



L'essentiel de l'information
scientifique et médicale

www.jle.com

Le sommaire de ce numéro

<http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/medecine/nrp/sommaire.md?type=text.html>



Montrouge, le 06-07-2016

Bernard Thon

Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article au format électronique (pdf) :

Processus cognitifs et apprentissage des habiletés motrices

paru dans

Revue de neuropsychologie, 2016, Volume 8, Numéro 2

John Libbey Eurotext

Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.

Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.

© John Libbey Eurotext, 2016

Processus cognitifs et apprentissage des habiletés motrices

Cognitive processes and motor skill learning

Bernard Thon¹, Jean-Michel Albaret^{1,2}, Mathieu Andrieux³, Anne Ille¹

¹ Université Toulouse – Paul-Sabatier, Faculté des sciences du sport et du mouvement humain, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex, France <bernard.thon@univ-tlse3.fr>

² Université Toulouse – Paul-Sabatier, Inserm U1214, Toulouse NeuroImaging Center, CHU Purpan, Pavillon Baudot Place du Dr Baylac 31024 Toulouse cedex 3, France

³ Université de Montréal, Département de kinésiologie, Station Downtown, PO Box 6128, Montréal, QC H3C 3J7, Canada

Pour citer cet article : Thon B, Albaret JM, Andrieux M, Ille A. Processus cognitifs et apprentissage des habiletés motrices. *Rev Neuropsychol* 2016 ; 8 (2) : 87-92 doi:10.1684/nrp.2016.0380

Résumé

Les processus cognitifs et les processus sensorimoteurs interagissent au cours de la pratique d'habiletés motrices, avec des conséquences sur la performance, la rétention et le transfert d'apprentissage. Certains travaux montrent que l'implication d'un effort cognitif (sollicité par les conditions de pratique ou l'autocontrôle de la situation par l'apprenant) améliore l'apprentissage. Cependant, la conscientisation de l'action et la focalisation de l'attention sur son exécution ont le plus souvent des effets négatifs sur la performance et l'apprentissage moteur, ce qui conforte l'hypothèse d'un dualisme fonctionnel entre l'esprit cognitif et le corps moteur. Cet article présente les travaux récents dans cette problématique et suggère qu'un facteur important réside dans la difficulté de la tâche à apprendre (relative au niveau d'expertise ou aux déficits moteurs de l'apprenant) qui module les effets des conditions de pratique. Quand le niveau de difficulté de la tâche et des conditions de pratique peut être choisi par l'apprenant, l'apprentissage est le plus généralement optimisé. Ces données doivent être prises en considération pour l'aménagement des conditions de pratique pour l'apprentissage ou la réhabilitation.

Mots clés : effort cognitif • difficulté de la tâche • attention • auto-contrôle

Abstract

Cognitive and sensori-motor processes interact during practice of a motor skill, with consequences on motor performance, memory and transfer of learning. Some experiments show that cognitive effort (incited by the conditions of practice or by the possibility given to the learner to control some parameters of the situation) improves motor skill learning. However, conscious control with a focus of attention allocated to task execution has detrimental effects on motor performance and learning, supporting a dualistic point of view considering a functional dissociation between a cognitive mind and a sensori-motor body. The present paper presents some experimental works dealing with these topics, and suggests that the level of task difficulty (related to the skill level or the motor deficiencies of the learner) is an important factor modulating the effects of the condition of practice. When the level of task difficulty and the conditions of practice can be chosen by the learner, motor skill learning is improved. These issues have to be taken into account for the setting of practice conditions for motor learning or rehabilitation.

