

Technologies et facteurs humains

Gaïa Thomas, Adélie Brunel, and Pauline De Vittori

ENSIM, Le Mans Université
1 rue Aristote, Le Mans, France

`gaia.thomas.etu@univ-lemans.fr`
`pauline.devittori.etu@univ-lemans.fr`
`adelie.brunel.etu@univ-lemans.fr`

Abstract. Notre projet consiste en un jeu qui permet une rééducation de la cheville plus efficace et plus ludique pour les patients. Ils doivent contracter les muscles du mollet pour lancer un ballon dans le jeu. L'objectif est de marquer des buts avec ce ballon. Ce dispositif simplifie la tâche des médecins qui n'ont plus qu'à surveiller le bon déroulement de la séance de rééducation. De plus, cela rend le moment plus agréable pour le patient.

Keywords: Capteurs · Rééducation · Jeu.

1 Introduction

1.1 Notre projet

L'objectif de notre projet est une application motivante sous forme d'un petit jeu qui permet aux personnes qui ont besoin d'une rééducation de la cheville de faire cette rééducation de manière ludique.

Le jeu est composé d'un but de foot et d'un ballon. Lorsque la personne fait un mouvement de la cheville, le capteur capte la contraction des muscles du mollet et le ballon accélère. L'objectif du joueur est de marquer des buts, autant que nécessaire pour la séance de rééducation. Il y a un petit personnage qui est le gardien de but qui se déplace de gauche à droite pour empêcher le ballon de rentrer.

Si le joueur est stressé, c'est-à-dire que les capteurs de rythme cardiaque et de respiration captent des signaux élevés, alors le jeu module sa difficulté en faisant se déplacer le petit personnage gardien de but moins vite. Mettre le ballon dans le but sera ainsi plus facile. La rééducation de la cheville se fait donc de manière ludique.

Capteurs utilisés: Nous utilisons l'électromyographie pour mesurer l'activité musculaire de l'utilisateur et détecter si le muscle concerné est bien contracté.

Nous utilisons également un photoplethysmogramme afin de mesurer l'activité cardiaque pour savoir si le moment de l'activité est bien un moment d'effort.

Enfin, nous utilisons un capteur de respiration qui fonctionne en détectant l'étirement du capteur lors des mouvements respiratoires. La respiration nous permet de vérifier s'il y a bien un effort fourni et de moduler la difficulté du jeu en fonction de l'essoufflement et du stress du joueur.

Environnement de jeu: Le joueur voit un terrain de foot, avec un but, un gardien et un ballon. Pour gagner des points, le joueur doit marquer des buts. En fonction de la séance de rééducation voulue, on peut modifier le nombre de buts à marquer. Si le joueur atteint le nombre de points défini au début du jeu, il a gagné et sa séance est terminée.

Utilisateurs cibles: Les utilisateurs cibles de notre jeu sont les personnes qui ont eu un accident qui leur a causé un problème de motricité au niveau de la cheville et qui ont besoin de rééducation. Il peut s'agir de personnes de tous âges, tout le monde peut être concerné un jour dans sa vie par ce problème.

2 Motivation

2.1 Pourquoi un tel système

Le système permet de faciliter et de rendre ludique les séances de rééducation pour les personnes qui souffrent d'une entorse à la cheville. Le jeu permet de rendre la séance plus agréable, donc plus efficace. Le jeu est conçu pour être ludique et motivant. L'effet de la motivation sur le patient va permettre d'améliorer la qualité de ses mouvements et la qualité de sa rééducation. Si le patient prend du plaisir à faire sa séance, il aura envie de le faire à nouveau, ce qui est déterminant dans sa guérison. La régularité des séances est essentielle. La motivation et le plaisir vont permettre une séance plus efficace.

La rééducation est souvent un moment peu agréable pour les patients, comme pour les médecins qui doivent surveiller et s'assurer que les patients font les bons mouvements pour une séance de rééducation efficace.

L'idée est de soulager la charge mentale des médecins en automatisant la séance de rééducation et rendre la séance agréable pour le patient en l'amenant à jouer à un petit jeu ludique.

