HAL
open science

Action, observation and mental imagery: Can one implicitly learn in all cases?

Stephanie Chambaron, Bruno Berberian, Dominique Ginhac, Laure Delbecque, Axel Cleeremans

To cite this version:

Stephanie Chambaron, Bruno Berberian, Dominique Ginhac, Laure Delbecque, Axel Cleeremans. Action, observation and mental imagery: Can one implicitly learn in all cases?. L'Année psychologique, 2010, 110 (03), pp.351-364. 10.4074/S0003503310003027 . hal-00704291

HAL Id: hal-00704291

https://hal.science/hal-00704291v1

Submitted on 5 Jun 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Action, observation et imagerie mentale d'une action : *Peut-on apprendre implicitement dans tous les cas ?*

Stéphanie Chambaron[1*], Bruno Berberian[1], Dominique Ginhac[2], Laure Delbecque[3] et Axel Cleeremans[1]

[1] *Consciousness, Cognition & Computation Group (CO3) – Université Libre de Bruxelles*
[2] *Laboratoire Electronique, Informatique et Image (LE2I) – Université de Bourgogne*
[3] *Service d'Analyse des Données (SAD) – Université Libre de Bruxelles*

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est de regarder si un apprentissage implicite peut s'opérer aussi bien en pratiquant, qu'en observant ou qu'en imaginant mentalement le déplacement régulier de cibles dans une tâche de Temps de Réaction Sériel (TRS). Les résultats de cette expérience indiquent que les participants qui ont réellement effectué la tâche, ceux qui ont pratiqué l'imagerie motrice et ceux qui ont fait de l'observation ont appris la séquence, contrairement aux participants qui ont fait uniquement de l'imagerie visuelle. En effet, les temps sur cible des participants de ces trois premières conditions diminuent significativement lorsqu'une nouvelle séquence est introduite, ce qui n'est pas le cas pour les participants de la condition imagerie visuelle. Cependant, les résultats obtenus au test de reconnaissance ne nous permettent pas de trancher définitivement entre un apprentissage de nature implicite ou explicite. Finalement, cette étude met en évidence que l'imagerie motrice donne des performances similaires à celles obtenues en pratique physique et en observation, ce qui représente un apport intéressant dans le domaine de la psychologie du sport et de la psychologie cognitive.

Action, observation and mental imagery: Can one implicitly learn in all cases?

ABSTRACT

This experiment is aimed to study if an implicit learning can take place when participants practice, observe or mentally imagine regular displacements of a target in a Serial Reaction

*Correspondance : Stéphanie Chambaron, Consciousness, Cognition & Computation Group (CO3) Université Libre de Bruxelles, 50 av. FD Roosevelt (CP 191), 1050 Bruxelles, Belgique. E-mail : schambar@ulb.ac.be

Time task (SRT). The results indicate that participants who really practice the task, and participants who realized motor imagery and also participants who made observation, learned the sequence, contrary to the participants who only made visual imagery. Indeed, times on target of these participants decrease significantly when a new sequence is introduced, which is not the case for the participants of the visual imagery condition. However, the results obtained with the recognition test do not enable us to definitively conclude about the nature of the learning (implicit vs. explicit). Finally, this study highlights that the motor imagery condition gives performance similar to those obtained in practice and in observation conditions, which represents an interesting contribution in the field of the psychology of the sport and cognitive psychology.

INTRODUCTION

L'apprentissage implicite renvoie à l'acquisition non intentionnelle de nouvelles informations, de sorte que la connaissance qui en résulte est difficilement exprimable (Berry & Dienes, 1991). Selon Destrebecqz et Cleeremans (2001), la tâche de Temps de Réaction Sériel (TRS) est le paradigme le plus adéquat pour l'étude de l'apprentissage implicite. D'après Cleeremans (1993), ce paradigme offre des conditions d'apprentissage réellement incidentes. En effet, les sujets ne sont jamais informés de la présence de régularités dans la tâche à réaliser, donc rien ne les incite à tenter de découvrir ces régularités. Dans la forme standard de cette tâche (Nissen & Bullemer, 1987), le participant voit apparaître sur un écran un stimulus qui se déplace parmi quatre positions disposées horizontalement. Il doit appuyer le plus rapidement sur la touche du clavier qui correspond spatialement à la position du stimulus à l'écran. À son insu, le matériel auquel il est confronté est structuré : le stimulus se déplace selon une séquence précise d'une dizaine de positions qui se répète tout au long de la tâche, sans marque de transition entre les séquences successives. Classiquement, les performances (mesurées par l'évolution des temps de réaction) s'améliorent au fil des essais et se détériorent considérablement lorsque la séquence est modifiée ou remplacée. Selon Perruchet et Nicolas (1998), ce résultat suggère que le participant a acquis des connaissances concernant d'une part la réalisation de ce type de tâche, étant donné qu'une diminution des temps de réaction se produit même si les déplacements du stimulus sont aléatoires, et d'autre part concernant la séquence de positions elle-même. Toutefois, lorsque l'on demande au participant, après l'expérience, s'il s'est rendu compte de la présence d'une séquence, il répond par la négative ou,