Key words: cognitive effort • task difficulty • attention • self-control

■ Introduction

La distinction entre activités mentales et activités corporelles s'inscrit dans une longue histoire de la philosophie,

Correspondance :
B. Thon

puis de la psychologie et plus récemment des neurosciences. Si la formalisation de ce dualisme en termes d'une différence de nature (ou de « substance ») entre l'âme et le corps est exclue par la psychologie scientifique, elle n'a jamais complètement abandonné l'idée selon laquelle les fonctions mentales et les processus sensorimoteurs sont sous-tendus par des systèmes différents. C'est ainsi

que plusieurs auteurs établissent une différenciation entre les niveaux cognitifs et sensorimoteurs ou entre les systèmes « pragmatiques » et « sémantiques » [1]. Ce dualisme « fonctionnel » a aussi été conforté par des données neuropsychologiques et comportementales révélant l'existence de deux systèmes visuels, l'un spécialisé dans le contrôle de l'action, l'autre dans la reconnaissance des objets [2].

Ces deux niveaux de fonctionnement sont sollicités conjointement lors de l'apprentissage de nouvelles habiletés motrices. Confronté à une nouvelle tâche, le sujet apprenant doit tout d'abord comprendre les consignes qui lui sont données, se représenter le but de la tâche, élaborer une première ébauche de la séquence motrice destinée à atteindre ce but et anticiper les conséquences sensorielles qui doivent être reçues pendant l'exécution [3]. Pendant la production de l'action, de nombreuses informations sensorielles (notamment visuelles et kinesthésiques) sont générées [4] et comparées à celles attendues grâce à des boucles de rétroactions permettant la correction des erreurs détectées. Enfin, la connaissance du résultat obtenu par rapport au but recherché permet, par une autre boucle de rétroaction, de corriger le mouvement lors de l'essai suivant [5].

L'apprentissage d'une habileté motrice peut aussi faire appel à l'observation d'un modèle, la répétition mentale de la séquence d'action ou des instructions verbales données par autrui. Dans tous les cas, le sujet apprenant est amené à « penser » le mouvement afin de traduire les données d'observation ou les instructions verbales en action motrice [6], et il est légitime de s'interroger sur les relations entre l'esprit « pensant » et le corps « moteur » dans l'acquisition des habiletés motrices ou la production d'un mouvement orienté vers un but.

L'apprentissage des habiletés motrices propose donc des situations privilégiées pour l'étude des relations entre l'esprit et le corps, la cognition et la motricité, la pensée et le mouvement. Nous verrons que ces relations peuvent être ambiguës : positives lorsque la situation sollicite un effort cognitif, mais parfois négative si la conscience et l'attention sont centrées sur l'exécution du mouvement.

■ Effort cognitif et apprentissage des habiletés motrices

Typiquement, lors d'un essai de pratique d'une tâche motrice à apprendre, le sujet apprenant construit un programme moteur (anticipation des commandes motrices qui devront être envoyées aux effecteurs), puis exécute le programme et reçoit en retour des informations sensorielles qui l'informent sur les conséquences du mouvement en cours et lui permettent de le corriger. Lorsque le mouvement est terminé, le sujet apprenant reçoit un *feedback* sur le résultat obtenu en référence à celui souhaité (connaissance du résultat) [3]. Ces informations en retour (reçues pendant, puis après le mouvement) doivent être mises en relation et

