

# Neuropsychologie de l'apprentissage implicite et de la mémoire procédurale

*Thierry Meulemans*

## Résumé

Cet article a pour objectif de présenter les apports de la neuropsychologie dans l'étude de l'apprentissage implicite et de la mémoire procédurale. Une tentative de clarification conceptuelle des deux domaines est présentée, basée sur l'hypothèse selon laquelle l'apprentissage implicite comme la mémoire procédurale seraient sous-tendus par des mécanismes associatifs simples : apprentissage d'associations S-S dans le cas de l'apprentissage implicite, et apprentissage d'associations S-R dans le cas de la mémoire procédurale. L'apport des données obtenues chez les patients cérébro-lésés est abordé à travers deux questions principales : celle de l'hétérogénéité des mécanismes impliqués dans les différentes situations d'apprentissage d'habiletés, et celle de la nature réellement implicite de la connaissance acquise dans les tâches d'apprentissage implicite.

**Mots clés :** Apprentissage implicite, mémoire procédurale, neuropsychologie, apprentissage associatif.

**Key words:** Implicit learning, procedural memory, neuropsychology, associative learning.

---

Adresse de correspondance : Thierry Meulemans, Service de Neuropsychologie, Boulevard du Rectorat, B33, B-4000 Liège, Belgique (e-mail : thierry.meulemans@ulg.ac.be).

## INTRODUCTION

L'étude de l'apprentissage implicite et de la mémoire procédurale présente un paradoxe : alors que ces deux domaines de recherche peuvent paraître très proches et semblent renvoyer à des phénomènes qu'il est parfois difficile de différencier, on constate qu'ils se sont développés de manière relativement indépendante l'un de l'autre.

La notion de mémoire procédurale renvoie à notre capacité d'acquérir des "savoir-faire" (des habiletés) dans différents domaines (habileté à conduire une voiture, habiletés de lecture et d'expression verbale, apprentissage du piano, du jeu d'échecs, etc.). La mémoire procédurale se distinguerait ainsi des formes déclaratives de la mémoire (distinction entre *knowing how* et *knowing that* ; Cohen et Squire, 1980). Les habiletés pouvant être apprises en mémoire procédurale sont d'une infinie diversité et peuvent avoir trait à n'importe quel niveau du comportement humain : elles peuvent être aussi bien perceptivo-motrices (par exemple, apprendre à utiliser la souris d'un ordinateur, apprendre à rouler à vélo, etc.) que cognitives (par exemple, apprendre des habiletés arithmétiques) et peuvent concerner aussi bien l'apprentissage de réponses simples que d'habiletés complexes. Ces habiletés, qui atteignent un certain degré d'automatisation, s'expriment principalement par l'action. Une caractéristique importante de la mémoire procédurale réside en effet dans la difficulté que nous avons à décrire nos connaissances procédurales par des énoncés verbaux ; ceci tiendrait au fait que les éléments constitutifs d'un savoir-faire (d'une habileté procédurale) sont plus complexes que ce que l'on peut en dire par des mots, et que de nombreux mécanismes (notamment cognitifs) sont réalisés en dehors de tout contrôle conscient. Dans de nombreuses situations, la capacité à pouvoir décrire verbalement une procédure ne suffit en effet pas pour l'exécuter correctement. A l'inverse, la verbalisation de sa connaissance par un expert ne constitue qu'une partie de cette connaissance (cf. l'"art" du médecin ...). Trois caractéristiques peuvent être retenues pour la définition de la mémoire procédurale : (1) l'apprentissage des habiletés se fait petit à petit, par la pratique répétée de la tâche ; (2) la connaissance acquise s'exprime dans l'action ; et (3) cet apprentissage aboutit à une connaissance qui s'est progressivement automatisée et que le sujet n'est plus capable d'explici-

ter verbalement. Signalons d'emblée qu'il est devenu classique, en neuropsychologie, de faire une distinction entre l'apprentissage d'habiletés strictement perceptives (comme la lecture en miroir, par exemple), perceptivo-motrices (par exemple, le dessin en miroir) et cognitives (par exemple, l'apprentissage d'algorithmes de calcul).

Quant à l'apprentissage implicite, on pourrait le définir simplement par notre capacité à apprendre de nouvelles informations sans nous rendre compte que nous les apprenons. Pour reprendre la définition qu'en a donnée Seger (1994), l'apprentissage implicite est "l'apprentissage non épisodique et incident d'informations complexes, sans conscience de ce qui a été appris". Au départ de cette définition, on peut identifier les caractéristiques principales de l'apprentissage implicite : (1) l'apprentissage a lieu de manière incidente ou inconsciente (implicite), en ce sens qu'il se produit à l'insu du sujet ; (2) la connaissance acquise est difficilement accessible à la conscience ou exprimable verbalement ; (3) cette forme d'apprentissage concerne l'acquisition de connaissances "complexes" (comme des structures complexes de règles, par exemple). En définitive, l'idée fondamentale de l'apprentissage implicite est que nous sommes sensibles, à notre insu, à la présence de régularités (parfois complexes) dans notre environnement, et que nous sommes capables d'apprendre, d'intégrer ces régularités (toujours à notre insu).

Au vu des définitions qui viennent d'être proposées, il apparaît que les deux domaines présentent des similarités évidentes, comme le fait que, dans les deux cas, la connaissance acquise serait difficilement accessible à la conscience du sujet, dans le sens où celui-ci ne pourrait que difficilement verbaliser le contenu. De plus, les deux formes d'apprentissage s'expriment dans des tâches où on peut dire que le sujet acquiert progressivement une forme d'habileté, laquelle se manifeste par une amélioration de la performance au fil de la tâche. Ce sont probablement ces similarités qui expliquent que certains auteurs utilisent les termes d'apprentissage implicite et de mémoire procédurale indifféremment l'un pour l'autre. Et pourtant, un survol de la littérature montre que les deux domaines de recherche ont chacun acquis leur autonomie : il existe une littérature sur l'apprentissage implicite (tant en psychologie cognitive qu'en neuropsychologie), de la même manière qu'il existe une littérature consacrée à la mémoire procédurale (qui s'est surtout développée

en neuropsychologie). Ces dernières années ont vu la publication d'ouvrages consacrés à l'apprentissage implicite, dans lesquels on ne trouve que très peu d'allusions à la mémoire procédurale (voir les ouvrages de Berry et Dienes, 1993, de Meulemans, 1998, ou encore de Reber, 1993). Il suffit en outre de participer à un symposium consacré à l'apprentissage implicite pour constater qu'on y parle très peu, voire pas du tout, de mémoire procédurale ou d'apprentissage d'habiletés.

