

Melissa BABELHADJ
Assiati ABDOU
Samira SALIM
Myriam DJOUDI

TP4: EMG

Introduction :

L'électromyogramme (EMG) est une méthode qui permet d'enregistrer l'activité électrique des muscles lors de leur contraction. Chaque contraction musculaire résulte d'un signal électrique généré par les motoneurones, appelé potentiel d'action musculaire

Objectifs :

Ce TP a pour objectifs d'étudier l'activité électrique d'un muscle lors d'une contraction et de comparer cette activité selon différents types d'efforts. Il s'agit d'observer comment le signal EMG varie avec l'intensité de la contraction, de mesurer l'évolution de ce signal dans le temps, et de mettre en évidence les signes de fatigue musculaire. L'expérience permet également de faire le lien entre la commande nerveuse et la réponse mécanique du muscle, afin de mieux comprendre le fonctionnement neuromusculaire lors d'un effort.

Exercices :

Exercice 1: contractions volontaires

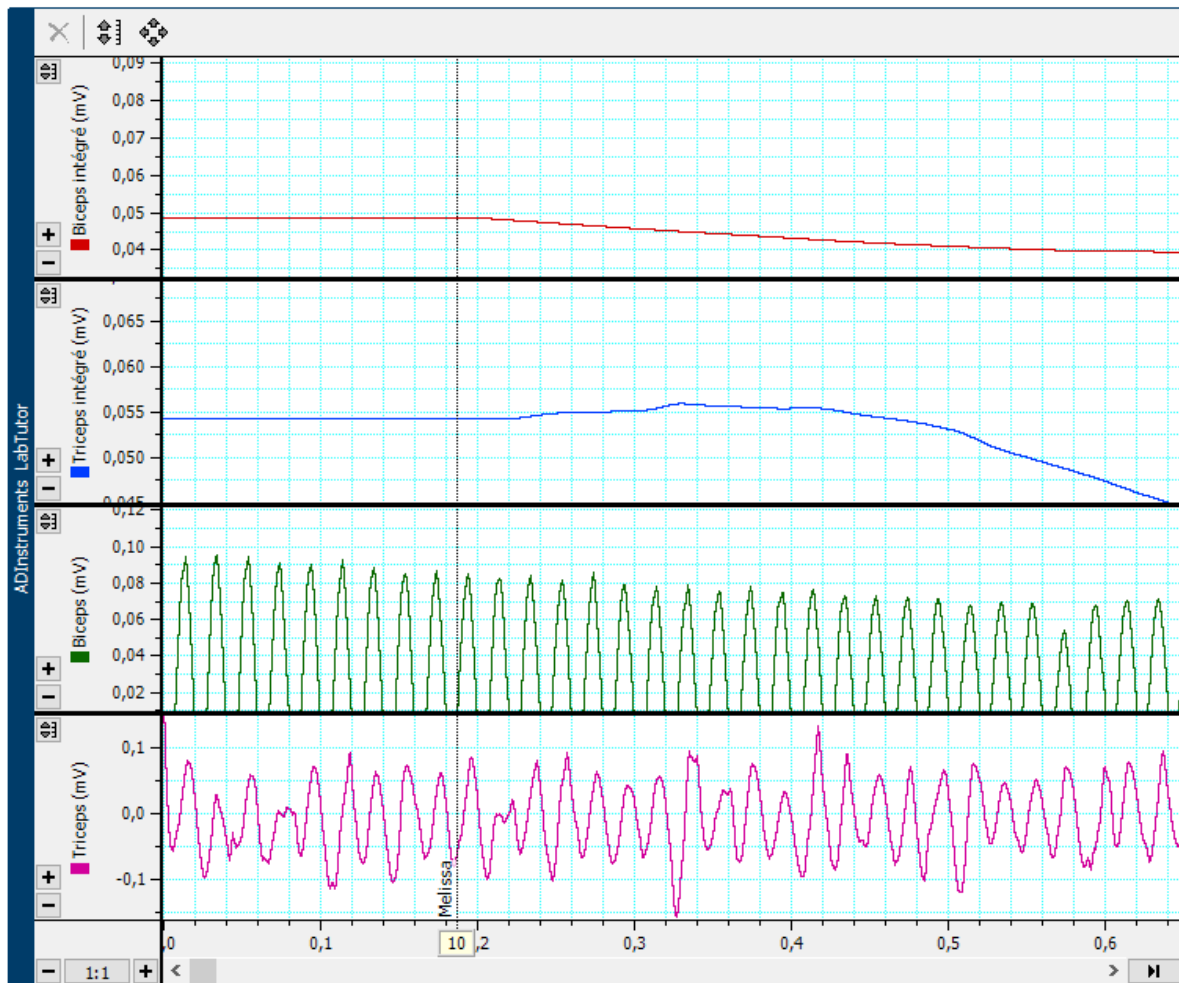
Exercice 2 : Alternance activité et co-activation

Exercices 3 et 4 : EMG évoqué et vitesse de conduction nerveuse

Exercice 1: contractions volontaires

Comme le TP nécessitait un matériel spécifique et afin d'éviter le gaspillage des électrodes, les enregistrements ont été réalisés uniquement sur Mélissa pour l'ensemble des exercices

