

Processus d'apprentissage moteur et approche rééducative différentielle

UMR 7287, institut des sciences du mouvement E.J. Marey, faculté des sciences du sport (UFR STAPS), CNRS et université de la Méditerranée, Aix Marseille université, 163, avenue de Luminy, CP 910, 13288 Marseille cedex 9, France

Serge Mesure

RÉSUMÉ

Après avoir donné les grandes notions liées à l'apprentissage sensorimoteur (ASM), l'auteur envisage les applications théoriques qui en découlent. Adaptée à la rééducation, l'ASM peut être améliorée en suscitant la motivation du sujet, en lui montrant préalablement le geste, en lui faisant pratiquer dans différents contextes et en commentant le résultat produit.

Niveau de preuve. – Non adapté.

© 2012 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

SUMMARY

After presenting the main principles of sensorimotor learning (SML), the author looks at the consequent theoretical applications. Adapted for rehabilitation, SML can be enhanced by motivating the subject, demonstrating gestures in advance, having them practised in varying contexts, and commenting on the result.

Level of evidence. – Non applicable.

© 2012 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

APPRENTISSAGE ET APPRENTISSAGE SENSORIMOTEUR

L'apprentissage ne peut pas être observé directement, il s'analyse à partir de l'observation du comportement [1]. En effet, l'apprentissage est le processus de changement de l'état interne d'un sujet qui résulte de la pratique ou de l'expérience et qui peut être interprété par l'analyse de sa performance [2]. Il se réalise en général de manière implicite, c'est-à-dire sans intervention de la conscience. Cela conduit les sujets à l'amélioration observable de leur habileté motrice et, finalement, de la performance. L'habileté motrice peut être définie comme la capacité d'atteindre le but fixé par la tâche, de façon stable, précise, rapide et avec le minimum de coût énergétique ou attentionnel.

L'apprentissage est le
résultat de la pratique
motrice ou de l'expérience.

Il convient d'ajouter à cette définition que les transformations qui résultent de l'apprentissage doivent présenter une certaine permanence. En effet, l'apprentissage conduit à des changements relativement permanents de l'habileté motrice [3], ce qui le distingue de la performance temporaire. Ainsi, on peut définir des variables d'apprentissage qui produisent des changements relativement permanents dans le comportement des sujets (exemple : la connaissance du résultat) et des variables de performance qui n'affectent que temporairement l'efficacité des actions (exemple une récompense). Il ne peut y avoir d'apprentissage sans motivation de l'apprenant. Cela signifie que l'enseignant doit être attentif

Mots clés

Apprentissage
sensorimoteur
Éducation
Rééducation
Sensorimotricité

Keywords

Sensorimotor learning
Teaching
Rehabilitation
Sensorimotor function

Adresse e-mail :
serge.mesure@univ-amu.fr

à donner du sens aux situations d'apprentissage en tenant compte des représentations et des aspirations des individus ou patients.

L'apprentissage n'est donc pas un processus uniforme dans le temps et nous pouvons distinguer trois phases d'apprentissage [4,5].

La phase cognitive qui marque le début de la pratique. Elle est caractérisée par une activité importante de verbalisation portant sur les buts à poursuivre, les procédures à utiliser, les critères de réalisation des actions et les critères de réussite. Sur le plan comportemental, cette phase se traduit par une séquentialisation de la tâche en sous-tâches. Cette séquentialisation a pour but de faciliter le contrôle pas à pas de la réalisation. Le sujet établit un état de la situation après chaque séquence réalisée.

La phase associative et la phase autonome qui traduisent l'automatisation progressive des processus de production et de contrôle des actions motrices. Au fil de la pratique, l'autonomie du sujet se traduit par l'association entre les conditions initiales et les procédures à utiliser sans recours préalable au contrôle cognitif (verbalisation). Il apprend également à évaluer les résultats de son action sans un recours systématique aux informations sensorielles en retour données par l'enseignant. Au cours des phases associatives et autonomes, le sujet intègre les sous-tâches en une unité de niveau supérieur. Il n'exerce plus alors qu'un contrôle intermittent de la procédure en cours d'exécution en portant son attention sur certains points précis de cette procédure.

Le phénomène d'apprentissage sensorimoteur : « ensemble de processus associés à l'exercice ou l'expérience conduisant à des modifications relativement permanentes du comportement habile » (Schmidt [6]), accreditée l'hypothèse d'une stratégie élaborée et centrée sur les éléments informatifs permettant de faire, d'une part, l'économie d'une exploration exhaustive et, d'autre part, d'éviter l'effet de la précipitation manifestée lorsque le temps imparti à l'exploration d'un nombre donné d'éléments du champ est limité. Le sujet qui « anticipe » est donc celui qui relève dans la situation à laquelle il est confronté des indices perceptifs qui lui permettent de réduire l'incertitude événementielle spatiale ou temporelle de cette situation et par voie de conséquence d'y faire face de manière efficiente. Cela correspond à la tendance générale de tout processus d'apprentissage, qui est d'inclure dans la commande centrale tout ce qui est possible pour l'accomplissement de l'acte moteur, avec passage d'un processus avec *feed-back* à un processus en *feed-forward* [7].