L'indépendance des deux champs semble cependant tenir davantage au fait qu'ils ont tous deux développé leurs propres paradigmes expérimentaux, leurs propres manières d'explorer les mécanismes cognitifs impliqués et les capacités de patients cérébro-lésés, qu'à une spécificité conceptuelle bien argumentée. Force est en effet de constater que les limites des deux domaines sont on ne peut plus floues, et qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'élément déterminant qui permette de faire une distinction claire entre les deux champs d'étude. Probablement la différence la plus manifeste apparaît-elle lorsqu'on considère la nature de la phase d'apprentissage : ce qui caractérise l'apprentissage implicite, c'est précisément la nature implicite ou inconsciente de la phase d'apprentissage ; c'est loin d'être le cas dans toutes les situations d'apprentissage procédural dont les phases initiales sont, au contraire de l'apprentissage implicite, caractérisées par la prise de conscience explicite par le sujet des principales variables en jeu (voir aussi ci-après le modèle ACT-R de Anderson, 1982, 1993).

La théorie la plus intégrée sur l'acquisition des habiletés cognitives est le modèle ACT ("Adaptive Control of Thought") proposée par Anderson (1982, 1993). Dans son modèle, Anderson distingue deux types de mémoire à long terme : la mémoire procédurale, dont les règles de production constituent les unités de base, et la mémoire déclarative, qui consiste en un réseau propositionnel. Selon lui, ces deux formes de mémoires sont nécessaires si l'on considère que la connaissance doit à la fois pouvoir être utilisée de manière flexible et de manière efficace. L'utilisation flexible de la connaissance serait assurée par le système de mémoire déclarative, dont une caractéristique est qu'il permet d'acquérir rapidement des connaissances qui ne sont pas nécessairement liées à une utilisation particulière. Le système de mémoire procédurale, quant à lui, permet l'optimisation de l'utilisation de cette connaissance dans un domaine spécifique. Le modèle présenté par Anderson s'inscrit dans la ligne d'une description plus ancienne proposée par Fitts (1964), qui suggérait que

l'acquisition d'une habileté se déroule en trois étapes distinctes :

(a) le stade cognitif, au cours duquel le sujet se base uniquement sur les instructions explicites qui lui ont été données pour la résolution de la tâche ("pour enclencher la première vitesse, je pousse le levier à fond vers la gauche, puis vers l'avant"). Dans cette étape, qui fait intervenir directement la mémoire de travail et la médiation verbale, plusieurs stratégies différentes peuvent être testées par le sujet. L'étape cognitive peut être plus ou moins longue, selon la difficulté particulière de la tâche, mais aussi par exemple selon l'expérience que peut déjà avoir le sujet de situations similaires ;

(b) le stade associatif : cette phase intermédiaire se caractérise par le fait que le sujet passe d'une représentation déclarative à une représentation procédurale. Les caractéristiques des stratégies apprises lors de la phase précédente et qui sont pertinentes pour la tâche en cours se trouvent renforcées, et celles qui sont moins pertinentes sont affaiblies. Les liens stimulus-réponse appropriés sont ainsi établis, et les programmes moteurs préliminaires se développent. Si la verbalisation de l'habileté est plus difficile, la performance devient par contre davantage fluide et efficace. Elle reste cependant dépendante du contrôle volontaire, et nécessite toujours un investissement attentionnel important ;

(c) le stade autonome : l'habileté devient de plus en plus automatisée et son exécution augmente en rapidité ; elle gagne également en autonomie, en ce sens qu'elle dépend de moins en moins du contrôle cognitif et qu'elle est moins sujette aux interférences externes. Parfois même, le sujet devient tout à fait incapable de décrire l'habileté verbalement (dans ce cas, l'habileté entre dans le domaine de la mémoire implicite). La dactylo expérimentée qui, bien qu'elle tape beaucoup plus rapidement qu'elle n'écrit, est incapable de "se souvenir" explicitement où se trouve la touche "K" sur son clavier, fournit un bon exemple d'une habileté qui a atteint le stade autonome.

Pour élaborer sa théorie ACT, Anderson s'est inspiré de ce modèle qu'il juge intéressant au plan descriptif, mais auquel il reproche néanmoins un manque de pouvoir explicatif. Tout comme Fitts, Anderson postule, dans la théorie ACT, que les connaissances sont généralement d'abord stockées sous une forme déclarative (c'est-à-dire qu'elles peuvent être traduites sous forme d'énoncés verbaux) ; ceci tient simplement au fait que les savoirs se transmettent généralement sous forme verbale. Ces connaissances déclaratives sont ensuite converties en connaissances procédurales, en suivant un certain nombre d'étapes :

(a) la première étape consiste en une *interprétation* des connaissances déclaratives, sur base des stratégies générales de résolution de problèmes ou d'une analogie avec des situations déjà rencontrées. Cette étape

d'interprétation laisse en mémoire de travail de nouvelles règles de production (du type SI-ALORS), que le sujet applique dans la tâche. Ces règles font intervenir la mémoire de travail et nécessitent des ressources attentionnelles, ce qui rend leur exécution lente et peu efficace ;

(b) c'est par la réalisation répétée de la tâche que peut avoir lieu la *compilation* des règles de production, processus par lequel des séquences de productions sont réduites en simples productions spécifiques au domaine d'application. Les règles se transforment en une connaissance procédurale, laquelle permet de se comporter de manière plus efficace dans la tâche. Cette compilation se fait elle-même en deux étapes :

- la *procéduralisation* : la connaissance déclarative activée par les règles de production utilisées lors de l'interprétation s'intègre directement dans les nouvelles productions spécifiques, et ne nécessite dès lors plus de transiter par la mémoire de travail,

- la *composition* : par sa mise en œuvre répétée, une séquence de production est "compactée" de manière à former une production unique, laquelle aboutit au même résultat que la séquence complète. La composition permet à la réalisation de la tâche de gagner considérablement en rapidité.