mémorisées pour pouvoir être utilisées lors de l'essai suivant pour corriger les paramètres du mouvement et améliorer la performance dans la tâche [5, 7]. Au moins chez le débutant, les processus cognitifs et notamment ceux impliqués dans la mémorisation sont fortement sollicités. À la suite des travaux de Battig en 1966, sur la mémoire verbale [8], Shea et Morgan [9] firent l'hypothèse selon laquelle la mémorisation à long terme d'un apprentissage moteur sera meilleure si les conditions de pratique provoquent une interférence en mémoire de travail, rendant difficile le maintien dans ce registre des informations liées à la production du mouvement et au résultat obtenu. Le sujet apprenant doit alors faire l'effort de chercher à stabiliser ces informations en mémoire à long terme. Cette interférence peut être provoquée par une succession aléatoire des tâches demandées d'un essai à l'autre et elle est alors qualifiée d'interférence « contextuelle ». Dans leur expérience princeps, Shea et Morgan [9] demandaient aux participants, lors d'un essai de pratique, d'effectuer une séquence de mouvements de la main vers trois cibles, le plus rapidement possible. Trois séquences différentes étaient pratiquées. Pour un groupe de participants, chaque séquence était pratiquée au cours de 18 essais successifs (pratique bloquée). Pour le second groupe, les séquences se succédaient aléatoirement d'un essai à l'autre (pratique aléatoire). Un test de rétention était ensuite proposé dix minutes ou dix jours après la fin de la séance initiale de 54 essais. Les résultats montraient clairement que les participants qui avaient pratiqué les tâches dans des conditions d'interférence contextuelle provoquée par leur succession aléatoire présentaient une amélioration des performances plus lente, au cours de l'acquisition initiale que celle observée en pratique bloquée. Cependant, ils manifestaient un bien meilleure mémorisation de l'apprentissage que les participants qui avaient pratiqué les trois séquences dans des blocs d'essais successifs. Les effets positifs de la pratique aléatoire (par rapport à la pratique bloquée) sur la mémorisation et le transfert d'apprentissage ont par la suite été retrouvés dans de très nombreuses expériences [10].

Deux hypothèses, non contradictoires, ont été avancées pour expliquer ces effets de l'interférence contextuelle. Selon l'hypothèse « d'élaboration », la confrontation avec des tâches différentes d'un essai à l'autre permet à l'apprenant de construire une représentation plus riche de l'ensemble des tâches, de repérer ce qu'elles ont en commun et de distinguer leurs particularités [9]. L'hypothèse de « reconstruction » considère que l'interférence contextuelle due au changement de tâche d'un essai à l'autre provoque un oubli en mémoire de travail des informations liées à la production de l'action, obligeant le participant à reconstruire le programme moteur à chaque essai à partir d'informations gardées en mémoire à long terme [10]. À l'inverse, en pratique bloquée, la même tâche étant demandée au cours de plusieurs essais successifs, ces informations peuvent être gardées en mémoire de travail, sans que la mémoire à long terme soit sollicitée. Dans les deux hypothèses, la mémorisation et le transfert

d'apprentissage sont favorisés par l'effort cognitif dans lequel l'apprenant doit s'engager pour améliorer ses performances avec la pratique.

Cependant, ces effets sont modulés par la difficulté de la tâche à apprendre, difficulté qui elle-même détermine un certain niveau d'effort cognitif impliqué dans la programmation, le contrôle de l'exécution du mouvement et le traitement de la connaissance du résultat. Cette interaction a été démontrée par Albaret et Thon [11] dans l'apprentissage de reproduction de figures géométriques composées de deux, trois ou quatre segments. Lors d'un essai de pratique, une figure s'affichait sur l'écran de l'ordinateur et le participant devait la reproduire sur une tablette graphique, sans retour visuel sur son mouvement. La connaissance du résultat était ensuite donnée en superposant la trace des déplacements du stylet sur le modèle à reproduire. Lors de la séance d'acquisition initiale, trois figures différentes étaient pratiquées, soit par blocs d'essais successifs, soit de façon aléatoire. Six groupes de participants étaient constitués selon l'organisation de la pratique (bloquée ou aléatoire) et la complexité des figures (deux, trois ou quatre segments), la précision spatiale de la reproduction étant évaluée sur les deux premiers segments uniquement. À la suite de cette séance initiale d'apprentissage, les participants sont testés dans deux séances (15 minutes et 24 heures après) comportant des essais de rétention (avec les mêmes figures que lors de l'acquisition) et de transfert (avec des figures nouvelles). Les résultats montrent que les effets d'interférence contextuelle (meilleure rétention et transfert suite à une pratique aléatoire) ne sont observés que pour les participants qui apprennent à reproduire les figures les plus simples (deux ou trois segments). Pour l'apprentissage des figures les plus complexes (quatre segments), la rétention et le transfert d'apprentissage sont identiques pour les deux conditions de pratique [11]. Même en pratique bloquée, la production des figures complexes et le traitement de la connaissance du résultat (comparaison du tracé et du modèle) entraîneraient un « oubli » en mémoire de travail d'un essai à l'autre, produisant ainsi une interférence analogue à celle produite par la pratique aléatoire et sollicitant un effort cognitif similaire à celui demandé par la pratique aléatoire. Il faut cependant noter que d'autres travaux n'ont pas retrouvé cette interaction entre difficulté de la tâche et organisation de la pratique. Par exemple, l'apprentissage de nœuds simples ou complexes bénéficie de la même façon d'une pratique aléatoire, aussi bien chez des participants novices que chez des experts [12].

