la respiration au repos, de l'inhalation avec apnée, et de l'apnée réalisée avant et après hyperventilation

### 1. Comment définiriez-vous l'hyperventilation ?

L'hyperventilation est une respiration anormalement rapide qui élimine trop de CO<sub>2</sub> par rapport aux besoins du corps. Cela entraîne une hypocapnie (CO<sub>2</sub> trop bas), responsable d'une instabilité respiratoire et de vertiges.

### 2. Après une phase d'hyperventilation, la durée de rétention du souffle est-elle plus longue ou plus courte que celle obtenue après une respiration normale ?

Elle est généralement plus courte. Même si le CO<sub>2</sub> est bas juste après l'hyperventilation, la respiration devient instable, et la personne n'arrive souvent pas à maintenir une apnée prolongée juste après avoir respiré très vite.

### 3. A quel moment l'hyperventilation procure-t-elle un avantage significatif ? (performances sportives, par exemple ? et, si oui, de quelle manière ?)

En plongée car une hyperventilation légère peut retarder la sensation de besoin de respirer (elle fait baisser le CO<sub>2</sub>).

### Exercice 3 : Effet de la respiration en circuit fermé

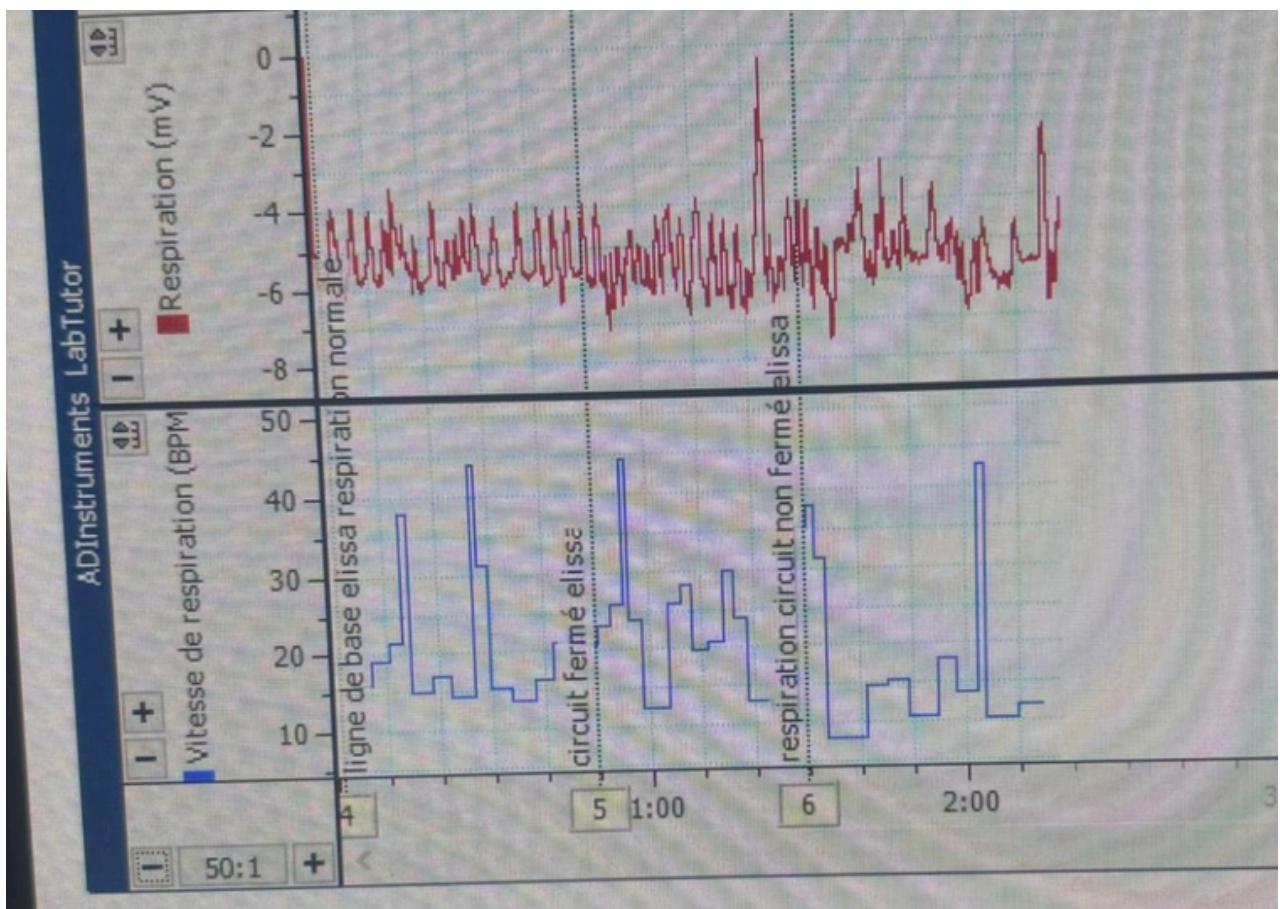


Figure 4 - Tracé de la respiration en circuit fermé de Elissa

#### 1. Décrivez les effets de la respiration en circuit fermé que vous avez observés

Cela provoque une respiration plus rapide, moins régulière et parfois plus ample qu'en respiration normale. Le tracé montre donc un rythme respiratoire et des cycles plus rapprochés.

