

STAGE REMUNERE MASTER 2 - LYON

Titre du projet : Projet SMILES (Sleep, Motor Imagery, Learning, EEG, Sequence) / Effets du sommeil sur l'apprentissage d'une séquence de mouvements par imagerie motrice chez des personnes jeunes et âgées.

RESUME du projet : L'apprentissage de séquences motrices nécessite un entraînement répété, ce qui peut être fatigant pour les personnes âgées, en particulier dans le cadre d'une réadaptation. Parmi les méthodes d'apprentissage/réapprentissage moins exigeantes physiquement, l'entraînement par imagerie motrice (IM) rencontre un intérêt certain. On ne sait toutefois pas si l'entraînement par IM pourrait bénéficier du sommeil chez les personnes âgées, comme cela a été montré chez de jeunes adultes. Le projet s'articulera autour de quatre questions de recherche : (1) L'acquisition d'une séquence motrice globale via un entraînement par IM diffère-t-elle entre adultes jeunes et âgés ? (2) Les effets du sommeil (par rapport à l'état de veille) sur la consolidation après l'entraînement par IM diffèrent-ils entre ces groupes d'âge ? (3) Comment l'activité EEG (fuseaux du sommeil) durant le sommeil est-elle liée au processus de consolidation pour les deux groupes d'âge ? (4) L'activité EEG (rythme mu; 7-13 Hz) enregistrée pendant l'IM diffère-t-elle du repos dans les deux populations? Trente-deux personnes jeunes (18-30 ans) et 32 personnes âgées (65-80 ans) en bonne santé seront incluses. Au sein de chaque groupe d'âge (jeunes, âgés), les participants seront répartis dans deux conditions d'entraînement (entraînement par IM, pas d'entraînement) à deux moments différents de la journée (soir, matin). L'entraînement sera suivi d'un intervalle de rétention de 12h puis 24h, incluant une nuit de sommeil suivi d'un état d'éveil pendant la journée ou vice-versa, en fonction du moment de l'entraînement. Des mesures comportementales (vitesse et précision) et neurophysiologiques (polysomnographie, EEG) seront réalisées.

Année :

2024-2025

Financement :

OUI, le projet est financé par l'ANR, le(la) stagiaire sera rémunéré(e) à hauteur de **4,35€ de l'heure**, suivant la réglementation en vigueur : <https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire>

Durée :

4 à 6 mois, à définir avec l'étudiant(e).

Début :

Dès **septembre 2024** (des **vacations rémunérées** sont envisageables dès la fin du mois d'août pour se former aux **méthodes**), au maximum à partir de janvier 2025.

Domaine scientifique :

STAPS, Neurosciences cognitives et comportementales, Psychologie.

Lieu :

Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (LIBM), UR 7424, 8 rue Raphael Dubois, 69 100 Villeurbanne. Le LIBM bénéficie d'une forte reconnaissance dans les domaines de la physiologie de l'exercice, de la biomécanique, des neurosciences et de l'ingénierie appliquées aux activités physiques et sportives et à la santé.

Encadrement :

- SAIMPONT Arnaud, Maître de conférences <https://www.researchgate.net/profile/Arnaud-Saimpont>
- DEBARNOT Ursula, Maître de conférences (HDR) <https://www.researchgate.net/profile/Ursula-Debarnot>
- LEFEVRE Romaric, Doctorant STAPS.

Profil attendu :

- Master 1 STAPS ou Neurosciences ou Psychologie ou tout domaine en lien, avec **mention**.
- Maîtrise de la langue française.
- Extrêmement motivé et **prêt à travailler suivant des horaires irréguliers**.
- Autonomie, organisation et travail en équipe.
- Bonnes capacités relationnelles (il s'agira d'être en contact avec des personnes jeunes et âgées).
- Bonnes bases en méthodologie de la recherche et statistiques.

Conditions de travail :

Le ou la stagiaire bénéficiera d'un bureau au sein du LIBM. Il côtoiera le doctorant du projet, les encadrants et d'autres membres du LIBM impliqués dans le projet. Plus largement, il participera à la vie scientifique du laboratoire. Le stagiaire sera amené à effectuer des **horaires de travail irréguliers** (tôt le matin et/ou tard le soir) car il s'agit d'un projet sur le sommeil.

Missions :

- Revue de littérature.
- Recrutement de participants.
- Acquisition de données comportementales et neurophysiologiques.
- Analyses des données.
- Rédaction d'un mémoire.
- Participation à la rédaction d'un article où il ou elle sera coauteur(e).