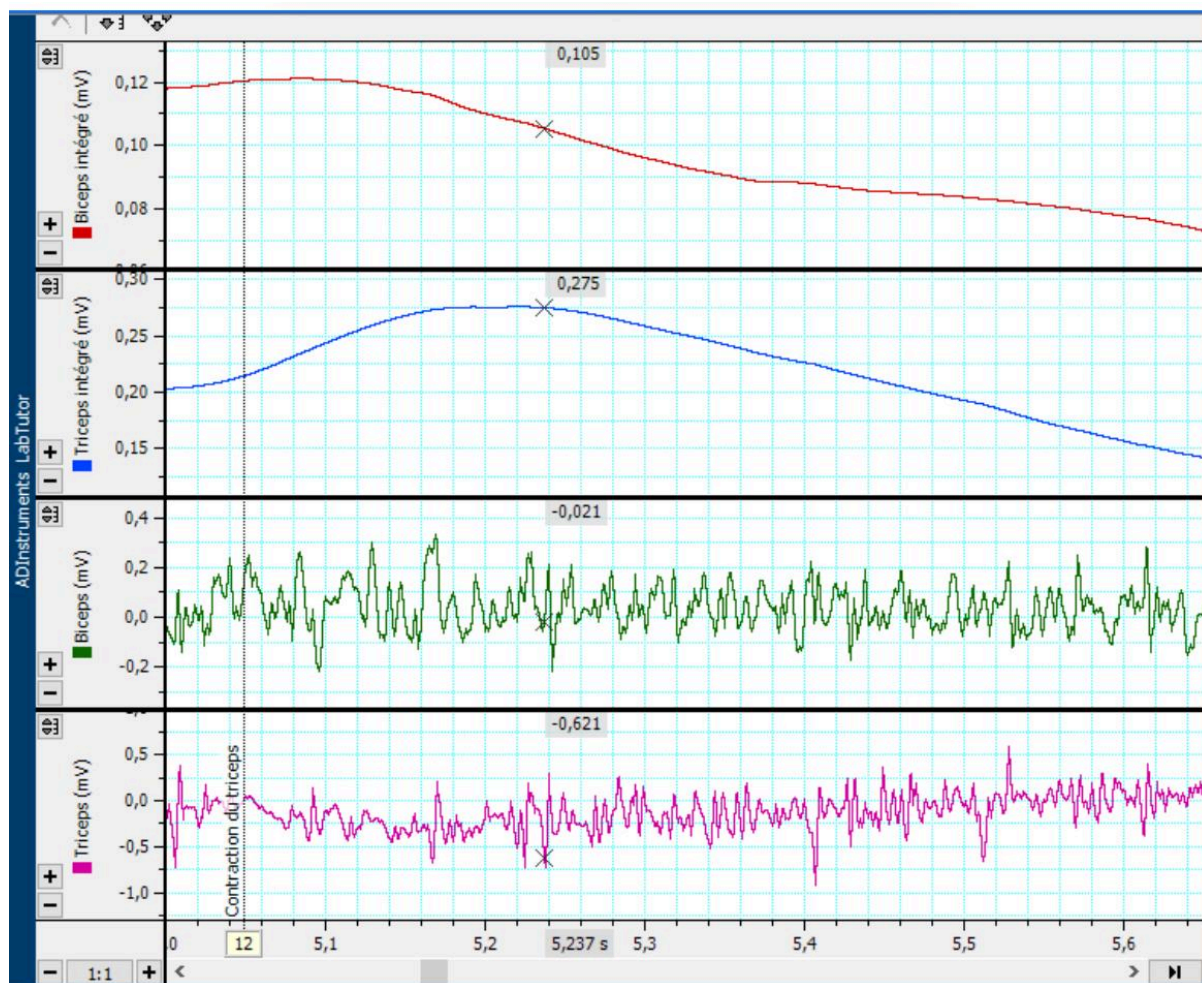
Triceps et biceps au repos



Sur le graphique, les signaux du biceps et du triceps restent faibles avec un maximum d'environ 0,1mV et réguliers, traduisant une activité électrique minimale.

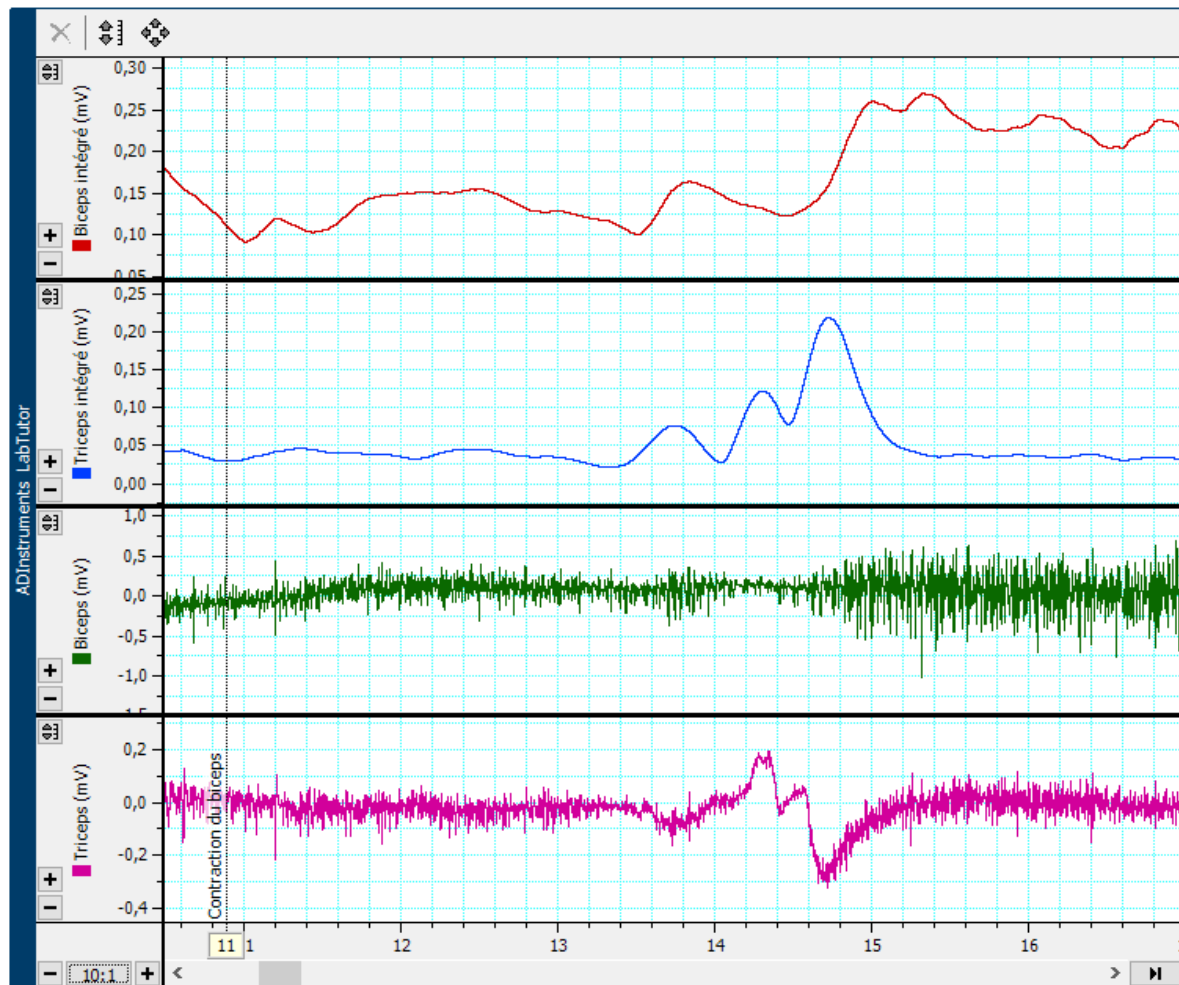
Les courbes intégrées du biceps et du triceps sont presque stables, ce qui confirme que les deux muscles sont au repos et qu'aucune contraction volontaire n'est présente pendant l'enregistrement.