le cas échéant, il ne parvient pas à la verbaliser (Curran & Keele, 1993), ce qui suggère que cet apprentissage est implicite. Récemment, Chambaron, Ginhac, et Perruchet (2008a) ont souligné le caractère robuste de cet apprentissage implicite dans une tâche de TRS ayant subi d'importantes modifications procédurales. Leur série d'expériences a été principalement motivée par le contraste saisissant qui existe entre, d'une part la généralisation des conclusions tirées à partir de la tâche standard de TRS, et d'autre part, la difficulté à mettre en évidence un apprentissage implicite dans les tâches de poursuite continue (Perruchet *et al.*, 2003 ; Chambaron *et al.*, 2006). Dans leur étude, Chambaron, Ginhac, et Perruchet (2008a) ont introduit différentes modifications méthodologiques et procédurales dans une tâche de TRS afin de la rendre le plus similaire possible à une tâche de poursuite continue. Leurs résultats indiquent une robustesse de l'apprentissage malgré les importantes modifications introduites.

Depuis plus de 50 ans, l'imagerie motrice et mentale, est un domaine qui intéresse fortement les chercheurs en psychologie du sport. Moyen de préparation mentale et palliatif à la surcharge physique, l'imagerie motrice est la capacité à se représenter mentalement une séquence motrice sans production concomitante de l'activité musculaire normalement nécessaire pour la produire. L'isomorphisme entre les caractéristiques spatio-temporelles de l'image et de l'exécution réelle est le principal argument pour intégrer l'imagerie aux plans d'entraînement. Il semble donc que le simple fait de s'imaginer en train de faire un mouvement aide à apprendre ce mouvement. Imaginer mentalement un mouvement conduit-il au même apprentissage que la pratique réelle de ce mouvement ? Afin de répondre à cette question, les chercheurs utilisent un protocole classique qui consiste à comparer les performances à une tâche motrice, évaluées lors d'un pré-test et d'un post-test, avec deux groupes de participants indépendants (groupe expérimental et groupe contrôle). Durant l'intervalle pré- et post-tests, les participants du groupe expérimental font un travail d'imagerie sur la tâche évaluée alors que ceux du groupe de contrôle sont occupés à une tâche neutre sans aucune caractéristique commune avec la tâche testée. En parcourant la littérature sur l'imagerie mentale, on constate que les résultats obtenus ne sont pas consensuels. En effet, certaines études révèlent un effet positif de l'imagerie sur la performance (Lacourse *et al.*, 2004 ; Nyberg *et al.*, 2006 ; Pascual-Leone *et al.*, 1995 ; Wohldmann, Healy, & Bourne, 2007). Au contraire, d'autres auteurs n'observent pas d'effet bénéfique de l'imagerie sur la performance (Epstein, 1980 ; Shanks & Cameron, 2000 ; Mulder, Zijlstra, Zijlstra, & Hochstenbach, 2004).

En outre, les tâches utilisées en imagerie mentale se distinguent de la tâche de TRS classiquement utilisée en psychologie cognitive à deux niveaux : d'une part, la séquence utilisée en imagerie est généralement simple et courte et d'autre part, cette séquence est explicitement donnée aux sujets. Partant de ce constat, le premier objectif de notre étude est d'examiner dans quelle mesure un apprentissage implicite d'une séquence complexe de 12 éléments est possible grâce à un entrainement par imagerie mentale. Notre second objectif est d'évaluer si la nature de l'apprentissage est similaire que l'entrainement soit physique, mental ou par simple observation. De plus, il est important de noter que nous emploierons ici indifféremment les termes « imagerie mentale d'une action » et « imagerie motrice » dans un sens commun, à savoir le fait de se répéter mentalement un mouvement afin d'en faciliter son exécution par la suite.