La performance motrice peut donc être considérée comme le produit de l'adaptation du système cognitif et sensorimoteur du sujet aux contraintes des situations auxquelles il est confronté. L'apprentissage représente la théorie du contrôle moteur qui doit être capable de proposer une base vérifiable pour expliquer les changements de la performance à travers le temps sur la base

d'une perception qui intervient dans la détection et le prélèvement de l'information disponible.

L'habileté motrice doit ainsi requérir une coordination, de préférence multi-segmentaire ou posturo-segmentaire, qui peut être cyclique ou discrète, symétrique ou asymétrique. Cette coordination doit être finalisée par une performance quantifiable (vitesse d'exécution, précision, force...) qui vont être les bases de la construction de toute échelle d'évaluation de la performance. Une relation non équivoque doit exister entre la coordination et la performance ; toute modification de la coordination doit se traduire par un changement de la performance. La performance doit résulter de la coordination entre des variables perceptuelles et des variables d'actions identifiables et quantifiables. Cette coordination implique la participation des aires associatives préfrontales, pariétales et des noyaux de la base.

Dans un deuxième temps, les liens temporels entre les stimuli sensoriels et les réponses motrices ce qui correspond à l'automatisation proprement dite, se consolident et le mouvement devient stéréotypé.

À ce stade, le cervelet intervient de façon prépondérante avec une participation non négligeable du néostriatum [8].

APPLICATIONS THÉORIQUES

L'exécution d'un mouvement peut présenter des caractéristiques différentes selon le nombre et la nature des effecteurs sollicités, la vitesse de l'exécution et l'interaction des forces actives et passives mises en jeu. La connaissance qui précise les différents paramètres qui gèrent la posture et les phénomènes posturaux, doit amener le clinicien ou le rééducateur à coordonner son action sur le renforcement ou la suppléance des déficits. Cette action devra être réalisée en gardant constamment à l'esprit que l'être humain est un outil de prise d'information sensorielle et que, lié à la gravité, il peut structurer un ensemble de réponses motrices multiples et variées en fonction de la spécificité de la tâche [9]. Nous intégrons là l'ensemble des facteurs, physiologiques, mécaniques et cognitifs présents dans nos activités quotidiennes. Néanmoins, quelques grandes idées peuvent être résumées concernant la prise en charge éducative ou rééducative des troubles posturaux (base de tous les mouvements humains) en se basant sur les théories de la mise en place des programmes moteurs, tout en restant attaché à la conception d'un double niveau sensorimoteur avec processus adaptatif et cognitif du traitement des informations avec notion de charge attentionnelle par le système nerveux [10], comme suit :

- considérant le rôle organisateur, calibreur de l'action et plus spécifiquement le rôle de l'action intentionnelle, il paraîtrait opportun de distinguer les opérations éducatives portant sur l'espace des formes de celles intéressant les localisations dans l'espace des lieux. Réaliser des mouvements de pointage de cibles visuelles tactiles ou sonores, diriger ses activités dans un espace orienté, c'est opérer dans l'espace des lieux, engendrer des formes motrices impliquant le corps dans son ensemble comme dans la danse, ou un segment privilégié du corps comme dans l'écriture, c'est opérer dans l'espace des formes.

Dans chacune de ces deux approches, le champ des informations sensorielles revêt une importance toute particulière. Les situations éducatives, où se trouve favorisée la mise en jeu des référentiels égocentriques (privilégiant l'intervention calibrante des informations proprioceptives réafférentes nées des mouvements actifs), jouent un rôle particulier dans la « calibration » de l'espace dans lequel le sujet évolue. La vision, tout particulièrement, permet une prise en compte de la gestion des segments actifs lorsque l'environnement n'est pas utilisé comme référentiel extérieur, en revanche cette même vision privilégie l'intervention des fonctions de cohérence du niveau cognitif et les opérations d'extraction d'invariance lorsque l'environnement est la source du référentiel exocentrique. Ces situations pourraient minimiser le rôle réorganisant des mouvements actifs au profit sans doute des stratégies cognitives et des mécanismes de stabilisation [11] :

- en partant de la connaissance des processus nerveux supposés impliqués dans la stabilisation de nouveaux circuits, il faut être tout particulièrement attentif à l'arrangement de situations éducatives qui préservent, au cours de la répétition des exercices

compensateurs, la disponibilité sous forme de configurations stables des informations, spécifiques ou contextuelles, jugées utiles au processus éducatif. L'organisation temporelle de ces configurations reste cruciale pour l'efficacité de l'exercice ;