3 Description du système

3.1 Aspect technique

Pour l'aspect technique, nous avons utilisé plusieurs technologies. Le jeu et l'application serveur pour récupérer les signaux sont développés en python avec la librairie pygame. Nous avons utilisé une carte bitalino, et les capteurs EMG, PPG et de respiration. Les signaux ont tout d'abord été visualisés grâce à des graphiques pour vérifier le fonctionnement des capteurs. Pour l'EMG, nous captions des valeurs qui vont de 500 à 550 environ, les augmentations et diminutions

importantes de la valeur du signal correspondent aux moments où le muscle se contracte, comme on peut le voir sur le graphique de l'EMG (Fig. 1). Pour le capteur de rythme cardiaque, nous avons beaucoup de fluctuations car le signal est plus fréquent que pour l'EMG. Nous voyons les battements de coeur de la personne. Voir le graphique du PPG (Fig. 2). Enfin, pour le capteur de respiration, nous avons eu des variations plus larges, le capteur capte chaque mouvement de la cage thoracique. Nous pouvons voir les mouvements d'inspiration et d'expiration de la personne sur ce graphique (Fig. 3).

3.2 Références théoriques

Pour capter le stress de l'utilisateur, nous avons mesuré le rythme cardiaque et la respiration. Les mesures ont été réalisées avec les capteurs PPG et capteur de respiration. Nous avons choisi de ralentir le gardien de but seulement si les deux valeurs captées sont au dessus des seuils de stress car nous avons supposé qu'on ne pouvait pas prendre en compte seulement un seul des deux facteurs pour déterminer si l'utilisateur était stressé ou non. Si l'utilisateur a un rythme cardiaque plus élevé mais que sa respiration est normale, on ne peut pas dire qu'il est stressé. La valeur seuil de stress a été déterminée lorsque l'utilisateur était au repos, nous avons fait des tests en respirant plus fort pour savoir où placer la valeur seuil. La valeur seuil de stress pour PPG est 600 (au repos nous mesurons 500) et pour respiration elle est de 650 (au repos nous avons 550). Nous avons additionné ces deux valeurs pour en faire une mesure du stress.

Pourquoi prenons-nous cette valeur comme mesure du stress de l'utilisateur ? Nous avons fait des recherches pour pouvoir justifier scientifiquement cette valeur. L'article *Inclusion of Respiratory Frequency Information in Heart Rate Variability Analysis for Stress Assessment* publié en 2016 [1] justifie cette mesure. L'étude montre que la fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque sont des bons indicateurs pour étudier le stress de l'individu. Selon les auteurs de l'article, l'analyse couplée de ces deux facteurs permet de mieux analyser le stress de l'individu car plus le rythme cardiaque est élevé, plus cela signifie que l'utilisateur est stressé mais il faut lier cette valeur à la fréquence de respiration qui doit être irrégulière et plus élevée qu'en temps normal. Ces mesures nous donnent une valeur qui permet de mieux distinguer l'état de stress de celui de repos.

La mesure de la contraction musculaire avec un électromyogramme est un indicateur pertinent qui permet d'évaluer l'efficacité de la rééducation après une entorse, car elle permet de mesurer la récupération de la force (qui est déterminée en fonction de l'intensité du signal capté). En évaluant la contraction musculaire de manière régulière, la rééducation peut être optimisée. C'est pourquoi nous avons laissé la possibilité au patient (ou au médecin) de choisir combien de buts à faire pour la séance. L'idée serait d'augmenter ce nombre progressivement en fonction de la récupération de la force.

Pour une bonne rééducation, il est recommandé de faire des exercices en mouvement. Une étude publiée en 2022 intitulée *Functional training on ankle sprain rehabilitation in soccer players* [2] indique que les exercices de rééducations doivent être des mouvements utilisés au quotidien, comme courir, se pencher,

tourner, sauter. Dans le cas de notre jeu, nous avons choisi de faire un mouvement de pied comme pour tirer au foot pour améliorer l'efficacité de la rééducation. Nous avons fixé un seuil EMG à 550 pour que le ballon puisse se lancer. Il a été déterminé en faisant des tests au repos et en mouvement. Au repos, la valeur captée était aux alentours de 500.