EXPÉRIENCE

Méthode

Participants

48 participants (24 femmes et 24 hommes) d'âge moyen de 23 ans (s = 3,57) ont participé à l'étude, et sont rémunérés 7 €. Aucun d'entre eux n'a d'expérience antérieure avec la tâche. Ils ont été répartis aléatoirement dans les quatre conditions suivantes : Pratique physique (PP, n = 12), Imagerie motrice (IM, n = 12), Imagerie visuelle (IV, n = 12) et Observation (Obs, n = 12).

Tâche et Matériel

L'expérience utilise une tache de TRS modifiée (Chambaron, Ginhac, & Perruchet, 2008b). Le participant est devant un écran 14 pouces de résolution 1 024x768 pixels. Quatre carrés de 5 cm de côté (équivalents à 200 pixels) positionnés en matrice de 2x2 indiquent la position potentielle des cibles sur l'écran. La cible (un rond bleu de 2,5 cm, soit 100 pixels de diamètre) se déplace d'un carré à l'autre selon une séquence spécifique.

La tâche du participant consiste à placer le pointeur de la souris le plus rapidement et le plus précisément possible à l'intérieur de la cible et d'y rester jusqu'à ce que celle-ci disparaisse. La cible reste affichée pendant 600 msec, ensuite disparaît et réapparaît 200 msec plus tard dans le carré suivant, indépendamment de la réponse du participant. Le temps sur cible (en msec) est enregistré à chaque essai. Il s'agit du temps pendant lequel le pointeur de souris se trouve à l'intérieur de la cible.

Deux séquences de type « SOC » de 12 éléments (*Second Order Conditional*, Reed & Johnson, 1994) sont utilisées dans cette expérience : 1-2-1-3-4-2-3-1-4-3-2-4 (SOC A) et 4-2-4-3-1-2-3-4-1-3-2-1 (SOC B) dans lesquelles 1, 2, 3, et 4 représentent les positions possibles de la cible (avec 1 correspondant au carré haut gauche, 2 au carré haut droite, 3 au carré bas gauche et 4 au carré bas droite). Ces deux séquences sont structurellement identiques et sont reliées par la transformation 1 → 4. Elles respectent les critères suivants : 1. deux cibles consécutives ne peuvent apparaître à la même position, 2. chaque position se produit uniquement trois fois, 3. chaque transition possible (1-2, 1-3, 1-4, etc.) se produit une seule fois.

Procédure

L'expérience durait 45 minutes et comportait trois phases : apprentissage, test de reconnaissance et questionnaire d'imagerie.

La phase d'apprentissage comporte tout d'abord un bloc de familiarisation (bloc 0) de 96 essais constitués d'une séquence aléatoire de 12 éléments répétée huit fois. La séquence aléatoire est appariée aux séquences SOCs en termes de fréquence d'apparition de la cible et de transitions de premier ordre

Cette phase d'apprentissage comprend ensuite douze blocs d'entraînement (blocs 1 à 12) de 96 essais, dans lesquels la séquence de 12 éléments est répétée huit fois. La cible se déplace selon la séquence SOC A pour la moitié des participants, et selon la séquence SOC B pour la seconde moitié. La tâche des participants varie en fonction de la condition dans laquelle ils sont assignés.

Les participants de la condition pratique physique réalisent effectivement la tâche durant les 12 blocs. Les participants de la condition observation ont juste pour tâche d'observer attentivement le déplacement de la cible durant les 12 blocs. Les participants de la condition imagerie motrice ont pour consigne de réaliser mentalement la tâche faite au bloc 0, c'est-à-dire de simuler mentalement la réponse motrice qu'ils fourniraient au déplacement de la cible. Aucun mouvement n'est permis. Les participants doivent ressentir les sensations au niveau bras/poignet/main/doigts comme s'ils faisaient réellement la tâche. Enfin, les participants de la condition imagerie visuelle doivent se former une image visuelle dans laquelle ils s'imaginent que la cible s'agrandit dans son carré pendant les six premiers blocs et doivent s'imaginer la cible bouger horizontalement au sein de son carré lors des 6 derniers blocs. Dans ces deux conditions d'imagerie, après chaque bloc, l'expérimentateur interroge le participant pour s'assurer que celui-ci réalise effectivement sa tâche d'imagerie motrice ou visuelle et ne reste pas passif devant l'écran.

