

## Expertise sportive et imagination motrice

Camille Blasco<sup>1</sup> Oscar Bidou<sup>2</sup> Ilan Marteau<sup>3</sup> Jean-Baptiste Milon<sup>4</sup> Thomas Spiry<sup>5</sup>  
IDMC, Université de Lorraine  
Sebastien Rimbert<sup>6</sup>  
Valerie Marissense<sup>7</sup>

In this study, we aim to predict whether the motor imagination corresponds to a sport in which the subject is an expert or not. We hypothesize that cerebral activity should be stronger and more specific for sports well known to the subject compared to unfamiliar sports. However, due to a lack of participants and noisy data, we cannot draw any definitive conclusions from our experiment, despite the coherence of some of the data.

### 1 Introduction

L'imagerie motrice est un processus cognitif qui permet de simuler mentalement un mouvement sans l'exécuter physiquement. Ainsi, cette capacité active sensiblement les mêmes régions cérébrales que celles qui sont mobilisées lors de l'exécution réelle du mouvement. Lors de l'imagerie motrice, des neurones miroirs sont activés. Ce sont des neurones situés dans le cortex pré moteur et le cortex pariétal inférieur. Ils constituent un ensemble anatomique qui aide à mieux comprendre le comportement et les émotions, et sert de base pour le développement de nouvelles thérapies cognitives [1]. Ils s'activent non seulement lors de l'exécution d'un mouvement, mais aussi lors de l'observation d'une action. Ainsi, les neurones miroirs incarnent un rôle crucial dans l'apprentissage moteur et permettent à l'individu de simuler mentalement diverses actions.

Les mécanismes de l'imagerie motrice et des neurones miroirs sont particulièrement importants lors des périodes de blessure chez les athlètes. Pendant ces phases d'inactivité physique, ces capacités mentales permettent de maintenir l'activité cérébrale liée au mouvement, contribuant à préserver les connexions neuronales liées aux compétences motrices [5]. Certaines études suggèrent que les neurones miroirs permettent une accélération du processus de rétablissement après une blessure, notamment après une blessure à la main, et une réorganisation cérébrale bénéfique à la réhabilitation [4]. Par ailleurs, l'apprentissage semble influencer l'efficacité de ces processus. En effet, à mesure que l'athlète apprend et progresse, l'activité cérébrale liée à l'imagerie motrice et à l'observation évolue, reflétant des processus de réorganisation et d'optimisation neuronales [2].

Il a même été montré que les neurones miroirs s'activeraient plus tôt que les neurones non-miroirs, qui ne sont actifs que pendant l'exécution des mouvements [3]. Cela a été observé à la fois au niveau de l'activation individuelle des neurones, et des changements d'état globaux dans le cerveau. Ainsi, les neurones miroirs semblent jouer un rôle clé non seulement dans la compréhension

---

<sup>1</sup>camilleblsc@gmail.com

<sup>2</sup>oscar.bidou.2001@gmail.com

<sup>3</sup>ilan.mrt95@gmail.com

<sup>4</sup>topazpartygame@gmail.com

<sup>5</sup>thomas.spiry@gmail.com

<sup>6</sup>Sebastien.rimbert@inria.fr

<sup>7</sup>Valerie.Marissens@inria.fr

des actions d'autrui, mais aussi dans la planification et l'initiation de nos propres mouvements, en anticipant les étapes d'exécution avant les neurones moteurs classiques. Ces découvertes montrent que les neurones miroirs pourraient jouer un rôle clé dans le contrôle, la coordination et l'anticipation des mouvements.

Ces observations soulèvent des interrogations sur le lien entre l'imagerie motrice lors de l'observation d'actions et l'expérience sportive. Bien que l'impact positif des neurones miroirs sur la performance sportive ait été démontré, il nous semble pertinent d'explorer comment l'expérience dans un sport spécifique influence l'organisation cérébrale lors de l'observation d'actions propres à ce sport. Nous chercherons alors à observer les différences entre les réponses cérébrales lors de l'observation du sport familier et d'un autre sport.

