

Université de Montréal

**Effet de la pratique mixte sur les processus de consolidation lors  
de l'apprentissage concomitant de deux tâches interférentes.**

par

Marc-André Léonard

Département de kinésiologie

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales  
en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M. Sc.)  
en sciences de l'activité physique

Décembre 2013

© Marc-André Léonard, 2013



## Résumé

Si les bénéfices de la pratique physique sur l'apprentissage moteur ne sont plus à démontrer, de nombreuses études s'accordent sur le fait qu'il est également possible d'apprendre une nouvelle habileté en observant un modèle qui réalise la tâche à apprendre. De plus, plusieurs chercheurs ont montré que les mécanismes permettant l'acquisition d'une nouvelle habileté motrice par pratique physique et par observation sont semblables. Or, l'apprentissage se poursuit au-delà des séances de pratique par des « processus de consolidation » essentiels pour que les habiletés pratiquées soient retenues à long terme. À cet effet, Trempe, Sabourin, Rohbanfard et Proteau (2011), ont montré que la consolidation ne s'effectuait pas de la même façon selon que la pratique était faite physiquement ou par observation. Par conséquent, nous avons tenté de déterminer si pratiquer une tâche par pratique physique et l'autre par observation permet d'optimiser l'apprentissage concomitant de ces deux tâches bien qu'elles soient normalement interférentes. Nos résultats ont montré que la tâche A causait une interférence antérograde sur la tâche B peu importe le type de pratique effectué, ce qui suggère que les processus de consolidation prenant place suite à l'observation sont plutôt similaires à ceux qui prennent place suite à la pratique physique. Ainsi, il semble que la pratique mixte ne permet pas de réduire les interférences lors de l'apprentissage de deux tâches semblables.

**Mots-clés :** Apprentissage moteur, observation, consolidation, stabilisation

## **Abstract**

If the benefits of physical practice for motor learning are well established, many studies agree that it is also possible to learn a new skill by observing a model performing the task to learn. In addition, several researchers have shown that the mechanisms underlying the acquisition of a new motor skill by observation and physical practice are similar. However, learning continues beyond the practice sessions by "consolidation processes" that are essentials to long-term retention of the skill. To this end, Trempe, Sabourin, Rohbanfard and Proteau (2011) demonstrated that consolidation processes are not the same depending on whether the practice was done physically or by observation. Therefore, we sought to determine whether practicing a task by physical practice and another task by observation optimizes the concomitant learning of both tasks although they are normally interfering. Our results showed that task A caused anterograde interference on task B regardless of the type of practice, suggesting that the consolidation processes taking place following observation are rather similar to those that take place after physical practice. Thus, it appears that mixed practice does not allow to reduce interference when two interfering tasks are to be learned.

**Keywords** : Motor learning, observation, consolidation, stabilization

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations.....	vii
Remerciements.....	ix
Revue de la littérature.....	10
L'acquisition d'habiletés motrices.....	10
L'apprentissage par pratique physique.....	10
L'apprentissage par observation.....	11
Similarités entre pratique physique et observation.....	12
Optimiser l'efficacité de l'observation.....	19
La nécessité de la pratique physique.....	21
La consolidation des habiletés motrices.....	22
Stabilisation de la performance.....	23
L'apprentissage hors-ligne.....	24
Similarités entre pratique physique et observation.....	25
Méthodologie.....	29
Participants.....	29
Tâches et appareils.....	29
Devis expérimental.....	30
Variables dépendantes.....	34
Statistiques.....	35
Résultats.....	36
Temps de mouvement total.....	36
Temps intermédiaires.....	41
Discussion.....	44

Conclusion .....	47
Bibliographie.....	48
Annexe 1 : Certificat d’approbation éthique.....	x

## Liste des tableaux

Tableau 1 Résumé du devis expérimental .....	34
--	----

## Liste des figures

Figure 1 Séquences utilisées lors pour la tâche A (panneau de gauche) et pour la tâche B (panneau de droite). .....	30
Figure 2 Erreur constante absolue ( $ EC $ ) des temps de mouvement totaux et erreur quadratique moyenne (EQM) des temps intermédiaires en fonction du nombre d'essais pour les modèles débutants et experts aux tâches A et B. ....	33
Figure 3 Erreur constante absolue ( $ EC $ ) des temps de mouvement totaux en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâche et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation. ....	37
Figure 4 Erreur variable (EV) des temps de mouvement totaux en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâches et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation. ....	39
Figure 5 Erreur constante absolue ( $ EC $ ) et erreur variable (EV) des temps de mouvement totaux durant l'acquisition des tâches A et B en fonction du nombre de répétition et des délais inter-tâches pour les groupes pratique physique et pratique mixte. ....	41
Figure 6 Erreur quadratique moyenne des temps intermédiaires en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâches et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation. ....	42
Figure 7 Erreur quadratique moyenne des temps intermédiaires (EQM) durant l'acquisition des tâches A et B en fonction du nombre de répétition et des délais inter-tâches pour les groupes pratique physique et pratique mixte. ....	43



## Liste des abréviations

EC	Erreur constante absolue
ANOVA	Analyse de variance
CR	Connaissance du résultat
EC	Erreur constante
EV	Erreur variable
EQM	Erreur quadratique moyenne
M1	Cortex moteur primaire
OBS	Observation
PM	Pratique mixte
PMG	Programme moteur généralisé
PP	Pratique physique
SMT <sub>r</sub>	Stimulation magnétique transcrânienne répétitive
T <sub>i</sub>	Temps intermédiaire
TMT	Temps de mouvement total

*À la mémoire de mon grand-père,  
Jean-Maurice Léonard*

## Remerciements

Avant toutes choses, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide et qui m'ont encouragé durant la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, merci à Luc Proteau pour m'avoir encadré durant ce travail de recherche. Il m'a transmis des connaissances ainsi qu'une rigueur scientifique qui m'ont permis de guider ma réflexion tout au long de ma maîtrise.

Ensuite, merci à Mathieu Andrieux pour toute l'aide qu'il m'a apportée aux différentes étapes de la production de ce mémoire. Ta disponibilité et ta patience pour répondre aux innombrables questions que je t'ai posées ont été très appréciées.

J'aimerais aussi remercier toutes les personnes qui se sont rendues disponibles pour participer à l'expérience. Sans eux, la réalisation de ce projet n'aurait pas été possible.

Je remercie également ma famille pour le support qu'ils m'ont donné durant tout mon parcours. Merci à mes parents, Linda et Claude, pour tout leur soutien et pour leurs conseils lors de mes études universitaires. Merci à ma sœur Carolanne pour son écoute. Merci à Vanessa pour sa présence et son soutien à toutes les étapes de ma rédaction.

## **Revue de la littérature**

L'apprentissage moteur est défini comme l'ensemble des processus associés à la pratique ou à l'expérience menant à un changement relativement permanent de la performance (Schmidt & Lee, 2011). En effet, la pratique est reconnue pour être le facteur le plus déterminant de l'apprentissage moteur (Adams, 1971; Crossman, 1959; Fitts, 1964; Schmidt, 1975); elle active une série de processus permettant l'acquisition et la rétention à long terme des actions pratiquées (Dudai, 2004). Or, les conditions dans lesquelles la pratique est effectuée influencent son efficacité. Par conséquent, l'un des enjeux majeurs de la recherche dans le domaine de l'apprentissage moteur est de déterminer les conditions de pratique ayant le plus grand impact sur l'acquisition de nouvelles habiletés. Pour ce faire, le niveau de départ des participants pour une tâche donnée est généralement évalué lors d'un pré-test. Après quoi, les participants sont assignés à l'un des groupes expérimentaux qui se différencient sur le facteur à l'étude (type de pratique, nombre d'essais de pratique, type de connaissance du résultat, calendrier de pratique, etc.). L'évolution de leur performance au cours de l'acquisition est généralement notée pour déterminer l'effet du facteur à l'étude durant cette phase. Par contre, ces données sont insuffisantes pour évaluer l'apprentissage, car elles confondent les effets transitoires et les effets permanents de la variable étudiée sur la performance. Par conséquent, l'apprentissage et les conditions qui le favorise sont déterminés par la performance des individus lors de tests de rétention (ou de transfert) immédiats ou différés.

### **L'acquisition d'habiletés motrices**

#### **L'apprentissage par pratique physique**

En général, les individus souhaitant apprendre une nouvelle habileté passent de nombreuses heures à répéter différents gestes techniques afin de les perfectionner. Selon Adams (1971), une trace perceptuelle est stockée en mémoire après chaque répétition de façon à former une collection servant de base de comparaison avec le feedback reçu durant l'exécution d'un essai subséquent. Étant donné que chaque geste est réalisé de façon à minimiser l'erreur d'exécution, la collection de traces remises en mémoire tend à représenter

de plus en plus fidèlement l'action idéale au fur et à mesure que le nombre de répétitions augmente. Suite aux travaux d'Adams (1971), Schmidt (1975) a proposé que la pratique permet de former un schéma moteur (ou programme moteur généralisé [PMG]), qui consiste en un ensemble de règles générales communes à toutes les actions appartenant à une même catégorie (par exemple, les lancers par-dessus l'épaule). Pour y arriver l'individu fait des associations entre plusieurs sources d'informations telles que les conditions initiales du mouvement, les spécifications des paramètres pour le PMG choisi, la connaissance du résultat (CR) pour le mouvement effectué et les conséquences sensorielles de ce dernier. La force des liens entre ces informations augmenterait d'un essai à l'autre, ce qui explique l'amélioration graduelle de la performance avec la pratique.

## **L'apprentissage par observation**

Même si les bénéfices de la pratique physique pour l'apprentissage d'une nouvelle tâche motrice ne sont plus à démontrer, il est également possible d'apprendre une nouvelle habileté en observant un modèle qui réalise la tâche à apprendre (pour des revues, voir Ferrari, 1996; Hodges, Williams, Hayes, & Breslin, 2007; McCullagh & Weiss, 2001; Vogt & Thomaschke, 2007; Wulf & Mornell, 2008). En effet, il est facile d'accepter de façon intuitive que l'observation permet de percevoir une ou plusieurs informations relatives aux mouvements observés. À cet effet, Sheffield (1961) proposait que l'apprentissage par observation se produit lorsque l'observateur compare ce qu'il perçoit d'un essai réalisé par un modèle avec ses propres expériences passées, ce qui lui permettrait de développer ou d'affiner une image ou référence (*perceptual blueprint*) de l'action à produire. Cette image sera par la suite utilisée par l'observateur pour planifier et réaliser ses propres actions. Dans le même ordre d'idées, Bandura (1986) proposait que l'observation permettait à l'apprenti de créer une représentation cognitive de la tâche à apprendre, qui servait de référence lors d'une éventuelle réalisation du mouvement observé. En plus de développer une référence pour l'exécution des habiletés motrices, Bandura (1986) avance que l'observation permettrait aussi de développer des mécanismes de détection et de correction des erreurs. Selon lui, une fois son mouvement terminé, l'apprenti compare les informations sensorielles obtenues lors de sa réalisation du dit mouvement à la représentation cognitive développée lors de l'observation afin de déterminer

si elles sont différentes l'une de l'autre. Dans le cas où aucune différence n'est trouvée entre la référence et ce qui a été fait, la prochaine exécution sera réalisée de la même façon que la précédente. Toutefois, si des erreurs sont identifiées, alors le mouvement suivant sera ajusté de façon à réduire la différence entre le feedback sensoriel obtenu et la représentation cognitive développée par observation.

Par contre, Scully et Newell (1985) notaient que ces théories se concentraient uniquement sur la façon de présenter les démonstrations, alors que peu de tentatives avaient été faites pour déterminer quels étaient les éléments perçus par les observateurs. Dans une revue de la littérature sur la perception visuelle, ils ont souligné le fait que même placé dans le noir, l'humain peut reconnaître un patron de mouvement comme la marche ou la course si des repères lumineux lui donne accès à la position des articulations du modèle. Ils en concluaient qu'un observateur décodait les règles générales concernant la relation entre les différentes composantes d'un mouvement. Scully et Newell (1985) suggéraient donc que les observateurs perçoivent des patrons de mouvements invariants, plutôt que les caractéristiques spécifiques de l'action.

### **Similarités entre pratique physique et observation**

Les mécanismes présentés dans la section précédente pour expliquer l'apprentissage par observation sont très semblables à ceux décrits par Adams (1971) et Schmidt (1975) dans leurs efforts respectifs pour expliquer l'apprentissage moteur par pratique physique. De là, il n'y avait qu'un pas à franchir pour proposer que l'une et l'autre de ces formes de pratique n'engagent pas de processus semblables, mais engagent plutôt les mêmes processus. Si tel est le cas, alors des variables connues pour moduler l'apprentissage par pratique physique devraient avoir les mêmes effets lors de la pratique par observation. Les facteurs qui influencent davantage l'apprentissage moteur par pratique physique sont : la quantité de pratique, la fréquence du feedback et la variabilité de la pratique.

## La quantité de pratique

La première variable influençant l'apprentissage par pratique physique est le nombre de répétitions effectuées. De fait, Crossman (1959) et Fitts (1964) ont observé que la performance des participants à leur étude tendait à s'apprécier d'un essai à l'autre tout au long de la phase d'acquisition. Par exemple, Crossman (1959), a suivi l'évolution de la rapidité à laquelle des travailleurs industriels pouvaient fabriquer manuellement des cigares durant une période de sept ans. Il s'est aperçu que les performances des travailleurs continuaient de s'améliorer tout au long de cette période. Toutefois, la relation entre le nombre de répétitions et la performance est négativement accélérée, c'est-à-dire que la vitesse de l'apprentissage tend à diminuer graduellement avec l'enchaînement des essais (Schmidt & Lee, 2011). Ainsi, la courbe de l'apprentissage a une forme asymptotique, donc les gains en performance s'amenuisent d'un essai à l'autre (Newell & Rosenbloom, 1981).

Plusieurs chercheurs ont tenté de déterminer si le nombre de démonstrations observées affecte l'apprentissage par observation de la même façon que le nombre de répétitions effectuées influence l'apprentissage par pratique physique. Dans l'une de ces études, un groupe de participants a observé deux démonstrations et un autre groupe de participants a observé huit démonstrations d'un patron de mouvement complexe (Carroll & Bandura, 1990). Une fois l'observation terminée, tous les participants devaient: (a) tenter d'identifier la tâche parmi une variété de patrons différents, (b) ordonner une série de photos représentant les différentes composantes de la tâche et (c) réaliser eux-mêmes le patron de mouvement approprié. Les résultats obtenus montrent qu'une augmentation du nombre de démonstration est bénéfique à l'apprentissage par observation, comme c'est le cas avec le nombre de répétitions lors de la pratique physique.