Ces effets de la complexité de la tâche peuvent aussi expliquer les effets différentiels de l'organisation de la pratique qui sont parfois observés selon le niveau d'expertise des pratiquants. Il apparaît ainsi qu'une présentation des tâches par blocs d'essais est préférable en début de pratique, une présentation aléatoire des tâches ne devant intervenir que lorsque l'apprenant a commencé à maîtriser la forme générale du mouvement, et doit en améliorer les paramètres pour les adapter à l'atteinte du but de la tâche [13].

La complexité de la tâche et l'effort pour la réaliser peuvent aussi être liés à des dysfonctionnements sensorimoteurs comme ceux observés dans la maladie de Parkinson. Certains travaux [14] montrent que l'interférence contextuelle induite par la pratique aléatoire détériore la rétention d'un apprentissage (lors d'un test 48 h après la séance initiale) chez ces patients alors qu'elle la favorise chez les pratiquants témoins. De même, les patients atteints de la maladie d'Alzheimer ne bénéficient pas d'une pratique aléatoire lors de l'apprentissage d'une tâche de lancer de précision [15]. La difficulté induite par la structuration de la situation d'apprentissage interfère avec la difficulté à exécuter les mouvements demandés ou à la difficulté à garder en mémoire à long terme les informations liées à la production d'un essai de pratique et nécessaires pour progresser d'un essai à l'autre. Les résultats expérimentaux observés chez des participants sains sont donc difficilement généralisables à des patients souffrant de troubles moteurs et cognitifs.

Tous ces travaux, qui montrent que la difficulté de la situation d'apprentissage induite par l'organisation de la pratique interfère avec la difficulté (relative aux capacités de l'apprenant) du mouvement à apprendre, sont cohérents avec l'idée que l'apprentissage est facilité si la difficulté à laquelle l'apprenant est confrontée correspond à un optimum, appelé *challenge point* [16]. Si la tâche et les conditions de pratique sont trop faciles, l'apprenant est certain de réussir et l'exécution du mouvement n'apporte aucune information pour progresser. Si la difficulté est trop élevée, l'apprenant est certain d'échouer et, dans ce cas aussi, il n'apprend rien après l'essai de pratique. Il existe donc un niveau de difficulté « fonctionnelle » optimal qui évolue avec la pratique, et doit être adapté aux progrès de l'apprenant, soit en modulant la difficulté en fonction de ses performances, soit en lui laissant la possibilité de déterminer, avant chaque essai, le niveau de difficulté qu'il souhaite [17, 18]. Ces derniers travaux s'inscrivent dans le cadre général de l'autocontrôle de la situation d'apprentissage par le sujet apprenant [19]. Ainsi, l'apprentissage est facilité si, au lieu d'imposer à l'apprenant les paramètres de la situation, on lui laisse la possibilité de les choisir. Ces paramètres peuvent concerner la connaissance du résultat, le guidage visuel de l'action, l'observation d'un modèle ou la succession des tâches. Ces effets bénéfiques de l'autocontrôle de la situation d'apprentissage ont été démontrés chez des patients parkinsoniens [20]. Les patients devaient maintenir leur équilibre sur un stabilomètre en gardant la plateforme horizontale. Dans le groupe expérimental (*self-control*), les patients pouvaient demander, avant chaque essai, à pouvoir s'aider d'un bâton pour maintenir plus facilement leur équilibre. Dans le groupe témoin (*yoked*), chaque patient était apparié à un patient du groupe expérimental et subissait les choix de ce dernier. Dans un test de rétention (sans bâton) 24 heures après, les patients qui avaient pu choisir de bénéficier ou pas de l'aide ont montré de meilleures performances que celles du groupe témoin.