Nous avons alors émis l'hypothèse que l'activation cérébrale du sportif est plus importante lors de la visualisation d'un sport qui lui est familier que lors de la visualisation d'un sport qui ne l'est pas (**H1**). Nous avons également supposé que l'activation cérébrale du sportif est plus régionalisée lors de la visualisation d'un sport qui lui est familier que lors de la visualisation d'un sport qui ne l'est pas (**H2**).

## 2 Matériel

### 2.1 Sujet

Pour mener à bien l'expérience, il est essentiel de sélectionner un participant possédant une expérience significative dans un sport en particulier. Le candidat doit être un sportif pratiquant et avoir des connaissances approfondies dans ce domaine. Ici, nous avons choisi le handball car notre sujet a pratiqué ce sport dès l'enfance et en pratique toujours à haut niveau. Pour pouvoir comparer nos résultats, nous devons également choisir un autre sport en veillant à ce que celui-ci se rapproche du handball mais tout en comportant différents mouvements. Après réflexion, nous avons choisi le basketball. Les actions dans ces deux sports se rapprochent, mais la taille du ballon ainsi que la façon de marquer des points diffèrent, ce qui nécessite des mouvements différents. Cette distinction permet de comparer efficacement l'activation neuronale entre ces deux disciplines.

L'expérimentateur joue un rôle important dans l'étude. Il doit posséder une compréhension approfondie des objectifs de l'expérience ainsi que des compétences techniques nécessaires à la manipulation du système EEG. Il est également indispensable qu'il soit capable d'analyser et d'interpréter les données recueillies tout en étant familier avec le sport de prédilection du participant.

La préparation en amont de l'étude est essentielle. En effet, il est important d'identifier le sport de prédilection du participant afin de sélectionner des stimuli visuels adaptés. Une banque d'images doit être constituée à cet effet, regroupant des images qui représentent des actions relatives au sport pratiqué par le participant, ainsi que des stimuli du sport proche mais non pratiqué.

### 2.2 Stimuli

Les stimuli visuels utilisés au cours de cette étude consistent en une sélection rigoureuse d'images représentant des sportifs en action. Parmi ces images, certaines sont liées au handball, tandis que d'autres concernent le basketball. Cette approche vise à évaluer les différences d'activation neuronale, tout en considérant les similitudes entre les disciplines sportives.

Par ailleurs, les images sont sélectionnées pour induire une imagerie motrice du mouvement, c'est-

à-dire la simulation mentale d'actions liées au sport, afin d'analyser l'activation des zones liées aux neurones miroirs.

## 3 Méthodologie

### 3.1 Mesure

Afin d'obtenir des données intéressantes pour répondre à notre problématique, nous allons nous servir d'OpenVibe pour filtrer les signaux obtenus à la suite de l'expérience. Dans un premier temps, il est nécessaire de transformer notre fichier .ov en .edf en l'important dans OpenVibe. La sélection d'électrodes a déjà été réalisée dans le script OpenViBE, nous avons gardé uniquement les 64 premières électrodes après s'être assuré que les électrodes étaient correctement listées en utilisant Plot 2-D .

Initialement, la fréquence d'échantillonnage est réglée à 512 Hz ce qui correspond à 512 valeurs par seconde. C'est un nombre conséquent, et nous n'avons pas besoin d'être aussi précis pour l'évaluation de la réaction d'un sportif à des images. Ainsi, nous avons cherché à réduire la quantité finale de valeurs. Si nous suivons le théorème d'échantillonnage de Nyquist qui stipule qu'un signal peut être parfaitement reconstruit à partir de ses échantillons si la fréquence d'échantillonnage est au moins deux fois supérieure à la fréquence maximale du signal, alors on peut réduire la quantité des données par quatre pour obtenir 128 Hz (soit 128 valeurs par seconde). Nous avons sélectionné les bandes de fréquence comprises entre 8 Hz et 30 Hz car elles sont pertinentes pour répondre à notre problématique. Ces fréquences correspondent à des bandes spécifiques d'ondes cérébrales, chacune associée à des états cognitifs, émotionnels ou physiologiques particuliers :