Plus récemment, ces conclusions ont été supportées par Blandin (1994). Pour ce faire, ils ont comparé l'évolution des performances de trois groupes au cours de cinq phases expérimentales. Lors de la phase d'acquisition initiale, les participants d'un premier groupe ont été filmés durant 108 essais de pratique physique car ils servaient de modèles pour les autres participants. Les participants du deuxième groupe ont observé tous les essais qui ont été réalisés par les modèles alors que ceux du troisième groupe n'ont observé que les 36 premiers

essais de ces mêmes modèles. La phase suivante consistait en un test de rétention immédiate de 18 essais de pratique physique sans connaissance du résultat (CR). Les résultats de cette phase indiquaient que les modèles avaient la meilleure performance des trois groupes. Toutefois, on remarquait aussi que les observateurs qui avaient regardé 108 démonstrations avaient une meilleure performance que ceux qui n'avaient regardé que 36 démonstrations. Pour tous les participants, la phase de rétention immédiate était suivie d'une phase de pratique physique. Dès le premier bloc d'essais, les observateurs-108 réalisaient la tâche aussi bien que les modèles, ce qui n'était pas le cas pour les observateurs-36. Ainsi, il semble qu'une augmentation du nombre de démonstrations soit bénéfique à l'apprentissage par observation. Cela permettrait d'améliorer la précision de la représentation mentale de la tâche observée (Bandura, 1986; Sheffield, 1961).

### **La fréquence du feedback**

Tout comme le nombre de répétitions effectuées, le feedback extrinsèque (ou CR) est une variable qui joue un rôle déterminant pour l'apprentissage (pour des revues, voir Salmoni, Schmidt, & Walter, 1984; Schmidt, 1991; Schmidt & Lee, 2011; Wulf & Mornell, 2008; Wulf & Shea, 2004). Il en est ainsi car le feedback souligne l'écart entre le mouvement souhaité et le mouvement effectué. Dans le passé, plusieurs chercheurs ont proposé que l'apprentissage serait optimisé si le feedback était présenté le plus souvent possible et le plus tôt possible après la fin de l'exécution du geste (Adams, 1971; Salmoni et al., 1984; Schmidt, 1975). Toutefois, rendre le feedback disponible après chaque essai peut amener l'apprenti à ne plus traiter les informations sensorielles produites par l'action. Dans ce cas, il ne serait plus en mesure de développer ses propres mécanismes de détection et de correction des erreurs. L'individu deviendrait en quelque sorte dépendant du feedback extrinsèque (Schmidt, 1991). De plus, si ce feedback est très précis, l'individu pourrait être amené à tenter de corriger des erreurs en-deçà de la capacité de correction du système moteur (Schmidt, 1991). Il en résulterait des corrections inopportunes. Ainsi, il n'est pas étonnant que plusieurs chercheurs aient démontré qu'une fréquence de feedback moindre que 100% résulte en un meilleur apprentissage qu'une condition expérimentale où tous les essais sont suivis de feedback (Badets & Blandin, 2010; Lai & Shea, 1998, 1999a; Winstein & Schmidt, 1990; Wulf, Lee, & Schmidt, 1994).



Une des façons utilisées pour réduire la fréquence du feedback sans priver l'apprenti d'informations essentielles est de le donner lorsque sa performance est à l'extérieur de limites acceptables (i.e., feedback en bande) (Chambers & Vickers, 2006; Lai & Shea, 1999b; Lee & Maraj, 1994; Sherwood, 1988). Par exemple, les participants doivent apprendre à toucher successivement quatre touches d'un pavé numérique de sorte à ce que la tâche soit complétée en 1000 ms. Pour un premier groupe (bande 0%), la CR est disponible après chaque essai, peu importe la performance du participant. Pour un deuxième groupe (bande 10%), la CR n'est donnée que si la performance du participant s'éloigne d'au moins 10% du temps cible. Donc, un essai suivi de CR indique au participant la grandeur exacte de son erreur; un essai sans CR indique que le geste a été complété de façon satisfaisante. Finalement, les participants d'un troisième groupe (paire) recevront la CR pour les mêmes essais que les participants du groupe précédant, sans égard à leur propre performance pour cet essai. Les participants des deux derniers groupes recevront donc la même quantité de CR. Les résultats de ces études indiquent généralement que pendant la phase de pratique, le groupe 0% a une meilleure performance que les deux autres groupes. Toutefois, lors de tests de rétention différés et sans CR, le groupe 10% est celui qui réussit le mieux la tâche.

Si l'observation et la pratique physique impliquent les mêmes processus, alors le feedback donné au modèle après chaque essai et partagé avec l'observateur devrait jouer un rôle majeur dans l'apprentissage par observation. À cet effet, Adams (1986) a montré que les observateurs qui recevaient la CR à propos de la performance des modèles commettaient moins d'erreurs que les observateurs qui ne recevaient pas ces informations. L'importance de cette variable pour l'apprentissage par observation a été confirmée par Badets et Blandin (2004). Ces auteurs ont comparé la performance d'observateurs lors d'un test de rétention qui faite suite à une phase d'acquisition dans laquelle ils avaient été informés de la performance (i.e., CR) du modèle pour 33% ou pour 100% des essais observés. Les résultats obtenus ont reproduit ceux obtenus dans un contexte de pratique physique : une réduction de la fréquence de la CR pour les observateurs favorisait l'apprentissage de la tâche observée. Dans la même veine, les résultats de quelques études montrent qu'un calendrier de feedback en bande concernant la performance du modèle observé favorise l'apprentissage par observation (Badets & Blandin, 2005, 2010) au même titre qu'elle le fait lorsque la pratique est de type physique.

Par conséquent, ces résultats supportent la proposition que les mêmes processus cognitifs prennent place lors de la pratique physique et lors de l'observation.

### **La variabilité de la pratique**

L'organisation des essais de pratique est un autre élément à considérer pour augmenter l'efficacité de l'entraînement (pour des revues, voir Brady, 1998, 2004; Lee & Simon, 2004; Magill & Hall, 1990). À cet effet, deux calendriers de pratique sont souvent comparés lorsque les participants doivent apprendre concomitamment plusieurs tâches motrices : la pratique bloquée et la pratique aléatoire. Dans la pratique bloquée, tous les essais d'une même tâche sont enchaînés l'un à la suite de l'autre (i.e. AAA-BBB-CCC), alors que les répétitions des différentes tâches à apprendre sont alternées de façon aléatoire dans le second type (i.e., ABC-BBA-CAC). En général, les résultats des études ayant comparé les effets de ces deux calendriers montrent que la pratique bloquée résulte en une meilleure performance que la pratique aléatoire à la fin de la phase d'acquisition. Toutefois, l'apprentissage tel que révélé par la performance aux tests de rétention est meilleur suite à la pratique aléatoire qu'à la pratique bloquée. Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer cet effet d'interférence contextuelle.

Premièrement, Shea et Morgan (1979) proposaient que le traitement de l'information était plus élaboré pour le calendrier de pratique aléatoire, puisqu'une même action ne serait que très rarement réalisée deux fois de suite. Ainsi, ce traitement supplémentaire permettrait de mieux contraster les différents mouvements et ainsi de mieux les retenir. En effet, la pratique bloquée ne permet pas de faire une différenciation aussi importante entre les différentes tâches, car les premiers essais d'une seconde habileté n'ont lieu qu'une fois tous les essais d'une première habileté ont été complétés. Ce contraste entre les différentes tâches ne prend donc place qu'une fois, soit lors de la transition d'une tâche à une autre. Deuxièmement, Lee et Magill (1983) suggèrent que l'organisation de la pratique de manière aléatoire nécessite un effort cognitif plus important étant donné que l'individu doit planifier une action différente à chaque essai. À l'inverse, un tel effort de planification n'est pas nécessaire dans un contexte de pratique bloquée parce que les informations nécessaires à la planification (i.e., les conditions initiales et le but poursuivi) ne changent pas d'un essai à

l'autre et demeurent ainsi disponibles dans la mémoire de travail (Lee & Magill, 1983; Lee, Wishart, Cunningham, & Carnahan, 1997; Simon & Bjork, 2002). Les résultats de très nombreux travaux confirment l'avantage de la pratique aléatoire pour l'apprentissage moteur (Fegghi, Abdoli, & Valizadeh, 2011; Kornell & Bjork, 2008; Lee & Magill, 1983; Lee et al., 1997; Lin, Fisher, Winstein, Wu, & Gordon, 2008; Lin, Winstein, Fisher, & Wu, 2010; Magnuson & Wright, 2004; Osu, Hirai, Yoshioka, & Kawato, 2004; Shea & Morgan, 1979; Simon & Bjork, 2002; Wright, Li, & Whitacre, 1992). Toutefois, les résultats de ces travaux n'ont pas encore permis de favoriser une hypothèse au dépend de l'autre en ce concerne les processus explicatifs de cet effet (Schmidt & Lee, 2011).

Afin d'étudier les effets de la variabilité de la pratique sur l'apprentissage par observation, les participants d'une étude réalisée par Blandin, Proteau, et Alain (1994); (voir aussi Wright, Li, & Coady, 1997) devaient apprendre concomitamment trois variations d'une tâche de synchronisation spatio-temporelle. Pour les phases d'acquisition, les participants étaient jumelés deux par deux : un modèle et un observateur. Chaque paire était assignée soit à un calendrier de pratique bloquée soit à un calendrier de pratique aléatoire. Tous les participants étaient ensuite soumis à un test de rétention. Lors de cette phase, la moitié des participants de chaque groupe a été soumise au même calendrier de pratique que lors de l'acquisition (bloquée vers bloquée; aléatoire vers aléatoire) tandis que l'autre moitié a utilisé l'autre calendrier de pratique (bloquée vers aléatoire; aléatoire vers bloquée). Les résultats obtenus ont montré que la pratique variable a induit un effet d'interférence contextuelle pour les modèles comme pour les observateurs, ce qui suggère que les mêmes processus cognitifs sont mis en jeu pour la pratique physique et pour l'observation.

### **Le réseau d'observation de l'action**

À la lumière des résultats présentés dans les sections précédentes, il semble que les processus impliqués dans l'apprentissage par observation soient les mêmes que ceux qui sont impliqués dans l'apprentissage par pratique physique. Si c'est le cas, les structures cérébrales activées par les deux types de pratique devraient être les mêmes. À cet effet, les résultats de plusieurs études réalisées en premier chez le singe puis chez l'humain ont mis en évidence l'existence de «neurones miroirs» qui sont activés à la fois lorsque l'individu exécutait une

action et lorsqu'il observait un congénère réaliser la même action (Buccino et al., 2001; Cattaneo & Rizzolatti, 2009; Cisek & Kalaska, 2004; Cross, Kraemer, Hamilton, Kelley, & Grafton, 2009; Dushanova & Donoghue, 2010; Frey & Gerry, 2006; Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 2002; Grafton, Fadiga, Arbib, & Rizzolatti, 1997; Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001). L'ensemble de ces neurones formerait ainsi un réseau d'observation de l'action dont la principale fonction est de faire le lien entre l'observation et l'exécution de mouvements dans le but de comprendre les comportements d'autrui (Carey, 1996; Fogassi, 2011; Fogassi & Rizzolatti, 2013; Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996; Rizzolatti et al., 2001).

Chez l'humain, les données supportant l'existence d'un réseau d'observation de l'action sont principalement issues d'études utilisant l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique et la tomographie par émission de positrons. En général, elles montrent que les neurones de certaines régions cérébrales dont le cortex prémoteur, le lobe pariétal inférieur, le sillon temporal supérieur, l'aire motrice supplémentaire, le gyrus cingulaire et le cervelet, voire même le cortex moteur primaire, ont des propriétés miroir. Par exemple, dans l'étude de Cross et al. (2009), les participants ont d'abord pris part à une séance d'imagerie fonctionnelle (pré-test) lors de laquelle ils observaient 18 séquences de pas de danse pour lesquels ils n'avaient aucune expérience. Cette séance a permis aux auteurs de repérer les aires corticales activées chez l'humain lors de l'observation de ce type de tâche et ainsi d'obtenir une base de comparaison pour les analyses subséquentes. Lors des cinq jours suivants, six des séquences observées lors du pré-test ont été pratiquées physiquement (condition danse) et six autres l'ont été par observation (condition observation). Ainsi, six séquences utilisées lors du pré-test n'ont été ni pratiquées physiquement, ni observées (condition non-pratiquée). Lors du post-test, les résultats comportementaux indiquent que les participants dansaient mieux les séquences observées que les séquences non pratiquées. De plus, les participants ont ensuite pris part à une séance d'imagerie fonctionnelle dans laquelle les 18 séquences originales leur ont été présentées à nouveau. La comparaison des données recueillies lors des deux séances d'imagerie montre que l'activité notée au cortex prémoteur droit et au lobe pariétal inférieur gauche a évolué de la même façon pour les séquences dansées et pour les séquences

observées. Ceci suggère que la pratique physique et la pratique par observation sollicitent certaines régions cérébrales de manière similaire.

## **Optimiser l'efficacité de l'observation**

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte pour optimiser l'efficacité des démonstrations. Premièrement, de nombreux chercheurs ont montré que l'observation d'un modèle expert, c'est-à-dire qui maîtrise parfaitement l'habileté démontrée, permet à l'apprenti de voir exactement ce qu'il devra faire lorsqu'il tentera d'exécuter lui-même l'habileté, ce qui facilite l'apprentissage de cette tâche (Al-Abood, Davids, Bennett, Ashford, & Martinez Marin, 2001; Bird & Heyes, 2005; Heyes & Foster, 2002; Hodges, Chua, & Franks, 2003; Lee, Swinnen, & Serrien, 1994; Martens, Burwitz, & Zuckerman, 1976; McCullagh, Weiss, & Ross, 1989). En lien avec les propos de Bandura (1986), la représentation cognitive développée par l'apprenti pourra être très précise.

Cependant, plusieurs auteurs proposent que ce type de modèle ne soit pas optimal pour favoriser le développement des mécanismes de détection et de correction des erreurs, étant donné que le modèle expert présente une performance qui est toujours très près de la perfection (Andrieux & Proteau, 2013; Black & Wright, 2000; Blandin & Proteau, 2000; Buchanan & Dean, 2010; Rohbanfard & Proteau, 2011b). Pour que ces mécanismes se développent, ces auteurs suggèrent qu'il serait préférable que les individus observent des modèles débutants. Toutefois, un tel modèle ne permet pas facilement à l'observateur de se créer une référence précise du mouvement à exécuter.

C'est en partant de ces propositions que Rohbanfard et Proteau (2011b) et Andrieux et Proteau (2013) ont voulu déterminer si l'observation mixte d'un modèle expert et d'un modèle novice favoriserait davantage l'apprentissage que l'observation de l'un ou l'autre de ces types de modèles. Les résultats de ces études indiquaient que l'observation mixte permettait un meilleur apprentissage d'une tâche de synchronisation temporelle que l'observation d'un expert ou d'un novice. Il en serait ainsi parce que l'observation de l'expert permet à l'apprenti de développer un standard de référence précis, ce qui aide à mieux détecter les erreurs des modèles novices puis à trouver un moyen des les éviter ou de les corriger. Par conséquent, les

bénéfices de l'observation mixte s'expliquent par le fait que la comparaison des modèles engage l'apprenti dans des processus de traitement de l'information plus élaborés, en plus de lui apporter des informations complémentaires. L'étude d'Andrieux et Proteau (2013) a aussi permis de déterminer que c'est bien l'hétérogénéité des modèles observés (expert vs. novice) et non le nombre de modèles observés (un vs. deux modèles) qui expliquait les bénéfices de l'observation mixte.