- l'existence reconnue d'une certaine variété de typologies réactionnelles devrait être plus systématiquement prise en compte. Certains sujets sont plus visuels que proprioceptifs. Ils tendraient à mieux tirer parti des stratégies cognitives [12,13]. D'autres plus proprioceptifs adopteront préférentiellement des stratégies adaptatives du niveau sensorimoteur. Ces deux stratégies sont parfois incompatibles et peuvent s'inhiber réciproquement. Mais certains sujets apparaissent aussi capables de tirer profit de ces deux stratégies utilisées en parallèle avec addition de leurs effets positifs. La recherche d'outils d'identification de ces typologies pourrait contribuer à mieux orienter le choix de pratiques éducatives individuelles [14] ;
- enfin, il est nécessaire de garder à l'esprit au niveau de l'organisation nerveuse, l'existence de canaux de traitement de l'information parallèles et redondants susceptibles de contribuer, en combinaisons variées, à des productions perceptives ou comportementales de même nature. Cette redondance de circuits disponibles pour atteindre la même finalité offre une variété de solutions possibles aux thérapeutes, éducateurs, et entraîneurs, de manière à solliciter chez le sujet les structures et les mécanismes vicariants pour la réalisation de la tâche [11,15] (Fig. 1).

L'ensemble de ces processus d'apprentissage doit par ailleurs se distinguer en fonction de la préconnaissance des programmes moteurs à mettre en place. C'est la particularité de l'atteinte pathologique (neurologique ou autre) qui tente d'appliquer les processus cognitifs de la

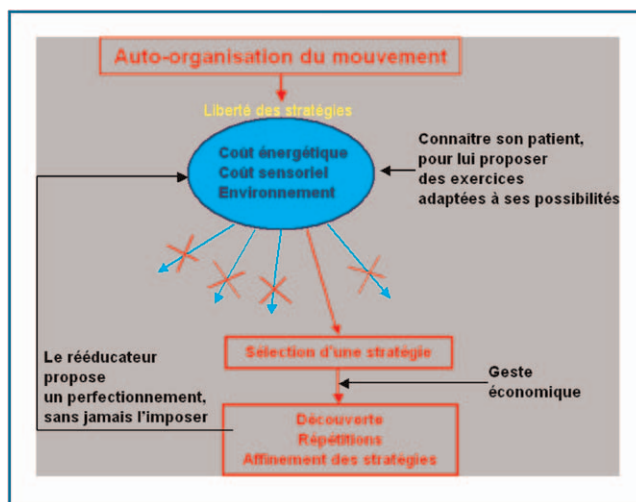


Figure 1. Schéma de l'auto-organisation du mouvement expliquant à partir des informations sensorielles, énergétiques et environnementales comment le patient sélectionne une stratégie qu'il va ensuite automatiser. Le rôle du rééducateur dans ce processus est de guider le patient, puis ensuite de perfectionner cette stratégie, mais en aucun cas de le contraindre.

tâche à réaliser sur une structure physiologique qui ne répond plus aux mêmes caractéristiques et exigences. Ce phénomène de ré-apprentissage qui consiste trop souvent à ré-utiliser les mêmes programmes moteurs et stratégies d'action est source de retard rééducatif par l'absence de mise en place et de l'utilisation des différents principes que nous venons d'évoquer précédemment (Encadré 1).

APPRENTISSAGE MOTEUR ET PRINCIPES DE RÉÉDUCATION

La performance motrice doit être considérée comme le produit de l'adaptation du système humain, aux contraintes des situations auxquelles il est confronté et de la détection, le prélèvement de l'information disponible en fonction de son expertise dans un domaine spécifique et de son vécu antérieur. L'étude des activités motrices fait apparaître deux types de mécanismes. D'un côté, les actions dites automatiques sont produites par des structures situées au niveau du mésencéphale

Encadré 1

Exécution d'un mouvement

L'exécution d'un mouvement peut présenter des caractéristiques différentes selon le nombre et la nature des effecteurs sollicités, la vitesse de l'exécution et l'interaction des forces actives et passives mises en jeu. Ce qui sous-entend que tout processus rééducatif devra impérativement intégrer :

- le rôle organisateur, calibreur de l'action et plus spécifiquement le rôle de l'action intentionnelle en distinguant les opérations éducatives portant sur l'espace des formes de celles intéressant les localisations dans l'espace des lieux ;
- la connaissance des processus nerveux impliqués dans la stabilisation de nouveaux circuits permettant de préserver la disponibilité sous forme de configurations stables les informations, spécifiques ou contextuelles ;
- l'existence d'une certaine variété de typologies réactionnelles propre à chaque individu pour mieux tirer parti des stratégies cognitives et/ou des stratégies adaptatives sensorimotrices ;
- l'existence de canaux de traitement de l'information parallèles et redondants susceptibles de contribuer, en combinaisons variées, à des productions perceptives ou comportementales de même nature.

et plus en arrière dans le rhombencéphale et la moelle épinière, et d'un autre côté, les actions volontaires font appel à des structures supérieures (cortex cérébral, ganglions de la base...) situées dans l'axe cérébro-spinal [16]. Ces deux actions organisent un ensemble de mouvements dont la finalité est d'atteindre un but comportemental fixé et de rétablir ou de maintenir la posture normale face aux perturbations qui lui sont imposées.