- **Ondes alpha (8-12 Hz)**
- **Ondes bêta (13-30 Hz)**

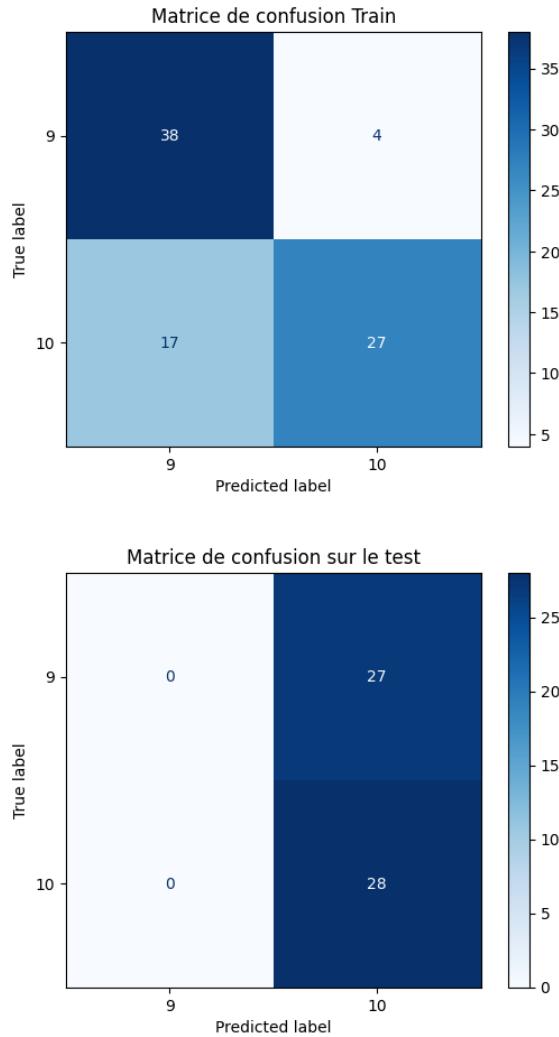
Ces fréquences sont associées à des fonctions clés telles que l'anticipation (cortex préfrontal), la coordination visuo-motrice (cortex pré moteur et aire motrice supplémentaire), et la perception spatiale (cortex pariétal). Elles reflètent également la gestion de l'attention (cortex cingulaire) et l'imagerie sensorielle (cortex somatosensoriel). Ainsi, en étudiant l'activité de ces zones nous serons capables d'observer une différence ou non de l'activité cérébrale d'un sportif de haut niveau lorsqu'il observe des images de son sport de prédilection et celles d'un autre sport.

Nous avons poursuivi le nettoyage des données avec l'utilisation de la fonction REJECT qui permet la sélection et la suppression d'une période bruitée qui viendrait fausser nos résultats. Ces périodes sont facilement identifiables car la courbe sur cette période est considérablement plus variable et fluctue rapidement. Après avoir supprimé les périodes bruitées, on utilise un référencement moyen par rapport à l'activité de toutes les électrodes pour recalibrer nos calculs.

Enfin, nous avons extrait des epochs conformément aux consignes reçues en cours :

- Time-looking event type(s) : choisir dans les trois petits points le marqueur correspondant au début des essais de la classe que vous souhaitez étudier.
- Epoch limits : -1 2 (on extrait les signaux commençant 1 seconde avant le marqueur et jusqu'à 2 secondes après le marqueur). Ce choix dépend de la tâche que vous analysez.
- Pour enlever la baseline, précisez baseline latency range de -1000 à -500 ms.

Grâce à l'onglet ERP map series 2D, nous avons obtenu des cartes topologiques correspondantes aux phases d'activation des zones cérébrales du sujet pendant l'expérience.



## 4 Résultats

### 4.1 classification offline

Lors de l'entraînement, le classifieur *Linear Discriminant Analysis* (LDA) permet une labellisation correcte des ondes avec un taux de près de 76 %. Cependant, durant la phase de test, le classifieur est totalement incapable de prédire autre chose que *right*. En d'autres termes, le classifieur a complètement sur-appris (overfit) sur les données d'entraînement.