Contraction du triceps



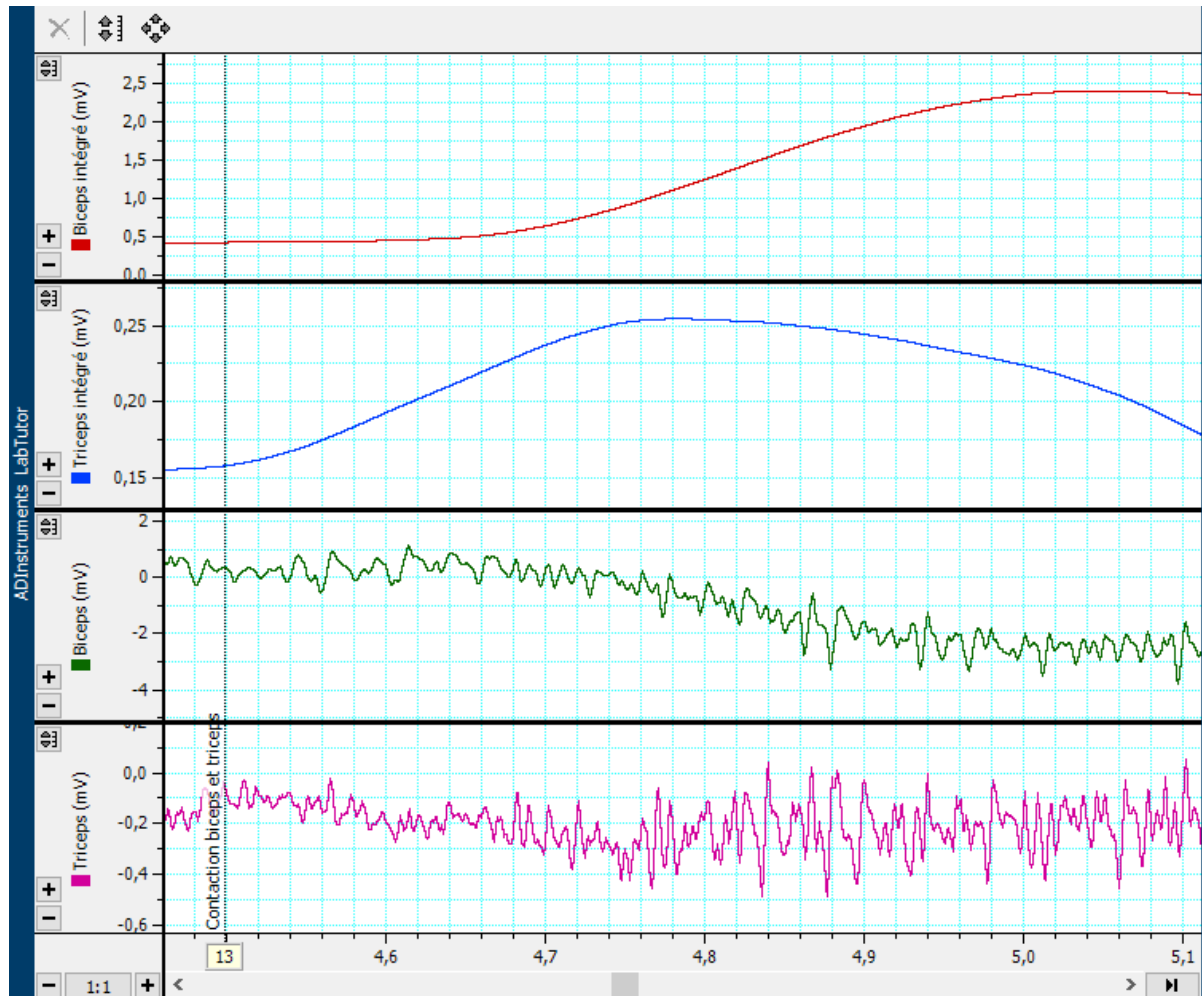
Lors de la contraction du triceps, on observe une augmentation nette de l'activité électrique du triceps. L'amplitude du signal du triceps atteint environ 0,6 mV, tandis que la valeur intégrée monte jusqu'à 0,275 mV, ce qui confirme une contraction volontaire importante. En parallèle, le biceps reste très peu actif, avec une amplitude d'environ 0,02 mV et une valeur intégrée autour de 0,105 mV, traduisant une faible implication. Ainsi, le graphique montre bien que seul le triceps est activé pendant l'effort, tandis que le biceps reste au repos.