La phase de test comprend trois blocs de 96 essais réalisés par tous les participants. Au cours du bloc 13, la cible se déplace selon la séquence SOC entraînée. Au cours du bloc 14 (bloc de transfert), la cible se déplace selon la séquence SOC non entraînée. Enfin, au cours du bloc 15, la séquence SOC entraînée est réintroduite.

Après la phase d'apprentissage, les participants sont informés que le déplacement de la cible n'était pas aléatoire. Ils sont invités à réaliser un test de reconnaissance comprenant 12 séquences de 12 déplacements. Ils sont confrontés à 6 séquences déjà vues lors de la phase d'apprentissage (séquences anciennes) et à 6 séquences aléatoires (séquences nouvelles). À la suite de chaque séquence, ils

répondent « oui » ou « non » à la question « avez-vous reconnu la séquence ? ». Les temps sur cible sont également enregistrés. Enfin, les participants des deux conditions d'imagerie remplissent le questionnaire d'imagerie du mouvement de Lorant et Nicolas (2004).

Résultats

Pour l'analyse des données, les temps sur cible inférieurs à 20 msec ou supérieurs à 580 msec ont été éliminés et remplacés par la valeur moyenne du participant pour le bloc considéré (moins de 1 % du total des données).

Les participants des conditions imagerie ont obtenu des scores moyens supérieurs à 18 au questionnaire d'imagerie et sont donc capables de se former des images mentales de bonne qualité (Hall & Martin, 1997).

Des tests t pour échantillons indépendants révèlent qu'il n'existe pas de différence de performance entre les participants des différents groupes confrontés aux séquences SOC (A et B), du fait de la construction identique des séquences. Pour les analyses réalisées, nous n'avons donc pas distingué les séquences.

Apprentissage de la séquence

La Figure 1 illustre l'évolution des temps sur cible en millisecondes, au fil des blocs pour les participants des quatre conditions (PP, IM, Obs, et IV). Les participants débutent l'expérience avec un niveau de base similaire, ce qui est attesté avec une analyse de variance à un facteur (Condition).

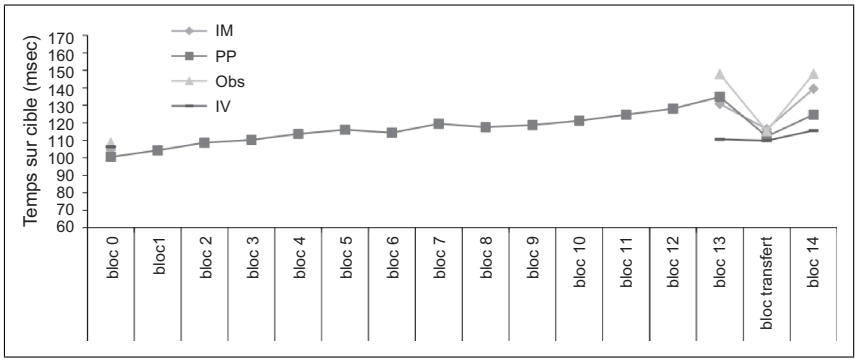

Figure 1. Temps sur cible moyens (en msec) aux différents blocs pour les participants de chaque condition.

Figure 1. Mean Time on Target (msec) across practice blocks for participants of each condition.

Afin de mesurer l'apprentissage de la séquence, les temps sur cible aux blocs 13 et 14 ont été moyennés et comparés avec les temps sur cible au bloc de transfert. Une analyse de variance à deux facteurs (Bloc et Condition) avec mesures répétées sur le facteur Bloc (moyenne 13-14 et transfert) met en évidence un effet Bloc significatif, $F(1, 44) = 29{,}21$, $p < 0{,}05$, et une interaction Bloc x Condition significative, $F(3, 44) = 3{,}23$, $p < 0{,}05$. L'effet Condition n'est pas significatif. L'effet Bloc traduit la diminution globale des temps sur cible au bloc de transfert (M = 131,46 et 113,41, respectivement au bloc 13-14 et au bloc transfert).

Concernant l'interaction, les tests t pour échantillons appariés indiquent que les participants des conditions PP, $t(11) = -3{,}47$, $p < 0{,}05$, IM, $t(11) = -2{,}48$, $p < 0{,}05$, et Obs, $t(11) = -3{,}43$, $p < 0{,}05$, apprennent la séquence. Seuls les participants de la condition IV ne restent pas plus longtemps sur la cible lorsque la séquence est celle utilisée lors de l'entraînement par rapport à la nouvelle séquence (voir Figure 2).