La première étape, lors de la réalisation de toutes activités motrices, consiste à créer les éléments du répertoire des stratégies posturales, tels que la stabilisation de segments corporels et le mode de couplage des différentes articulations du corps. La deuxième étape consiste à apprendre à gérer ce répertoire. Il s'agit, en fait, d'apprendre à sélectionner, d'une part, les référentiels posturaux multiples (corporels et sensoriels), et, d'autre part, les modes de contrôle intersegmentaire, les plus pertinents en fonction de l'activité à exécuter et du contexte environnemental [17,18]. Cette conception se dégage de la théorie de l'apprentissage par émergence motrice : le mouvement est d'abord dominé par les interactions dynamiques passives entre segments ce qui rend le mouvement inefficace avec un contrôle de l'équilibre faible. Puis, le système va apprendre petit à petit à gérer ces interactions par la mise en place d'un contrôle musculaire actif de plus en plus adapté (co-contractions puis synergies). Enfin, le sujet va apprendre à utiliser cette dynamique passive pour réduire le contrôle musculaire actif [11].

Les paramètres éducatifs

Dans la perspective cognitive, le sujet est considéré comme un système de traitement de l'information assisté par des bases de connaissances stockées en mémoire et des mécanismes de rappel et d'utilisation des connaissances au sein des représentations. Dans ces conditions, le sujet apprend à optimiser l'ensemble des processus qui conduisent à la production de la réponse, tant sur le versant perceptif que sur le versant décisionnel et moteur.

Pour les mécanismes perceptif et décisionnel, l'apprentissage se traduit essentiellement par une augmentation de la quantité de connaissances mémorisées, par la structuration de ces connaissances et finalement par la « procéduralisation » des connaissances déclaratives [4].

Pour le versant moteur, c'est-à-dire ce qui se déroule après la phase perceptive et décisionnelle de choix de la réponse, deux aspects de l'apprentissage/rééducation peuvent être distingués selon leur nature fonctionnelle [19,20].

- les mécanismes de « coordination » qui sous-tendent l'élaboration des actions motrices complexes (par exemple, multi-segmentaires). Cette coordination se caractérise par l'élaboration d'une unité fonctionnelle

regroupant de façon ordonnée, organisée, l'ensemble des éléments du système d'action nécessaires pour réaliser la tâche. Cette unité est assemblée de façon spécifique en fonction des contraintes de la tâche, par exemple selon qu'il s'agit d'une tâche de coordination bimanuelle (jongler), de coordination multi-segmentaire (sauter en hauteur, nager) ou de coordination intrasegmentaire multi-articulaire (lancer une balle) ;

- les mécanismes de contrôle qui sont ceux qui permettent l'adaptation des coordinations aux exigences de la tâche à réaliser. C'est-à-dire de l'adaptation de la coordination aux exigences de la tâche à réaliser. Cette adaptation suppose « la paramétrisation » de la coordination en amplitude, en vitesse ou en force afin d'obtenir les effets attendus.

Ainsi, le sujet apprend d'abord à élaborer une unité fonctionnelle (une coordination) permettant de réaliser la tâche. Ensuite, il apprend à adapter cette coordination aux différentes conditions de réalisation [21]. Ce sont déjà là les bases de la structure évolutive de tout apprentissage moteur, qui se veut constructif à court et à long terme.

L'évaluation permanente des processus éducatifs

Au niveau le plus global, l'analyse de l'apprentissage repose sur l'évolution de la performance au cours du temps. La forme de la courbe de performance traduit la dynamique de cette évolution. Cependant, cela ne suffit pas pour déterminer si les modifications observées sont stables et permanentes. Pour cela, il faut effectuer un post-test. Deux types de test sont couramment utilisés. Le test de rétention qui a pour but d'évaluer les effets différés de la pratique. Le délai de présentation du test de rétention permet de mesurer la permanence des effets obtenus. Le test de transfert qui a pour but d'évaluer la généralisation des effets de la pratique [11,22]. Il consiste dans la réalisation d'une tâche différente de celle utilisée au cours de la pratique.