4 Discussion et conclusion

4.1 Qu'avons-nous réalisé ? Points forts, points faibles

Dans le cadre de ce projet nous avons donc réalisé un jeu qui permet de récupérer les données liées à l'activité musculaire, le rythme cardiaque et à la respiration et de les analyser et les traiter pour activer certaines fonctionnalités. Il possède des points forts comme le fait d'être simple d'utilisation pour le patient et pour le médecin. Il est ludique et amusant. Il est possible de faire varier le temps de jeu nécessaire en faisant varier le nombre de buts à atteindre dans l'interface au début du jeu. Il comporte cependant aussi des points faibles, comme le fait qu'il soit spécifique à une seule partie du corps et que l'installation pour permettre au patient de jouer dans de bonnes conditions peut s'avérer longue.

4.2 Celui-ci fonctionne-t-il ? Quelles sont ses limitations ?

Notre jeu fonctionne effectivement grâce à la captation des signaux électriques du muscle du mollet et des autres capteurs. La limitation première que l'on peut noter est liée au manque de précision. Nous n'avons pas fait le calibrage automatique de nos capteurs, mais rentrons directement à la main dans le code la valeur du signal au seuil duquel le muscle se contracte, au-dessus duquel le ballon peut être envoyé.

4.3 Quelles seraient les étapes suivantes si on voulait améliorer et/ou étendre ce projet ?

La vitesse du ballon aurait pu être modulée en fonction de la force mise dans le mouvement de la cheville. Plus le joueur "tire" fort dans le ballon, plus il fait un mouvement vif et rapide, plus le ballon va vite. Nous pourrions essayer de rajouter un capteur pour évaluer d'autres muscles, pour la rééducation d'autres parties du corps avec les mêmes capteurs. Nous pourrions également utiliser des capteurs plus précis qui captent mieux les contractions du muscle.

References

1. Alberto Hernando, J. Lázaro, E. Gil, Adriana Arza Valdés, J. M. G. Rey, R. López-Antón, C. D. Cámara, P. Laguna, J. Aguiló, R. Bailón: Inclusion of Respiratory Frequency Information in Heart Rate Variability Analysis for Stress Assessment. In: IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, pages 1016 - 1025 (13 April 2016). <https://ieeexplore.ieee.org/document/7452349>

2. Xufeng Du: Functional training on ankle sprain rehabilitation in soccer player. In: Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 2022.
<https://www.scielo.br/j/rbme/a/L6sTcSStGKtCdK6GPMTcfrP/?lang=en>