Ackerman (1988) montre, quant à lui, qu'aux différents stades identifiés par Fitts (1964) correspondent différents types d'aptitudes cognitives. Ainsi, le niveau de performance initiale (au stade cognitif) dépend étroitement des capacités cognitives générales (y compris intellectuelles) du sujet. Par la suite, lorsque les stratégies les plus efficaces sont renforcées par la pratique répétée de la tâche, l'impact de ces aptitudes générales se trouve réduit ; à ce stade (qui correspond au stade associatif), la performance est davantage dépendante des capacités de rapidité perceptive du sujet. Enfin, lorsque l'habileté accède au stade autonome, la performance n'est plus sous la dépendance que des capacités psychomotrices : les différences interindividuelles tiennent ici aux différences de rapidité et de précision des réponses motrices entre les sujets.

En réalité, on peut considérer que beaucoup de situations (y compris expérimentales) font intervenir tant les mécanismes d'apprentissage implicite que ceux de mémoire procédurale : l'apprentissage implicite, pour l'apprentissage des relations parfois complexes entre des éléments ou des régularités présents dans notre environnement (il s'agirait ici d'un apprentissage d'associations stimulus-stimulus), et l'apprentissage procédural, pour l'apprentissage et l'automatisation de nos réactions ou comportements dans certaines situations particulières (apprentissage d'associations stimulus-réponse). Cette intervention conjointe des deux types

de processus explique sans doute en partie la difficulté de distinction conceptuelle que l'on trouve dans la littérature entre les deux domaines. Prenons à titre d'exemple le paradigme du temps de réaction sériel, qui constitue une des rares tâches que l'on trouve aussi bien dans les études sur l'apprentissage d'habiletés que dans celles sur l'apprentissage implicite.

Dans une tâche de temps de réaction sériel, à aucun moment le sujet n'est informé – ni même, parfois, ne perçoit – qu'il se trouve dans une situation d'apprentissage. Pour le sujet, la tâche n'est rien d'autre qu'un test de temps de réaction à choix, où il lui est demandé de répondre le plus rapidement possible à un stimulus (par exemple, une étoile) apparaissant à l'écran d'un ordinateur. Ce stimulus s'affiche à une parmi quatre positions possibles ; pour répondre, le sujet doit appuyer sur une touche située sur un boîtier-réponse qui en comporte quatre, chacune correspondant à une localisation à l'écran. Le sujet n'est pas informé du fait que, pour certains blocs d'essais, les stimuli ne lui sont pas présentés de manière aléatoire, mais qu'une séquence (comportant par exemple dix stimuli) apparaît en boucle. L'apprentissage se manifeste lorsque les temps de réaction pour les stimuli appartenant à la séquence répétée s'améliorent plus rapidement que ceux pour les stimuli présentés de manière aléatoire, et ce, même si le sujet n'a pas pris conscience de la présence d'une séquence répétée (voir par exemple Nissen et Bullemer, 1987).

On retrouve, dans le temps de réaction sériel, les deux formes d'apprentissage : le sujet, non conscient de la présence d'une séquence répétée, perçoit et apprend les régularités présentes dans cette séquence ; par ailleurs, au fil de la tâche, le sujet se montre de plus en plus habile à répondre rapidement aux stimuli qui lui sont présentés (habileté qui s'observe d'ailleurs aussi pour les stimuli aléatoires). Si le paradigme du temps de réaction sériel est utilisé aussi bien dans les études sur la mémoire procédurale que dans celles sur l'apprentissage implicite, des différences apparaissent néanmoins quant à la perspective adoptée. Ainsi, dans les études sur l'apprentissage implicite, l'intérêt se porte avant tout sur les caractéristiques de la séquence répétée ; l'objectif des auteurs est de déterminer dans quelle mesure les sujets sont capables d'apprendre des régularités complexes, c'est-à-dire des associations conditionnelles complexes entre éléments de la séquence. C'est ainsi que,

dans certains travaux, les auteurs font varier le degré de complexité de la séquence répétée afin d'observer l'impact de cette manipulation sur l'apprentissage (voir par exemple Reed et Johnson, 1994 ; Stadler, 1992). Les travaux utilisant le paradigme du temps de réaction sériel dans le cadre de la mémoire procédurale adoptent une perspective sensiblement différente : on s'intéresse ici avant tout à l'amélioration des temps de réaction au fil de la tâche, en n'accordant que peu d'attention aux caractéristiques de la séquence répétée de stimuli.

L'objectif du présent chapitre est de présenter l'apprentissage implicite et la mémoire procédurale dans une perspective neuropsychologique. L'intérêt qu'il y a à étudier les phénomènes d'apprentissage implicite et procédural chez les patients cérébro-lésés est en effet multiple. Parmi les questions les plus générales qui sont posées, relevons :

Quels sont les substrats neuronaux qui sous-tendent ces deux formes d'apprentissage ? Les phénomènes d'apprentissage implicite et de mémoire procédurale dépendent-ils des mêmes mécanismes que ceux qui interviennent dans la mémoire déclarative ? Plus particulièrement, à quoi peut-on s'attendre chez des patients qui présentent des déficits mnésiques importants aux tâches de mémoire explicite ? Le fait d'observer des niveaux de performance normaux chez ces patients constituerait un argument important en faveur de la nature réellement implicite de ces formes d'apprentissage. Dans quelle mesure pourra-t-on utiliser les capacités préservées d'apprentissage implicite et/ou procédural dans une perspective de rééducation ?

Il ne sera pas possible, dans le cadre de cet article, de survoler l'ensemble des problématiques relatives à la mémoire procédurale et à l'apprentissage implicite et qui ont été abordées en neuropsychologie (voir, pour une revue plus exhaustive concernant l'apprentissage implicite, Meulemans, 1998). Nous nous centrerons ici sur deux problématiques : celle de l'hétérogénéité des mécanismes impliqués dans les différentes situations d'apprentissage d'habiletés, et la question relative au caractère implicite ou non de la connaissance acquise dans les tâches d'apprentissage implicite.