Différents types de variables

Si le score associé à la performance obtenue dans une tâche rééducative constitue une variable massivement utilisée pour représenter l'apprentissage, elle ne doit cependant pas être la seule utilisable. En effet, cela ne représente qu'un résumé quantitatif de l'ensemble des transformations qui s'opèrent au cours de l'apprentissage. Le rééducateur peut souhaiter observer les modifications qualitatives de l'habileté motrice [23]. Cela permet de repérer l'effet de seuil, traduisant l'absence de progrès de la performance en raison du manque de pouvoir discriminatif de l'indicateur utilisé. Par exemple, lors d'une rééducation de marche, le critère de performance serait d'avoir ou non parcourue une certaine distance, un effet de seuil peut être observé

lorsque le sujet parvient à réaliser cette distance. Pour autant, l'absence de progrès sur un critère très global (distance parcourue) ne signifie pas que l'apprentissage soit terminé. Une analyse qualitative de la coordination utilisée permet de déterminer si le patient continue de se transformer ou non. A contrario, il est possible d'observer une régression de la performance au cours de l'apprentissage qui peut être associée à une réorganisation de la coordination que seule une analyse qualitative permet de repérer.

Une autre variable importante pour évaluer le progrès de l'apprentissage des habiletés motrices est le coût énergétique ou la charge mentale associée à la réalisation des actions. Plusieurs travaux ont montré que le coût énergétique lié à la production du mouvement diminue au cours de l'apprentissage des coordinations motrices [24]. Il a également été montré que la charge mentale diminue au fil de l'apprentissage [3]. Celle-ci peut être évaluée en demandant aux sujets de réaliser une tâche principale en préservant sa performance (se déplacer normalement) tout en effectuant simultanément une tâche secondaire (calcul mental ou discussion avec le rééducateur). Dans ces conditions, la performance obtenue dans la tâche secondaire reflète la quantité de ressources nécessaires pour préserver la performance dans la tâche principale (double-tâche). Cette capacité à partager les ressources traduit toujours « l'automatisation » de l'une des tâches, ce qui permet de réduire son coût attentionnel [25] (Fig. 2).

Les étapes de l'apprentissage

Il s'agit maintenant de déterminer les variables qui conduisent à l'optimisation du processus d'apprentissage ; celles que peut utiliser l'enseignant pour aménager les conditions environnementales au cours de son

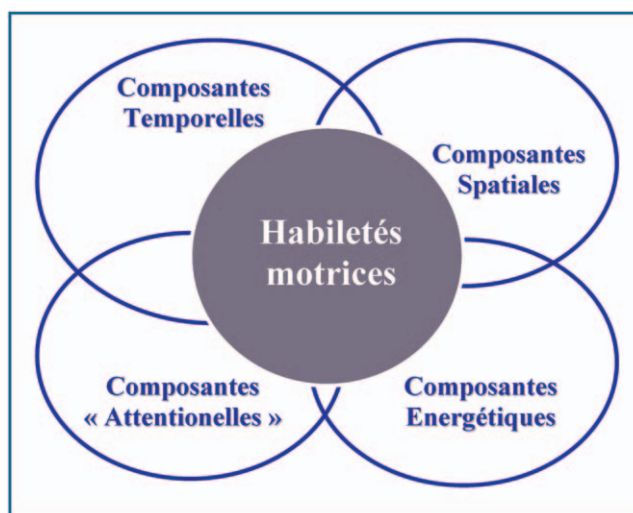


Figure 2. Les différentes composantes quantifiables dans les processus d'apprentissage [22].

enseignement. Il convient de distinguer les variables qui sont utilisées avant, pendant et après la pratique.

Avant la pratique

La motivation : trois aspects importants concourent à la motivation :

- la confiance de l'apprenant envers ses capacités de réalisation de la tâche ;
- l'importance de la tâche dans le développement du sujet (que gagne-t-il à apprendre à réaliser la tâche ?) ;
- les buts que se fixe le sujet dans la réalisation de la tâche. Il peut s'agir de but compétitif (être meilleur que les autres) ou de but de maîtrise des habiletés (progresser pour soi-même, atteindre un seuil de performance défini préalablement).

La présentation de modèles : les instructions verbales concernant les principes qui sous-tendent la réalisation du mouvement sont souvent insuffisantes si elles ne sont pas associées à la présentation de modèles du mouvement qui doit être réalisé. Cette présentation, préalablement à la pratique, donne une idée générale à l'apprenant du mouvement qu'il doit réaliser. Les travaux effectués dans ce domaine montrent que la présentation d'un modèle permet de diminuer la quantité de pratique nécessaire pour atteindre un seuil de performance donné, comparativement à la pratique sans modèle préalable. Ces travaux montrent également que, pour être efficace, la présentation du modèle doit se poursuivre pendant la pratique. Il apparaît également que l'effet facilitateur du modèle est plus marqué sinon exclusivement présent lorsque la tâche suppose l'élaboration d'une nouvelle coordination plutôt que lorsqu'il s'agit d'une tâche de contrôle. Quel que soit le type de modèle présenté, il doit toujours être accompagné de la connaissance du résultat obtenu par le modèle [26].