Contraction du biceps



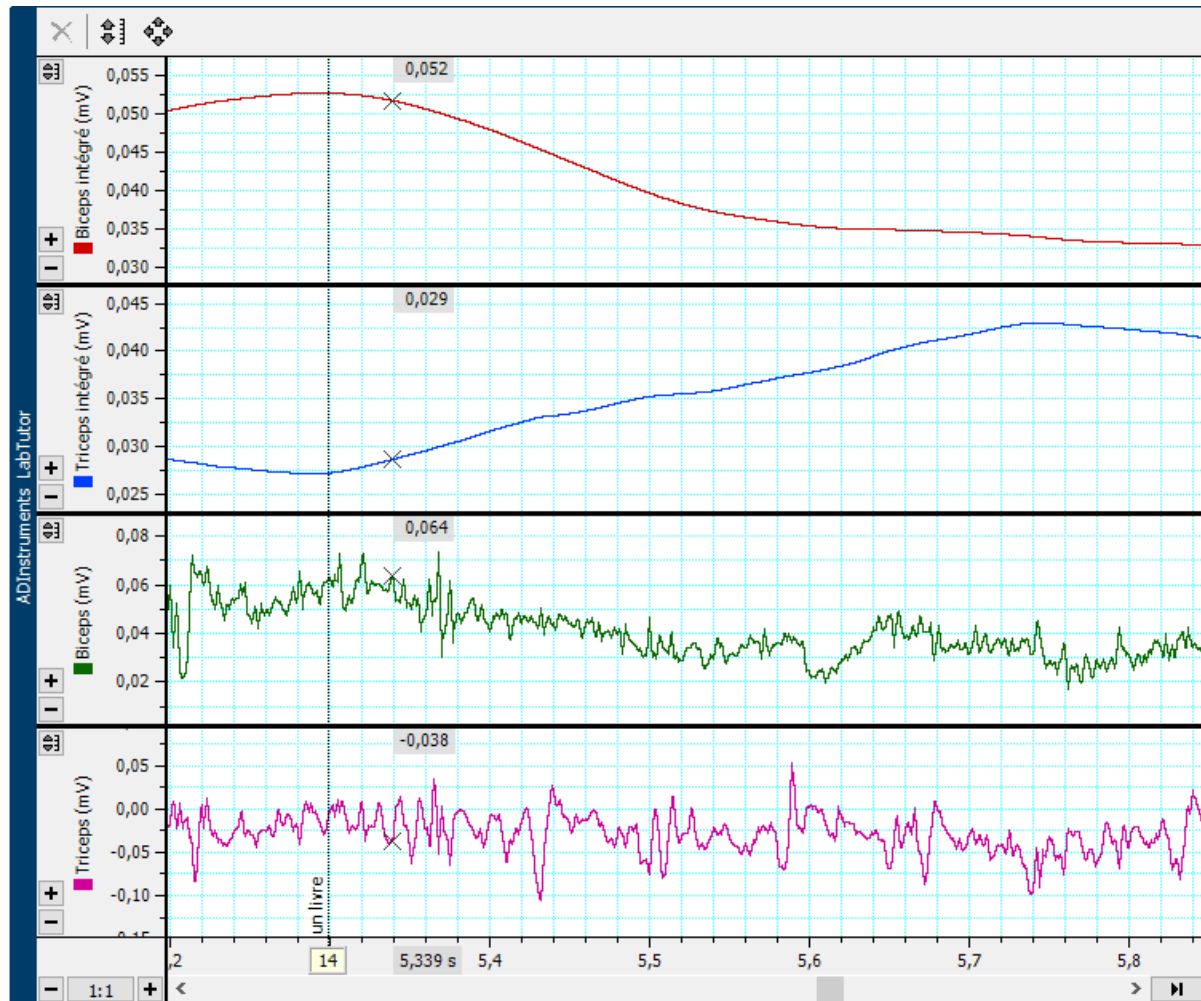
Lors de la contraction du biceps, on observe une augmentation nette de l'activité électrique du biceps. L'amplitude du signal du biceps atteint environ 1 mV, tandis que la valeur intégrée s'élève jusqu'à environ 0,25 mV, ce qui traduit une forte contraction musculaire. En revanche, l'activité du triceps reste très faible, avec une amplitude d'environ 0,2 mV et une valeur intégrée proche de 0,05 mV, indiquant que le triceps reste globalement au repos. Ainsi, le graphique montre clairement que seul le biceps est activé pendant la contraction, tandis que le triceps reste inactif.

Contraction alternée biceps et triceps



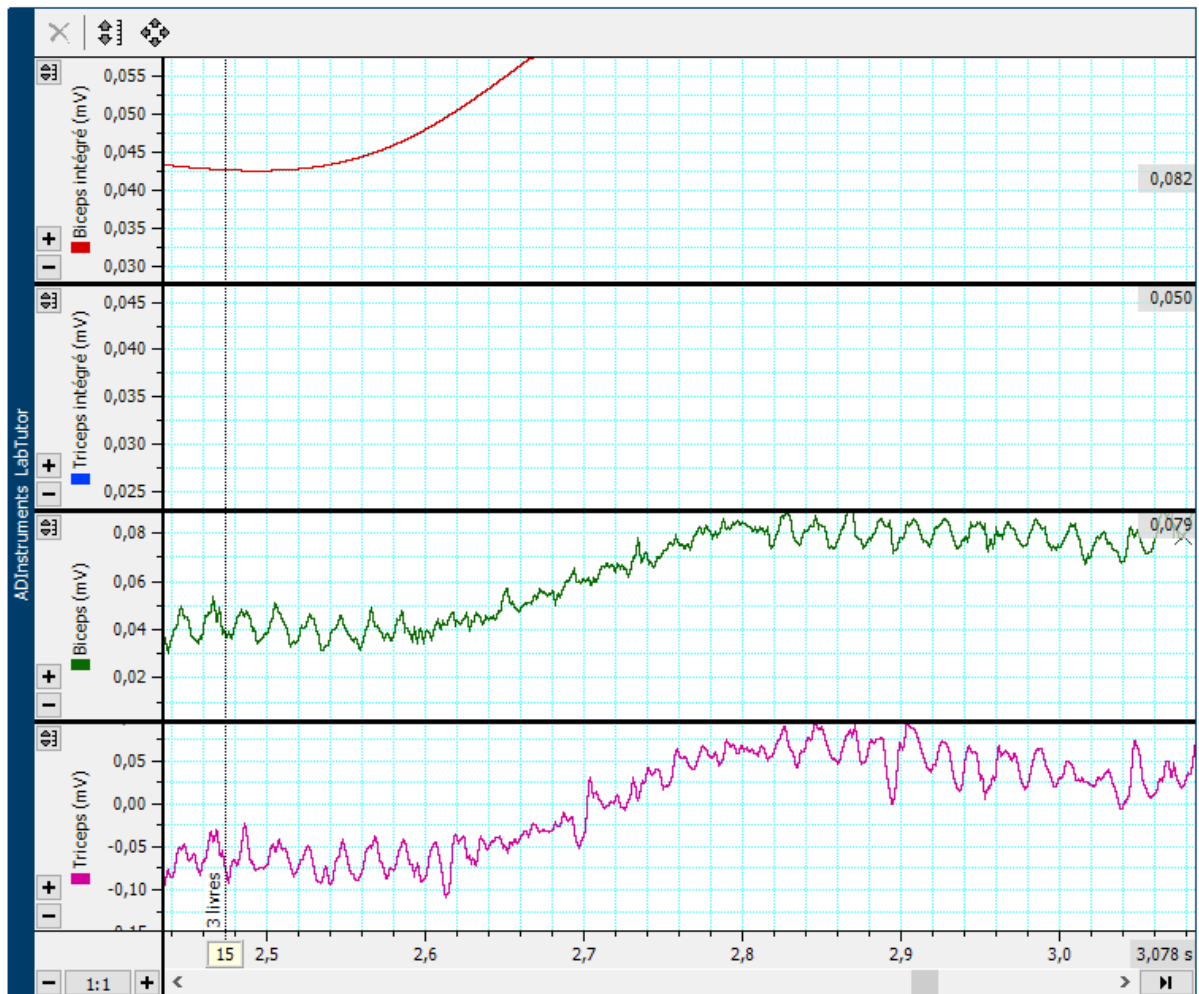
Lors de la contraction alternée du biceps et du triceps, on observe une activation successive des deux muscles. L'amplitude du biceps atteint environ 2 mV, avec une valeur intégrée qui s'élève jusqu'à 2,4 mV, traduisant une forte activité musculaire. En parallèle, le triceps présente également une activité visible, avec des amplitudes d'environ 0,6 mV et une valeur intégrée proche de 0,25 mV. Ces variations montrent que les deux muscles s'activent de façon alternée, c'est-à-dire que l'un se contracte pendant que l'autre se relâche, ce qui correspond à leur fonction antagoniste naturelle dans le mouvement du bras.