Pour en terminer avec les caractéristiques du modèle optimal, Rohbanfard et Proteau (2011a) ont récemment démontré que l'observation d'un modèle de même latéralité que l'observateur permettait un meilleur apprentissage que l'observation d'un modèle de latéralité opposée à celle de l'observateur. En lien avec les travaux de Neal et Kilner (2010) et Press, Cook, Blakemore, et Kilner (2011), ces auteurs proposaient que l'observateur simulait l'action observée, peu importe la latéralité du modèle, comme si c'était lui ou elle qui la réalisait. Lorsque le modèle était de latéralité opposée à celle de l'observateur, ce dernier devait donc transformer ce qu'il voyait en ce qu'il devrait exécuter; cette transformation entraînerait des erreurs de performance qui ralentirait l'apprentissage.

Finalement, Badets, Blandin, et Shea (2006) ont récemment démontré que l'efficacité de l'observation pouvait être augmentée si les individus avaient l'intention de reproduire le comportement observé. Pour ce faire, deux groupes de participants ont observé un modèle pratiquant une tâche de synchronisation temporelle avant d'effectuer un test de rétention différé de 24 heures. Avant de commencer l'observation, les participants du premier groupe ont été informés que lors du test de rétention ils devraient reproduire la tâche observée avec le plus de précision possible, alors que ceux du second groupe ont été informés que lors du test de rétention ils devraient décrire la tâche avec le plus de précision possible. Les résultats des tests de rétention ont montré que les participants qui avaient observé la tâche avec l'intention de la reproduire ont mieux réalisé la tâche lors du test de rétention que ceux qui croyaient uniquement devoir la décrire. L'une des explications possibles de ces résultats est que le fait d'observer un comportement avec l'intention de l'imiter augmenter l'activité des régions cérébrales dont la fonction est de planifier et exécuter l'action (Badets et al., 2006; Decety et al., 1997).

## **La nécessité de la pratique physique**

Bien que plusieurs variables sont affectées de la même manière par la pratique physique et par l'observation, cela ne veut pas pour autant dire que les processus mis en jeu dans ces deux formes de pratique sont identiques. Par exemple, de nombreuses études d'imagerie cérébrale ont montré que certaines des régions du cerveau faisant partie du réseau de l'observation de l'action sont activées de façon plus intense lors de la pratique physique que lors de la pratique par observation (Cochin, Barthelemy, Roux, & Martineau, 1999; Di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, & Rizzolatti, 1992; Iacoboni & Dapretto, 2006; Lepage, Saint-Amour, & Theoret, 2008; Muthukumaraswamy & Johnson, 2004; Woodruff & Maaske, 2010). De plus, la pratique physique sollicite certaines régions cérébrales qui ne sont pas activées lors de l'observation ou qui le sont de façon différente. Par exemple, le traitement du feedback proprioceptif produit par l'action exécutée ne prend pas place lors de l'observation, ou s'il prend place, il repose certainement sur des approximations qui ne sont pas nécessaires lors de la pratique physique. Cela pourrait expliquer pourquoi l'observation seule ne permet pas un apprentissage aussi important que la pratique physique seule (pour une revue voir Blandin, Lhuisset, & Proteau, 1999; Blandin et al., 1994; Deakin & Proteau, 2000; McCullagh et al., 1989; Shea, Wright, Wulf, & Whitacre, 2000).

Par exemple, Deakin et Proteau (2000) ont comparé les effets de cinq calendriers de pratique sur l'apprentissage d'une tâche de résolution de casse-tête ayant des demandes motrices relativement faibles : 100% pratique physique, 100% observation, 50% pratique physique – 50% observation, 25% pratique physique – 75% observation et un groupe contrôle qui n'effectuait que les tests de rétention et de transfert. En tout, le protocole était réalisé en trois sessions expérimentales (une par jour). Chacun des deux premiers jours consistait en une séance d'acquisition et un test de rétention immédiate, alors que les participants réalisaient un test de rétention à long terme et un test de transfert lors du troisième jour. Les séances de pratique étaient composées de 36 essais (3 blocs de 12 essais) et les tests de rétention étaient composés de 6 essais (2 blocs de 3 essais). Le contraste des performances de ces groupes durant l'acquisition et au premier bloc de rétention au jour 1 a révélé que les groupes ayant effectué de la pratique physique étaient meilleurs que le groupe contrôle et le groupe qui avait

seulement effectué de l'observation. Ces résultats indiquent que l'observation seule n'a pas immédiatement permis d'obtenir une bonne performance. Toutefois, le groupe 100% observation a surpassé le groupe contrôle en obtenant une performance équivalente aux trois groupes ayant eu de la pratique physique lors du deuxième bloc de rétention. Ainsi, il semble que la représentation cognitive développée lors de l'observation ne soit pas complète tant que des répétitions de pratique physique n'ont pas été effectués (Deakin & Proteau, 2000). Il apparaît donc indispensable qu'une interaction physique avec la tâche prenne place pour qu'une performance optimale puisse être atteinte suite à l'observation.

En bref, les résultats de toutes ces études suggèrent que faire de l'observation avant de débiter la pratique physique peut faire en sorte de diminuer le nombre de répétitions par pratique physique nécessaires afin d'obtenir une bonne performance.

## **La consolidation des habiletés motrices**

Les processus qui rendent possible l'apprentissage d'une nouvelle habileté motrice ont besoin de temps pour être complétés, si bien que certains d'entre eux se poursuivent au-delà des séances de pratique. Ces processus, qui ont été regroupés dans la littérature scientifique sous le terme de « processus de consolidation », semblent essentiels pour que les habiletés pratiquées soient retenues à long terme (pour une revue, voir Dudai, 2004; Trempe & Proteau, 2012; Walker, 2005). En effet, l'importance de la consolidation est directement supportée par une série d'études dans lesquelles un agent perturbateur a été introduit immédiatement après l'acquisition d'une habileté motrice afin d'évaluer son effet sur l'apprentissage. À cet effet, plusieurs types de perturbations ont été utilisés. Par exemple, McGaugh (2000) a administré une dose d'inhibiteur de la synthèse de protéines à des rongeurs juste avant de leur faire débiter la pratique d'un nouveau comportement. Dans cette étude, les animaux ont été en mesure d'apprendre le comportement en question, mais pas de le retenir à long terme. De plus, Robertson, Press, et Pascual-Leone (2005) ont appliqué une stimulation magnétique transcrânienne répétitive (SMTr) au cortex moteur primaire (M1) des participants à leur étude soit juste après que ces derniers aient pratiqué une tâche de temps de réaction en série soit quelques heures après la fin de la phase de pratique. La stimulation a uniquement eu un effet



perturbateur si elle était appliquée immédiatement après la pratique. Les processus de consolidation avaient permis aux participants du deuxième groupe de retenir à long terme ce qu'ils avaient appris lors de la pratique. Pris collectivement, les résultats de plusieurs études indiquent que des processus indispensables à la rétention à long terme des informations prennent place durant les périodes de repos entre les séances de pratique (Brashers-Krug, Shadmehr, & Bizzi, 1996; Kantak, Sullivan, Fisher, Knowlton, & Winstein, 2010; Krakauer, Ghilardi, & Ghez, 1999; Larssen, Ong, & Hodges, 2012; McGaugh, 2000; Robertson et al., 2005; Trempe & Proteau, 2010; Trempe, Sabourin, Rohbanfard, & Proteau, 2011; Walker et al., 2003).

Plus précisément, la consolidation est possible grâce à une série de processus neurophysiologiques prenant place durant la pratique et se poursuivant dans les heures qui la suivent afin de réorganiser l'information dans le système nerveux central (Trempe & Proteau, 2012). D'une part, la pratique déclenche une réorganisation synaptique qui nécessite l'expression de certains gènes et la synthèse de nouvelles protéines (Dudai, 2004; McGaugh, 2000; Walker, 2005). D'autre part, il semble qu'un traitement de l'information supplémentaire ait lieu une fois la pratique terminée, puisque l'activation des réseaux de neurones assurant un contrôle volontaire du mouvement au début de la phase de pratique est déplacée vers d'autres réseaux assurant un contrôle plus automatique du mouvement au fur et à mesure que l'apprentissage progresse (Doyon & Benali, 2005; Karni et al., 1995; Shadmehr & Holcomb, 1997). La consolidation se manifeste soit par une stabilisation de la performance, soit par un apprentissage hors-ligne.

## **Stabilisation de la performance**

Au niveau comportemental, plusieurs études au cours desquelles le délai prenant place entre la pratique de deux tâches semblables est manipulé montrent que la consolidation peut résulter en une stabilisation de la performance. Un groupe pratique une première tâche (A) puis après un délai de 5 minutes pratique une deuxième tâche (B). Un autre groupe est soumis au même protocole expérimental, à l'exception qu'un délai de 8 heures prend place entre la pratique de la tâche « A » et la pratique de la tâche « B ». En général, les résultats des études utilisant ce genre de protocole démontrent que la rétention de la tâche A est diminuée pour le

groupe n'ayant qu'un très court délai entre la pratique des deux tâches alors que ce n'est pas le cas pour le groupe ayant un délai de quelques heures (Brashers-Krug et al., 1996; Krakauer et al., 1999; Larssen et al., 2012; Robertson & Cohen, 2006; Trempe & Proteau, 2010; Walker, 2005; Walker et al., 2003) D'après ces auteurs, cela suggère donc que les informations nouvellement acquises sont initialement stockées en mémoire sous une forme labile; la pratique rapprochée de la tâche B dégrade les informations encodées lors de la pratique de la tâche A. Dans ces situations, on dit que la pratique de la tâche B engendre une interférence rétrograde sur l'apprentissage de la tâche A, (Krakauer et al., 1999; Wigmore, Tong, & Flanagan, 2002). Au contraire, lorsque le délai prenant place entre la pratique des deux tâches est suffisamment long, la représentation mnésique créée lors de la pratique de la tâche A est stabilisée et devient résistante aux agents interférents : il y a donc eu consolidation. Compte tenu de ces informations, il semble que la consolidation ait un effet protecteur sur les représentations cognitives récemment acquises (Trempe & Proteau, 2012).

## **L'apprentissage hors-ligne**

La consolidation peut aussi permettre un apprentissage hors-ligne, c'est-à-dire une amélioration de la performance survenant pendant la période de récupération prenant place entre deux séances de pratique, et ce, sans qu'il n'y ait eu de pratique additionnelle (Cohen, Pascual-Leone, Press, & Robertson, 2005; Kami & Sagi, 1993; Robertson, Pascual-Leone, & Miall, 2004; Walker, 2005). Par exemple, dans l'étude de Cohen et al. (2005), les participants réalisaient une tâche de temps de réaction sériel lors de deux séances de pratique espacées d'un intervalle de 12h. Pour un premier groupe, la première séance était prévue à 8h00, alors qu'elle l'était à 20h00 pour un deuxième groupe. Donc, une nuit de sommeil séparait les deux séances de pratique pour le deuxième groupe, mais pas pour le premier groupe. Globalement, pour le groupe ayant bénéficié d'une nuit de sommeil entre les deux phases expérimentales, on nota une diminution du temps de réaction de la fin de la première séance au début de la deuxième séance de pratique; cette amélioration de la performance n'était pas observée pour l'autre groupe.

Une telle amélioration spontanée de la performance est souvent associée à la période de sommeil qui suit l'acquisition (Fischer, Hallschmid, Elsner, & Born, 2002; Korman, Raz,

Flash, & Karni, 2003; Walker, Brakefield, Morgan, Hobson, & Stickgold, 2002). L'une des hypothèses avancées pour expliquer ces résultats est que le sommeil procure une période idéale pour que des changements dans les propriétés neurophysiologiques du cerveau prennent place (Walker, 2005). Aussi, la présence d'agents interférents est diminuée lors du sommeil, ce qui favorise la rétention de ce qui a été appris durant la pratique (Rama, Cho, & Kushida, 2006). Néanmoins, l'apprentissage hors-ligne n'est pas nécessairement dépendant du sommeil notamment lorsque l'apprentissage se fait de façon implicite (Cohen et al., 2005; Fischer et al., 2002; Robertson & Cohen, 2006).

### **Similarités entre pratique physique et observation**

Étant donné que les mécanismes permettant l'acquisition d'une nouvelle habileté motrice par pratique physique et par observation sont semblables, il est raisonnable de se demander si c'est également le cas pour les processus de consolidation. À cet effet, les quelques études qui se sont intéressées aux processus de consolidation suite à l'observation ont montré qu'un intervalle de consolidation incluant une période de sommeil résulte en une amélioration spontanée de la performance (Debarnot, Creveaux, Collet, Doyon, & Guillot, 2009; Debarnot, Creveaux, Collet, Gemignani, et al., 2009; Debarnot, Maley, Rossi, & Guillot, 2010; Van Der Werf, Van Der Helm, Schoonheim, Ridderikhoff, & Van Someren, 2009). Toutefois, la plupart des études incluaient des répétitions de pratique physique (Debarnot, Creveaux, Collet, Doyon, et al., 2009; Debarnot, Creveaux, Collet, Gemignani, et al., 2009; Debarnot et al., 2010) ou des contractions musculaires (Van Der Werf, Van Der Helm, Schoonheim, Ridderikhoff, & Van Someren, 2009).

Pour palier à cette limitation Trempe et al. (2011) ont comparé la performance à une tâche de synchronisation spatio-temporelle de participants ayant disposé de 5 minutes ou de 24 heures entre une session dans laquelle ils observaient un modèle expert réalisant la tâche expérimentale et un test de rétention dans lequel ils devaient réaliser la tâche expérimentale. Les résultats indiquaient que les deux groupes étaient meilleurs au test de rétention qu'un groupe contrôle qui n'avait pas réalisé la phase d'observation. Cependant, les deux groupes expérimentaux ne se différenciaient pas significativement l'un de l'autre. Contrairement à la pratique physique, il ne semblait pas y avoir d'apprentissage hors ligne suite à une pratique par

observation. Trempe et al. (2011) ont réalisé une deuxième expérience pour déterminer si un intervalle de consolidation plus long résulterait en une stabilisation de la représentation cognitive développée par observation. Lors de cette expérimentation, les participants observaient un modèle exécuter deux séquences de mouvement différentes (A et B) entrecoupées d'un délai de cinq minutes ou de huit heures. Un test de rétention était réalisé 24 heures après l'observation de la tâche A. Lors de ce test de rétention, les participants devaient réaliser les tâches A et B. Au vu des données disponibles dans la documentation scientifique lorsque l'acquisition se fait par pratique physique (Brashers-Krug et al., 1996; Walker et al., 2003), il était postulé qu'un délai de 8 heures entre l'observation des deux tâches n'entraînerait pas d'interférence rétrograde alors que ce type d'interférence était attendu lorsque les deux tâches étaient observées à 5 minutes d'intervalle. Contrairement à cette hypothèse, la tâche B n'a pas interféré avec la tâche A, puisque la performance des deux groupes pour la tâche A était identique lors du test de rétention. Toutefois, lors du test de rétention, le groupe 5 minutes avait une meilleure performance pour la tâche B que le groupe 8 heures. L'observation de la tâche A avait entraîné une interférence antérograde sur la tâche B!