Pendant la pratique : type de pratique

La pratique massée correspond à une organisation des répétitions de telle sorte que le temps de pratique d'une répétition soit plus important que le temps de repos qui suit cette répétition. Ce type d'organisation se traduit par une baisse de la performance, au fil des répétitions, par rapport à la pratique distribuée. Cette dégradation de la performance peut être attribuée à la fatigue.

La pratique distribuée correspond à une organisation dans laquelle le temps de pratique de chaque répétition est égal ou supérieur au temps de repos qui suit. Lors du test de transfert, les performances de la pratique massée et distribuée sont équivalentes [3], ce qui suggère que ces deux types de pratique soient des variables de performance plutôt que des variables d'apprentissage. La pratique variable consiste à faire pratiquer les sujets dans des conditions différentes à chaque essai ou après chaque série d'essais. Les résultats des expériences réalisées dans ce domaine, montrent que la pratique en

condition variable est plus efficace pour l'apprentissage que la pratique en condition constante. La question qui se pose, dans le cadre de la pratique variable, est celui du type de présentation des conditions proposées aux sujets. Ce problème est connu sous le nom d'interférence contextuelle. Il consiste à obliger (forte interférence) ou non (faible interférence) le sujet à changer de réponse après chaque essai. Les résultats obtenus dans les études qui testent les effets de ces deux types d'organisation montrent que c'est la condition à faible interférence qui produit les meilleurs effets sur la performance en fin de session de pratique. En revanche, lors du test de transfert, c'est la condition à forte interférence qui se traduit par un meilleur score. Ce résultat suggère qu'obliger les sujets à modifier leurs réponses après chaque essai a des effets bénéfiques sur l'apprentissage.

Après la pratique

Rôle des informations ajoutées : un des facteurs importants de l'apprentissage est le fait de pouvoir disposer de la connaissance des résultats de son action ; en d'autres termes, les sujets doivent pouvoir évaluer rapidement l'écart entre le but à atteindre et le but effectivement atteint.

La notion d'informations ajoutées rend compte du fait que l'information intrinsèque disponible est insuffisante pour évaluer le résultat de ses actions et les corriger d'un essai à l'autre. Cette notion inclut à la fois la « connaissance du résultat et la connaissance de la performance » qui font respectivement référence à une indication chiffrée donnée sur le produit de l'action et aux indications qualitatives sur les caractéristiques de leurs actions (forme, amplitude, durée, rythme, etc.). Ce processus d'imputation causale permet de générer des stratégies de recherche de la coordination ou des corrections de la paramétrisation de la coordination d'un essai à l'autre (contrôle). La plupart des travaux montre que la connaissance du résultat doit être la plus précise possible, la plus fréquente possible et communiquée le plus rapidement possible après la réalisation. La communication des informations ajoutées sous forme de synthèse de plusieurs essais est plus efficace qu'une communication après chaque essai [27]. La fréquence des informations ajoutées simples et efficaces ne doit pas être trop élevée sous peine de rendre le patient dépendant de ces informations [28].

Les limites de l'utilisation des informations ajoutées peuvent être situées à deux niveaux principalement :

- la redondance entre les informations ajoutées et celles dont dispose le sujet à la suite de la réalisation de la tâche (exemple, dire au sujet qu'il n'a pas réussi à marcher jusqu'à l'objectif alors qu'il peut le constater lui-même) ;
- l'incapacité des informations ajoutées à spécifier ce qu'il faut faire lors de l'essai suivant.

En d'autres termes, la simple description du résultat obtenu par le sujet ou les caractéristiques de l'exécution ne suffit pas à déterminer les corrections à effectuer lors de l'essai suivant. Ainsi, il faut communiquer des informations stratégiques sur ce qui doit être fait lors de l'essai suivant [8]. Le gain de temps et de performance observés lors de l'utilisation de ce type d'information par le rééducateur peut s'expliquer par le fait que, dans les habiletés complexes, le sujet doit trouver la solution pour élaborer la coordination [28] et effectuer un grand nombre de répétitions pour arriver à utiliser efficacement la solution trouvée. Par conséquent, lorsque le temps disponible pour l'apprentissage est court, le temps pris pour rechercher la solution n'est pas utilisée pour stabiliser cette solution au niveau de la réalisation motrice.