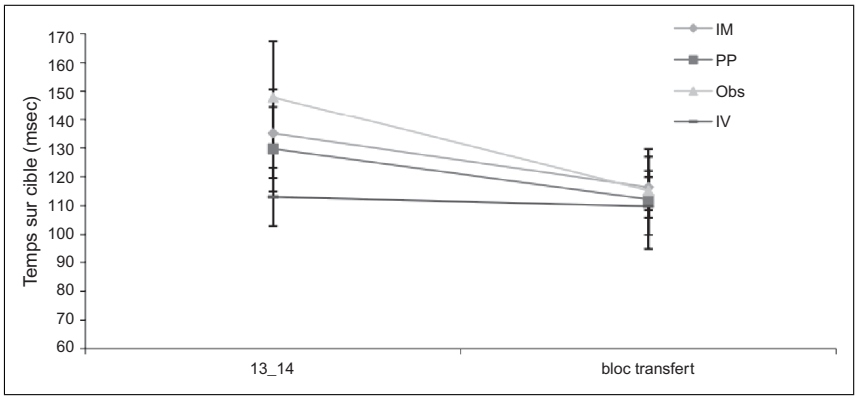

Figure 2. Temps sur cible moyens (en msec) au bloc moyenné 13-14 et au bloc de transfert pour les participants de chaque condition.

Figure 2. Mean Time on Target (msec) for blocks13-14 and transfer block for participants of each condition.

Une analyse de la variance à un facteur (Condition) sur le bloc 13-14 met en évidence un effet Condition significatif, $F(3, 47) = 3{,}26$, $p < 0{,}05$. L'analyse des contrastes révèle que cet effet est dû aux scores des participants de la condition imagerie visuelle, $t(44) = 2{,}65$, $p < 0{,}05$.

En résumé, les participants des conditions IM, PP, et Obs apprennent la séquence de façon équivalente. Seuls les participants de la condition IV ne semblent pas acquérir de connaissance sur la séquence.

Test de reconnaissance

Dans un premier temps, nos analyses ont porté sur le nombre de réponses « oui » à la question « avez-vous reconnu la séquence ? ». La réponse est correcte si le participant est confronté à la séquence d'entraînement (séquence ancienne) mais incorrecte si on lui présente une séquence aléatoire (séquence nouvelle). Chaque participant est confronté à six séquences anciennes et six nouvelles. Son score maximum de réponses « oui » est donc de six pour chaque type de séquence.

Une première ANOVA à deux facteurs (Condition et Séquence), avec mesures répétées sur le facteur Séquence (ancienne vs. nouvelle) met seulement en évidence un effet significatif de la Séquence $F(1, 44) = 48{,}88$, $p < 0{,}05$. Le taux de réponses « oui » est plus élevé pour les séquences anciennes que pour les séquences nouvelles (respectivement $M = 3{,}29$ et $1{,}29$). Par conséquent, les participants répondent davantage qu'ils reconnaissent la séquence quand celle-ci est la séquence d'entraînement.

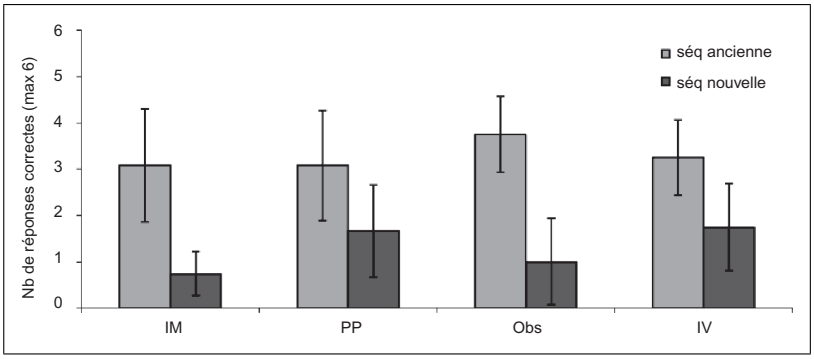

Figure 3. Nombre moyen de réponses « oui (je reconnais) » des participants dans les quatre conditions en fonction de la séquence.

Figure 3. Mean number of answers "yes (I recognize)" for participants in the four conditions with old and new sequences.

Deuxièmement, nous avons analysé les scores au moyen de la Théorie de la Détection du Signal (TDS). Pour chaque participant, nous avons calculé un indice *d'* qui indique la capacité du participant à distinguer les nouvelles séquences des anciennes (voir Tableau 1).