Modalités de candidature :

Pour candidater, merci d'envoyer par **courriel**, **avant le 1^{er} septembre 2024** :

- Une lettre de motivation.
- Un CV.
- Les relevés de notes du Master 1.
- Le mémoire de Master 1.

Contact :

Pour tout renseignement complémentaire, et pour candidater, merci de contacter M. Arnaud Saimpont à l'adresse suivante : arnaud.saimpont@univ-lyon1.fr

1. Description sommaire du projet

1.1 Contexte et intérêt scientifiques

Nous effectuons tous les jours une multitude d'actions coordonnées pour atteindre différents buts. Ces habiletés motrices doivent être apprises et intégrées dans un répertoire moteur qui se développe tout le long de la vie et sont généralement constituées de plusieurs mouvements, organisés en séquences. L'apprentissage de ces séquences motrices comporte plusieurs phases avant la production d'un enchaînement rapide et précis (Doyon et Benali, 2005). En particulier, la première séance de pratique permet un gain de performance très important lors de l'apprentissage d'une nouvelle tâche. C'est la phase d'acquisition motrice. Par la suite, la trace mnésique motrice, d'abord labile, devient généralement plus robuste (ce qui se traduit par une stabilisation voire des gains de performance) avec le simple passage du temps dans les heures qui suivent, et le sommeil semble favoriser ce processus. C'est la phase de consolidation de la mémoire motrice.

Les apprentissages moteurs sont relativement préservés avec l'âge, même si la phase de consolidation - notamment celle dépendante du sommeil - peut être affectée (King et al., 2013). Le vieillissement s'accompagne de changements dans l'architecture du sommeil, avec notamment une diminution du sommeil lent profond, des ondes lentes et des fuseaux de sommeil (Li et al., 2018). Or ces paramètres, notamment les fuseaux du sommeil, semblent contribuer à la consolidation motrice chez les jeunes adultes (Backhaus et al., 2015). Par ailleurs, même si la phase d'acquisition est préservée avec l'âge, elle nécessite une pratique répétée, ce qui peut être fatigant, par exemple lors de protocoles de rééducation après une chute ou une chirurgie de la hanche. Par conséquent, il est nécessaire de promouvoir des interventions fiables, simples à mettre en œuvre et moins exigeantes sur le plan physique, dans le but de préserver/améliorer les fonctions motrices chez les personnes âgées.

Parmi ces interventions, l'entraînement par imagerie motrice (IM) rencontre un intérêt certain ces dernières années. L'IM correspond à la simulation mentale de mouvements sans les faire physiquement. Il s'agit souvent de réévoquer mentalement les images (IM visuelle) et sensations kinesthésiques (IM kinesthésique) associées aux mouvements. De nombreuses études en neuro-imagerie ont montré que l'IM et l'exécution physique sont sous-tendues par l'activation de réseaux cérébraux qui se chevauchent (voir Hetu et al., 2013). L'activité neuronale au cours de l'IM a notamment été explorée par électroencéphalographie (EEG). Les changements de puissance EEG au cours d'une tâche reflètent les changements sous-jacents dans la synchronisation neuronale et renvoient à ce qui a été appelé désynchronisation ou synchronisation liée à l'événement, selon que, respectivement, la puissance diminue ou augmente. Une désynchronisation au niveau du cortex sensorimoteur dans la bande de fréquence mu (7-13Hz) a été observée chez des sujets jeunes pendant l'exécution de mouvements mais également leur « simple » préparation, observation, ou imagination (Zabielska et al., 2018). Il n'a cependant jamais été étudié si une telle désynchronisation était également observée pendant l'IM chez des personnes âgées.

Quelques études ont spécifiquement exploré l'impact de l'entraînement par IM chez les seniors (voir Métais et al., 2022). Une étude de Nicholson et al. (2018) a par exemple rapporté qu'une seule session d'entraînement par IM (20 répétitions de la tâche) a conduit à une amélioration significative des performances dans une tâche locomotrice chez des adultes âgés en bonne santé. Dans la même veine, nous avons récemment montré qu'une seule session d'entraînement d'IM (12 blocs de 30s de pratique) conduisait à une amélioration significative des

performances dans une tâche séquentielle impliquant l'ensemble du corps (voir partie méthode) chez des adultes âgés entre 65 et 80 ans (données non publiées). Dans cette étude cependant, les performances des sujets étaient dégradées lors d'un retest intervenant 8h après l'entraînement, sans sommeil. Il y avait donc un défaut de consolidation motrice. Par contre, l'effet spécifique du sommeil sur la consolidation n'a pas été testé et reste ainsi encore à explorer chez les personnes âgées.