CONCLUSION

L'analyse des présupposés théoriques des différentes approches met en évidence la diversité des voies possibles pour étudier les habiletés motrices. Cette diversité semble devoir être préservée parce que chaque approche a ses limites. C'est la conjonction des éclairages qui permettra de faire progresser la compréhension des mécanismes qui sous-tendent la production des habiletés motrices complexes [11]. Cependant, chaque approche possède une puissance explicative dominante pour un type de tâche ou de problème. Ainsi, définir un cahier des charges pour choisir les habiletés

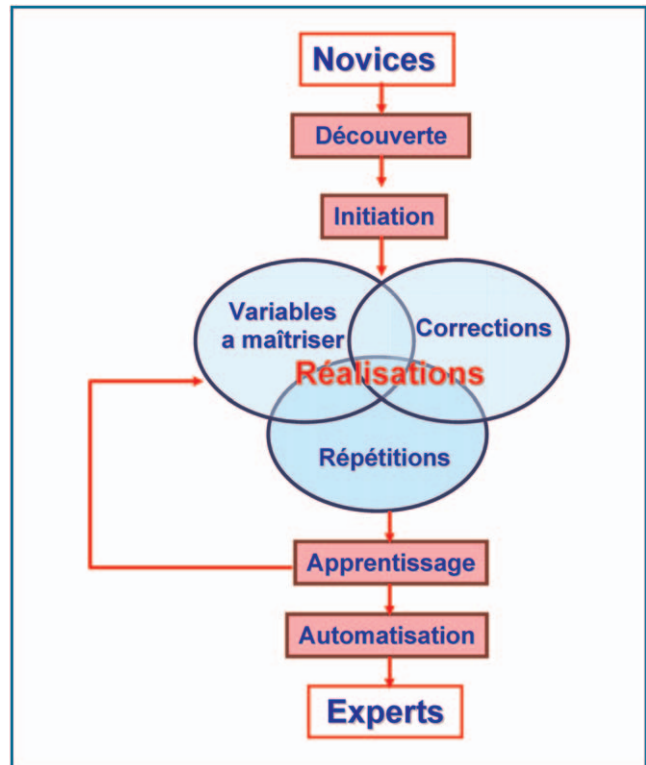


Figure 3. Les différentes étapes nécessaires et obligatoires, de la mise en place des processus d'apprentissage permettant de passer du simple novice dans l'exécution d'une habileté motrice à la notion d'expert.

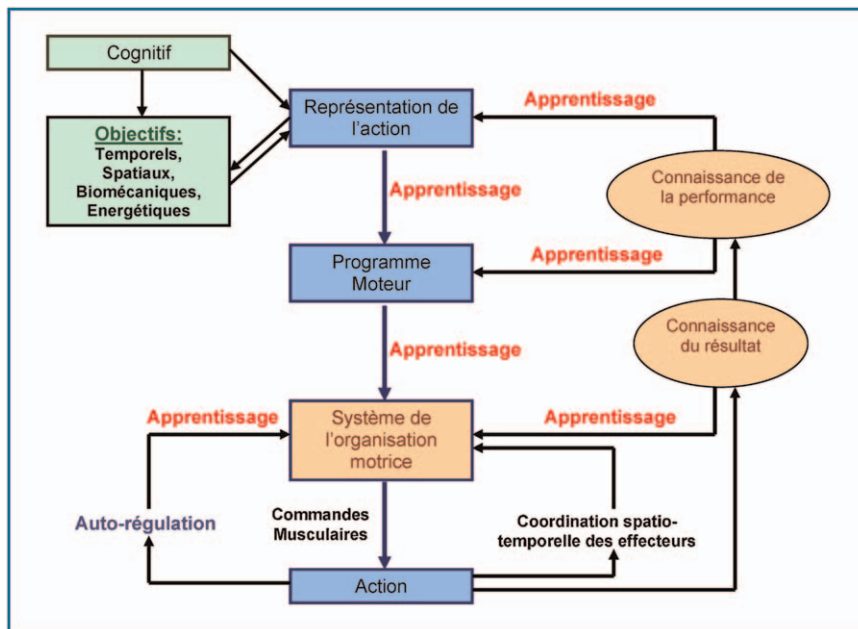


Figure 4. Interaction et organisation des tâches dans les processus d'apprentissage à partir de la représentation, programmation et exécution. L'ensemble des boucles engendrées de la planification à l'exécution contribuent à des phénomènes d'apprentissage à plusieurs niveaux.

qui se prêtent bien à une approche multi-conceptuelle, c'est identifier les éléments qui doivent être pris en compte simultanément pour analyser les mécanismes qui sous-tendent l'habileté. Il ressort de l'ensemble de ces approches conceptuelles pour aborder les principes de prise en charge rééducative des acquisitions d'habiletés motrices un certain nombre d'éléments pertinents et reproductibles à tous ces processus d'acquisition pour aboutir au principe type d'évolution (Fig. 3) :

- la rééducation d'une habileté motrice doit requérir une coordination, de préférence multi-segmentaire ou posturo-segmentaire, qui peut être cyclique ou discrète, symétrique ou asymétrique ;
- la rééducation d'une habileté motrice doit permettre une coordination finalisée par une performance quantifiable (vitesse d'exécution, précision, force...) ;
- la rééducation d'une habileté motrice nécessite une relation non équivoque entre la coordination et la performance ; toute modification de la coordination doit se traduire par un changement de la performance ;
- la rééducation d'une habileté motrice entraîne une performance qui doit résulter de la coordination entre des variables perceptuelles et des variables d'actions identifiables et quantifiables [11] (Fig. 4).