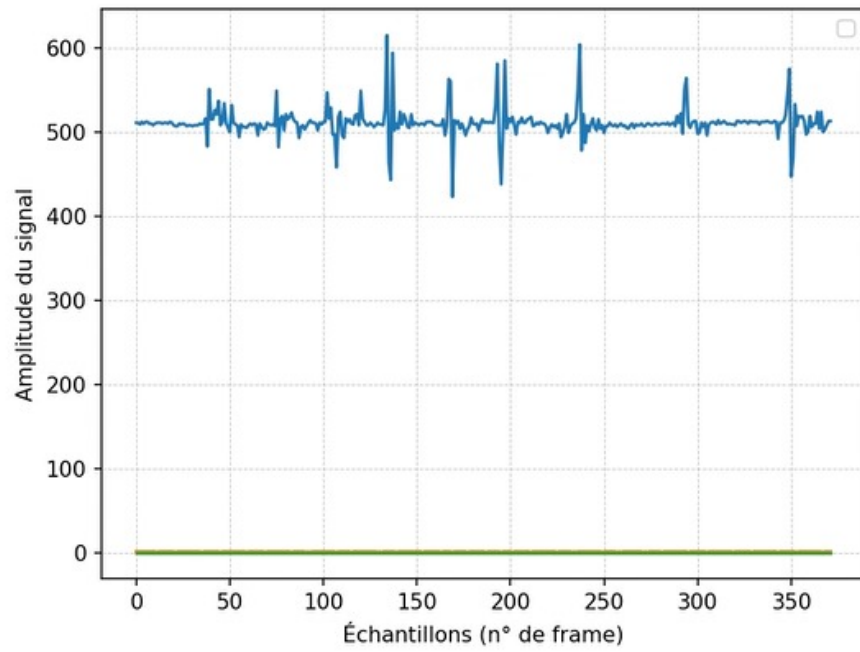


Fig. 1. Graphique des signaux captés par l'EMG

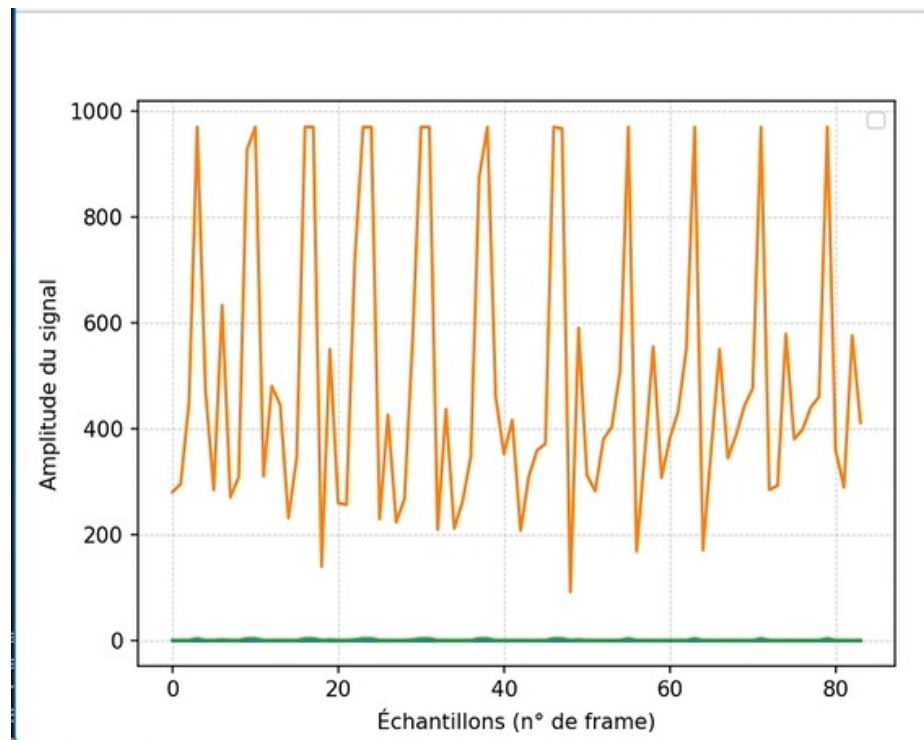


Fig. 2. Graphique des signaux captés par le PPG

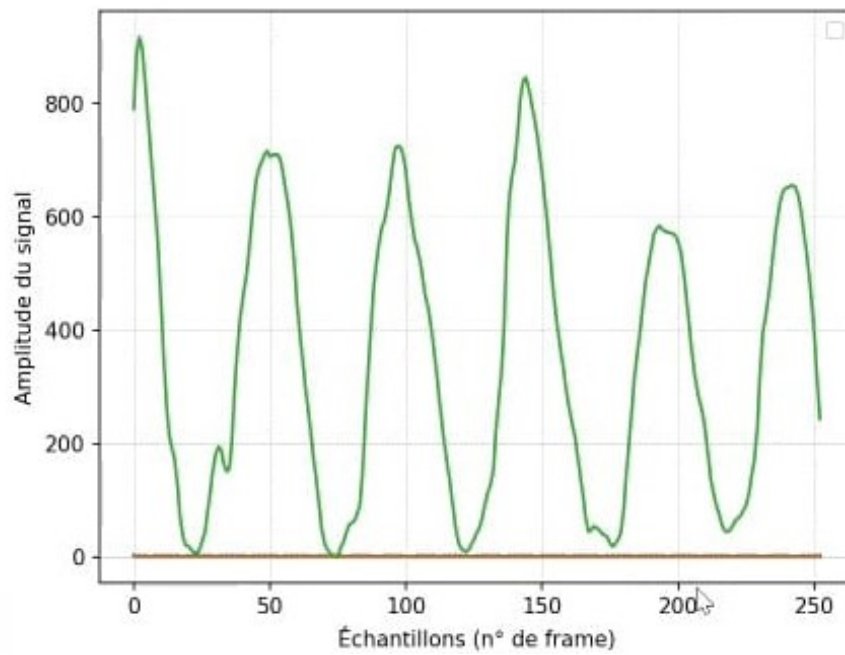


Fig. 3. Graphique des signaux captés par le capteur RESP