## LA MÉMOIRE PROCÉDURALE : UNE ENTITÉ HOMOGENE ?

En neuropsychologie, il est devenu classique de faire la distinction entre l'apprentissage d'habiletés perceptives, perceptivo-motrices et cognitives. Notons d'emblée que la justification de cette distinction est davantage d'ordre descriptif que théorique. Nous nous limiterons ici à citer les tâches les plus fréquemment utilisées en rapport avec ces trois niveaux de la mémoire procédurale. En ce qui concerne tout d'abord les habiletés perceptives, la tâche la plus habituelle est celle de lecture en miroir, où on demande au sujet de lire des mots qui lui sont présentés comme vus au travers d'un miroir. L'apprentissage de l'habileté s'exprime par la vitesse de plus en plus grande que met le sujet à lire les mots (y compris les mots nouveaux) qui lui sont présentés. Pour l'apprentissage d'habiletés perceptivo-motrices, ce sont les épreuves de dessin en miroir et de poursuite rotative (*rotor pursuit*) qui sont le plus fréquemment utilisées. Dans la tâche de dessin en miroir, le sujet doit suivre le tracé d'un dessin (par exemple, une forme géométrique) mais voit le résultat de son dessin au travers d'un miroir. A nouveau, l'apprentissage de l'habileté se manifeste par l'accélération progressive du temps que met le sujet à effectuer le dessin, ainsi que par la diminution du nombre d'erreurs (une erreur étant comptabilisée chaque fois que son tracé sort du dessin). La tâche de poursuite rotative consiste pour le sujet à maintenir la pointe d'un stylet sur une cible située sur un disque en rotation ; l'acquisition de l'habileté se traduit ici par une diminution du nombre d'erreurs (une erreur étant enregistrée chaque fois que le stylet s'écarte de la cible) au fil des essais. La tâche de temps de réaction sériel, décrite ci-dessus, peut, elle aussi, être considérée comme une tâche d'apprentissage perceptivo-motrice. Enfin, pour l'évaluation des capacités d'apprentissage d'habiletés cognitives, citons le test de la tour de Hanoi ou l'apprentissage d'algorithmes de calcul. La tour de Hanoi consiste en un support sur lequel figurent trois tiges ; la tâche du sujet consiste à déplacer les cinq disques positionnés sur la tige de gauche sur celle de droite, en respectant deux règles simples : ne déplacer qu'un disque à la fois et ne pas poser un disque sur un disque plus petit. Les tâches d'apprentissage d'algorithmes de calcul consistent à apprendre et à appliquer une formule permettant de résoudre plus facilement un type

particulier de calcul (comme, par exemple, mettre au carré des nombres à deux chiffres) ; progressivement, le sujet se montre capable d'utiliser l'algorithme de manière automatique.

Face à cette variété de tâches et de niveaux du fonctionnement procédural, la question se pose de savoir dans quelle mesure ces différentes formes d'habiletés seraient sous-tendues par un système mnésique unique ou renverraient à des mécanismes communs. En d'autres mots, ces situations d'apprentissage procédural constituent-elles des expressions différentes d'un même mécanisme, ou faut-il considérer que les habiletés perceptives, perceptivo-motrices et cognitives impliquent la mise en œuvre de mécanismes cognitifs différents ?

Les données issues des travaux en neuropsychologie suggèrent une dissociation entre les différents niveaux du fonctionnement procédural. Il ne semble pas vrai que toutes les tâches dites procédurales renvoient à des mécanismes similaires ou partagent les mêmes substrats neuronaux. En effet, des dissociations ont été observées entre habiletés perceptivo-motrices et cognitives, notamment chez les patients amnésiques. Les études ont montré que ces patients présentaient des performances normales dans les tâches de dessin en miroir (Gabrieli, Corkin, Mickel et Growdon, 1993), de poursuite rotative (Cermak, Lewis, Butters et Goodglass, 1973 ; Heindel, Butters et Salmon, 1988), de temps de réaction sériel (Nissen et Bullemer, 1987 ; Nissen, Willingham et Hartman, 1989) ou encore de lecture en miroir (Cohen et Squire, 1980 ; Martone, Butters, Payne, Becker et Sax, 1984). Par contre, des résultats déficitaires ont été enregistrés chez des patients amnésiques à des tâches cognitives comme la tour de Hanoi (Beatty, Salmon, Bernstein, Martone, Lyon et Butters, 1987 ; Schmidtke, Handschu et Vollmer, 1996) ou l'apprentissage d'algorithmes de calcul (Milberg, Alexander, Charness, McGlinchey-Berroth et Barrett, 1988). La divergence entre certains résultats aux tâches de mémoire procédurale pourrait, au moins dans certains cas, s'expliquer par le fait que les patients amnésiques, contrairement aux sujets normaux, ne peuvent bénéficier de l'utilisation de procédures déclaratives pour la résolution de certaines tâches (voir par exemple Squire et Frambach, 1990) ; dans d'autres cas, ce sont leurs difficultés dans la prise en compte des erreurs qu'ils ont commises lors des essais préalables qui les pénaliseraient. Ces dissociations renvoient en

effet vraisemblablement au fait que certaines tâches font intervenir des mécanismes de résolution de problèmes, de planification ou de mémoire de travail, et que certains de ces mécanismes peuvent être altérés dans l'amnésie.

S'il apparaît que la mémoire procédurale ne peut être considérée comme étant un système homogène et que les différents niveaux du fonctionnement procédural – perceptif, perceptivo-moteur et cognitif – doivent être dissociés, qu'en est-il au sein même d'un niveau particulier ? Par exemple, les tâches d'apprentissage perceptivo-moteur dépendent-elles d'un mécanisme commun ? A nouveau, les études neuropsychologiques suggèrent qu'il faille répondre par la négative. Prenons comme exemple la maladie de Huntington, une affection dégénérative héréditaire intéressant les noyaux gris centraux (principalement le noyau caudé et le putamen). Les patients Huntington présentent des déficits à la tâche de poursuite rotative (Heindel et al., 1988 ; Heindel, Salmon, Shults, Walicke et Butters, 1989), de lecture en miroir (Martone et al., 1984) ainsi que, mais de façon plus variable, de temps de réaction sériel (Knopman et Nissen, 1991 ; Willingham et Koroshetz, 1993). Gabrieli, Stebbins, Singh, Willingham et Goetz (1997) ont voulu examiner dans quelle mesure deux formes d'apprentissage d'habiletés perceptivo-motrices qui sont préservées dans l'amnésie seraient en réalité dissociables. Une telle dissociation indiquerait que différentes formes d'apprentissage d'habiletés sont sous-tendues par des systèmes mnésiques différents. Gabrieli et al. ont comparé les performances de patients Huntington à deux tâches procédurales perceptivo-motrices : la tâche de poursuite rotative et la tâche de dessin en miroir. Leurs résultats montrent que les patients Huntington réalisent des performances déficitaires à la tâche de poursuite rotative (confirmant en cela les résultats obtenus dans les études antérieures) ; par contre, les performances de leurs patients sont normales à la tâche de dessin en miroir.