Pour écarter la possibilité que ces résultats soient spécifiques à la tâche utilisée, Trempe et al. (2011) ont mené une troisième expérience identique à la précédente, sauf que l'observation était remplacée par de la pratique physique. Lors du test de rétention, on ne nota aucune différence entre les deux groupes pour la tâche A. Toutefois, le groupe 5 minutes avait maintenant une moins bonne performance pour la tâche B que le groupe 8 heures : une interférence rétrograde. Ces résultats suggèrent que des processus de consolidation distincts prennent place suite à l'observation et suite à la pratique physique. Les auteurs ont expliqué cette différence en proposant que la pratique par observation était davantage susceptible de solliciter la mémoire déclarative, alors que la pratique physique sollicite davantage la mémoire procédurale. Étant donné que le premier type de mémoire est considéré comme un type de mémoire consciente qui permet de se rappeler faits et événements, alors que le deuxième est considéré comme un type de mémoire plus inconsciente qui permet de se souvenir de mouvements ou d'actions, plusieurs auteurs (Robertson & Cohen, 2006; Walker, 2005) considèrent que ces deux types de mémoire sollicitent des réseaux neuronaux différents et, donc qu'elles se consolident différemment.

De là, on peut donc poser l'hypothèse qu'il est possible d'optimiser l'apprentissage concomitant de deux tâches qui font normalement interférence en pratiquant une tâche physiquement et en pratiquant l'autre tâche par observation : i.e., un protocole de pratique mixte. Dans l'éventualité où les processus de consolidation qui surviennent suite à la pratique physique seraient différents de ceux qui surviennent suite à la pratique par observation, alors on pourrait supposer qu'un court délai entre la pratique des tâches A et B importe peu si la tâche A est pratiquée par pratique physique alors que la tâche B l'est par observation. Au contraire, les interférences observées par Trempe et al. (2011) devraient être observées pour des groupes contrôles pratiquant les deux tâches par pratique physique ou par observation, respectivement.

Récemment, Larssen et al. (2012) ont rapporté des résultats supportant cette hypothèse en utilisant un protocole de pratique mixte. Dans cette étude, les participants devaient apprendre deux modèles internes opposés. De façon plus spécifique, ces derniers devaient apprendre deux tâches d'adaptation visuomotrices dans lesquelles ils devaient déplacer un curseur le plus rapidement possible à partir d'un point central pour atteindre cinq cibles présentées dans un ordre aléatoire. Pour chacune des tâches, le déplacement du curseur sur l'écran d'ordinateur était dévié par rapport au mouvement réel de l'effecteur. Pour la tâche A, la déviation était de 30° dans le sens horaire, alors qu'elle était de 30° dans le sens antihoraire pour de la tâche B. Un groupe faisait de la pratique physique pour les tâches A et B; un second groupe faisait de la pratique par observation, et un troisième groupe faisait de la pratique physique pour la tâche A et de la pratique par observation pour la tâche B (pratique mixte). Pour les trois groupes, l'acquisition de la tâche B se faisait 5 minutes après la fin de l'acquisition de la tâche A. Lors des tests de rétention immédiate des tâches A et B, aucune interférence n'a été observée chez les participants ayant fait de la pratique mixte, alors qu'une interférence rétrograde a été observée pour les participants ayant fait uniquement de la pratique physique ou de la pratique par observation. Selon les auteurs, l'absence d'interférence chez les participants ayant appris la tâche A par pratique physique et la tâche B par observation indique que ces deux types de pratique ne sont pas tout-à-fait identiques.

Toutefois, l'absence de délai prolongé entre l'acquisition des deux tâches rend incomplète l'interprétation de ces résultats. Spécifiquement, le délai de cinq minutes entre la pratique des deux tâches est trop court pour permettre la consolidation de la tâche A avant que la pratique de la tâche B ne débute. Ainsi, des effets plus prononcés de la pratique mixte ont pu être masqués. De plus, les participants à l'étude de Larssen et al. (2012) ont seulement effectué un test de rétention immédiate, ce qui ne permet pas d'observer comment les différentes conditions de pratique ont influencé la rétention à long terme des tâches. Par conséquent, nous tenterons d'approfondir les résultats obtenus par Larssen et al. (2012) en utilisant deux délais différents, à savoir cinq minutes et huit heures, entre la fin de l'acquisition d'une tâche et le début de la pratique de l'autre.

# Méthodologie

## Participants

Soixante et un étudiants du Département de kinésiologie de l'Université de Montréal (âge =  $22,2 \pm 3,4$  ans) ont pris part à l'étude. Les participants ignoraient les objectifs spécifiques de l'étude et n'avaient pas d'expérience avec les tâches expérimentales utilisées. Pour être admis, ces derniers ne devaient pas présenter de problèmes de vision autres que ceux corrigés par des lunettes ou lentilles cornéennes. De plus, ils ne devaient pas présenter de troubles moteurs ou neurologiques diagnostiqués. L'inclusion s'est faite sur les dires des participants, qui ont tous signé un formulaire de consentement. L'étude a été approuvée par le Comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.

## Tâches et appareils

Nous avons utilisé les mêmes tâches de synchronisation spatio-temporelle que celles qui ont été utilisées dans l'étude de Trempe et al. (2011). Ainsi, les dispositifs (Figures 1 et 2) étaient composés d'une base en bois (46 x 53 cm), de trois barrières en bois (11 x 8 cm) ainsi que d'une base de départ/d'arrivée (11 x 8 cm). Au début de chaque essai, les trois barrières étaient placées perpendiculairement par rapport à la base en bois. La base de départ de l'appareil était alignée avec le centre du corps du participant. Les participants devaient quitter la base de départ, renverser les barrières dans le sens des aiguilles d'une montre et enfin terminer leur mouvement en revenant toucher la base de départ; le mouvement était donc composé de quatre segments. La longueur de ces segments pour les tâches A et B était respectivement de 15, 32, 18 et 30 cm, et de 24, 11, 25 et 35 cm.

Les barrières et la base de départ/d'arrivée étaient reliées à un ordinateur via le port I/O d'un convertisseur analogique à numérique (National Instruments). Un chronomètre en millisecondes était activé lorsque les participants relâchaient la base de départ et arrêté lorsque la plaquette d'arrivée était touchée. Ce chronomètre enregistrait aussi le moment auquel les plaquettes étaient abattues afin de déterminer durée requise pour compléter chaque segment.

Pour la tâche A, les participants devaient compléter le circuit en un délai total de 1 200 ms de telle sorte que chaque segment de la tâche (1, 2, 3, et 4 sur la figure 1 illustrée ci-bas) soit complété en 300 ms. En ce qui concerne la tâche B (figure 2), les participants devaient compléter le circuit en un délai total de 1 500 ms afin de réaliser les segments 1 à 4 de la tâche en 425 ms, 325 ms, 425 ms et 325 ms respectivement.

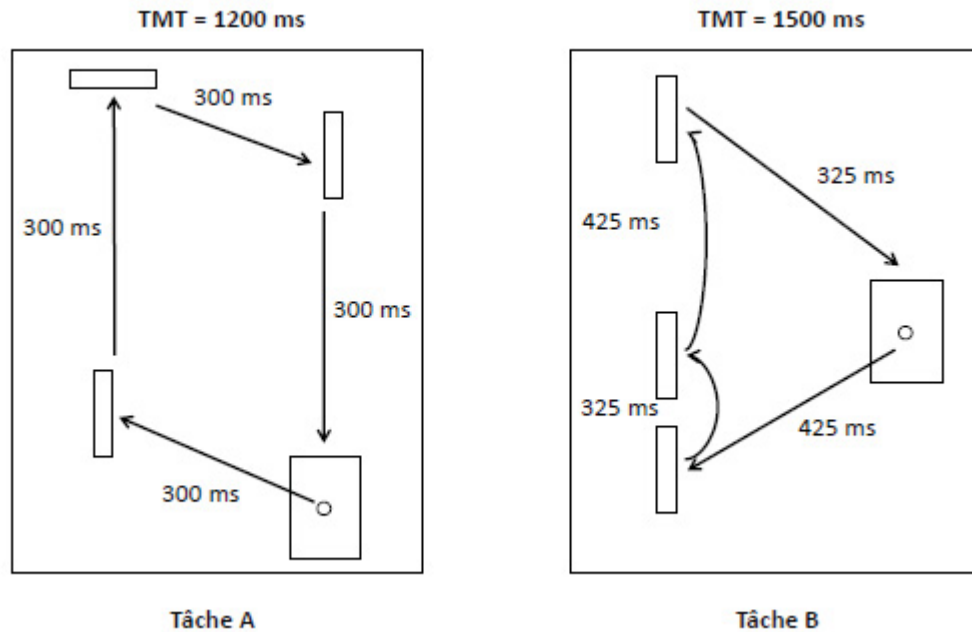


Figure 1 Séquences utilisées lors pour la tâche A (panneau de gauche) et pour la tâche B (panneau de droite).

## Devis expérimental

Les participants admis dans l'étude devaient apprendre les deux tâches (A et B) décrites précédemment. Pour ce faire, ils ont pris part à quatre phases expérimentales réparties sur deux journées consécutives. Avant de débiter le protocole, des instructions verbales familiarisaient les participants avec le fonctionnement des appareils. Les participants étaient aussi informés du temps de mouvement total (TMT) pour compléter la tâche et des temps intermédiaires ( $T_i$ ) en ce qui a trait aux quatre segments de la tâche.



Le protocole expérimental est résumé dans le tableau 1. La première phase expérimentale consistait en un pré-test au cours duquel les participants devaient réaliser successivement 20 essais à la tâche A et 20 essais à la tâche B. À cette phase, la CR sur les TMT et les Ti n'était pas disponible après la réalisation des répétitions.

Les deux phases suivantes du devis étaient des phases d'acquisition. La deuxième phase consistait en 60 essais de pratique à la tâche A, alors que la troisième phase consistait en 60 essais de pratique à la tâche B. Avant de débiter ces phases du devis, tous les participants ont été assignés de façon aléatoire à l'un des groupes expérimentaux, qui se différençaient par le délai inter-tâches (i.e., délai entre la fin de la pratique de la tâche A et le début de la pratique de la tâche B) et par le type de pratique effectuée. Le premier groupe pratiquait physiquement les deux tâches; un délai de huit heures prenait place entre les deux séances de pratique (n = 11; 5 femmes). Le deuxième groupe effectuait aussi de la pratique physique pour les deux tâches, mais le délai inter-tâches utilisé était de cinq minutes (n = 10; 5 femmes). Le troisième groupe observait les deux tâches avec un délai inter-tâches de huit heures (n = 10; 4 femmes), alors que ce délai était de 5 minutes pour le quatrième groupe (n = 10; 6 femmes). Les participants des deux derniers groupes pratiquaient physiquement la tâche A, mais observaient la tâche B. Les participants du cinquième groupe avaient un délai inter-tâches de huit heures (n = 10; 6 femmes), alors que ce délai était de cinq minutes pour ceux du sixième groupe (n = 10; 6 femmes). Après chaque essai des phases de pratique (2 et 3), le temps de mouvement total ainsi que les temps intermédiaires mis le participant ou le modèle pour compléter chaque segment de la tâche (par soi ou par le modèle) étaient affichés à l'écran d'un ordinateur posé devant le participant. Pour ces phases expérimentales, les participants ont donc eu accès à la connaissance du résultat. Afin de s'assurer que les participants restaient attentifs à ces informations tout au long des phases de pratique, l'expérimentateur demandait aux participants de commenter soit leur performance soit celle du modèle pour certains essais (1 essai sur 4 choisi selon une liste aléatoire).

Des travaux récents de notre laboratoire suggèrent qu'une observation mixte est optimale pour le type de tâche que nous utilisons (Andrieux & Proteau, 2013; Rohbanfard & Proteau, 2011b). En conséquence, une bande vidéo a été montée de sorte que la moitié des essais présentés aux phases de pratique réalisées par observation était effectuée par un participant débutant alors que l'autre moitié l'était par un modèle expert. Les modèles ont été

alternés à tous les cinq essais (i.e., modèle débutant, essais 1-5; modèle expert, essais 6-10; et ainsi de suite) et le participant était informé du niveau d'expertise du modèle observé avant chaque bloc d'essais. Tous les modèles ont été filmés de telle sorte que les observateurs puissent avoir un point de vue semblable à celui qu'ils auraient eu s'ils avaient eux-mêmes réalisé les tâches. Pour ce faire, la caméra était située en derrière des modèles, au-dessus de leur épaule droite. Ainsi, il était uniquement possible de voir leur bras droit avant et pendant la réalisation des tâches tout en masquant leur identité. Les modèles débutants ont été filmés alors qu'ils participaient à une séance d'acquisition par pratique physique dans le cadre d'une autre étude (Rohbanfard & Proteau, 2011b; Trempe et al., 2011). Les modèles experts ont également été filmés dans le cadre d'autres études menées à notre laboratoire (Rohbanfard & Proteau, 2011b; Trempe et al., 2011). Ils avaient alors pratiqué les tâches expérimentales durant 3 000 essais répartis sur une période de 15 jours; les 60 derniers essais réalisés ont été filmés. Pour le montage final des bandes vidéos, nous avons conservé les essais impairs de chaque modèle (i.e., essais 1, 3, 5, ..., 59).

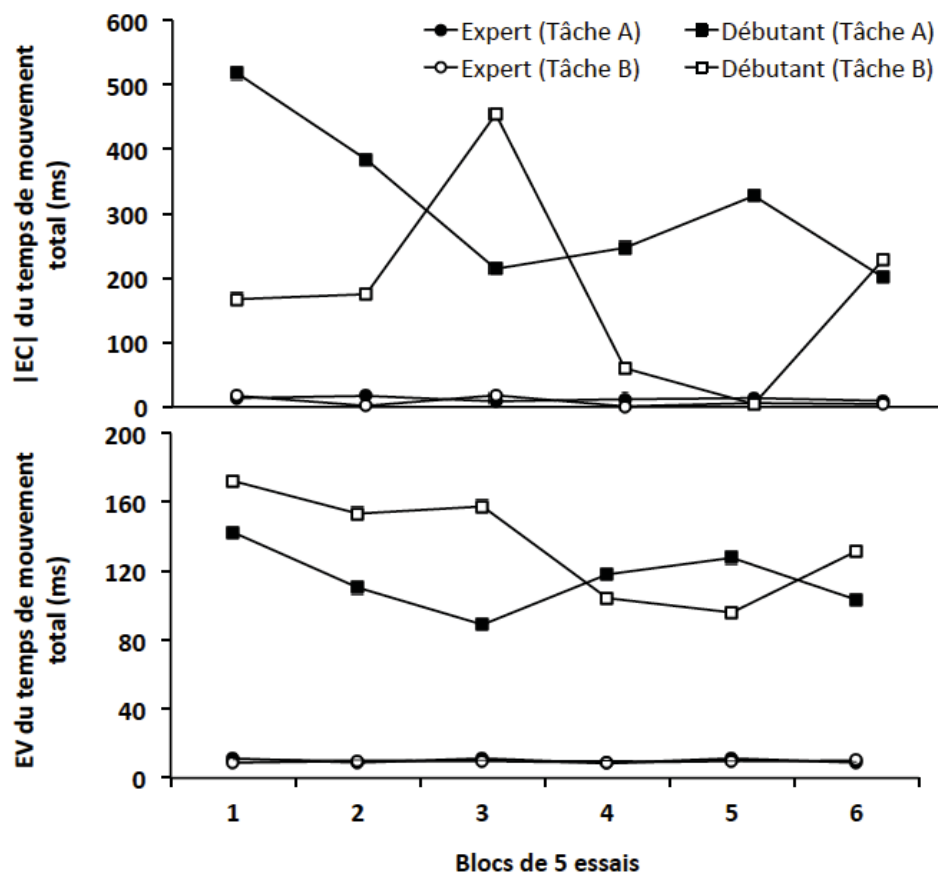


Figure 2 Erreur constante absolue ( $|EC|$ ) des temps de mouvement totaux et erreur quadratique moyenne (EQM) des temps intermédiaires en fonction du nombre d'essais pour les modèles débutants et experts aux tâches A et B.