Indépendamment de la question de l'âge, le potentiel effet du sommeil sur la consolidation motrice après un entraînement par IM n'a reçu jusqu'à présent qu'une attention limitée. En utilisant une tâche séquentielle avec les doigts, Debarnot et al. (2009) ont montré une consolidation sommeil-dépendante suivant un entraînement par IM, similaire à celle retrouvée après un entraînement physique. Il a également été rapporté qu'une sieste pendant la journée facilitait la consolidation de mouvements appris par IM, par rapport à un intervalle de temps similaire en restant éveillé (Debarnot et al., 2011). De façon intéressante, cette étude a également montré que les gains de performance après la sieste survenaient à la fois pour de courtes (10 minutes de sommeil au stade lent léger) et longues siestes (60-90 minutes de sommeil, comprenant le stade lent léger et le stade des mouvements oculaires rapides), confirmant l'importance du stade lent léger - qui inclut les fuseaux du sommeil - dans la consolidation de la mémoire motrice (Nishida & Walker, 2007). Malgré ces résultats prometteurs, d'autres études incluant l'enregistrement de données polysomnographiques (PSG) sont encore nécessaires pour déterminer si l'activité fusoriale possède effectivement un rôle critique dans la consolidation mnésique après un entraînement par IM.

En résumé, l'entraînement par IM peut être bénéfique pour apprendre des mouvements chez des personnes jeunes et âgées, mais on n'a très peu de connaissances sur la phase de consolidation après ce type d'entraînement, et notamment sur ses liens avec le sommeil chez des individus âgés. Par ailleurs, la grande majorité des études dans le domaine ont utilisé des tâches impliquant des mouvements des doigts, très peu se sont intéressées à des mouvements de l'ensemble du corps, plus « écologiques ». Au-delà de son impact dans le domaine des neurosciences du vieillissement, des apprentissages moteurs et du sommeil, ce projet devrait conduire à des applications directes en rééducation gériatrique.

1.2 Objectifs

Le projet s'articulera autour de quatre questions de recherche principales : (1) L'acquisition d'une séquence motrice impliquant l'ensemble du corps via un entraînement par IM diffère-t-elle entre des adultes jeunes et âgés ? (2) Les effets du sommeil par rapport au simple passage du temps sur la consolidation de la mémoire motrice après entraînement par IM diffèrent-ils entre les groupes d'âge ? (3) L'activité EEG pendant le sommeil (fuseaux de sommeil) est-elle associée au processus de consolidation après un entraînement par IM, et cette association diffère-t-elle pour les deux groupes d'âge ? (4) Y a-t-il une désynchronisation du rythme EEG mu (7-13 Hz) pendant l'IM par rapport au repos et cette désynchronisation diffère-t-elle entre les deux groupes d'âge ? Des sujets jeunes (18-30 ans) et âgés (65-80 ans) apprendront une tâche séquentielle locomotrice. Au sein de chaque population (jeunes, âgés), les participants seront répartis au hasard dans deux conditions d'entraînement (entraînement par IM, pas d'entraînement). L'entraînement sera effectué à deux moments différents de la journée (soir, matin) et suivi d'un intervalle de rétention de 12h et 24h, incluant une nuit de sommeil.

1.3 Hypothèses générales

De façon générale, nous nous attendons à ce que l'entraînement par IM soit bénéfique par rapport à l'absence d'entraînement pour les deux groupes d'âge. L'impact du sommeil sur la consolidation de la mémoire motrice devrait cependant être différent entre les populations. Plus précisément : (1) Une consolidation des performances après entraînement par IM devrait être observée, et celle-ci devrait être plus marquée chez les sujets jeunes par rapport aux âgés. (2) Une consolidation dépendante du sommeil devrait être spécifiquement observée, et celle-ci devrait également être plus marquée chez les sujets jeunes par rapport aux âgés. (3) Les sujets jeunes devraient présenter des liens plus forts entre l'activité fusoriale pendant le sommeil et la consolidation de la mémoire motrice. (4) Une désynchronisation du rythme EEG mu devrait être retrouvée lors de l'IM par rapport au repos.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Participants

Nombre exact de participants ou « fourchette » approximative et critères utilisés pour fixer ce nombre :