Les bénéfices de l'autocontrôle sur l'apprentissage sont interprétés en référence aux processus de traitement de l'information et aux processus motivationnels. Dans le premier cas, on considère que l'apprenant est le mieux placé pour déterminer le niveau optimal de difficulté de la situation, le besoin de répétition de la même tâche avant de passer à la suivante, l'utilité d'obtenir un *feedback* sur son action, de recevoir des conseils ou une démonstration de la tâche [18, 19]. Par ailleurs, la possibilité donnée à l'apprenant d'exercer un contrôle sur certains paramètres de la situation peut augmenter sa motivation et susciter un engagement plus important dans l'apprentissage se traduisant par un effort cognitif et la recherche active de stratégies d'apprentissage. Cet effet motivationnel a été bien démontré dans une expérience où les participants devaient apprendre une tâche de précision (*put*) en golf. Les participants qui pouvaient, à chaque essai, choisir la couleur de la balle surpassaient lors d'un test de rétention à long terme ceux auxquels la couleur était imposée [21]. Dans la mesure où la couleur de la balle n'est pas une information déterminante dans la réussite de la tâche et l'apprentissage, cet effet démontre bien que l'autonomie laissée au sujet apprenant facilite l'apprentissage par une augmentation de sa motivation.

■ Conscientisation de l'action et focalisation attentionnelle

Si le rôle bénéfique des processus cognitifs dans l'acquisition et la mémorisation des habiletés motrices est bien montré, si les neurosciences cognitives établissent leurs relations fonctionnelles et structurales, il reste cependant à situer plus précisément leur intervention respective dans la production du mouvement et l'apprentissage moteur. En effet, pour beaucoup d'auteurs, les processus cognitifs ne doivent pas s'immiscer dans les processus de contrôle du mouvement au risque de ralentir son exécution ou d'empêcher l'automatisation du geste. Une cognitivisation trop importante de l'exécution de l'action peut aussi conduire à une perturbation de son déroulement notamment en situation de stress [22]. Ceci a conduit beaucoup d'auteurs à considérer que les processus cognitifs de haut niveau ne doivent pas être systématiquement sollicités au cours de l'apprentissage et que la pensée devait être déconnectée des processus sensorimoteurs pendant la réalisation d'une action motrice. Par exemple, lorsque des instructions verbales sont données aux participants pour leur indiquer la meilleure technique à adopter pour réaliser une action complexe, l'acquisition est plus lente que lorsqu'ils ne sont pas instruits [23]. On oppose ainsi l'apprentissage « guidé » par des consignes et en sollicitant un traitement cognitif pour les traduire en procédures motrices, et l'apprentissage « par la découverte », souvent qualifié d'implicite, et qui préserve l'autonomie des processus sensorimoteurs.