Déclaration d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

RÉFÉRENCES

- [1] Magill R. Motor learning: Concepts and applications. Dubuque, Iowa: W.M.C. Brown Publishers; 1985.
- [2] Hallet M, Pascual-Leone A, Topka H. Adaptation and skill learning: evidence for different neural substrates. In: Bloedel J, Ebner T, Wise S, editors. The acquisition of motor behavior in vertebrates. Cambridge, Mass and London, England: Bradford book, MIT press; 1996:280–301.
- [3] Newell K. Motor skill acquisition. *Ann Rev Psychol* 1991;42: 213–37.
- [4] Famosé JP. Les recherches actuelles sur l'apprentissage moteur. In: Recherches et Pratiques des APS (Dossier EPS n° 28). Paris: Revue EPS; 1996.
- [5] Fitts P. Perceptual-motor skills learning. In: Melton AW, editor. Categories of Human Learning. New York: Academy Press; 1964:243–85.
- [6] Schmidt R. Motor control and learning.. Champaign, IH: Human Kinetics publishers; 1988.
- [7] Georgopoulos A. Current issues in directional motor control. *Trends Neurosci* 1995;18:506–10.
- [8] Massion J. Cerveau et Motricité, Fonctions sensorimotrices. In: Pratiques corporelles. Presse Universitaire de France; 1997.
- [9] Feldman A, Levin M. The origin and use of positional frames of reference in motor control. *Behav Brain Sci* 1995;18:723–806.
- [10] Paillard J. Les niveaux sensorimoteurs et cognitifs du contrôle de l'action. In: Laurent M, Therme P, editors. Recherche en APS I, Marseille. 1985. p. 147–63.
- [11] Sultana R, Mesure S. Ataxie et syndromes cérébelleux ; approches fonctionnelles, ludiques et sportives. Paris: Édition Masson; 2009, 350p..
- [12] Mesure S, Amblard B, Crémieux J. Effect of physical training in head-hip coordinated movements during quiet stance. *Neuroreport* 1997;8(16):3507–12.
- [13] Mesure S, Azulay JP, Amblard B, Pouget J. Strategies of segmental stabilization during gait in Parkinson's disease. *Exp Brain Res* 1999;129(4):573–81.
- [14] Paillard J. L'intégration sensori-motrice et idéo-motrice. In: Traité de psychologie expérimentale. Paris: Presses Universitaires de France; 1994. 925–61.
- [15] Paillard J. Motor and representational framing of space. In: Paillard J, editor. Brain and Space. Oxford: Oxford University Press; 1991.
- [16] Mittelstaedt H. Origin and processing of postural information. *Neurosci Biobehav Rev* 1998;22:473–8.
- [17] Bernstein N. Time coordination and regulation of movements. London: Pergamon Press; 1967.
- [18] Vereijken B, Van Emmerik R, Whiting H, Newell K. Freezing degrees of freedom in skill acquisition. *J Motor Behav* 1992;24 (1):133–42.
- [19] Kernodle M, Cariton L. Information feedback and the learning of multiple-degree-of- m activities. *J Motor Behav* 1992;24(2): 187–96.
- [20] Newell K, McDonald V. Learning to coordinate redundant biomechanical degrees of freedom. In: Swinnen S, Heuer H, Massion J, Casaer P, editors. Interlimb coordination: neural, dynamical and cognitive constraints. Academic Press Inc; 1994:15–36.
- [21] Temprado JJ, Laurent M. Approches cognitive, écologique et dynamique de l'apprentissage moteur. In: Ripoll H, Bilard J, Durand MJ, Keller M, Levèque P, Therme P, editors. Psychologie du sport. Paris: Édition Revue EPS; 1995:223–36.
- [22] Temprado JJ, Famosé JP. Analyse de la difficulté informationnelle et description des tâches motrices. In: Famosé J-P, editor. Cognition et Performance. Paris: Edition INSE; 1993:165–82.
- [23] Carr JH, Shepherd RB. Stroke Rehabilitation: Guidelines for Exercise and Training. Oxford: Butterworth Heinemann; 2003.
- [24] Spaffow W. The efficiency of skilled performance. *J Motor Behav* 1983;15:237–61.
- [25] Sherwood D, Lee T. Schema theory: critical review and implications for the role of cognition in a new theory of motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2003;74 (4):376–82.
- [26] Temprado JJ. Le rôle des principes dans l'acquisition des habiletés motrices. *Revue EPS* 1994;246:36–40.
- [27] Wulf G, Shea C. Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin and Review* 2002;9(2):185–211.
- [28] Temprado JJ, Della-Graza M, Farell M, Laurent M. An emergent approach to the development of expertise in the coordination of the volley-ball serve. *Corpus Psyche et Societas* 1996;3(2): 75–91. Special issue en Development of coordination.