Des études portant sur l'impact du sommeil sur la consolidation de la mémoire motrice ont rapporté des résultats significatifs, avec de grandes tailles d'effets, avec un nombre relativement limité de participants (N = 12-17). En posant un niveau de puissance de 80% et un risque alpha de 5% ainsi qu'en anticipant de grandes tailles d'effets du sommeil ($d = 0.8$), 16 participants par groupe sont indiqués pour le présent projet (calcul réalisé avec le logiciel G*power). En anticipant également un taux d'abandon de l'ordre de 10%, nous allons inclure 18 participants par groupe. Au total (sites de Lyon et Salzburg), 8 groupes de 18 participants seront donc constitués, soit 144 participants, **dont 64 à Lyon** (32 jeunes et 32 âgés).

Critères d'inclusion :

(1) Homme ou femme âgé(e) de 18 à 30 ans ou 65 à 80 ans (2) En bonne santé (3) Droitier des membres inférieurs avec un score ≥ 6 au questionnaire de latéralité de Waterloo (Waterloo, 1980).

Critères de non inclusion :

Critères généraux : (1) Absence de couverture par un régime de sécurité sociale. (2) Refus de réaliser les questionnaires ou tests de non-inclusion ou de participer à l'ensemble de l'étude. (3) Consommation de drogues. (4) Consommation excessive d'alcool (plus de 2 verres par jour pour les femmes, 3 verres pour les hommes). (5) Consommation excessive de café (plus de 5 tasses/expressos par jour). **Critères physiques et moteurs :** (1) Taille $< 1m55$ ou $> 1m85$ (2) indice de masse corporelle (IMC : poids / taille²) $> 30\text{kg/m}^2$. (3) Antécédents ou présence de troubles moteurs. (4) Arthrose arthrite dans les membres inférieurs. (5) Difficultés à se maintenir en position verticale ou à se déplacer. (6) Aide à la marche (cane, déambulateur). (7) Blessure aux membres inférieurs au cours des 3 derniers mois. (8) Chirurgie articulaire des membres inférieurs au cours des 6 derniers mois. (9) Douleur invalidante dans les membres supérieurs et/ou inférieurs. (10) Maladie chronique (polyarthrite rhumatoïde, fibromyalgie, sclérose en plaques, etc.) (11) Participation passée ou actuelle à une activité impliquant une bonne coordination des membres inférieurs (danse, gymnastique rythmique, boxe, etc.) pendant plus de 3 heures par semaine. (12) Risque de chute, avec un score > 14 s au Timed Up and GO test (TUG, Podsiadlo & Richardson, 1991).

Critères de sommeil : (1) Prise de médicaments ayant un effet sur le sommeil. (2) Chronotype extrême du matin (< 30) ou du soir (> 70) selon le questionnaire de typologie circadienne de Horne et Ostberg (1976). (3) Temps de sommeil total habituel < 5 heures ou > 11 heures par nuit. (4) Cycle veille-sommeil irrégulier. (5) Travail posté (de nuit) (6) Toute activité entraînant une perturbation du rythme circadien. (7) Mauvaise qualité du sommeil au cours du mois précédent, avec un score global au Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI, Buysse et al., 1989) > 5 pour les jeunes adultes et > 10 pour les âgés. **Critères d'Imagerie Motrice :** (1) Incapacité à imaginer des mouvements, évaluée par un score de 10 au Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ, Malouin et al., 2007), et un ratio temps imaginé / temps d'exécution du mouvement $> 1,5$ au test de chronométrie mentale de Saimpont et al. (2015). **Critères mentaux et cognitifs :** (1) Troubles neurologiques, psychologiques ou psychiatriques, tels qu'évalués par le Beck Depression Inventory-II (BDI-II Beck et al., 1998) avec un score > 19 et le Beck Anxiety Inventory (BAI, Beck et al., 1988) avec un score > 15 (2) Prise de médicaments psychoactifs (antidépresseurs, anxiolytiques, etc.). (3) Troubles cognitifs légers tels qu'évalués par le Mini Mental State Evaluation (MMSE, Folstein et al., 1975) avec un score < 25 . (4) Empan visuospatial < 4 tel qu'évalué par le Corsi Block Tapping Test (Corsi, 1972).

Indemnisation éventuelle des sujets :

Les participants bénéficieront d'une indemnisation sous forme de bons d'achat d'une valeur de 120 euros s'ils achèvent l'étude ou en cas de sortie prématurée due à un événement indésirable, qu'il soit ou non lié aux dispositifs expérimentaux. Si un participant décide de se retirer prématurément de l'étude de sa propre initiative, aucune indemnisation ne lui sera versée.