Comment les auteurs expliquent-ils cette dissociation chez les patients Huntington ? Une première possibilité est que l'on se trouve face à une simple dissociation : la tâche de poursuite rotative pourrait être simplement plus exigeante que la tâche de dessin en miroir (les deux tâches impliquant le même système de mémoire). Les auteurs rejettent cette hypothèse, car il leur fut plus difficile de parvenir à une égalisation ini-

tiale des performances entre les patients et les sujets normaux avec la tâche de dessin en miroir qu'avec la tâche de poursuite rotative, une constatation qui paraît peu compatible avec l'idée selon laquelle les tâches de dessin en miroir et de poursuite rotative dépendraient du même système mnésique, la première étant simplement moins exigeante que la seconde.

Une deuxième possibilité est que les deux tâches dépendent de régions cérébrales différentes. La tâche de poursuite rotative dépendrait de l'intégrité du striatum, alors que le cervelet pourrait être essentiel pour le dessin en miroir (Sanes, Dimitrov et Hallett, 1990). Willingham, Koroshetz et Peterson (1996) font ainsi la distinction entre l'apprentissage de séquence motrices répétitives, qui dépendrait du striatum (par exemple, temps de réaction sériel, poursuite rotative), et l'apprentissage de nouvelles associations entre des indices visuels et des réponses motrices (par exemple, dessin en miroir), qui dépendrait du cervelet. Dans le premier cas, il s'agirait d'un apprentissage *sequence-specific*, n'autorisant pas le transfert, tandis qu'un transfert à de nouvelles situations serait possible dans le deuxième cas.

Gabrieli et al. (1997) proposent une autre manière de distinguer les deux types de tâches. Ainsi, le dessin en miroir renverrait à l'apprentissage d'habiletés en "boucle fermée" (*closed-loop*), en ce sens que le sujet reçoit un feedback visuel externe continu sur ses erreurs de mouvement, avec la possibilité de s'arrêter à tout moment afin de corriger les erreurs de programmation de ses mouvements et d'adapter ainsi son contrôle moteur. La connaissance des résultats est ici continue et immédiate. Par contre, dans la tâche de poursuite rotative ou dans le temps de réaction sériel, que les auteurs qualifient d'apprentissage d'habiletés en "boucle ouverte" (*open-loop*), il s'agit pour le sujet de répondre à des localisations de cibles qui peuvent être prédites – de par leur composante séquentielle – au départ des localisations de cibles actuellement perçues. En raison de la vitesse de déplacement de la cible, le sujet ne peut utiliser les feedbacks visuels immédiats pour adapter son contrôle moteur ou pour corriger ses erreurs. De plus, la connaissance des résultats est dans ce cas différée, contrairement aux situations d'apprentissage d'habiletés en boucle fermée.

Ces données suggèrent donc que, au sein d'un même niveau de fonctionnement de la mémoire procédurale, des dissociations peuvent être observées. L'idée de l'homogénéité des mécanismes qui interviennent dans l'apprentissage d'habiletés procédurales a également été mise à mal dans une étude de Haaland, Harrington, O'Brien et Hermanowicz (1997), qui ont montré que non seulement des dissociations peuvent être observées entre différents types d'habiletés, mais aussi à l'intérieur d'une même tâche. Ces auteurs ont administré à des patients parkinsoniens la tâche de poursuite rotative dans deux conditions différentes : dans la première, la vitesse de rotation du disque était constante alors que, dans la seconde, la vitesse de rotation variait. Haaland et al. ont montré que les patients réalisaient des performances normales lorsque tous les essais étaient réalisés avec une vitesse de rotation constante, alors que leurs performances étaient altérées lorsque la vitesse de rotation changeait aléatoirement d'un essai à l'autre. Les auteurs interprètent ces résultats en suggérant que les patients parkinsoniens n'auraient pas de problèmes pour utiliser une information prédictible pour améliorer leur performance, de même que pour préprogrammer des séquences répétitives de positionnement des mains et apprendre une séquence simple présentée de manière répétée lors d'essais successifs. Par contre, ces patients seraient mis en difficulté lorsqu'il y a interférence entre des programmes moteurs compétitifs et lorsque la tâche implique une alternance entre différents programmes moteurs.

### L'APPRENTISSAGE IMPLICITE

Les raisons qui ont amené à étudier les phénomènes d'apprentissage implicite en neuropsychologie sont diverses. Un premier objectif est de tenter de préciser les structures cérébrales impliquées dans les processus d'apprentissage implicite ; les études réalisées dans cette perspective ont pris deux directions : la première en explorant les capacités d'apprentissage implicite de patients présentant des lésions cérébrales, et la deuxième en utilisant les techniques d'imagerie cérébrale. Un deuxième objectif concerne l'apport que l'on peut attendre des observations faites chez les patients cérébro-lésés quant à certains enjeux théoriques sou-



levés par l'étude de l'apprentissage implicite. Songeons en particulier à une question récurrente, et qui concerne la nature réellement implicite de la connaissance acquise. Il existe en effet dans le domaine de l'apprentissage implicite un débat important opposant les défenseurs de l'idée selon laquelle il n'y aurait pas lieu de distinguer deux formes différentes d'apprentissage (l'une explicite et l'autre implicite) et les auteurs qui insistent sur la spécificité de l'apprentissage implicite. Une manière de poser le problème consiste à se demander dans quelle mesure les phénomènes d'apprentissage implicite sont sous-tendus par les mêmes mécanismes que ceux impliqués dans la mémoire déclarative. C'est dans cette perspective que les études réalisées chez les patients amnésiques trouvent tout leur intérêt. En effet, si les phénomènes d'apprentissage implicite relèvent de processus indépendants de ceux qui sont affectés dans le syndrome amnésique, on pourra s'attendre à observer des performances normales chez ces patients aux tâches d'apprentissage implicite. Par ailleurs, si les capacités d'apprentissage implicite sont préservées dans les cas d'amnésie, cela suggère que l'apprentissage implicite repose sur des mécanismes neuronaux différents de ceux qui dépendent du système de mémoire épisodique. A contrario, si les mécanismes d'apprentissage implicite ne se distinguent pas de ceux qui interviennent dans la mémoire épisodique, les patients amnésiques devraient présenter des niveaux de performance altérés aux épreuves d'apprentissage implicite.