Le guidage cognitif de l'action motrice peut aussi concerner les processus attentionnels, et notamment la focalisation de l'attention vers les sources d'information liées au mouvement. On peut distinguer deux grands types de focus attentionnels [24, 25] selon qu'il porte sur les sensations produites par le mouvement (focus interne [FI]) ou sur le but à atteindre (focus externe [FE]). Lorsqu'on engage l'apprenant à utiliser un FE l'apprentissage et/ou la performance dans la tâche sont améliorés par rapport à une focalisation interne [25, 26]. Par exemple, les performances pendant la session d'acquisition et la rétention à long terme de l'apprentissage dans une tâche de maintien de l'équilibre sur un stabilomètre sont favorisées si on demande aux participants de maintenir à l'horizontale deux repères placés à côté de leurs pieds (FE) plutôt que de maintenir leurs pieds à l'horizontale (FI) chez des sujets sains ou des patients parkinsoniens [27]. Plus la distance entre les repères et les pieds est grande, plus l'effet de la focalisation externe est bénéfique. Ces résultats ont été maintes fois retrouvés dans des tâches de précision [26, 28], de coordination bimanuelle, de maximisation de la détente verticale ou du saut en longueur. Dans la situation de départ en sprint, la focalisation de l'attention sur la coordination des effecteurs (bras, jambes) se traduit par un allongement du temps de réaction au signal de départ et un ralentissement de la vitesse de course sur les dix premiers mètres par comparaison à la situation de FE, où les participants doivent se centrer sur l'objectif à atteindre [29].

Les effets d'un focus attentionnel externe ou interne en fonction de l'expertise du pratiquant dans la tâche ne sont pas toujours cohérents : certains travaux montrent que ces effets sont indépendants du niveau d'expertise du pratiquant dans la tâche [29] mais plusieurs auteurs suggèrent que le bénéfice d'une focalisation externe de l'attention serait plus important chez les experts que chez les novices dans la tâche pratiquée. Enfin, nous avons déjà cité les travaux montrant un effet positif d'un FE dans l'apprentissage du maintien de l'équilibre sur un stabilomètre chez des patients parkinsoniens [27] et d'autres études montrent les mêmes effets chez des enfants présentant des troubles de l'attention [30].

Les effets de la focalisation attentionnelle sont aussi modulés par l'organisation de la pratique et l'interférence contextuelle [31]. Dans cette expérience, les participants devaient apprendre à réaliser une séquence de deux appuis sur un clavier en un temps déterminé (800 ms) avec deux variations : 600 ms puis 200 ms ou 200 ms puis 600 ms respectivement pour le premier et le second déplacements. Ces deux variations de la tâche sont pratiquées, soit de façon bloquée, soit de façon aléatoire. La focalisation de l'attention était manipulée en demandant au participant, soit d'évaluer la hauteur d'un son (FE), soit de verbaliser la direction du mouvement au moment de l'apparition du son (FI). Dans la condition de pratique bloquée (faible interférence contextuelle), la rétention à long terme de cet apprentissage est facilitée par un FE et détériorée par un FI. Par contre, le type de focus attentionnel n'a pas d'influence sur la rétention si la pratique était aléatoire. On peut

donc penser que l'effort cognitif suscité par l'interférence contextuelle atténue les effets négatifs d'un focus attentionnel interne sur l'apprentissage.

L'interprétation la plus souvent proposée pour expliquer les effets du type de focus attentionnel se réfère à l'hypothèse de l'« action contrainte » (*constrained action hypothesis*) [24], qui considère que la focalisation de l'attention sur le but de l'action permet aux processus perceptivo-moteurs de se dérouler de façon autonome, « naturelle » et automatique. Au contraire, une focalisation interne introduit un mode de fonctionnement conscientisé, qui entre en conflit avec les processus sensorimoteurs [32].

■ Conclusion

L'intervention des processus cognitifs dans l'apprentissage des habiletés motrices semble avoir des effets parfois contradictoires : positifs lorsqu'ils sont suscités par la difficulté de la situation (notamment en situation d'interférence contextuelle) ou l'imagerie mentale, ils se révèlent néfastes lorsqu'ils interviennent dans le traitement de consignes verbales [33] ou la conscientisation des informations liées à l'exécution du mouvement (focalisation interne de l'attention). Cependant, ces contradictions peuvent être levées si on considère que les processus cognitifs participent à l'apprentissage s'ils interviennent avant la production du mouvement (planification, reconstruction du mouvement, répétition mentale, etc.) ou après (traitement de l'erreur, analyse du résultat obtenu) mais pas en concurrence avec sa production et la mise en œuvre des processus sensorimoteurs qui participent au contrôle de l'exécution. C'est notamment l'idée qui sous-tend la stratégie en cinq étapes (*five-step strategy*) proposée par Singer *et al.* [34], qui associe :

- la préparation mentale pour atteindre un état de confiance ;
- l'imagination du mouvement à effectuer ;
- la focalisation de l'attention sur le but à atteindre ;
- l'exécution déconnectée de la pensée (*just do it*) ;

– l'évaluation de l'action, de son résultat et des procédures qui l'ont précédé.