Activité avec 1 livre



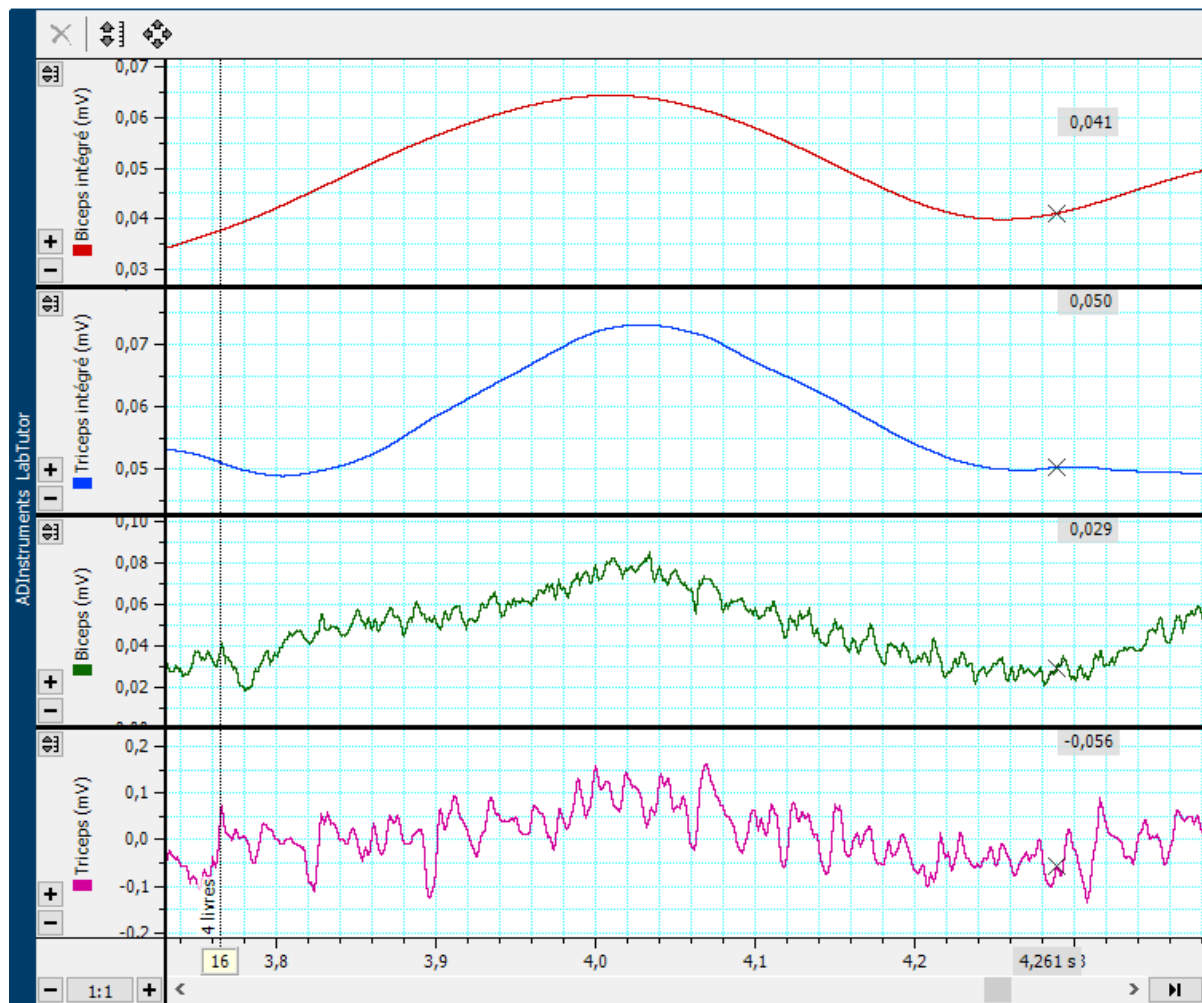
Lorsqu'un livre est tenu dans la main, l'activité électrique du biceps augmente légèrement par rapport à la position de repos. L'amplitude du signal atteint environ 0,064 mV, tandis que la valeur intégrée du biceps s'élève à 0,052 mV, indiquant une contraction modérée du muscle pour maintenir la charge. Le triceps reste relativement peu actif, avec une amplitude plus faible d'environ 0,038 mV, traduisant son rôle stabilisateur secondaire. La valeur intégrée du triceps atteint environ 0,029 mV, confirmant une activité moindre que celle du biceps. Ainsi, le graphique montre que le biceps est principalement sollicité lors du maintien d'un objet léger, tandis que le triceps participe faiblement à la stabilisation du mouvement.