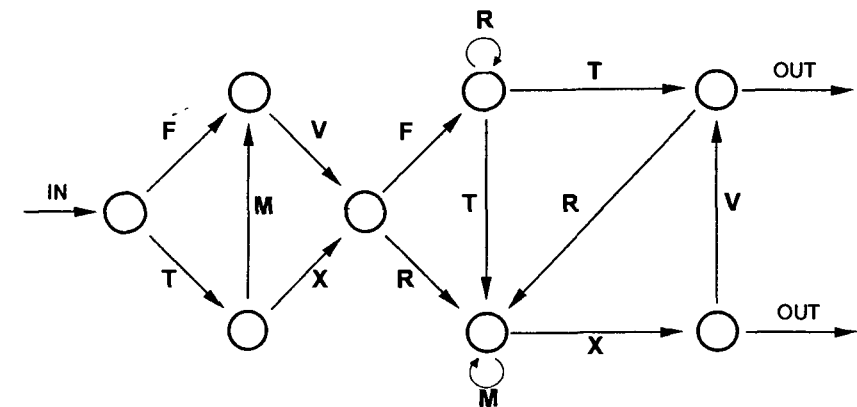
Les capacités d'apprentissage implicite des patients amnésiques ont été explorées à l'aide de différentes tâches : les grammaires artificielles, le temps de réaction sériel et les tâches d'interaction avec des systèmes dynamiques (pour une synthèse de ces travaux, voir Meulemans, 1998).

Dans une tâche classique d'apprentissage d'une grammaire artificielle, le sujet doit dans un premier temps (phase d'étude) mémoriser un ensemble de séries de lettres générées par une grammaire à état fini comme celle présentée ci-dessous (Figure 1). Au terme de cette phase d'étude, il est informé du fait que les séries de lettres n'ont pas été construites au hasard, mais plutôt sur base d'un ensemble de règles complexes. Suit alors la tâche de classement, au cours de laquelle sont présentées au sujet de nouvelles séries de lettres, certaines construites sur base des mêmes règles que les séries présentées précédemment, et d'autres comportant des erreurs par rapport à ces règles. La tâche du sujet consiste simple-

ment à décider, pour chaque série qui lui est présentée, si elle est ou non grammaticale.

Classiquement, les sujets se montrent capables de discriminer les items grammaticaux et non grammaticaux à un niveau de performance atteignant 60 à 70% de réponses correctes, soit à un niveau significativement supérieur au hasard (par exemple, Dulany, Carlson, et Dewey, 1984 ; Knowlton et Squire, 1994 ; Reber, 1967 ; Reber et Allen, 1978). L'aspect implicite de cet apprentissage serait attesté par le fait que les sujets se déclarent incapables d'expliquer les raisons qui les ont conduits à juger un item grammatical ou non grammatical.

Figure 1. Exemple de grammaire à état fini et d'items grammaticaux et non grammaticaux (adapté de Meulemans & Van der Linden, 1997b).



Items grammaticaux

FVRMX  
FVFRRT  
TMVRMXV  
TXFRT

Items non grammaticaux

FMFRT  
TXTMX  
FVFMV  
TMXRMXV

Figure 1. Example of finite-state grammar and of grammatical and nongrammatical items (adapted from Meulemans & Van der Linden, 1997b).



L'interprétation des performances des sujets dans les tâches de grammaires artificielles s'articule autour de deux axes principaux : (a) un premier axe qui oppose un point de vue "abstractionniste" à un point de vue "exemplariste" ou "fragmentariste", et (b) un second axe sur lequel on peut mettre en opposition les auteurs qui croient à la nature implicite de l'apprentissage et ceux qui estiment au contraire qu'il est inutile de faire appel à une quelconque connaissance implicite pour rendre compte de la performance des sujets dans les tâches dites d'apprentissage implicite. Selon Reber (1989), le plus grand défenseur de la position abstractionniste, l'apprentissage dans la tâche de grammaire artificielle est principalement sous-tendu par un mécanisme inconscient ou implicite d'induction de règles : la connaissance acquise par les sujets doit être considérée comme un sous-ensemble partiel mais représentatif des règles de la grammaire. Ces règles, qui demeurent inaccessibles à la conscience, pourraient ensuite être utilisées pour les jugements de grammaticalité. Pour Reber (1976), ces mécanismes inconscients d'abstraction ne sont déclenchés que si le sujet est confronté à un matériel complexe qui décourage la découverte et l'utilisation de règles simples, et qui rendrait donc inopérants les mécanismes conscients d'apprentissage, par exemple de type testing d'hypothèses. Au contraire de Reber, d'autres auteurs considèrent que, dans une tâche d'apprentissage d'une grammaire artificielle, les sujets n'apprennent rien d'autre que les items qui leur sont présentés durant la phase d'étude. Ainsi, selon Brooks (1978), il n'y aurait pas de mécanisme d'abstraction aboutissant à une connaissance de haut niveau dont on pourrait dire, en quelque sorte, qu'elle "transcenderait" les items étudiés. Beaucoup plus simplement, les sujets "mémorisent" les exemplaires présentés durant la phase d'étude, et c'est cette connaissance stockée en mémoire qui leur permet par la suite de décider, avec plus ou moins de réussite, qu'un item de test pourrait être grammatical ou non. L'idée serait donc que les sujets opèrent un mécanisme de comparaison directe entre les items ou les fragments d'items stockés en mémoire et ceux qui leur sont présentés lors de la phase de classement ; la force de la "trace mnésique" de l'information stockée pourrait en outre varier en fonction de la fréquence d'apparition de ces items lors de la phase d'étude. Proche à certains égards du point de vue exemplariste, le point de vue "fragmentariste" s'en distingue principale-

ment par le fait que, cette fois, l'accent n'est plus mis sur la mémorisation d'exemplaires entiers appris lors de la phase d'étude, mais plutôt sur l'apprentissage de fragments (généralement des bigrammes et des trigrammes - les "chunks") d'items présentés au moment de la phase d'étude (voir Meulemans et Van der Linden, 1997a ; Perruchet, 1994).