### 4.2 Carte Topologique

Pour la représentation des cartes topographiques, les données ont été filtrées à 64 Hz, puis à 128 Hz. Les premiers résultats ont été conservés, car ils étaient plus significatifs. Les cartes topographiques de l'activité durant l'entraînement sont plus explicites. Nous pouvons facilement observer une activation significative de l'électrode C3 lors de la présentation du stimulus contrôle, tandis que l'électrode P6 reste inactive. En revanche, durant la présentation du sport expert (*right*)

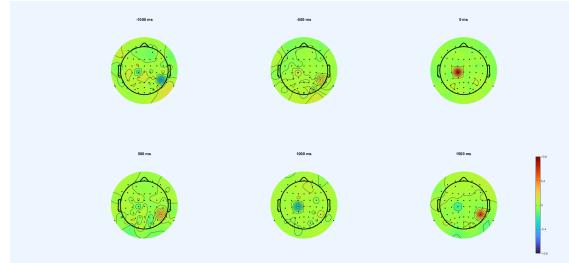


FIGURE 1 – Train left trials

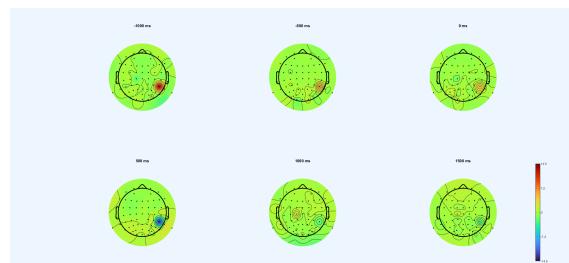


FIGURE 2 – Train right trials

trial), l'électrode C3 n'est pas activée, tandis que l'électrode P6 montre une inhibition à partir de 500 ms après la présentation.

### 4.3 Analyse spectral

Nous avons décidé de regarder l'analyse spectrale des électrodes C3 et P6 lors des essais right et left durant l'entraînement, afin d'obtenir une meilleure compréhension de l'activité de ces électrodes.

Nous pouvons bien constater le pic d'activation de l'électrode C3 dans les ondes bêta pour les essais *left*, suivi d'une désynchronisation importante des ondes alpha entre +600 ms et +1400 ms. Les essais *right*, en revanche, ne présentent pas de désynchronisation importante en C3. Il est toutefois important de noter la faible significativité des deux résultats, avec une ITC maximale de 0,3.

L'électrode P6 affiche une désynchronisation très importante pour les essais contrôle et test des ondes alpha entre +400 ms et +1400 ms.

## 5 Conclusions

Une forte activation des ondes bêta en C3 lors de l'imagination motrice d'un sport, dans lequel le sujet n'est pas expert, pourrait refléter un effort important pour imaginer la contraction musculaire nécessaire ainsi qu'une imprécision significative de l'effort réel. À l'inverse, lors de l'imagination motrice d'un sport maîtrisé (expert), le sujet montre une activation bien plus précise et spécialisée, entraînant une activation moindre.

La désynchronisation importante des ondes alpha en P6 traduit une augmentation de l'attention spatiale. Le sportif expert nécessite moins d'attention pour traiter l'effort musculaire, mais se concentre davantage sur les informations extérieures liées au mouvement. Cette concentration est