Activité avec 2 livre



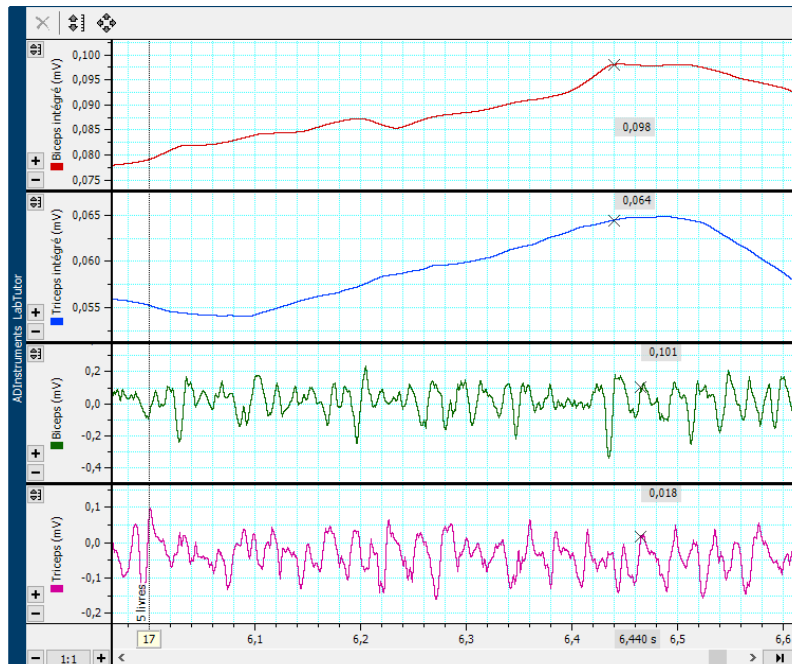
Lorsque deux livres sont tenues dans la main, l'activité électrique du biceps augmente davantage par rapport à la charge précédente. L'amplitude du signal atteint environ 0,079 mV, tandis que la valeur intégrée du biceps s'élève à 0,055 mV, montrant une contraction plus importante pour maintenir le poids. Le triceps reste actif mais à un niveau plus faible, avec une amplitude autour de 0,05 mV, traduisant un rôle d'équilibre et de stabilisation. La valeur intégrée du triceps atteint également 0,050 mV, confirmant une légère hausse de son activité par rapport à la situation avec un seul livre. Ainsi, l'augmentation de la charge entraîne une hausse proportionnelle de l'activité musculaire du biceps, tandis que le triceps reste faiblement impliqué.

Activité avec 3 livre



Avec 3 livres, l'amplitude EMG moyenne du biceps atteint 0,064 mV, soit une valeur encore plus élevée que pour 2 livres 0,058 mV et 1 livre 0,053 mV. Sur le graphique, les oscillations du biceps sont plus nombreuses et plus marquées, montrant que le muscle est davantage sollicité lorsque la charge augmente. Le triceps présente toujours une activité de plus faible amplitude, jouant surtout un rôle de stabilisation.

Activité avec 4 livres



Avec 4 livres, l'amplitude EMG du biceps atteint 0,079 mV, soit la valeur la plus élevée enregistrée. Sur le graphique, on observe que les oscillations du biceps deviennent beaucoup plus amples et serrées, indiquant une forte sollicitation musculaire pour maintenir la charge. La valeur intégrée du biceps atteint environ 0,098 mV, confirmant une activité électrique intense. Le triceps reste actif mais à un niveau bien inférieur environ 0,018 mV, jouant toujours un rôle secondaire de stabilisation du bras. Cette augmentation progressive de l'activité musculaire du biceps avec la charge montre une corrélation directe entre la force fournie et le signal EMG enregistré.

Amplitude EMG	
Livres	Amplitude
0	0,049
1	0,053
2	0,058
3	0,064
4	0,079

On observe que l'amplitude EMG du biceps augmente progressivement avec la charge : elle passe de 0,049 mV sans charge à 0,079 mV avec 4 livres. Cette hausse traduit un recrutement musculaire plus important à mesure que l'effort augmente. Cependant, la variation reste modérée : l'augmentation n'est pas spectaculaire, ce qui suggère que la charge utilisée reste relativement légère et ne provoque pas une sollicitation maximale du muscle. Le triceps, quant à lui, demeure peu actif et assure principalement la stabilisation du bras.

1. A la différence d'un électrocardiogramme, le tracé d'un électromyogramme est beaucoup plus irrégulier. D'après vous quelle en est la raison?

Le tracé d'un électrocardiogramme est beaucoup plus irrégulier que celui d'un ECG parce que:

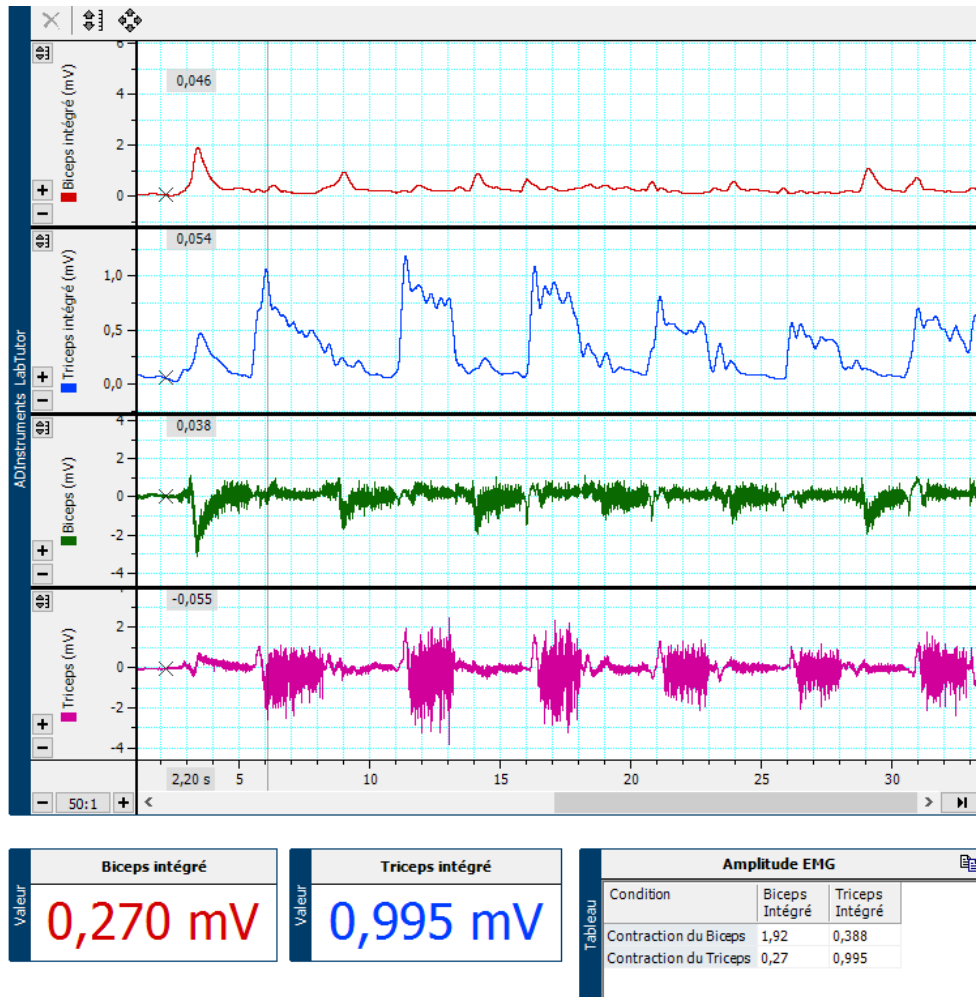
- Les muscles squelettiques sont composés de milliers d'unités motrices qui ne se contractent pas en même temps.
- Les potentiels d'actions musculaires sont donc asynchrones et de formes différentes ce qui donne un tracé irrégulier.
- A l'inverse dans le cœur la dépolarisation est synchronisée grâce au système de conduction, d'où le tracé régulier et bien ordonné.