Nous n'aborderons pas ici les études qui se sont centrées sur la distinction abstractionniste-exemplariste-fragmentariste ; cette problématique a en effet été explorée principalement chez le sujet normal (voir Meulemans, 1998). Par contre, le deuxième axe évoqué ci-dessus - le débat implicite/explicite - a bénéficié de manière importante des travaux réalisés en neuropsychologie, et plus particulièrement chez le patient amnésique.

Dans une série d'études, Knowlton et collaborateurs (Knowlton, Ramus, et Squire, 1992 ; Knowlton et Squire, 1994 ; Knowlton et Squire, 1996) ont montré que les performances des patients amnésiques aux tâches de grammaires artificielles ne se distinguaient pas de celles de sujets normaux. Knowlton et Squire (1996) ont ainsi administré à neuf patients amnésiques la tâche de grammaire artificielle suivie d'un test de reconnaissance pour les chunks (bigrammes et trigrammes) présents dans les items d'apprentissage. Les résultats de cette expérience montrent, outre une performance normale chez les patients amnésiques à la tâche de classement, une dissociation entre la performance des amnésiques et des sujets de contrôle à la tâche de reconnaissance, le score moyen des amnésiques dépassant à peine le niveau du hasard. Ces mêmes auteurs ont également évalué la capacité des patients amnésiques à classer des items construits avec un autre ensemble de lettres que celles qui avaient servi lors de l'apprentissage (test de transfert). Les résultats montrent un transfert significatif de la connaissance grammaticale, même si, pour les patients amnésiques comme pour les sujets de contrôle, la performance était meilleure lorsque le même ensemble de lettres était utilisé lors des phases d'étude et de test. Pour Knowlton et Squire, l'avantage de la condition sans transfert pourrait être dû à l'influence de la force des chunks (sentiment de familiarité pour les bigrammes et trigrammes apparus fréquemment dans les items d'apprentissage) sur les jugements de grammaticalité ; selon les auteurs, cette influence pourrait refléter un effet d'amorçage perceptif, c'est-à-dire une facilitation de l'identification per-

ceptive pour ces items en raison de la rencontre préalable avec des éléments constitutifs (les chunks) de ces items. Ils interprètent ces résultats comme reflétant à la fois l'effet d'une connaissance abstraite basée sur des règles et l'effet de l'acquisition d'informations concrètes spécifiques aux items d'apprentissage. Le fait que les amnésiques atteignent des niveaux de performance comparables à ceux des sujets de contrôle suggère, selon les auteurs, que les formes de connaissance abstraite et concrète peuvent être acquises de manière implicite.

On regrettera cependant, dans l'étude de Knowlton et Squire (1996), certaines faiblesses méthodologiques qui obligent à remettre en question l'interprétation qu'ils proposent de leurs résultats. Le problème principal tient, de toute évidence, à l'absence de groupe de contrôle. Pour cette raison, il est très difficile d'affirmer que les effets observés dans la tâche de classement sont bien dus à une information apprise lors de la phase d'étude.

Dans une étude récente (Meulemans et Van der Linden, 2000), nous avons également montré des performances équivalentes entre un groupe de patients amnésiques et des sujets normaux dans une tâche d'apprentissage d'une grammaire artificielle. Dans cette étude, les items de test grammaticaux et non grammaticaux ne différaient pas sur base de différentes mesures de force associative (basées sur la fréquence d'apparition, dans les items d'apprentissage, des chunks constituant les items de test), et donc ne pouvaient être distingués à partir de la seule connaissance des bigrammes et des trigrammes. Par contre, les patients et les sujets normaux ont réalisé des performances différentes à un test explicite de génération dans lequel il leur était demandé de construire 10 séries de lettres qu'ils jugeaient grammaticales. Meulemans et Van der Linden suggéraient, sur base de ces résultats, que deux processus distincts intervenaient dans la performance de leurs sujets : un premier processus, implicite et basé sur des mécanismes associatifs, sous-tendrait la performance dans la tâche de classement et serait préservé dans l'amnésie ; un deuxième processus, résultant du découpage initial des séries de lettres en bigrammes et en trigrammes, permettrait chez le sujet normal le rappel explicite de ces chunks.

Des performances normales chez les patients amnésiques ont également été observées avec la tâche de temps de réaction sériel (Nissen et

Bullemer, 1987 ; Nissen et al., 1989). Nissen et al. ont également montré que les amnésiques pouvaient maintenir leur connaissance de la séquence après un délai d'une semaine. Cependant, et comme le souligne Curran (1995), il serait intéressant de voir quelle serait la performance de patients amnésiques dans une tâche de temps de réaction impliquant une séquence qui nécessiterait la formation de chunks de niveau supérieur. En effet, la séquence utilisée dans les études de Nissen et collaborateurs peut être apprise par la réalisation d'associations simples entre paires d'éléments de la séquence (voir aussi Meulemans, 1998). Il est possible que, si les structures cérébrales impliquées dans l'amnésie ne sont en effet pas mises en œuvre dans l'apprentissage d'associations simples entre stimuli, elles pourraient par contre l'être pour l'apprentissage de relations conditionnelles plus complexes entre éléments de la séquence. C'est ce que suggèrent des études réalisées chez le rat, qui montrent que des rats avec des lésions hippocampiques peuvent apprendre des associations simples entre paires de stimuli, mais ne peuvent résoudre des problèmes d'apprentissage conditionnel dans lesquels un indice fourni au moment  $t$  prédit des conséquences différentes en fonction de l'indice précédent, fourni au moment  $t-1$  (voir, par exemple, Leaton et Borszcz, 1990). Dans certaines tâches de temps de réaction sériel, l'apprentissage du fait que le stimulus D ne suit le stimulus A que si ce dernier est lui-même précédé du C, par exemple, pourrait ne pas être possible par des patients amnésiques souffrant de lésions au niveau de la région méso-temporale.