Les travaux récents, montrant qu'un focus attentionnel externe réduit le « bruit » dans le signal électromyographique des muscles sollicités dans un mouvement de lancer de précision [28, 35], renforcent cette idée que la déconnexion entre la « pensée » et le mouvement est un facteur positif dans la performance motrice et l'apprentissage. En effet, l'activité électromyographique des muscles agonistes impliqués dans un geste de précision diminue en condition de FE, ce qui constitue un indicateur d'une plus grande économie dans la production du mouvement et d'une raideur musculaire moins importante [28] favorisant le contrôle de sa précision. Ceci devrait être pris en considération dans les procédures d'intervention en éducation motrice, en entraînement sportif ou dans la réhabilitation des troubles de la motricité [19, 36]. Dans leur ensemble, ces résultats confortent l'hypothèse d'une dissociation des processus de contrôle de l'action motrice et des processus cognitifs de haut niveau, et sont en accord avec les conceptions qui proposent un dualisme « fonctionnel » entre l'esprit cognitif et le corps sensorimoteur.

Enfin, une des conclusions les plus importantes des travaux récents concerne les effets positifs de l'implication du sujet apprenant dans le choix des paramètres de la situation qui, au-delà de l'effort cognitif qu'elle permet d'optimiser [16], renforce aussi la motivation et donc l'engagement de l'apprenant dans la recherche de stratégies d'apprentissage [17, 21]. Ces stratégies d'autocontrôle pourraient être privilégiées non seulement dans l'optimisation de l'apprentissage de nouvelles habiletés motrices mais aussi dans la récupération de troubles de la motricité induits par des maladies chroniques (comme la maladie de Parkinson) ou des lésions centrales du système nerveux [19, 25, 37]. ■

Liens d'intérêts

les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

Références

1. Jeannerod M. The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behav Brain Sci* 1994; 17: 187-202.
2. Goodale MA, Milner AD. Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neurosci* 1992; 15: 20-5.
3. Schmidt RA, Lee TD. *Motor control and learning. A behavioral emphasis*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.
4. Berthoz A. *Le sens du mouvement*. Paris: Odile Jacob, 1996.
5. Salmoni AW, Schmidt RA, Walter CB. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychol Bull* 1984; 95: 355-86.
6. Thon B, Cadopi M. Penser le mouvement. In : Borillo M, éd. *Approche cognitive de la création artistique*. Bruxelles: Mardaga, 2005.
7. Dupuis J, Thon B. Motor learning, motor memory, and error processing: a correlational study in a ball throwing task. *Cah Psychol Cogn Curr Psychol Cogn* 2000; 19: 395-415.
8. Battig WF. Facilitation and interference. In : Bilodeau EA, éd. *Acquisition of skill*. New York: Academic Press, 1966, 215-44.
9. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *J Exp Psychol Hum Learn Mem* 1979; 5: 179-87.
10. Magill RA, Hall KG. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Hum Mov Sci* 1990; 9: 241-89.
11. Albaret JM, Thon B. Differential effects of task complexity on contextual interference in a drawing task. *Acta Psychologica* 1998; 100: 9-24.
12. Ollis S, Button C, Fairweather M. The influence of professional expertise and task complexity upon the potency of the contextual interference effect. *Acta Psychologica* 2005; 118: 229-44.
13. Porter JM, Magill RA. Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. *J Sports Sci* 2010; 28: 1277-85.