#### 2. Respirer en circuit fermé entraîne une hypercapnie artérielle (augmentation de la pression partielle de dioxyde de carbone) qui stimule la respiration. Comment cela s'est-il manifesté au cours de cet exercice? (Peut-on dire, par exemple, que l'amplitude ou la fréquence respiratoire ou les deux ont augmenté pendant la respiration en circuit fermé si on les compare avec celles de la respiration normale?)

par rapport à la respiration normale, la fréquence respiratoire a clairement augmenté, et l'amplitude a souvent été plus élevée, ce qui confirme la réponse ventilatoire physiologique à l'hypercapnie.

## Exercice 4 : Respiration et fréquence cardiaque

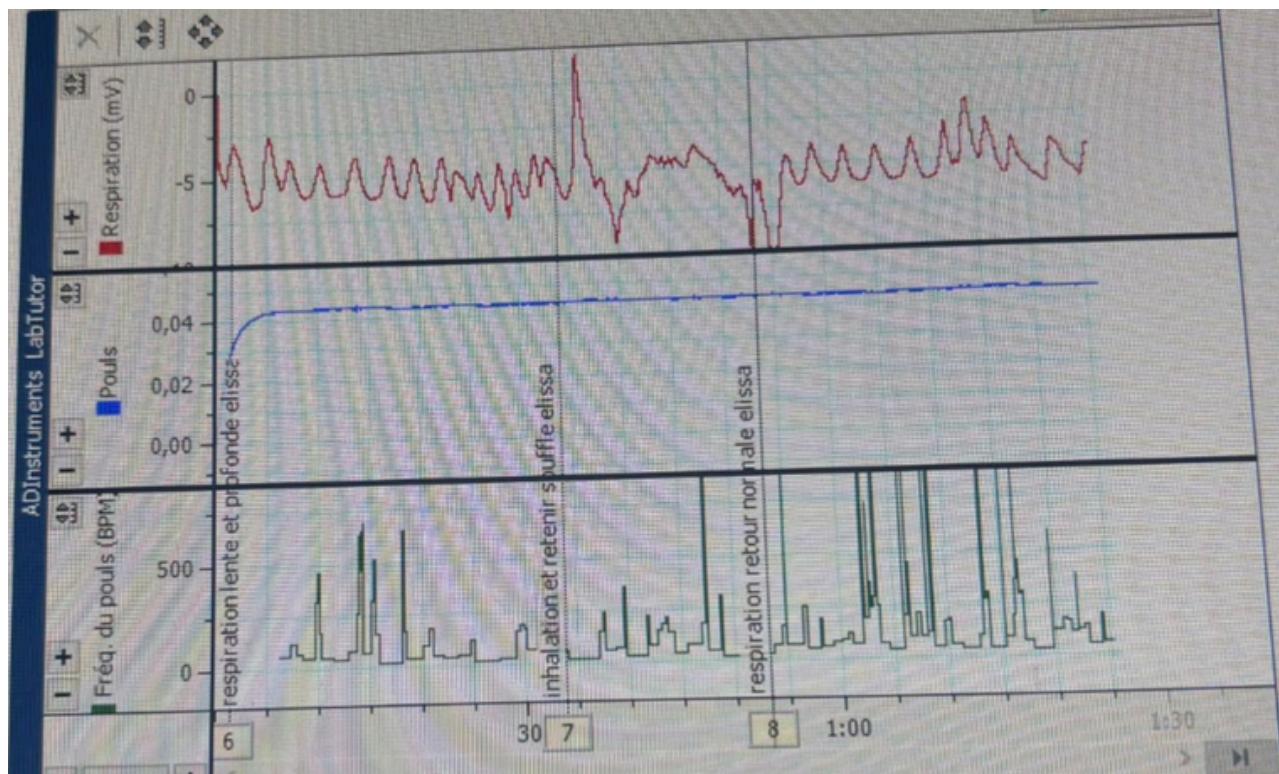


Figure 5 - Effet de la respiration sur la fréquence cardiaque de Elissa

### 1. Comment la fréquence cardiaque change-t-elle pendant le cycle respiratoire ?

La fréquence cardiaque augmente légèrement pendant l'inspiration et diminue pendant l'expiration. Ce phénomène s'explique par les variations du système nerveux autonome : l'inspiration réduit brièvement l'activité vagale, ce qui accélère le cœur, tandis que l'expiration renforce le tonus vagal et ralentit la fréquence cardiaque. Ces variations sont aussi influencées par le retour veineux, qui change au cours du cycle respiratoire et modifie le remplissage cardiaque.

### 2. Que s'est-il passé dans le tracé de la fréquence cardiaque lors de la rétention du souffle ? L'effet a-t-il été similaire pour tous les volontaires ?

Une baisse transitoire de la fréquence du pouls donc de la fréquence cardiaque durant l'apnée, suivie d'une remontée progressive lors de la reprise respiratoire. Oui l'effet était similaire pour tous les volontaires, les différences observées étaient surtout quantitatives.