2. Comment le tracé de l'EMG a-t-il changé quand vous avez ajouté des poids sur votre bras? En vous basant sur les données enregistrées, que se passe-t-il, d'après vous, au niveau des muscles lorsque le poids augmente?

Le tracé de l'EMG varie légèrement lorsque nous ajoutons du poids par contre lorsque que le poids est important par exemple 5 livres l'augmentation de l'amplitude est plus notable. On note donc que l'amplitude augmente en fonction du poids, c'est assez léger mais plus le poids est important plus l'écart grandit.

Exercice 2 : Alternance activité et co-activation

Do-activation biceps- triceps



Sur ce graphique, on observe que l'activité électrique du biceps est nettement plus élevée que celle du triceps lors de la contraction.

Le tableau nous montre que :

- Lors de la contraction du biceps, l'activité intégrée du biceps monte à 1,92 mV, tandis que celle du triceps descend à 0,388 mV.
- Lors de la contraction du triceps, c'est l'inverse : le triceps domine avec 0,995 mV, et le biceps diminue à 0,27 mV.

Ces résultats illustrent clairement le fonctionnement antagoniste des deux muscles :

quand l'un se contracte, l'autre se relâche.

On note aussi que les pics d'amplitude du triceps sont bien plus marqués et réguliers que ceux du biceps, traduisant une contraction volontaire et répétée du triceps.

3. Comment définissez-vous la co-activation? Essayez d'expliquer ce phénomène?

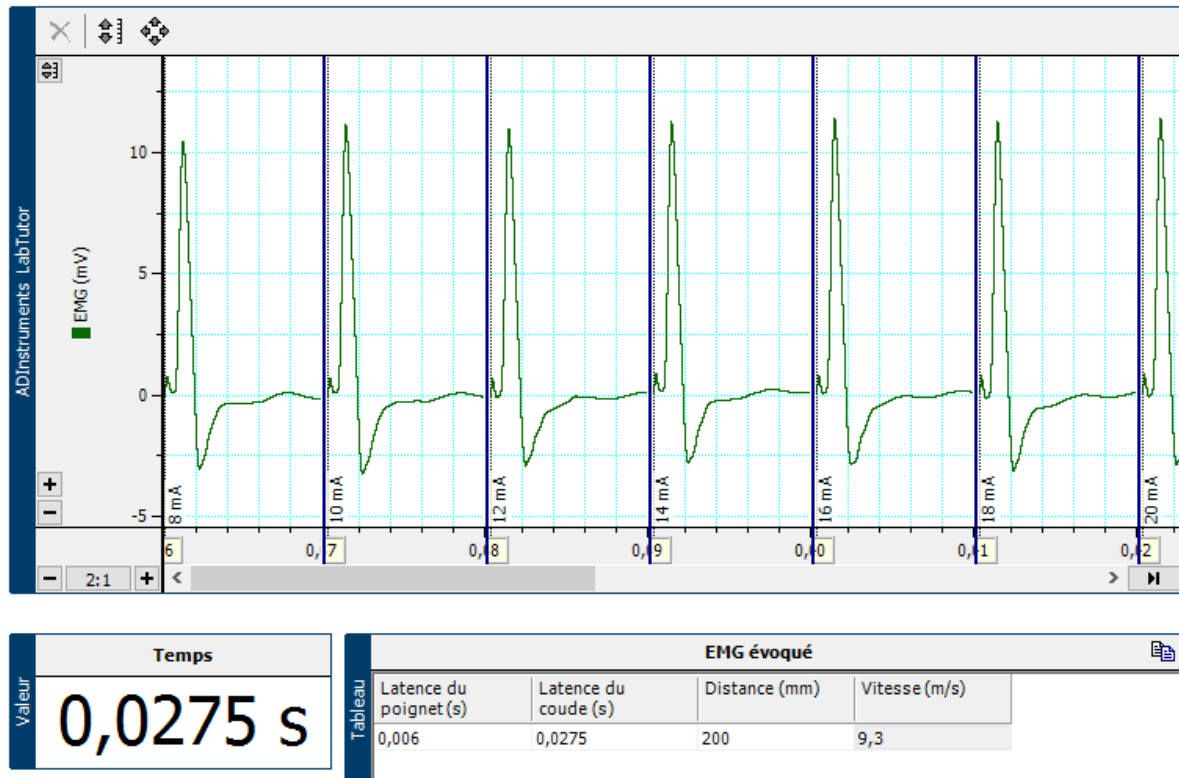
La co activation désigne la stimulation d'un muscle et de son antagoniste lors d'un mouvement, dans notre cas le biceps et le triceps. Lors d'une flexion du bras, le biceps se contracte mais le triceps peut aussi être légèrement activé. Ce phénomène sert à stabiliser une articulation pendant un mouvement ou effort et il permet également un meilleur contrôle de la force et la précision d'un geste.

4. La co-activation du muscle abdominal et des muscles qui soutiennent la colonne vertébrale s'avère être essentielle pour la posture bipède des êtres humains. Sur la base des données enregistrées, la co-activation du triceps est-elle nécessaire au fonctionnement correct du biceps et réciproquement?

Non la co activation du triceps n'est pas indispensable au fonctionnement du biceps et inversement mais elle peut intervenir pour stabiliser et assurer la précision du mouvement.