La quatrième phase expérimentale était un test de rétention différé de 24 heures. Dans un premier temps, 20 répétitions sans CR de la tâche A étaient effectuées. Puis, tous les participants ont réalisé une tâche de métronome afin de minimiser les risques d'interférence entre les tâches A et B lors du test de rétention. Spécifiquement, les participants devaient appuyer sur un bouton à intervalle réguliers pour une durée de deux minutes. Le rythme à suivre (un battement par trois secondes) était dicté à l'aide d'un signal sonore émis par un ordinateur. De plus, ce rythme était complètement différent de celui à suivre lors de l'exécution des séquences A et B. Enfin, cette phase expérimentale se terminait par 20 répétitions sans CR de la tâche B.

Tableau 1 Résumé du devis expérimental

Groupes*	Jour 1				Jour 2
	<i>Pré-Test Sans CR</i>	<i>Pratique Tâche A Avec CR</i>	<i>Délai Inter- Tâche</i>	<i>Pratique Tâche B Avec CR</i>	<i>Rétention 24h Sans CR</i>
<b>PP</b> 5min	20 essais de A 20 essais de B	60 essais de PP : Tâche A	5 minutes	60 essais de PP : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B
<b>PP</b> 8hrs	20 essais de A 20 essais de B	60 essais de PP : Tâche A	8 heures	60 essais de PP : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B
<b>PM</b> 5min	20 essais de A 20 essais de B	60 essais de PP : Tâche A	5 minutes	60 essais d'OBS : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B
<b>PM</b> 8hrs	20 essais de A 20 essais de B	60 essais de PP : Tâche A	8 heures	60 essais d'OBS : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B
<b>OBS</b> 5 min	20 essais de A 20 essais de B	60 essais d'OBS : Tâche A	5 minutes	60 essais d'OBS : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B
<b>OBS</b> 8hrs	20 essais de A 20 essais de B	60 essais d'OBS : Tâche A	8 heures	60 essais d'OBS : Tâche B	20 essais de A 20 essais de B

\*PP : pratique physique; PM : pratique mixte; OBS : observation

## Variabiles dépendantes

Les données du TMT recueillies ont été analysées en termes de précision et de variabilité, respectivement grâce à l'erreur constante (EC, écart signé entre le temps cible et le temps réalisé) et à l'erreur variable (EV, écart-type intra-individuel pour les données d'un bloc d'essais). À partir des TI, nous avons calculé une erreur quadratique moyenne (EQM; aussi appelé « erreur totale », voir Schmidt et Lee (2011) qui, pour un essai donné, représente la moyenne de la déviation du TI de chaque segment de la tâche par rapport au temps cible imposé;

$$EQM = \sqrt{\frac{\sum_{\text{Segment 1}}^{\text{Segment 4}} (\text{Tli} - \text{temps imposé})^2}{4}},$$

où Tli représente le temps intermédiaire du segment “i”.

## Statistiques

Les valeurs d’erreur constante absolue (|EC|) et d’erreur variable du TMT et de l’erreur quadratique moyenne des TI ont été soumises séparément à une ANOVA contrastant les facteurs Groupe (PP, PM, OBS), Délai inter-tâche (5 min et 8 heures), Tâche (A et B) et Phase (pré-test, rétention 24-h) avec des mesures répétées sur les deux derniers facteurs. Lorsque nécessaire, le test de Dunn a été utilisé pour effectuer les comparaisons post hoc. Les effets significatifs sont rapportés à  $p < .05$ . Pour éviter une augmentation de la probabilité de commettre une erreur de type I, les postulats de l’ANOVA ont été vérifiés a priori. La normalité de la distribution a été vérifiée en calculant le score z des valeurs de voussure et d’asymétrie (Tabachnick & Fidell, 2007). Le test de Fmax de Hartley a été utilisé pour mesurer l’homogénéité de la variance. Pour corriger une violation du postulat de sphéricité, nous avons utilisé la moyenne des corrections de Greenhouse-Geisser et de Huyn-Feldt (Stevens, 1992).

# Résultats

## Temps de mouvement total

Les résultats d'intérêt sont illustrés à la figure 4. Pour la tâche A (panneau du haut), l'ANOVA calculée sur l'|EC| a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 45,53$  et groupe,  $F(2, 55) = 3,53$ . Pour la tâche B (panneau du bas), l'ANOVA a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 13,44$ , et groupe,  $F(2, 55) = 5,26$ , ainsi qu'une interaction significative entre les facteurs phase et bloc,  $F(3, 165) = 2,70$ . Les comparaisons a posteriori effectuées sur le facteur phase pour les deux tâches montrent que l'|EC| était plus petite à la rétention qu'au pré-test. Notons que l'écart était plus marqué pour la tâche A. En effet, l'|EC| moyenne passe de 354 ms au pré-test à 161 ms à la rétention pour la tâche A et de 372 ms au pré-test à 216 ms à la rétention pour la tâche B. La décomposition de l'interaction phase x bloc de la tâche B montre que les blocs 1 à 4 ne différaient pas les uns des autres tant pour le pré-test,  $F(3, 165) = 1,78$  que pour la rétention ( $F < 1$ ). Cependant, l'interaction montre que l'|EC| du bloc 1 au pré-test était équivalente à celle du même bloc à la rétention,  $F(1, 55) = 3,09$ , alors que l'|EC| des blocs 2, 3 et 4 au pré-test était plus élevée que celle des blocs correspondants à la rétention,  $F(1, 55) = 8,25, 13,01$  et  $19,43$  respectivement. Les comparaisons a posteriori effectuées sur le facteur groupe montrent que pour les tâches A et B, les participants des groupes pratique physique ont mieux réalisé les tâches que ceux des groupes d'observation mais ne différaient pas de ceux des groupes pratique mixte. Aussi, ces deux derniers groupes ne différaient pas significativement l'un de l'autre.

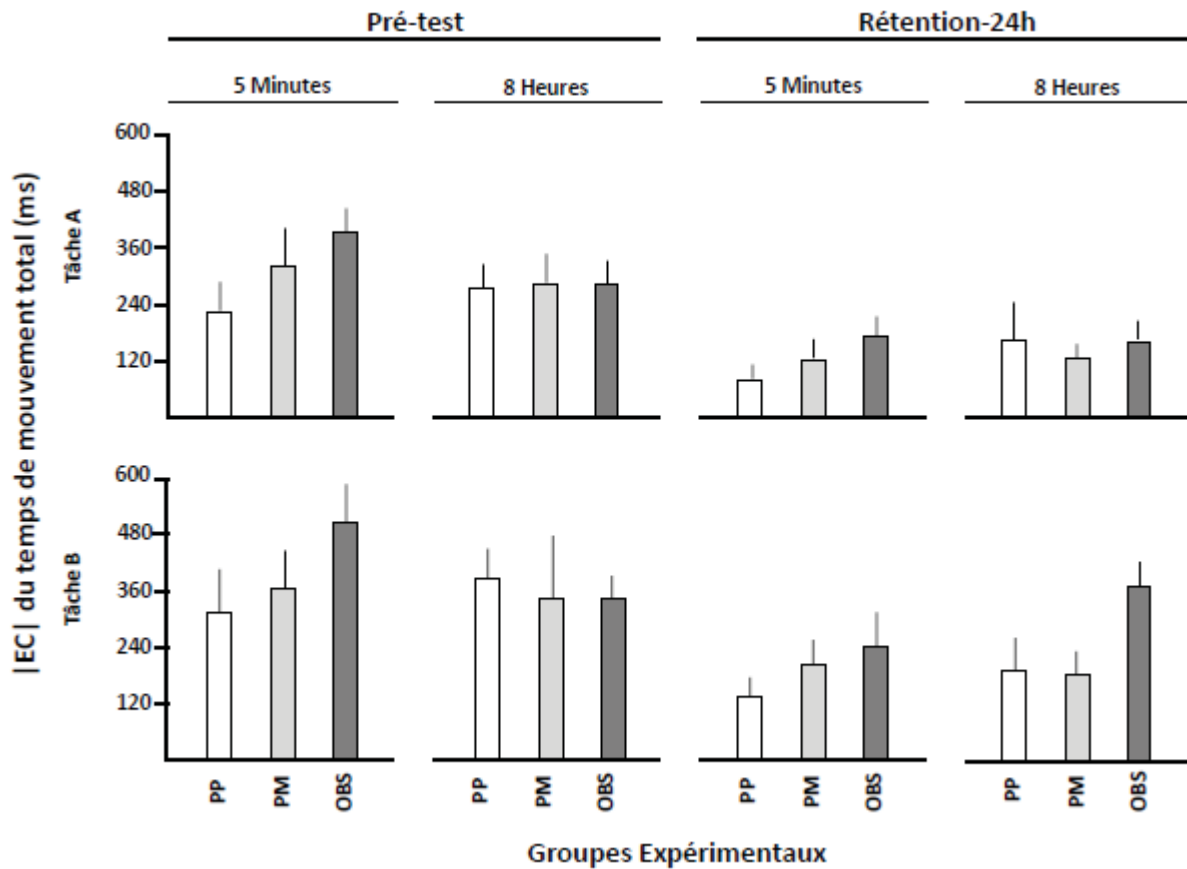


Figure 3 Erreur constante absolue ( $|EC|$ ) des temps de mouvement totaux en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâche et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation.

Pour la tâche A, l'ANOVA calculée sur l'EV (figure 4, panneau du haut) a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 19,81$ , et bloc,  $F(3, 165) = 18,32$ , ainsi que des interactions significatives phase x bloc,  $F(3, 165) = 10,01$ , phase x délai,  $F(3, 55) = 4,44$  et délai x groupe x phase,  $F(2, 55) = 3,95$ . Pour la tâche B (figure 5, panneau du bas), l'ANOVA a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 19,26$ , et bloc,  $F(3, 165) = 17,27$ , ainsi que des interactions significatives phase x bloc,  $F(3, 165) = 3,42$ , phase x bloc x groupe,  $F(6, 165) = 2,77$ , et phase x délai,  $F(1, 55) = 6,98$ .

Pour la tâche A, la décomposition de l'interaction phase x bloc montre que l'EV était significativement plus élevée au bloc 1 qu'aux trois autres blocs durant le pré-test,  $F(3, 53) = 12,70$ . Lors de la rétention, l'EV était plus élevée aux blocs 1 et 2, qui ne différaient pas l'un de l'autre; l'EV diminuait de façon significative aux blocs 3 et 4,  $F(3, 53) = 3,12$ . La décomposition de l'interaction délai x groupe x phase ne montre pas de différence significative entre les délais inter-tâches de cinq minutes et de huit heures. Par contre, l'EV a diminué de façon significative du pré-test à la rétention pour les groupes observation avec délai de huit heures,  $F(1, 55) = 5,11$ , et pratique physique avec délai de 5 minutes,  $F(1, 55) = 17,74$ .

Pour la tâche B, la décomposition de l'interaction phase x délai montre que l'EV a diminué significativement du pré-test à la rétention pour les participants ayant eu un délai inter-tâche de huit heures,  $F(1, 55) = 25,10$ , mais pas pour ceux ayant eu un délai de cinq minutes,  $F(1, 55) = 1,50$ . La décomposition de l'interaction phase x bloc x groupe montre que l'EV était significativement plus élevée au bloc 1 qu'aux trois autres blocs durant le pré-test pour les groupes pratique physique,  $F(3, 53) = 8,07$ , et observation,  $F(3, 53) = 12,15$ . Durant la rétention, l'EV était également plus élevée au bloc 1 qu'aux autres blocs; l'EV était aussi significativement moins élevée au bloc 4 qu'aux autres blocs pour le groupe observation,  $F(3, 53) = 9,82$ .



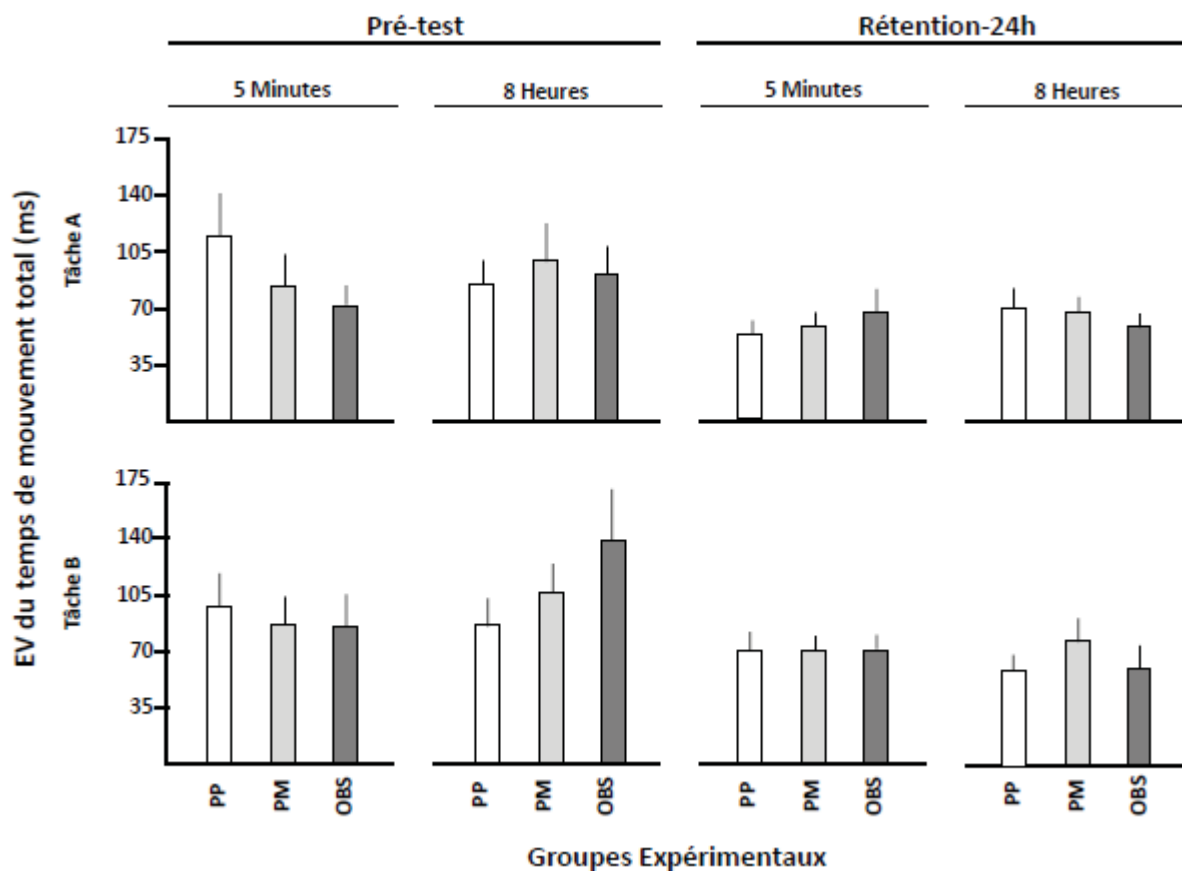


Figure 4 Erreur variable (EV) des temps de mouvement totaux en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâches et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation.