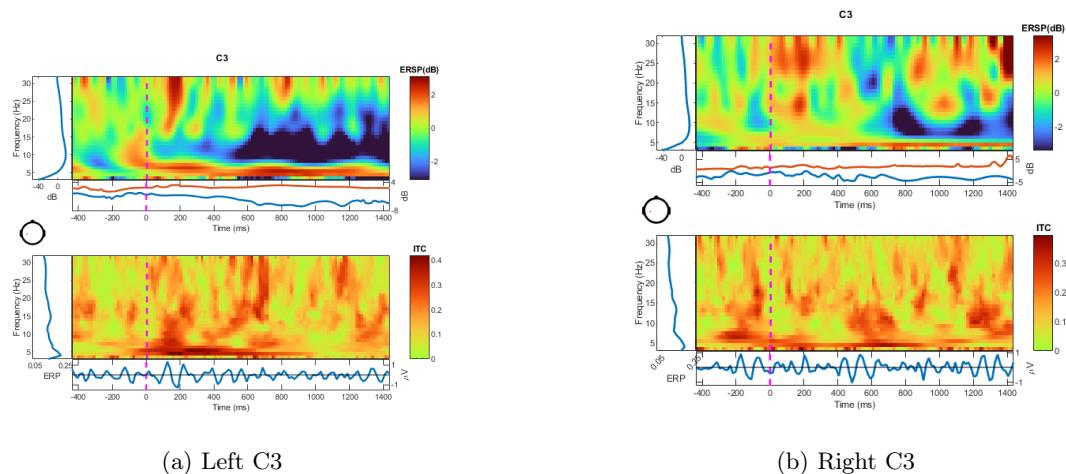


FIGURE 3 – C3 activation

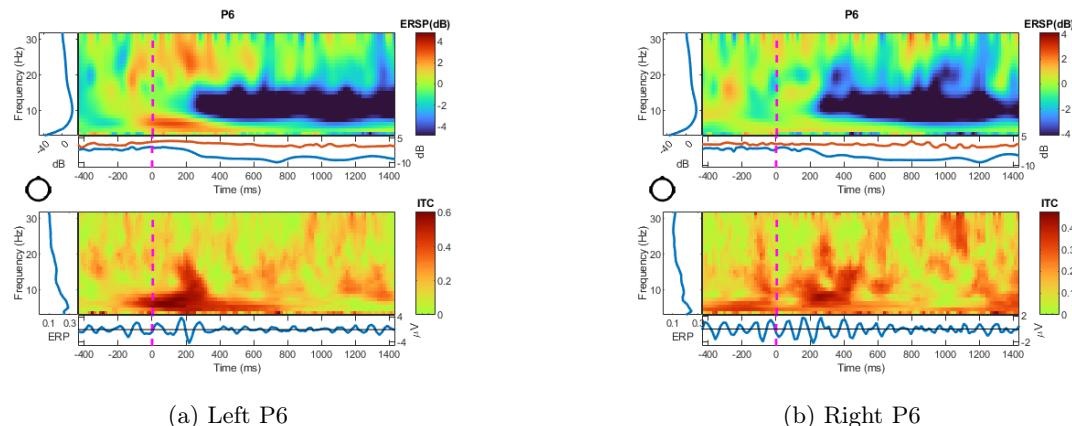


FIGURE 4 – P6 activation

difficile à mobiliser lors de l'imagination d'un sport dans lequel il n'est pas expert.

Si ces observations confirment notre seconde hypothèse (l'activation lors de l'imagination motrice d'un sport expert est plus régionalisé), les résultats doivent néanmoins être considérés avec prudence. En effet, malgré un taux de classification correct de 76 %, il ne faut pas ignorer l'incohérence des valeurs obtenues lors de l'analyse topologique. La comparaison des topologies d'entraînement et de test (les données de test n'étant pas incluses dans cet article) montre des valeurs complètement déraisonnables pour une grande majorité des électrodes.

Une analyse plus approfondie des résultats a révélé une distorsion complète des données vers le milieu de l'entraînement, causant une dégradation de la qualité du classeur à la fin de la phase d'entraînement et durant la totalité de la phase de test.

## Références

- [1] Claire CALMELS, Swann PICHON, Julie GRÈZES et Caroline CARPENTIER. « Fatigue, surentraînement, récupérationFatigue, surentraînement, récupération ». In : **Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP)** (2011).
- [2] G. Cheron D. ZARKA A.M. Cebolla. « Neurones miroirs, substrat neuronal de la compréhension de l'action ? ». In : **L'Encéphale, Paris** (2022).
- [3] Marc H Schieber KEVIN A MAZUREK. « Mirror neurons precede non-mirror neurons during action execution ». In : **the American Physiological Society** (2019).
- [4] Kazuyuki Kanosue NOBUAKI MIZUGUCHI. « Changes in brain activity during action observation and motor imagery : Their relationship with motor learning ». In : **Elsevier B.V.** (2017).
- [5] M. TOFANI, L. SANTECCHIA, A. CONTE, A. BERARDI, G. GALEOTO, C. SOGOS, M. PETRARCA, F. PANUCCIO et E. CASTELLI. « Effects of Mirror Neurons-Based Rehabilitation Techniques in HandInjuries : A Systematic Review and Meta-Analysis ». In : **Int. J. Environ. Res. Public Health** (2022).