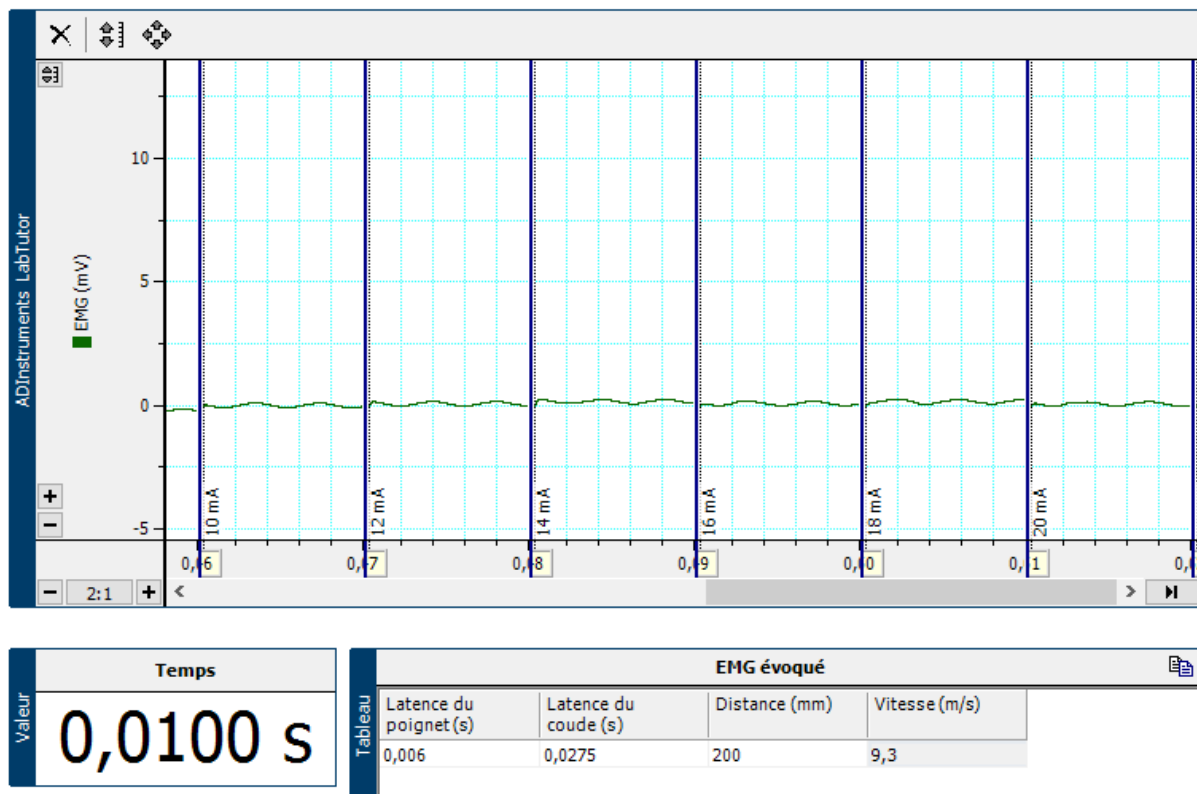
Exercices 3 et 4 : EMG évoqué et vitesse de conduction nerveuse

Stimulation au poignet



Sur le premier tracé, la stimulation est appliquée au poignet. On observe des potentiels évoqués musculaires bien visibles après chaque stimulus. La latence au poignet est de 0,006 s, et en comparant avec la latence mesurée au coude 0,0275 s dans le tableau, on obtient une vitesse de conduction nerveuse d'environ 9,3 m/s pour une distance de 200 mm. Le signal apparaît donc rapidement après la stimulation, ce qui est cohérent avec une stimulation proche du muscle enregistré.

Stimulation du coude



Sur le second tracé, la stimulation est appliquée au coude. Le signal EMG met plus de temps à apparaître : la latence au coude est de 0,0275 s, supérieure à celle du poignet 0,006 s. En utilisant la même distance de 200 mm, on retrouve une vitesse de conduction d'environ 9,3 m/s, mais avec un délai plus long lié au fait que l'influx nerveux doit parcourir une distance plus importante avant d'atteindre le muscle.

5. Faites une liste des événements physiologiques qui se produisent entre la stimulation et le début de la réponse enregistrée (autrement dit, pendant la période de latence).

La période de latence correspond au temps entre la stimulation électrique du nerf et le début de la réponse musculaire.

Pendant ce temps :

1. Le nerf moteur est dépolarisé et génère un potentiel d'action.
2. L'influx se propage le long de l'axone jusqu'au muscle.
3. À la jonction neuromusculaire, l'acétylcholine est libérée, déclenchant un potentiel d'action musculaire.
4. Ce signal atteint les fibres musculaires, entraînant le début de la contraction visible sur l'EMG.

6. Quelles contributions (citées dans la réponse à la question 1 ci-dessus) à la période de latence dépendent-elles de la position de l'électrode de stimulation?

La durée de la latence dépend surtout de l'endroit où la stimulation est appliquée. Quand on stimule plus près du muscle, comme au poignet, le trajet du signal est plus court et le nerf est plus superficiel, donc la latence est plus faible. Au niveau du coude, le nerf est plus profond et la stimulation doit traverser davantage de tissus, ce qui peut ralentir légèrement la réponse et augmenter la latence.

7. En vous basant sur vos résultats et le calcul de la vitesse de conduction nerveuse, combien faudrait-il de temps à une impulsion nerveuse pour voyager de la moelle épinière au gros orteil? En assumant que la distance parcourue est de 1 m.

Afin de connaître le temps nécessaires à la propagation de l'impulsion nerveuse nous allons faire un calcul:

Temps = distance/vitesse

$T = 1/9,3 = 0,1075 \text{ sec}$

Il faut donc environ 0,11sec pour qu'une impulsion nerveuse voyage de la moelle épinière jusqu'au gros orteil avec une vitesse de conduction de 9,3 m/s.

8. Y-a-t-il eu une variation de la vitesse de conduction nerveuse entre les personnes de votre groupe? Quelles peuvent en être les raisons?

Seule Melissa a pu réaliser la manipulation complète, donc la vitesse de conduction nerveuse n'a pas été mesurée chez les autres membres du groupe.

Cependant, on peut supposer qu'il existerait de légères différences entre les personnes, car la vitesse de conduction peut varier selon plusieurs facteurs:

- La température corporelle
- L'épaisseur de la gaine de myéline
- le degré d'entraînement musculaire ou nerveux.
- La taille et la longueur du nerf