Des analyses ont également été effectuées sur les données recueillies durant les phases d'acquisition lorsque les tâches étaient pratiquées physiquement. Pour la tâche A (figure 5, panneaux du haut), l'ANOVA calculée sur l' $|EC|$  a révélé des effets significatifs pour les facteurs bloc,  $F(11, 28) = 3,18$ , et groupe,  $F(1, 38) = 9,30$ . Aussi, l'ANOVA calculée sur l'EV a révélé un effet significatif pour le facteur bloc,  $F(11, 28) = 13,59$ . Pour la tâche B (figure 5, panneaux du bas), les ANOVAs calculées sur l' $|EC|$  et l'EV ont révélé un effet significatif pour le facteur bloc,  $F(11, 9) = 3,09$ , et  $F(11, 9) = 3,00$ .

Pour la tâche A, les comparaisons à posteriori effectuées sur le facteur bloc montrent que l'EC et l'EV étaient plus élevées au bloc 1 qu'aux autres blocs. De plus, l'EV était moins élevée aux blocs 10 à 12 qu'aux autres blocs, mais ils ne différaient significativement que des quatre premiers blocs. Les comparaisons à posteriori effectuées sur le facteur groupe pour l'EC montrent que les participants du groupe pratique physique ont mieux réalisé la tâche que ceux du groupe pratique mixte.

Pour la tâche B, les comparaisons à posteriori effectuées sur le facteur bloc montrent que l'EC du bloc 10 était moins élevée que celle des blocs 1, 3, 4, 11 et 12. De plus, ces comparaisons montrent que l'EV était plus élevée au bloc 1 qu'aux autres blocs, qui ne différaient pas entre-eux.

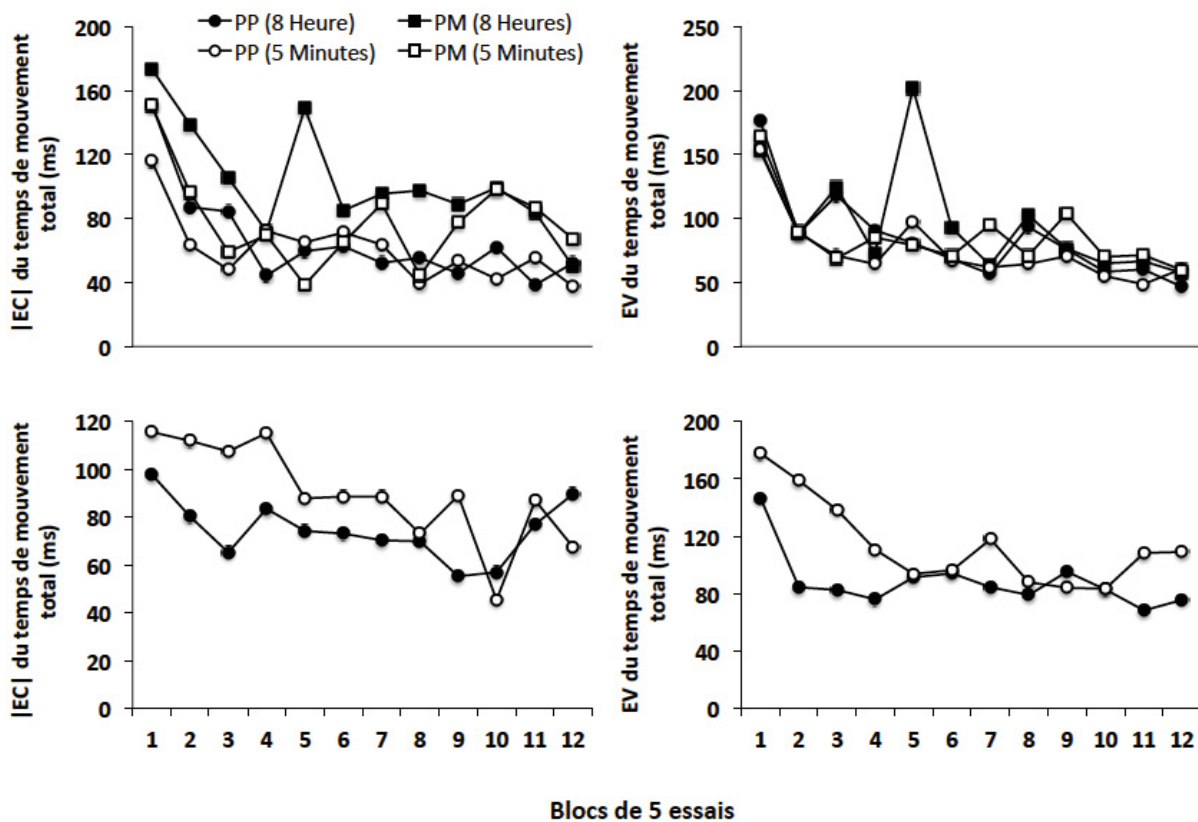


Figure 5 Erreur constante absolue (|EC|) et erreur variable (EV) des temps de mouvement totaux durant l'acquisition des tâches A et B en fonction du nombre de répétition et des délais inter-tâches pour les groupes pratique physique et pratique mixte.

## Temps intermédiaires

Pour la tâche A (figure 6, panneau du haut), l'ANOVA calculée sur l'EQM a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 78,73$  et bloc,  $F(3, 55) = 7,06$ , ainsi que des interactions significatives phase x bloc,  $F(3, 55) = 4,56$ , et phase x bloc x délai,  $F(3, 55) = 2,99$ . Pour la tâche B (figure 6, panneau du bas), l'ANOVA a révélé des effets significatifs pour les facteurs phase,  $F(1, 55) = 9,99$  et bloc,  $F(3, 55) = 11,65$ .

En ce qui concerne la tâche A, l'interaction simple sera décrite, étant donné que l'interaction double n'apportait pas d'informations supplémentaires. Ainsi, la décomposition de l'interaction phase x bloc a révélé que l'EQM était significativement plus élevée au bloc 1 qu'aux trois autres blocs durant le pré-test,  $F(3, 53) = 7,36$ . Par contre, l'EQM ne différait pas significativement au fil des blocs durant la rétention ( $F < 1$ ). Bien que l'effet de groupe ne soit pas significatif,  $F(2, 55) = 2,92$ ,  $P = 0,062$  les participants des groupes pratique physique et pratique mixte tendaient à mieux réaliser la tâche que ceux des groupes d'observation.

Pour la tâche B, les comparaisons a posteriori calculées sur le facteur phase montrent que l'EQM était plus petite à la rétention qu'au pré-test. Les comparaisons a posteriori calculées sur le facteur bloc montrent que l'EQM était significativement plus élevée au bloc 1 qu'aux trois autres blocs.

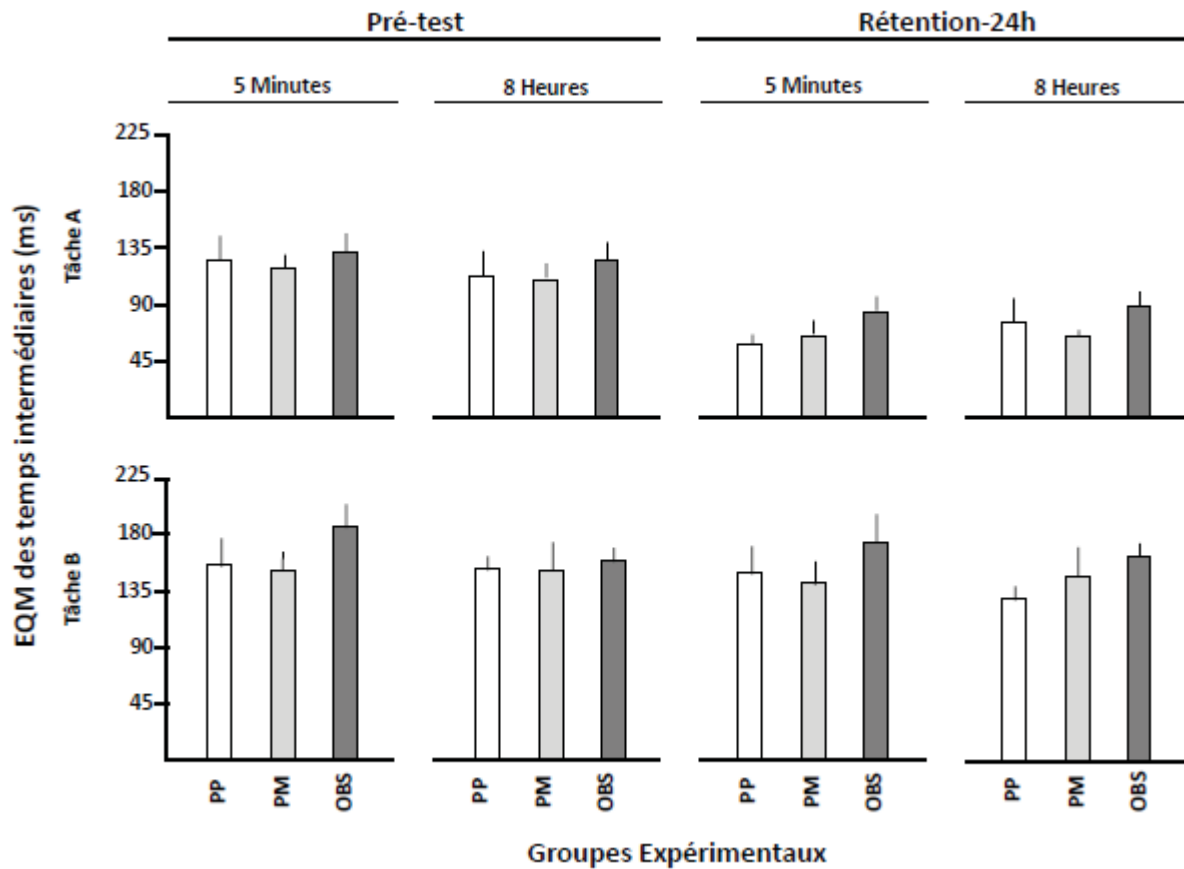


Figure 6 Erreur quadratique moyenne des temps intermédiaires en fonction des phases expérimentales, des délais inter-tâches et des groupes pour la tâche A (panneau du haut) et pour la tâche B (panneau du bas). PP : pratique physique, PM : pratique mixte, OBS : observation.

Des analyses ont également été effectuées sur les données recueillies durant les phases d'acquisition lorsque les tâches étaient pratiquées physiquement. Les ANOVAs calculées sur l'EQM ont révélé des effets significatifs pour le facteur bloc,  $F(11, 28) = 7,55$ , et  $F(11, 9) = 5,43$ , pour les tâches A et B respectivement.

Pour la tâche A (figure 7, panneau du haut), les comparaisons à posteriori effectuées sur le facteur bloc montrent que l'EQM était plus élevée au bloc 1 qu'aux autres blocs. De plus, l'EQM était moins élevée aux blocs 10 à 12 qu'aux autres blocs.

Pour la tâche B (figure 7, panneau du bas), les comparaisons a posteriori effectuées sur le facteur bloc montrent que l'EQM diminue graduellement au fil des blocs.

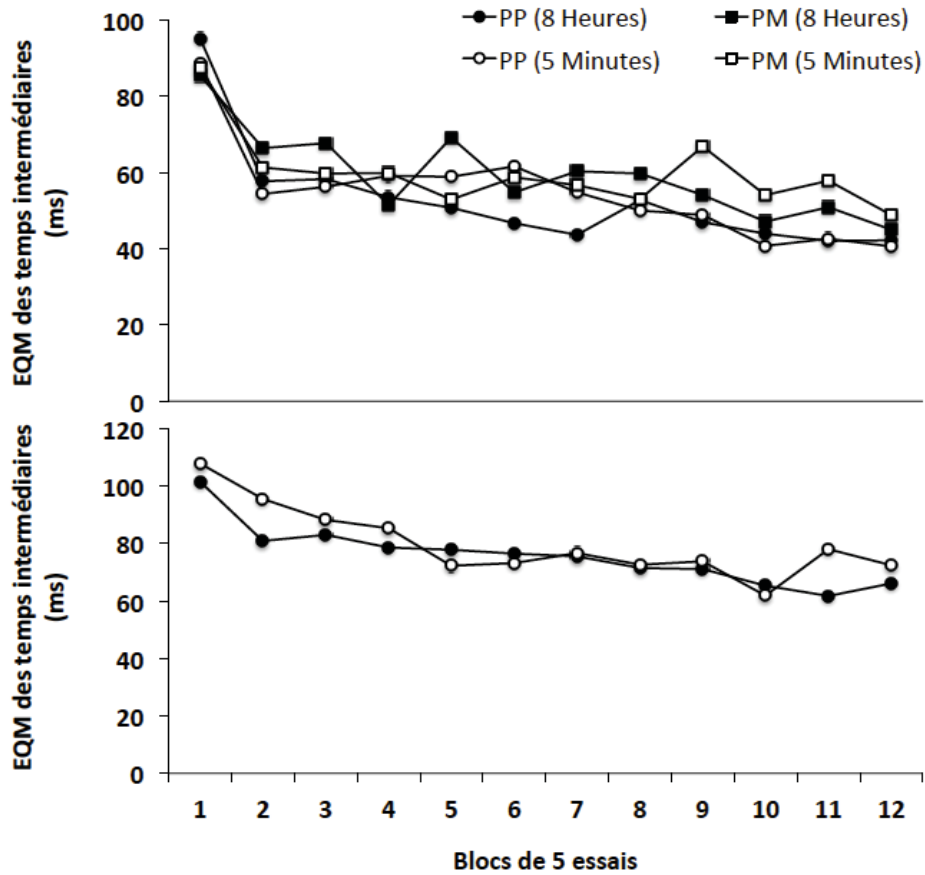


Figure 7 Erreur quadratique moyenne des temps intermédiaires (EQM) durant l'acquisition des tâches A et B en fonction du nombre de répétition et des délais inter-tâches pour les groupes pratique physique et pratique mixte.