2.2 Méthode

Description du protocole :

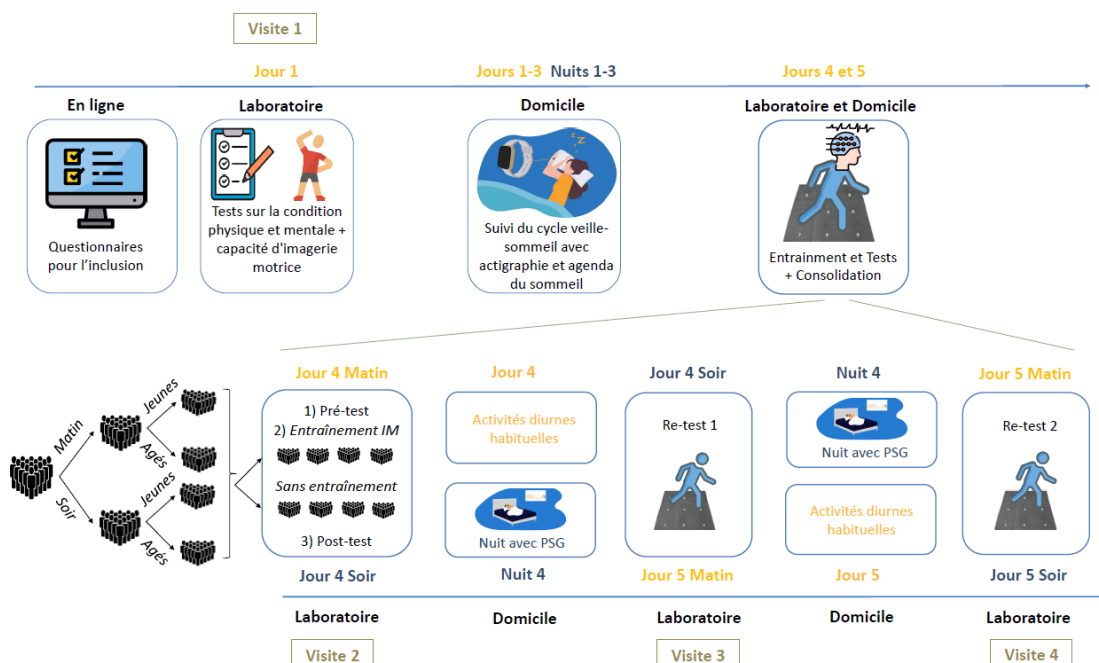


Figure 1. Vue générale du protocole

À la suite d'une première interaction avec les participants potentiels où nous échangerons au sujet de l'étude, nous leur enverrons la notice d'information et un lien vers une plateforme sécurisée (LimeSurvey) qui contiendra des questions générales et questionnaires relatifs à certains critères d'inclusion et de non-inclusion (dont ceux sur le sommeil) pouvant être effectués depuis chez eux. Si les participants potentiels rentrent dans les critères, un premier rendez-vous au laboratoire sera fixé (voir *Figure 1* pour une vue générale du protocole). **Visite 1** : au Jour 1 les participants potentiels passeront les tests de non-inclusion restants, essentiellement en rapport avec leur condition physique et mentale et leurs capacités d'IM. Une fois l'ensemble des critères vérifiés, le formulaire de consentement sera signé et les participants de chaque groupe d'âge (*Jeunes ou Agés*) seront répartis aléatoirement dans quatre groupes d'entraînement en fonction de la condition d'entraînement (*Entraînement par IM ou Pas d'entraînement*) et de l'heure de la journée à laquelle la tâche sera apprise (*Matin ou Soir*). Durant les Jours et Nuits 1-5 les participants porteront un actigraphe au poignet (GTX3+, ActiGraph) et rempliront un journal de sommeil pour vérifier leur activité quotidienne et le respect d'un horaire de sommeil régulier. **Visite 2** : lors du Jour 4, les participants des groupes *Matin* viendront au laboratoire entre 8h et 10h, ceux des groupes *Soir*, entre 18h et 20h. L'expérimentateur contrôlera les données enregistrées par l'Actigraphe et le journal de sommeil. Ils encoderont ensuite une séquence locomotrice complexe de 8 pas, en alternant des appuis avec le pied gauche et droit, sur un tapis instrumenté comprenant 9 cibles (voir *Figure 3*). (1) **Pré-test** : Immédiatement après avoir encodé la séquence, les participants devront la répéter en continu et autant de fois que possible pendant 3 blocs de 45 s, séparés par 15 s de repos. (2) **Entraînement** (phase d'acquisition) : Juste après le pré-test, les participants des groupes *Entraînement par IM* répéteront mentalement la séquence correcte, autant de fois que possible, pendant 12 blocs de 45 s séparés par 15 s de repos. Les participants des groupes *Sans Entraînement* écouteront un livre audio pour une durée équivalente. Tous les participants se tiendront debout au centre du tapis et bénéficieront de 1 min de repos (où ils pourront s'asseoir) tous les 3 blocs. (3) **Post-test** : Le post-test sera réalisé immédiatement après l'entraînement, dans les mêmes conditions que le pré-test. **Visite 3** : les participants des groupes *Matin* viendront au laboratoire le Jour 4 au Soir, entre 18h et 20h, ceux des groupes *Soir* le Jour 5 au Matin, entre 8h et 10h, pour effectuer un premier test de rétention. Ce **Re-test 1** interviendra après une phase de consolidation d'environ 10h suivant l'acquisition, incluant (groupes *Soir*) ou pas (groupes *Matin*) une nuit de sommeil. Il sera effectué dans les mêmes conditions que les pré- et post-tests. **Visite 4** : les participants des groupes *Matin* viendront au laboratoire le Jour 5 au Matin, entre 