14. Lin CH, Sullivan KJ, Wu AD, *et al.* Effect of task practice order on motor skill learning in adults with Parkinson disease: a pilot study. *Phys Ther* 2007; 87 : 1120-31.
15. Dick MB, Andel R, Hsieh S, *et al.* Contextual interference and motor skill learning in Alzheimer's disease. *Aging Neuropsychol Cogn* 2000; 7 : 273-87.
16. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *J Mot Behav* 2004; 36 : 212-24.
17. Andrieux M, Boutin A, Thon B. Self-control of task difficulty during early practice promotes motor skill learning. *J Mot Behav* 2016; 48 : 57-65.
18. Andrieux M, Danna J, Thon B. Self-control of task difficulty during training enhances motor learning of a complex coincidence-anticipation task. *Res Q Exerc Sport* 2012; 83 : 27-35.
19. Wulf G. Self-controlled practice enhances motor learning: implications for physiotherapy. *Physiotherapy* 2007; 93 : 96-101.
20. Chiviawosky S, Wulf G, Lewthwaite R, *et al.* Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait Posture* 2012; 35 : 601-5.
21. Lewthwaite R, Chiviawosky S, Drews R, *et al.* Choose to move: the motivational impact of autonomy support on motor learning. *Psychon Bull Rev* 2015; 22 : 1383-8.
22. Beilock SL, Gray R. Why do athletes "choke" under pressure?. In : Tenenbaum G, Eklund RC, éd. *Handbook of sport psychology*, 3rd Ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2007.
23. Wulf G, Weigelt C. Instructions about physical principles in learning a complex motor skill: to tell or not to tell. ... *Res Q Exerc Sport* 1997; 68 : 362-7.
24. Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: a review. *Psychon Bull Rev* 2001; 8 : 648-60.
25. Wulf G. *Attention and motor skill learning*. Champaign, IL : Human Kinetics, 2007.
26. Wulf G, Lauterbach B, Toole T. The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Res Q Exerc Sport* 1999; 70 : 120-6.
27. Landers M, Wulf G, Wallmann H, *et al.* An external focus of attention attenuates balance impairment in patients with Parkinson's disease who have a fall history. *Physiotherapy* 2005; 91 : 152-8.
28. Lohse KR, Sherwood DE, Healy AF. How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. *Hum Mov Sci* 2010; 29 : 542-55.
29. Ille A, Selin I, Do M-C, *et al.* Attentional focus effects on sprint start performance as a function of skill level. *J Sports Sci* 2013; 31 : 1705-12.
30. Saemi E, Porter J, Wulf G, *et al.* Adopting an external focus of attention facilitates motor learning in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Kinesiology* 2013; 45 : 179-85.
31. Raisbeck LD, Regal A, Diekfuss JA, *et al.* Influence of practice schedules and attention on skill development and retention. *Hum Mov Sci* 2015; 43 : 100-6.
32. Kal EC, van der Kamp J, Houdijk H. External attentional focus enhances movement automatization: a comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Hum Mov Sci* 2013; 32 : 527-39.
33. Rendell MA, Masters RSW, Farrow D. The paradoxical role of cognitive effort in contextual interference and implicit motor learning. *Int J Sport Psychol* 2009; 40 : 636-47.
34. Singer RN, Flora LA, Abourezk TL. The effect of a five-step cognitive learning strategy on the acquisition of a complex motor task. *J Appl Sport Psychol* 1989; 1 : 98-108.
35. Zachry T, Wulf G, Mercer J, *et al.* Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Res Bull* 2005; 67 : 304-9.
36. Durham KF, Sackley CM, Wright CC, *et al.* Attentional focus of feedback for improving performance of reach-to-grasp after stroke: a randomised crossover study. *Physiotherapy* 2014; 100 : 108-15.
37. Yoon J-G, Yook D-W, Suh S-H, *et al.* Effects of self-controlled feedback on balance during blocked training for patients with cerebrovascular accident. *J Phys Ther Sci* 2013; 25 : 27-31.