## Discussion

La consolidation de nouvelles habiletés motrices est possible grâce à une série de processus neurophysiologiques qui prennent place durant la période de récupération entre deux séances de pratique (Trempe & Proteau, 2012). Dans une étude récente, Trempe et al. (2011) ont rapporté que la consolidation ne s'effectuait pas de la même façon selon que l'acquisition des nouvelles habiletés ait été faite par observation ou par pratique physique. Par conséquent, le but de ce mémoire était de déterminer s'il est possible de prendre avantage de cette différence pour optimiser l'apprentissage concomitant de deux tâches qui sont normalement interférentes. Si tel était le cas, alors on pourrait supposer qu'un court délai entre la pratique des tâches A et B importe peu si la tâche A est pratiquée par pratique physique alors que la tâche B l'est par observation. Au contraire, les interférences observées par Trempe et al. (2011) devraient être observées pour des groupes expérimentaux pratiquant les deux tâches soit par pratique physique, soit par observation.

Tout d'abord, les diminutions de l' $|EC|$  et de l'EQM notées pour les tâches A et B en passant du pré-test à la phase de rétention montrent que les participants ont appris à réaliser ces deux tâches avec plus de précision, et ce peu importe le type de pratique. De plus, la pratique physique ou par observation de la tâche B ne semble pas avoir interféré avec la rétention de la tâche A. En effet, on ne note aucune différence de rétention de la tâche A pour les délais inter-tâches de cinq minutes et de huit heures, et ce peu importe le type de pratique. Ces résultats suggèrent donc que la consolidation de la tâche A ait pris place très rapidement. Si tel était le cas, on devrait alors observer une interférence antérograde de la tâche A sur la tâche B. C'est effectivement ce que nous observons puisque pour la tâche B (temps cible de 1500 ms), le temps de mouvement total moyen passe de 1448 ms au pré-test à 1355 ms et 1326 ms (plus près du temps cible de la tâche A) au test de rétention pour les participants qui ont eu un délai de cinq minutes et de huit heures, respectivement. Bien qu'il n'ait pas permis d'augmenter la précision de son exécution, le délai inter-tâches de huit heures a quand même été bénéfique à l'apprentissage de la tâche B. En effet, l'EV à la tâche B diminue du pré-test à la rétention pour les participants qui ont utilisé un délai de huit heures mais pas pour ceux qui

ont utilisé un délai de cinq minutes. Encore une fois, ceci suggère que la consolidation de la tâche A ait été réalisé à très court terme.

Même si ces résultats supportent ceux obtenus par Trempe et al. (2011), ils contredisent ceux obtenus dans plusieurs études montrant une interférence rétrograde lorsque deux tâches interférentes sont acquises par pratique physique dans un court intervalle de temps (Brashers-Krug et al., 1996; Krakauer et al., 1999; Larssen et al., 2012; Robertson & Cohen, 2006; Trempe & Proteau, 2010; Walker et al., 2003). Cependant, les tâches de séquences de touches des doigts et d'adaptation visuomotrices pour lesquelles les interférences rétrogrades sont généralement trouvées semblent déclencher des processus de consolidation différents l'un de l'autre. Par exemple, une période de sommeil est nécessaire à la consolidation des tâches de séquence de touches des doigts, alors que le simple passage du temps, à l'éveil ou durant le sommeil, est suffisant pour que les tâches d'adaptation visuomotrices se consolident (Debas et al., 2010). Il est donc possible que les caractéristiques temporelles de la consolidation ne soient pas les mêmes pour ces tâches que pour les tâches de synchronisation spatio-temporelles utilisées dans la présente étude qui, semble-t-il, peuvent être consolidées très rapidement. Si tel est effectivement le cas, la représentation cognitive de la tâche A aurait servie d'attracteur, ce qui permettrait d'expliquer pourquoi le temps total de la tâche B se rapproche davantage du temps cible au pré-test qu'au test de rétention.

On pourrait argumenter que les résultats obtenus ne sont pas causés par une interférence antérograde. En effet, le temps de mouvement total de la tâche B aurait dû se rapprocher graduellement du temps cible de la tâche A durant la session d'acquisition du groupe pratique physique. Or, les participants de ce groupe arrivaient à respecter le temps de mouvement total cible de la tâche B (temps total moyen de 1505 ms). Une explication possible de ce résultat est que les participants semblent seulement avoir réagit à la CR durant la phase d'acquisition plutôt qu'avoir tenté de développer une représentation précise et stable de ce temps de mouvement (Badets & Blandin, 2010; Salmoni et al., 1984; Schmidt, 1991; Winstein & Schmidt, 1990; Wulf et al., 1994).

Étant donné que la performance objective et la performance subjective influencent les processus de consolidation (Trempe & Proteau, 2010; Trempe, Sabourin, & Proteau, 2012),

une explication alternative des interférences trouvées dans ce mémoire est que la représentation de la tâche A se soit stabilisée durant l'intervalle de 24 heures qui prenait place entre la fin de la phase d'acquisition et le test de rétention, parce que leur performance ( $|EC|$ , l'EV et l'EQM) était globalement meilleure à la tâche A qu'à la tâche B, et ce, quelle que soit la phase expérimentale. À cet égard, il faut noter que la difficulté nominale de la tâche A était inférieure à celle de la tâche B. En effet, bien que pour les deux tâches la distance entre les différentes barrières varie d'un segment à l'autre, les temps intermédiaires à respecter sont constants d'un segment à l'autre pour la tâche A mais pas pour la tâche B.

Le résultat le plus marquant de ce mémoire est la très grande ressemblance des résultats obtenus peu importe les types de pratique utilisés pour les tâches A et B. En effet, pratiquer une tâche par pratique physique et l'autre par observation n'a pas permis de réduire les interférences observées entre les deux tâches pour la pratique physique seule ou l'observation seule. Qui plus est, l'apprentissage des tâches A et B était similaire, peu importe qu'il ait fait suite à de la pratique physique ou à de l'observation. Les résultats d'une analyse supplémentaire calculée sur les pourcentages d'amélioration en allant du pré-test à la phase de rétention n'ont pas changé cette conclusion. Nos résultats sont en accord avec de précédentes études montrant que les variables qui influencent l'apprentissage moteur par pratique physique influencent l'apprentissage par observation de façon semblable (Badets & Blandin, 2004; Badets et al., 2006; Blandin, 1994; Blandin et al., 1994). Par conséquent, il semble que les processus de consolidation déclenchés suite aux phases d'acquisition aient été les mêmes peu importe le type de pratique.



## **Conclusion**

En conclusion, il semble que de pratiquer physiquement une tâche et d'en observer une autre ne permette pas de réduire les interférences lorsque les deux tâches à apprendre font interférence. En effet, il apparaît que les processus de consolidation prenant place suite à l'observation sont très semblables à ceux qui prennent place suite à la pratique physique. Un entraîneur ou un professeur pourrait tirer avantage de cette ressemblance en alternant pratique physique et par observation par exemple, dans des situations où il n'a pas suffisamment de matériel à sa disposition pour que tous les élèves puissent pratiquer physiquement ou encore dans des situations où la pratique physique entraîne beaucoup de fatigue.

## Bibliographie

- Adams, J. A. (1971). Closed-Loop Theory of Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111-150.
- Adams, J. A. (1986). Use of the model's knowledge of results to increase the observer's performance. *Journal of Human Movement Studies*, 12, 89-98.
- Al-Abood, S. A., Davids, K., Bennett, S. J., Ashford, D., & Martinez Marin, M. (2001). Effects of manipulating relative and absolute motion information during observational learning of an aiming task. *J Sport Sci*, 19(7), 507-520. doi: 10.1080/026404101750238962
- Andrieux, M., & Proteau, L. (2013). Observation learning of a motor task: who and when? *Experimental Brain Research*. doi: 10.1007/s00221-013-3598-x
- Badets, A., & Blandin, Y. (2004). The role of knowledge of results frequency in learning through observation. *Journal of Motor Behavior*, 36(1), 62-70.
- Badets, A., & Blandin, Y. (2005). Observational learning: effects of bandwidth knowledge of results. *Journal of Motor Behavior*, 37(3), 211-216.
- Badets, A., & Blandin, Y. (2010). Feedback schedules for motor-skill learning: the similarities and differences between physical and observational practice. *Journal of Motor Behavior*, 42(4), 257-268. doi: 10.1080/00222895.2010.497512
- Badets, A., Blandin, Y., & Shea, C. H. (2006). Intention in motor learning through observation. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 59(2), 377-386. doi: 10.1080/02724980443000773
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*: Prentice-Hall.
- Bird, G., & Heyes, C. (2005). Effector-dependent learning by observation of a finger movement sequence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(2), 262-275. doi: 10.1037/0096-1523.31.2.262
- Black, C. B., & Wright, D. L. (2000). Can observational practice facilitate error recognition and movement production? *Res Q Exercise Sport*, 71(4), 331-339.

- Blandin, Y. (1994). *Processus cognitifs impliqués lors de l'apprentissage de tâches de synchronisation spatio-temporelles sous différentes conditions de pratique et d'observatoir d'un sujet modèle.*, Université de Montréal.
- Blandin, Y., Lhuisset, L., & Proteau, L. (1999). Cognitive processes underlying observational learning of motor skills. *Q J Exp Psychol A-Hum Exp Psychol*, 52(4), 957-979.
- Blandin, Y., & Proteau, L. (2000). On the cognitive basis of observational learning: Development of mechanisms for the detection and correction of errors. *Q J Exp Psychol A-Hum Exp Psychol*, 53(3), 846-867.
- Blandin, Y., Proteau, L., & Alain, C. (1994). On the cognitive processes underlying contextual interference and observational learning. *Journal of Motor Behavior*, 26(1), 18-26. doi: 10.1080/00222895.1994.9941657
- Brady, F. (1998). A theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. *Quest*, 50(3), 266-293.
- Brady, F. (2004). Contextual interference: a meta-analytic study. *Perceptual and Motor Skills*, 99(1), 116-126.
- Brashers-Krug, T., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1996). Consolidation in human motor memory. *Nature*, 382(6588), 252-255.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., V, G., . . . Freund, H. J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur J of Neurosci*, 13(2), 400-404.
- Buchanan, J. J., & Dean, N. J. (2010). Specificity in practice benefits learning in novice models and variability in demonstration benefits observational practice. *Psychological Research*, 74(3), 313-326. doi: 10.1007/s00426-009-0254-y
- Carey, D. P. (1996). Neurophysiology: 'Monkey see, monkey do' cells. *Current Biology*, 6(9), 1087-1088.
- Carroll, W. R., & Bandura, A. (1990). Representational guidance of action production in observational learning: a causal analysis. *Journal of Motor Behavior*, 22(1), 85-97.
- Cattaneo, L., & Rizzolatti, G. (2009). The mirror neuron system. *Archives of Neurology*, 66(5), 557-560. doi: 10.1001/archneurol.2009.41
- Chambers, K. L., & Vickers, J. N. (2006). Effects of Bandwidth Feedback and Questioning on the Performance of Competitive Swimmers. *SPORT PSYCHOL*, 20(2), 184-197.

- Cisek, P., & Kalaska, J. F. (2004). Neural correlates of mental rehearsal in dorsal premotor cortex. *Nature*, *431*(7011), 993-996. doi: Doi 10.1038/Nature03005
- Cochin, S., Barthelemy, C., Roux, S., & Martineau, J. (1999). Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, *11*(5), 1839-1842.
- Cohen, D. A., Pascual-Leone, A., Press, D. Z., & Robertson, E. M. (2005). Off-line learning of motor skill memory: a double dissociation of goal and movement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(50), 18237-18241. doi: 10.1073/pnas.0506072102
- Cross, E. S., Kraemer, D. J. M., Hamilton, A. F. D., Kelley, W. M., & Grafton, S. T. (2009). Sensitivity of the Action Observation Network to Physical and Observational Learning. *Cerebral Cortex*, *19*(2), 315-326. doi: DOI 10.1093/cercor/bhn083
- Crossman, E. (1959). A theory of the acquisition of speed-skill. *Ergonomics*, *2*(2), 153-166.
- Deakin, J. M., & Proteau, L. (2000). The role of scheduling in learning through observation. *Journal of Motor Behavior*, *32*(3), 268-276.
- Debarnot, U., Creveaux, T., Collet, C., Doyon, J., & Guillot, A. (2009). Sleep contribution to motor memory consolidation: a motor imagery study. *Sleep*, *32*(12), 1559.
- Debarnot, U., Creveaux, T., Collet, C., Gemignani, A., Massarelli, R., Doyon, J., & Guillot, A. (2009). Sleep-related improvements in motor learning following mental practice. *Brain and Cognition*, *69*(2), 398-405.
- Debarnot, U., Maley, L., Rossi, D. D., & Guillot, A. (2010). Motor interference does not impair the memory consolidation of imagined movements. *Brain and Cognition*, *74*(1), 52-57.
- Debas, K., Carrier, J., Orban, P., Barakat, M., Lungu, O., Vandewalle, G., . . . Ungerleider, L. G. (2010). Brain plasticity related to the consolidation of motor sequence learning and motor adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(41), 17839-17844.
- Decety, J., Grezes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., . . . Fazio, F. (1997). Brain activity during observation of actions - Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, *120*, 1763-1777.

- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, *91*(1), 176-180.
- Doyon, J., & Benali, H. (2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current Opinion in Neurobiology*, *15*(2), 161-167. doi: DOI 10.1016/j.conb.2005.03.004
- Dudai, Y. (2004). The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annual Review of Psychology*, *55*, 51-86. doi: 10.1146/annurev.psych.55.090902.142050
- Dushanova, J., & Donoghue, J. (2010). Neurons in primary motor cortex engaged during action observation. *Eur J of Neurosci*, *31*(2), 386-398. doi: DOI 10.1111/j.1460-9568.2009.07067.x
- Fegghi, I., Abdoli, B., & Valizadeh, R. (2011). Compare contextual interference effect and practice specificity in learning basketball free throw. *3rd World Conference on Educational Sciences (2011)*, *15*, 2176-2180. doi: DOI 10.1016/j.sbspro.2011.04.075
- Ferrari, M. (1996). Observing the observer: self-regulation in the observational learning of motor skills. *Developmental Review*, *16*(2), 203-240.
- Fischer, S., Hallschmid, M., Elsner, A. L., & Born, J. (2002). Sleep forms memory for finger skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *99*(18), 11987-11991.
- Fitts, P. M. (1964). Perceptual-motor skills learning. In A. W. Melton (Ed.), *Categories of human learning* (pp. 243-285). New York: Academic Press.
- Fogassi, L. (2011). The mirror neuron system: How cognitive functions emerge from motor organization. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *77*(1), 66-75.
- Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (2013). The Mirror Mechanism as Neurophysiological Basis for Action and Intention Understanding. *Springer*, 117-134.
- Frey, S. H., & Gerry, V. E. (2006). Modulation of neural activity during observational learning of actions and their sequential orders. *Journal of Neuroscience*, *26*(51), 13194-13201. doi: Doi 10.1523/Jneurosci.3914-06.2006
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, *119*(2), 593-609.

- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (2002). Action representation and the inferior parietal lobule. *Common Mechanisms in Perception and Action*, 19, 334-355.
- Grafton, S. T., Fadiga, L., Arbib, M. A., & Rizzolatti, G. (1997). Promotor cortex activation during observation and naming of familiar tools. *Neuroimage*, 6(4), 231-236.
- Heyes, C. M., & Foster, C. L. (2002). Motor learning by observation: evidence from a serial reaction time task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 55(2), 593-607. doi: 10.1080/02724980143000389
- Hodges, N. J., Chua, R., & Franks, I. M. (2003). The role of video in facilitating perception and action of a novel coordination movement. *Journal of Motor Behavior*, 35(3), 247-260. doi: 10.1080/00222890309602138
- Hodges, N. J., Williams, A. M., Hayes, S. J., & Breslin, G. (2007). What is modelled during observational learning? *J Sport Sci*, 25(5), 531-545. doi: 10.1080/02640410600946860
- Iacoboni, M., & Dapretto, M. (2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(12), 942-951.
- Kami, A., & Sagi, D. (1993). The time course of learning a visual skill. *Nature*, 365(6443), 250-252.
- Kantak, S. S., Sullivan, K. J., Fisher, B. E., Knowlton, B. J., & Winstein, C. J. (2010). Neural substrates of motor memory consolidation depend on practice structure. *Nature Neuroscience*, 13(8), 923-925.
- Karni, A., Meyer, G., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377(6545), 155-158. doi: 10.1038/377155a0
- Korman, M., Raz, N., Flash, T., & Karni, A. (2003). Multiple shifts in the representation of a motor sequence during the acquisition of skilled performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(21), 12492-12497.
- Kornell, N., & Bjork, R. A. (2008). Learning Concepts and Categories Is Spacing the “Enemy of Induction”? *Psychological Science*, 19(6), 585-592.
- Krakauer, J. W., Ghilardi, M. F., & Ghez, C. (1999). Independent learning of internal models for kinematic and dynamic control of reaching. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1026-1031. doi: 10.1038/14826

- Lai, Q., & Shea, C. H. (1998). Generalized motor program (GMP) learning- Effects of reduced frequency of knowledge of results and practice variability. *Journal of Motor Behavior*, 30(1), 51-59.
- Lai, Q., & Shea, C. H. (1999a). Bandwidth knowledge of results enhances generalized motor program learning. *Res Q Exercise Sport*, 70(1), 79-83.
- Lai, Q., & Shea, C. H. (1999b). The role of reduced frequency of knowledge of results during constant practice. *Res Q Exercise Sport*, 70(1), 33-40.
- Larssen, B. C., Ong, N. T., & Hodges, N. J. (2012). Watch and learn: seeing is better than doing when acquiring consecutive motor tasks. *PLoS One*, 7(6), e38938. doi: 10.1371/journal.pone.0038938
- Lee, T. D., & Magill, R. A. (1983). The Locus of Contextual Interference in Motor-Skill Acquisition. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 9(4), 730-746. doi: Doi 10.1037//0278-7393.9.4.730
- Lee, T. D., & Maraj, B. K. V. (1994). Effects of bandwidth goals and bandwidth knowledge of results on motor learning. *Res Q Exercise Sport*, 65(3), 244-249.
- Lee, T. D., & Simon, D. A. (2004). 2 Contextual interference. *Skill acquisition in sport: Research, theory, and practice*, 29.
- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive Effort and Motor Learning. *Quest*, 46(3), 328-344.
- Lee, T. D., Wishart, L. R., Cunningham, S., & Carnahan, H. (1997). Modeled timing information during random practice eliminates the contextual interference effect. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(1), 100-105.
- Lepage, J. F., Saint-Amour, D., & Theoret, H. (2008). EEG and neuronavigated single-pulse TMS in the study of the observation/execution matching system: are both techniques measuring the same process? *Journal of Neuroscience Methods*, 175(1), 17-24. doi: 10.1016/j.jneumeth.2008.07.021
- Lin, C.-H., Fisher, B. E., Winstein, C. J., Wu, A. D., & Gordon, J. (2008). Contextual Interference Effect: Elaborative Processing or Forgetting—Reconstruction? A Post Hoc Analysis of Transcranial Magnetic Stimulation—Induced Effects on Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 40(6), 578-586.

- Lin, C. H., Winstein, C. J., Fisher, B. E., & Wu, A. D. (2010). Neural correlates of the contextual interference effect in motor learning: a transcranial magnetic stimulation investigation. *J Mot Behav*, *42*(4), 223-232. doi: 10.1080/00222895.2010.492720
- Magill, R. A., & Hall, K. G. (1990). A Review of the Contextual Interference Effect in Motor Skill Acquisition. *Human Movement Science*, *9*(3-5), 241-289. doi: Doi 10.1016/0167-9457(90)90005-X
- Magnuson, C. E., & Wright, D. L. (2004). Random practice can facilitate the learning of tasks that have different relative time structures. *Res Q Exercise Sport*, *75*(2), 197-202.
- Martens, R., Burwitz, L., & Zuckerman, J. (1976). Modeling Effects on Motor-Performance. *Research Quarterly*, *47*(2), 277-291.
- McCullagh, P., & Weiss, M. R. (2001). Modeling: considerations for motor skill performance and psychological responses. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (Vol. 2nd edn, pp. 205-238). New York: Wiley.
- McCullagh, P., Weiss, M. R., & Ross, D. (1989). Modeling considerations in motor skill acquisition and performance: an integrated approach. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *17*, 475-513.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory--a century of consolidation. *Science*, *287*(5451), 248-251.
- Muthukumaraswamy, S. D., & Johnson, B. W. (2004). Primary motor cortex activation during action observation revealed by wavelet analysis of the EEG. *Clinical Neurophysiology*, *115*(8), 1760-1766. doi: 10.1016/j.clinph.2004.03.004
- Neal, A., & Kilner, J. M. (2010). What is simulated in the action observation network when we observe actions? *European Journal of Neuroscience*, *32*(10), 1765-1770. doi: DOI 10.1111/j.1460-9568.2010.07435.x
- Newell, A., & Rosenbloom, P. S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. *Cognitive skills and their acquisition*, 1-55.
- Osu, R., Hirai, S., Yoshioka, T., & Kawato, M. (2004). Random presentation enables subjects to adapt to two opposing forces on the hand. *Nature Neurosci*, *7*(2), 111-112. doi: Doi 10.1038/Nn1184
- Press, C., Cook, J., Blakemore, S.-J., & Kilner, J. (2011). Dynamic modulation of human motor activity when observing actions. *The Journal of Neuroscience*, *31*(8), 2792-2800.



- Rama, A. N., Cho, S. C., & Kushida, C. A. (2006). Normal human sleep. *Sleep: A comprehensive handbook*, 3-9.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 661-670.
- Robertson, E. M., & Cohen, D. A. (2006). Understanding consolidation through the architecture of memories. *Neuroscientist*, 12(3), 261-271. doi: 10.1177/1073858406287935
- Robertson, E. M., Pascual-Leone, A., & Miall, R. C. (2004). Current concepts in procedural consolidation. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(7), 576-582.
- Robertson, E. M., Press, D. Z., & Pascual-Leone, A. (2005). Off-line learning and the primary motor cortex. *Journal of Neuroscience*, 25(27), 6372-6378. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1851-05.2005
- Rohbanfard, H., & Proteau, L. (2011a). Effects of the model's handedness and observer's viewpoint on observational learning. *Experimental Brain Research*, 214(4), 567-576. doi: DOI 10.1007/s00221-011-2856-z
- Rohbanfard, H., & Proteau, L. (2011b). Learning through observation: a combination of expert and novice models favors learning. *Experimental Brain Research*, 215(3-4), 183-197. doi: DOI 10.1007/s00221-011-2882-x
- Salmoni, A. W., Schmidt, R. A., & Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning- a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Schmidt, R. A. (1975). Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Psychological Review*, 82(4), 225-260. doi: Doi 10.1037/H0076770
- Schmidt, R. A. (1991). Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 59-75): Springer.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis: Human Kinetics*.
- Scully, D. M., & Newell, K. M. (1985). Observational-Learning and the Acquisition of Motor-Skills - toward a Visual-Perception Perspective. *J Hum Mov Stud*, 11(4), 169-186.

- Shadmehr, R., & Holcomb, H. H. (1997). Neural correlates of motor memory consolidation. *Science*, 277(5327), 821-825.
- Shea, C. H., Wright, D. L., Wulf, G., & Whitacre, C. (2000). Physical and observational practice afford unique learning opportunities. *Journal of Motor Behavior*, 32(1), 27-36. doi: 10.1080/00222890009601357
- Shea, J. B., & Morgan, R. L. (1979). Contextual Interference Effects on the Acquisition, Retention, and Transfer of a Motor Skill. *Journal of Experimental Psychology-Human Learning and Memory*, 5(2), 179-187. doi: Doi 10.1037/0278-7393.5.2.179
- Sheffield, F. D. (1961). Theoretical consideration in the learning of comple sequential task from demonstration and practice. In A. A. Lumsdaine (Ed.), *Student response in programmed instruction: A symposium* (pp. 13-32). Washington, D. C.: National Academy of Sciences, National Research Council.
- Sherwood, D. E. (1988). Effects of bandwidth knowledge of results on movement consistency. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 535-542.
- Simon, D. A., & Bjork, R. A. (2002). Models of performance in learning multisegment movement tasks: Consequences for acquisition, retention, and judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(4), 222.
- Stevens, J. (1992). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Boston ; Montreal: Pearson/Allyn & Bacon.
- Trempe, M., & Proteau, L. (2010). Distinct consolidation outcomes in a visuomotor adaptation task: Off-line leaning and persistent after-effect. *Brain and Cognition*, 73(2), 135-145. doi: DOI 10.1016/j.bandc.2010.04.005
- Trempe, M., & Proteau, L. (2012). Motor skill consolidation. *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*, 192.
- Trempe, M., Sabourin, M., & Proteau, L. (2012). Success Modulates Consolidation of a Visuomotor Adaptation Task. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 38(1), 52-60. doi: Doi 10.1037/A0024883

- Trempe, M., Sabourin, M., Rohbanfard, H., & Proteau, L. (2011). Observation learning versus physical practice leads to different consolidation outcomes in a movement timing task. *Experimental Brain Research*, 209(2), 181-192. doi: DOI 10.1007/s00221-011-2540-3
- Van Der Werf, Y. D., Van Der Helm, E., Schoonheim, M. M., Ridderikhoff, A., & Van Someren, E. J. (2009). Learning by observation requires an early sleep window. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(45), 18926-18930. doi: 10.1073/pnas.0901320106
- Vogt, S., & Thomaschke, R. (2007). From visuo-motor interactions to imitation learning: Behavioural and brain imaging studies. *J Sport Sci*, 25(5), 497-517. doi: Doi 10.1080/02640410600946779
- Walker, M. P. (2005). A refined model of sleep and the time course of memory formation. *Behavioral and Brain Sciences*, 28(1), 51-64; discussion 64-104.
- Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35, 205-211.
- Walker, M. P., Brakefield, T., Seidman, J., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2003). Sleep and the time course of motor skill learning. *Learning and Memory*, 10(4), 275-284.
- Wigmore, V., Tong, C., & Flanagan, J. R. (2002). Visuomotor rotations of varying size and direction compete for a single internal model in motor working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(2), 447-457.
- Winstein, C. J., & Schmidt, R. A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory & Cognition*, 16, 677-691.
- Woodruff, C. C., & Maaske, S. (2010). Action execution engages human mirror neuron system more than action observation. *Neuroreport*, 21(6), 432-435. doi: 10.1097/WNR.0b013e3283385910
- Wright, D. L., Li, Y., & Coady, W. (1997). Cognitive processes related to contextual interference and observational learning: a replication of Blandin, Proteau and Alain (1994). *Res Q Exercise Sport*, 68(1), 106-109.

- Wright, D. L., Li, Y., & Whitacre, C. (1992). The contribution of elaborative processing to the contextual interference effect. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(1), 30-37.
- Wulf, G., Lee, T. D., & Schmidt, R. A. (1994). Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing : differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior*, 26(4), 362-369.
- Wulf, G., & Mornell, A. (2008). Insights about practice from the perspective of motor learning: a review. *Music Perform Res*, 2, 1-25.
- Wulf, G., & Shea, C. H. (2004). Understanding the role of augmented feedback: the good, the bad, and the ugly. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Skill acquisition in sport: research, theory and practice*. (pp. 121-144). London: Routledge.

# **Annexe 1 : Certificat d'approbation éthique**

N° de certificat : 13-046-CERES-D

Comité d'éthique de la recherche en santé

## CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

*Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES), selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans la Politique sur la recherche avec des êtres humains de l'Université de Montréal.*


Projet	
Titre du projet	<b>Effet de la pratique mixte sur le processus de consolidation lors de l'apprentissage concomitant de deux tâches interférentes.</b>
Étudiant requérant	<b>Marc-André Léonard</b> , Candidat à la maîtrise en Sciences de l'activité physique, Département de kinésiologie
Sous la direction de	<b>Luc Proteau, professeur titulaire</b> , Département de kinésiologie, Université de Montréal
Financement	
Organisme	CRSNG
Programme	Aide à la découverte
Titre de l'octroi si différent	
Numéro d'octroi	111280-2013
Chercheur principal	
No de compte	

### MODALITÉS D'APPLICATION

Tout changement anticipé au protocole de recherche doit être communiqué au CERES qui en évaluera l'impact au chapitre de l'éthique.

Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave doit être immédiatement signalé au CERES

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du CERES.

  
Robert Ganache, président  
Comité d'éthique de la recherche en santé  
Université de Montréal

**8 mai 2013**  
Date de délivrance

**1er mai 2014**  
Date de fin de validité

8 mai 2013

Objet: Approbation éthique – «Effet de la pratique mixte sur le processus de consolidation lors de l'apprentissage concomitant de deux tâches interférentes. »

M. Marc-André Léonard, M. Luc Proteau,

Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) a étudié le projet de recherche susmentionné et a délivré le certificat d'éthique demandé suite à la satisfaction des exigences précédemment émises. Vous trouverez ci-joint une copie numérisée de votre certificat; copie également envoyée à votre directeur/directrice de recherche et à la technicienne en gestion de dossiers étudiants (TGDE) de votre département.

Notez qu'il y apparaît une mention relative à un suivi annuel et que le certificat comporte une date de fin de validité. En effet, afin de répondre aux exigences éthiques en vigueur au Canada et à l'Université de Montréal, nous devons exercer un suivi annuel auprès des chercheurs et étudiants-chercheurs.

De manière à rendre ce processus le plus simple possible et afin d'en tirer pour tous le plus grand profit, nous avons élaboré un court questionnaire qui vous permettra à la fois de satisfaire aux exigences du suivi et de nous faire part de vos commentaires et de vos besoins en matière d'éthique en cours de recherche. Ce questionnaire de suivi devra être rempli annuellement jusqu'à la fin du projet et pourra nous être retourné par courriel. La validité de l'approbation éthique est conditionnelle à ce suivi. Sur réception du dernier rapport de suivi en fin de projet, votre dossier sera clos.

Il est entendu que cela ne modifie en rien l'obligation pour le chercheur, tel qu'indiqué sur le certificat d'éthique, de signaler au CERES tout incident grave dès qu'il survient ou de lui faire part de tout changement anticipé au protocole de recherche.

Nous vous prions d'agréer, messieurs, l'expression de nos sentiments les meilleurs,

Robert Ganache, président  
Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES)  
Université de Montréal

/gp

c.c. Gestion des certificats, BRDV

Luc Proteau, professeur titulaire, Département de kinésiologie

p.j. Certificat #13-046-CERES-D