Les « hits » sont calculés à partir des réponses « oui » aux séquences anciennes et les « fausses alarmes » à partir des réponses « oui » aux séquences nouvelles. Des tests t pour échantillons uniques sur ces d' mettent

Tableau 1. Probabilité de "hits" et de fausses alarmes et mesure de discrimination (d') (avec écarts-types entre parenthèses) pour les participants dans les quatre conditions

Table 1. Probability of "hits" and false alarms and measurement of discrimination (d') (with standard deviations between brackets) for the participants in the four conditions

Conditions	p(Hits)	p(FA)	d'
IM	0,51 (0,32)	0,12 (0,13)	1,81 (1,22)
PP	0,51 (0,31)	0,27 (0,25)	0,95 (1,47)
Obs	0,62 (0,21)	0,16 (0,24)	2,30 (1,80)
IV	0,54 (0,21)	0,29 (0,25)	1,28 (1,88)

en évidence que les participants discriminent au dessus du niveau du hasard les séquences nouvelles des anciennes ($t\ (11) = 5{,}095$, $p < 0{,}05$; $t\ (11) = 2{,}24$, $p < 0{,}05$; $t\ (11) = 4{,}42$, $p < 0{,}05$; et $t\ (11) = 2{,}36$, $p < 0{,}05$, respectivement pour les conditions IM, PP, Obs et IV). Ces résultats corroborent ceux obtenus précédemment.

Troisièmement, nos analyses ont porté sur les temps sur cible afin d'évaluer dans quelle mesure les réponses au test de reconnaissance sont influencées par un sentiment de familiarité avec la tâche (« fluence perceptive ») et non par la connaissance explicite de la séquence (Perruchet & Amorim, 1992). Des temps sur cible plus longs pour les séquences anciennes que pour les nouvelles seraient un indice que la fluence perceptive a influencé les réponses des participants.

Une analyse de la variance à deux facteurs (Condition et Séquence) avec mesures répétées sur le facteur Séquence indique un effet Séquence, $F\ (1, 44) = 38{,}47$, $p < 0{,}05$, une interaction Condition x Séquence, $F\ (3, 44) = 3{,}21$, $p < 0{,}05$, significatifs, mais pas d'effet Condition. Les temps sur cible pour les séquences anciennes sont plus longs que pour les nouvelles ($M = 110{,}97$ et $99{,}54$, respectivement). Cela suggère donc que la fluence perceptivo-motrice influence bien les jugements de reconnaissance.

En résumé, les résultats nous indiquent que les participants sont capables de discriminer les séquences anciennes et nouvelles. Toutefois, les participants répondent au niveau du hasard quand ils sont confrontés à une séquence connue, et reconnaissent des séquences nouvelles (en répondant à juste titre qu'ils ne les reconnaissent pas). Ces discriminations

correctes pourraient être en partie dues à un sentiment de familiarité perceptivo-motrice pour les séquences anciennes.

DISCUSSION

Cette étude avait pour objectifs : 1. d'examiner dans quelle mesure un apprentissage d'une séquence complexe de 12 éléments était possible grâce à un entraînement par imagerie mentale alors que la séquence n'était pas explicitement fournie aux participants, 2. d'examiner quelle technique d'apprentissage conduirait aux meilleures performances.

Les résultats indiquent que les participants des conditions « pratique physique », « imagerie motrice » et « observation » ont appris la séquence, contrairement aux participants de la condition « imagerie visuelle ». Aucun type d'entraînement n'est significativement plus efficace car les performances des participants des trois premières conditions sont similaires. De plus, le test de reconnaissance ne permet pas de trancher entre un apprentissage de nature implicite ou explicite. Si les participants sont bien capables de discriminer les séquences nouvelles des anciennes, en revanche, ils répondent au niveau du hasard pour la séquence ancienne. Par ailleurs, il est important de souligner que les quatre entraînements semblent avoir mené à un apprentissage de même nature.