8h et 10h, ceux des groupes *Soir* le Jour 5 au Soir, entre 18h et 20h, pour effectuer un deuxième test de rétention. Ce **Re-test 2** interviendra après une phase de consolidation d'environ 10h suivant l'acquisition, incluant (groupes *Matin* cette fois) ou pas (groupes *Soir* cette fois) une nuit de sommeil. Il sera effectué dans les mêmes conditions que les autres tests. Ainsi, les groupes qui se seront entraînés le matin lors de la troisième visite auront une phase de consolidation d'environ 10h sans sommeil puis 10h avec sommeil, et vice versa pour les groupes qui se seront entraînés le soir. Des mesures PSG seront réalisées pendant les heures de sommeil, mais chaque participant ne sera donc équipé qu'une seule fois avec un PSG pour la nuit A noter aussi que lors de ces trois visites, tous les participants seront équipés du PSG, utilisé ici pour enregistrer l'activité EEG.

Matériel utilisé :

Questionnaire utilisé pour vérifier les critères d'inclusion : Le *Questionnaire de Latéralité des Membres Inférieurs de Waterloo* (Waterloo, 1980) consiste en dix questions relatives à des actions de la vie courante, pour lesquelles le sujet doit spécifier s'il les réalise avec le pied droit ou gauche.

Questionnaires utilisés pour vérifier les critères de non-inclusion : **Critères moteurs** Le *Timed Up and Go test* (TUG, Podsiadlo & Richardson, 1991) est un instrument d'évaluation des capacités locomotrices et posturales. Il consiste à mesurer le temps mis pour se lever d'une chaise, marcher 3 mètres, faire demi-tour et revenir s'asseoir. **Critères relatifs au sommeil** : Le *Questionnaire de Typologie Circadienne* (Horne and Östberg, 1976) est utilisé pour évaluer le chronotype d'une personne, c'est-à-dire son rythme circadien préférentiel. Il se compose de 19 questions, auxquelles les participants répondent en choisissant parmi des réponses prédéfinies, celles qui correspondent le mieux à leurs préférences. Le *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI, Buysse et al., 1989) est le questionnaire d'évaluation de la qualité du sommeil le plus utilisé chez les adultes. Le PSQI est conçu pour fournir une évaluation complète de la qualité du sommeil en prenant en compte plusieurs aspects y compris des troubles du sommeil. Il comprend 19 questions regroupées en sept composantes principales. **Critères relatifs à l'imagerie motrice** : Le *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ, Malouin et al., 2007) est un questionnaire largement utilisé pour évaluer la vivacité de l'IM. Il sera utilisé ici dans sa version courte (KVIQ-10) qui comprend 5 mouvements simples que les participants doivent réaliser physiquement puis mentalement, d'abord dans la modalité visuelle, puis kinesthésique. Les participants doivent évaluer la vivacité de leur IM à l'aide deux sous-échelles distinctes (visuelle et kinesthésique) à 5 niveaux (de 1-pas d'images/pas de sensations, à 5-images aussi claires qu'un film/sensations aussi intenses que lors de l'exécution réelle). Le *Test de Chronométrie Mentale* de Saimpont et al. (2015), pour évaluer le timing de l'IM. Ici les participants doivent effectuer physiquement et mentalement une séquence de mouvements simples avec les deux pieds, depuis une position assise. Le ratio temps