L'apprentissage de la séquence dans la condition « pratique physique » reproduit les résultats obtenus par Chambaron *et al.* (2008a). Toutefois, dans le cadre de notre expérience, cet apprentissage est davantage de nature explicite. Deux différences entre l'expérience de Chambaron *et al.* (2008a) et la nôtre pourraient expliquer cette divergence. Premièrement, dans notre expérience, les quatre carrés qui apparaissent à l'écran forment une matrice 2x2, alors que dans l'expérience de Chambaron *et al.* (2008a), ces carrés étaient alignés horizontalement. Cette disposition particulière peut rendre la séquence plus saillante. Deuxièmement, à la tâche de reconnaissance, nous avons fourni la séquence complète alors que Chambaron *et al.* (2008a) présentaient des fragments de six déplacements de la séquence. La tâche de reconnaissance de Chambaron *et al.* (2008a) était plus difficile, ce qui peut expliquer pourquoi les participants n'ont pas reconnu la séquence. Nous pensons qu'il serait judicieux de compléter cette expérience en adaptant la Procédure de Dissociation des Processus (PDP, Jacoby, 1991). Dans une condition d'inclusion, les participants doivent générer une séquence

la plus proche possible de celle utilisée pendant l'entraînement. Selon les auteurs, à la fois les connaissances explicites et implicites sont susceptibles d'améliorer la performance. Au contraire, dans une condition d'exclusion, les participants doivent générer une séquence complètement différente de la séquence apprise. Dans cette condition, seules les connaissances explicites permettent de réussir la tâche, les connaissances implicites jouant au contraire un rôle d'interférence.

Dans la condition « observation », les participants ont appris la séquence de manière identique à la condition de « pratique physique ». Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Howard *et al.* (1992) et Willingham (1999) dans une tâche de TRS classique où la simple observation de la cible permet un apprentissage aussi efficace que la pratique physique de la tâche. Par ailleurs, nous pensions que si l'observation menait à l'acquisition de la séquence, celle-ci serait apprise via des processus différents de ceux intervenant lors de l'entraînement physique (Kelly *et al.*, 2003). Or, dans notre expérience, rien ne garantit que l'apprentissage dans les conditions observation et pratique physique ait eu lieu via des processus différents car dans les deux cas il semble principalement explicite.

Dans la condition « imagerie visuelle », les participants n'apprennent pas autant la séquence que dans les autres conditions. La tâche d'imagerie visuelle pourrait avoir été perturbatrice, représentant une sorte de « double tâche ». Dans un tel cas, les participants ne bénéficient pas de suffisamment de ressources pour apprendre la séquence (Kelly *et al.*, 2003).

L'efficacité de l'imagerie motrice a déjà été soulignée pour l'apprentissage de séquences courtes explicitement fournies (Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon, 2003 ; Lacourse *et al.*, 2004 ; Lafleur *et al.*, 2002 ; Nyberg *et al.*, 2006 ; Wohldmann *et al.*, 2007) et de séquences explicites plus longues de mouvements de bras (Gentili *et al.*, 2006). Par contre, Shanks et Cameron (2000) n'ont pas observé de bénéfice de l'imagerie motrice pour l'apprentissage explicite d'une séquence de 12 éléments à la tâche de TRS classique. Toutefois, nous pensons que notre entraînement mental est plus adapté et que l'imagerie motrice pourrait donc mener à l'apprentissage d'une séquence complexe. Jusqu'à présent, aucune étude à notre connaissance n'a évalué l'incidence de l'imagerie motrice sur l'apprentissage d'une séquence qui ne fait pas explicitement partie de la consigne.

Pour conclure, l'imagerie motrice intervient dans l'apprentissage de la séquence. Toutefois, aucun résultat ne permet de rejeter complètement l'hypothèse de l'observation comme composante principale de

l'apprentissage de la séquence. Pour aboutir à des résultats moins ambigus, il serait pertinent d'utiliser une tâche de génération permettant de mieux cerner la nature des connaissances impliquées dans l'apprentissage de la séquence. De plus, il serait judicieux de trouver des conditions qui rendent impossible l'apprentissage via la simple observation de la séquence, alors que cela reste possible avec la pratique physique. In fine, si, dans de telles conditions, l'imagerie motrice mène toujours à l'apprentissage de la séquence, alors l'efficacité de l'imagerie motrice ne sera plus mise en doute. Cette étude ouvre donc la voie vers de nouvelles recherches.

Reçu le 23 avril 2009.
Révision acceptée le 2 décembre 2009.

BIBLIOGRAPHIE

Berry, D. C., & Dienes, Z. (1991). The relationship between implicit memory and implicit learning. *British Journal of Psychology*, *82*, 359-373.

Bird, G., Osman, M., Saggerson, A., & Heyes, C. (2005). Sequence learning by action, observation and action observation. *British Journal of Psychology*, *96*, 371-388.

Chambaron, S., Ginhac, D., & Perruchet, P. (2008a) Variations méthodologiques dans une tâche de TRS : quel est l'impact sur l'apprentissage ? *LAnnée Psychologique*, *108*, 465-486.