mental/temps physique est pris en compte. **Critères mentaux et cognitifs** : Le Beck Depression Inventory-II (BDI-II, Beck et al., 1998) est un outil couramment utilisé pour évaluer la sévérité de la dépression chez les adultes, notamment âgés. Le BDI-II est composé de 21 items, chacun correspondant à un symptôme de la dépression. Le Beck Anxiety Inventory (BAI, Beck et al., 1988) est un outil conçu pour évaluer la sévérité de l'anxiété chez les individus. Il est aussi composé de 21 items, chacun correspondant à un symptôme de l'anxiété. Le Mini Mental State Evaluation (MMSE, Folstein et al., 1975) est un instrument d'évaluation des fonctions cognitives mis au point pour un dépistage rapide des déficits cognitifs, où le sujet doit répondre à une série de questions sollicitant la mémoire, l'attention, etc. Le test de Corsi Block Tapping Test (Corsi, 1972), pour évaluer la mémoire de travail visuospatiale. Ici les participants doivent reproduire des séquences de positions spatiales de blocs, dans le bon ordre. Le nombre de blocs composant les séquences augmente au fur à mesure et le test s'arrête quand les participants ne peuvent plus reproduire les séquences, déterminant ainsi l'empan visuospatial.

Outils utilisés durant la phase d'entraînement : La version courte du NASA Task Load Index (NASA TLX, Hart, 1988), pour recueillir les évaluations subjectives de la charge de travail demandée par l'entraînement. Il se compose de six échelles, chacune représentant un aspect particulier de la charge de travail perçue. Le Karolinska Sleepiness Scale (KSS, Shahid et al., 2011), où les participants doivent évaluer leur niveau de somnolence en choisissant un chiffre entre 1 et 10, selon la description qui correspond le mieux à leur état actuel.

Outils utilisés pour contrôler le cycle veille-sommeil (Jours et Nuits 1-5) : Pour vérifier l'activité quotidienne et le respect d'un horaire de sommeil régulier, les participants porteront un Actigraphe au poignet (GTX3+, ActiGraph) et rempliront un Journal de sommeil durant ces cinq jours et nuits. Le certificat CE de l'actigraphe peut être fourni sur demande.

Matériel utilisé pour la PSG / EEG (Nuit 4, Jours 4 et 5) : Les enregistrements ambulatoires de PSG seront effectués au domicile des participants, dans leur environnement habituel. Les participants seront encouragés, si possible, à dormir seuls dans leur lit - ou avec leur partenaire mais dans un lit avec deux matelas - afin de minimiser les perturbations au cours de la nuit. Un amplificateur ambulaire à 16 canaux (Varioport, Becker Meditec, Allemagne) à une fréquence d'échantillonnage de 512 Hz sera utilisé (voir Figure 2). Pendant la nuit, outre les 12 canaux EEG, nous utiliserons également deux canaux d'électro-oculographie horizontale (HEOG) et deux canaux d'EOG vertical (VEOG) au-dessus et au-dessous de l'œil droit, ainsi que trois canaux EMG (un mental, deux sous-mentaux). Les enregistrements EEG réalisés pendant l'entraînement par IM et les tests au laboratoire seront effectués à l'aide du même système. Ce système est un système exclusivement dédié à la recherche, utilisé depuis des années par nos collègues de Salzburg et ne comporte pas de risques connus pour les participants. Le certificat CE se trouve en annexe peut être fourni sur demande.

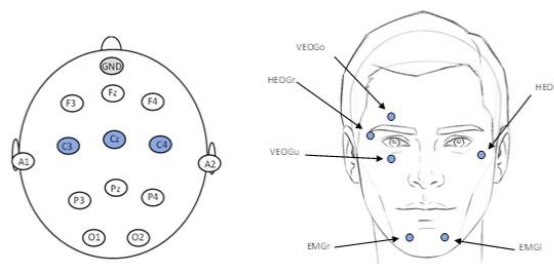


Figure 2 : Configuration des électrodes du polysomnographie. Pour l'EEG au laboratoire, seules les 12 électrodes sur scalp seront utilisées.

La tâche séquentielle locomotrice (Jours 4 et 5) : La Sequential Foot Step Task (SFST, Freitas et al., 2020) nécessitera une table, une chaise, un ordinateur portable, et un tapis de sol instrumenté. Ce tapis forme un carré de 87cm de côté avec 9 cases de 29 cm de côté. Des capteurs de pression de 5 cm² (Interlink FSR402 short) sont fixés sous le centre de chaque carré, au dos du tapis, et correspondent à des cercles/cibles rouges visibles sur la face supérieure (voir Figure 3). Au début de la tâche, les participants se tiendront au centre du tapis puis devront effectuer une séquence de 8 pas, en alternant le pied droit et gauche, sur des cibles déterminées à l'avance. Cette tâche nécessite donc de pointer des cibles avec ses pieds, tout en effectuant des ajustements posturaux avec l'ensemble du corps. Les capteurs de pression permettront l'enregistrement de la pression (lorsqu'elle est effective) de chaque appui podal sur les cases du tapis au cours de la séquence de mouvements des pieds. Les informations du tapis seront transmises à une boîte d'acquisition (Powerlab 16/35, ADInstruments, Australie) puis vers le logiciel Labchart (ADInstruments, Australie).

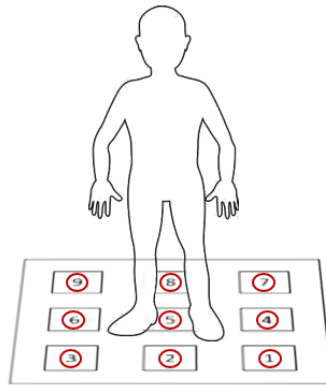


Figure 3. La tâche séquentielle locomotrice. Les participants devront, à partir du centre de la plateforme, effectuer une séquence de 8 pas, en alternant le pied droit et le pied gauche, en pointant des cibles au sol (les chiffres ne seront pas visibles par les participants).

Durée des évaluations ou observations :

A partir de la première visite d'inclusion, la durée de l'étude pour un participant sera de 5 jours, indépendamment du groupe d'appartenance. Ils se rendront donc au laboratoire à quatre reprises (voir Figure 1), avec des durées de visite variant de 1 à 2 heures. La première visite, consacrée essentiellement à la passation des tests de non-inclusion qui n'ont pas été réalisés au domicile des participants, durera environ 2 heures. Lors de la deuxième visite, la phase d'expérimentation durera environ 45 minutes, pour un temps total de participation effectif de 1 heure 45, incluant la pose des électrodes PSG/EEG. Lors de la quatrième visite, la durée totale sera d'environ 1 heure et 15 minutes, comprenant 60 minutes d'installation et 15 minutes dédiées au test de rétention. Idem pour la cinquième visite.

Analyse des données :

Variables dépendantes : Le critère d'évaluation principal concernera la performance motrice (vitesse et précision) et sera le nombre de pas correctement réalisés lors des différents tests (pré-test, post-test, re-test 1 et re-test 2). La performance motrice sera également analysée via le nombre de séquences entières correctement réalisées. Les autres critères d'évaluation secondaires concerneront le sommeil avec notamment le nombre de fuseaux du sommeil, et l'activité EEG pendant l'IM avec notamment la puissance du rythme Mu.

Variables indépendantes : l'âge (jeunes/âgés), le type d'entraînement (entraînement par IM/sans d'entraînement), le moment de l'entraînement (matin/soir).

Les analyses statistiques seront principalement réalisées à l'aide des modèles linéaires généraux (ANOVAs à mesures répétées, corrélations, régressions). En cas d'effet ou d'interaction significatifs, des tests post-hoc compareront les valeurs au sein de chaque groupe, ainsi que les différences entre les groupes (entraînement en IM vs absence d'entraînement ; matin vs soir ; jeunes vs âgés). Des tests non paramétriques (tests sans distribution spécifique ; tests de rangs) seront utilisés en cas de violation excessive des hypothèses de distribution normale, de variance égale et de sphéricité, sous-jacentes aux modèles généraux linéaires. Le niveau de significativité sera fixé à $p < 0,05$. Des corrections pour les comparaisons multiples (post-hoc) seront appliquées (par exemple Bonferroni). Les tailles d'effet de nos résultats seront rapportées via le d de Cohen (d faible = 0,2, d moyen = 0,5, d élevé = 0,8), offrant ainsi une mesure normalisée des potentielles différences entre les moyennes de nos groupes.