Chambaron, S., Ginhac, D., & Perruchet, P. (2008b) gSRT-Soft: A generic software and some methodological guidelines to investigate implicit learning through visual-motor sequential tasks. *Behavior Research Methods*, *40*, 493-502.

Chambaron, S., Ginhac, D., Ferrel-Chapus, C., & Perruchet, P. (2006) Implicit learning of a Repeated Segment in Continuous Tracking: A Reappraisal. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*, 845-854.

Cleeremans, A. (1993). *Attention and awareness in sequence learning*. Paper presented at the 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society.

Curran, T., & Keele, S. W. (1993). Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, *19*, 189-202.

Decety, J. (2002). Is there such a thing as a functional equivalence between imagined, observed, and executed actions? In A. N. Meltzoff & W. Prinz (Eds.), *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases* (pp. 291-310). Cambridge, MA: C.U.P.

Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the Process Dissociation Procedure. *Psychonomic Bulletin and Review*, *8*, 343-350.

Epstein, M. L. (1980). The relationship of mental imagery and mental rehearsal to performance of a motor task. *Journal of Sport Psychology*, *2*, 211-220.

Gentili, R., Papaxanthis, C., & Pozzo, T. (2006). Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*, *137*, 761-772.

Hall, C. R., & Martin, K. A. (1997). Measuring movement imagery abilities: A revision of the movement imagery questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, *21*, 143-154.

Howard, J. H., Mutter, S. A., & Howard, D. V. (1992). Serial pattern learning by event observation.1039. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *18*, 1029-1039.

Jackson, P., Lafleur, M., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2003). Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *NeuroImage*, *20*, 1171-1180.

Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework : Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 513-541.

Kelly, S. W., Burton, A. M., Riedel, B., & Lynch, E. (2003). Sequence learning by action and observation: Evidence for separate mechanisms. *British Journal of Psychology*, *94*, 355-372.

Lacourse, M. G., Turner, J. A., Randolph-Orr, E., Schandler, S. L., & Cohen, M. J. (2004). Cerebral and cerebellar sensorimotor plasticity following motor imagery-based mental practice of a sequential movement. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *41*, 505-524.

Lafleur, M., Jackson, P., Malouin, F., Richards, C., Evan, A., & Doyon, J. (2002). Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and imagination of sequential foot movements. *NeuroImage*, *16*, 142-157.

Lorant, J., & Nicolas, A. (2004). Validation de la traduction française du Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R). *Science & Motricité*, *53*, 57-68.

Mulder, T., Zijlstra, S., Zijlstra, W., & Hochstenbach, J. (2004). The role of motor imagery in the learning a totally novel movement. *Experimental Brain Research*, *154*, 211-217.

Nissen, M. J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirement of learning : Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, *19*, 1-32.

Nyberg, L., Eriksson, J., Larsson, A., & Marklund, P. (2006). Learning by doing versus learning by thinking: An fMRI study of motor and mental training. *Neuropsychologia*, *44*, 711-717.

Pascual-Leone, A., Dang, N., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A., & Hallet, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, *74*, 1037-1045.

Perruchet, P., & Amorim, M. A. (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation *Journal of Experimental Psychology*: *Learning, Memory and Cognition*, *18*, 785-800.

Perruchet, P., Chambaron, S., & Ferrel-Chapus, C. (2003). Learning from implicit learning literature: Comment on Shea, Wulf, Whitacre, and Park (2001). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *56*, 769-778.

Perruchet, P., & Nicolas, S. (1998). L'apprentissage implicite : un débat théorique. *Psychologie Française*, *43*, 13-25.

Reed, J. & Johnson, P. (1994). Assessing implicit learning with indirect tests : Determining what is learned about sequence structure. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, *20*, 585-594.

Shanks, D. R., & Cameron, A. (2000). The effect of mental practice on performance in a sequential reaction time task. *Journal of Motor Behavior*, *32*, 305-313.

Skoura, X., Papaxanthis, C., Vinter, A., & Pozzo, T. (2005). Mentally represented motor actions in normal aging. I. Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. *Behavioural Brain Research*, *165*, 229-239.

Willingham, D. B. (1999). Implicit motor sequence learning is not purely perceptual. *Memory & Cognition*, *27*, 561-572.

Wohldmann, E., Healy, A., & Bourne, L. E. (2007). Pushing the limits of imagination: Mental practice for learning sequence, *Cognition*, *33*, 254-261.