P. J. Reber et Squire (1994) ont apporté des résultats intéressants de ce point de vue. Ils ont administré à un groupe de huit patients amnésiques (6 patients avec lésions diencephaliques et 2 avec lésions hippocampiques) une tâche de temps de réaction sériel impliquant une séquence répétée qui ne pouvait pas être apprise simplement par la réalisation d'associations simples entre paires de stimuli. Les sujets réalisaient d'abord quatre blocs d'essais avec présentation en boucle de la séquence répétée, suivis de l'administration de deux tests explicites (test d'évocation verbale et test de reconnaissance consistant en une présentation de cinq séquences de 12 items). Ensuite, ils devaient réaliser un nouveau bloc d'essais correspondant à la séquence répétée, suivi d'un dernier bloc composé de stimuli aléatoires. Les auteurs montrent que les amné-

siques et les sujets de contrôle réalisent un apprentissage comparable de la séquence répétée, comme l'atteste l'absence d'interaction Bloc  $\times$  Groupe. La présence d'une légère différence (non significative) en faveur des sujets de contrôle pourrait refléter le fait que ces sujets ont pu bénéficier en plus d'un certain apprentissage explicite de la séquence : en effet, à un test d'évocation verbale, les sujets de contrôle ont été capables de rappeler des morceaux plus longs de la séquence répétée que les patients amnésiques ; le test de reconnaissance, par contre, n'a permis de mettre en évidence aucune connaissance explicite significativement différente de zéro, et ce aussi bien pour les patients amnésiques que pour les sujets de contrôle.

Comme le constate Curran (1995), un tel résultat paraît étonnant si on le met en regard des théories qui postulent que la région mésio-temporale (et particulièrement l'hippocampe) jouerait un rôle important dans l'apprentissage associatif complexe. Curran relève que beaucoup de ces théories se basent sur des études faites chez des animaux présentant des lésions cérébrales très spécifiques. Sachant que les patients amnésiques présentent souvent des lésions relativement hétérogènes, des divergences dans les résultats ne sont pas étonnantes entre les études chez l'animal et les études chez l'amnésique. Quoi qu'il en soit, et toujours selon Curran, d'autres études seront nécessaires pour déterminer si les résultats observés chez l'amnésique reflètent une faiblesse de ces théories (on peut en effet s'interroger sur la pertinence des modèles animaux pour la compréhension des phénomènes cognitifs humains), ou si cela renvoie plutôt à des différences d'ordre anatomique. La conclusion principale des études chez l'amnésique reste néanmoins que les régions cérébrales endommagées dans l'amnésie ne contribuent pas de manière significative à l'apprentissage de séquences dans les tâches de temps de réaction sériel.

Les études ayant exploré les capacités d'apprentissage implicite chez les patients amnésiques montrent dans l'ensemble des niveaux de performance non détériorés. Lorsque des performances plus faibles sont constatées, il est généralement possible de l'expliquer par le fait que les patients amnésiques, contrairement aux sujets normaux, ne peuvent utiliser leurs capacités de mémoire explicite pour progresser dans la tâche. Il convient par ailleurs de rappeler que les résultats d'un certain nombre d'études sont sujets à caution, en raison principalement de problèmes

méthodologiques. Les capacités d'apprentissage complexe des patients amnésiques, telles qu'on peut les mettre en évidence dans le cadre des paradigmes d'apprentissage implicite, restent donc dans une large mesure à déterminer.

Il s'agira également, comme le fait justement remarquer Seger (1994), de rendre compte d'un certain nombre de contre-performances réalisées par des patients amnésiques dans des tâches d'apprentissage d'habiletés qui, pourtant, pourraient être rapprochées de situations d'apprentissage implicite. Ainsi en est-il des tâches de résolution de labyrinthes tactiles, dans lesquelles les amnésiques ne réalisent pas des performances normales (Cermak et al., 1973 ; Nissen et al., 1989). Selon Cermak et al. (1973), l'apprentissage de la résolution du labyrinthe pourrait nécessiter une médiation verbale. Nissen et al. (1989) ont suggéré, pour tenter de rendre compte de la faible performance des patients amnésiques à la tâche du labyrinthe tactile, que ces patients étaient mis en difficulté parce que la tâche n'indique pas quel comportement le sujet doit adopter, et qu'il peut donc commettre des erreurs. Autrement dit, pour ces auteurs, les patients amnésiques ne pourraient faire preuve d'apprentissage que dans des situations dont la structure ne fait intervenir qu'un nombre limité de possibilités de réponse. Nissen et al. ont donc bloqué tous les passages "interdits" du labyrinthe, de manière à ce que la tâche implique la simple répétition du même pattern moteur. Les résultats montrent que la performance des patients amnésiques était néanmoins inférieure à celle des sujets de contrôle. Les auteurs ont suggéré que le simple fait de bloquer les passages incorrects n'empêchait pas les sujets d'essayer de les emprunter malgré tout. Cependant, si la proposition de Nissen et al., selon qui le facteur crucial réside dans le nombre de possibilités de réponse impliquées dans la tâche, est correcte, comment expliquer que des patients amnésiques aient pu réaliser des performances (à peu près) normales dans des tâches d'apprentissage implicite comportant plusieurs options de réponse non contraintes, comme le contrôle de systèmes dynamiques (Squire et Frambach, 1990) ?

A côté des conceptions qui envisagent le pattern de performances préservées et altérées dans le syndrome amnésique en termes de systèmes de mémoire indépendants, la conception proposée par McClelland, McNaughton et O'Reilly (1995) mérite également que l'on s'y arrête.

Pour ces auteurs, l'acquisition préservée des habiletés dans le syndrome amnésique s'explique par l'accumulation progressive de changements minimes affectant les connexions entre divers groupes de neurones, tant au niveau du néocortex que des noyaux de la base et du cervelet. Ce processus, que les auteurs appellent le "système de traitement néocortical", permet notamment de découvrir, mais de manière lente et progressive, la structure inhérente à un ensemble d'items. Le résultat de cet apprentissage est peu flexible, car la connaissance acquise est directement localisée au sein des connexions neuronales qui ont été activées lors de l'encodage. Pour réactiver cette connaissance, il est donc nécessaire de réactiver ces mêmes connexions neuronales, ce qui implique de se trouver en présence d'indices qui rappellent non seulement les stimuli eux-mêmes, mais aussi leur contexte d'encodage. A côté de ce système néocortical, McClelland et al. envisagent un système hippocampique (en étroite relation avec les régions corticales), qui permet quant à lui l'apprentissage rapide de nouvelles connaissances et qui est à l'origine de la formation des souvenirs épisodiques. Ce sont les changements importants au niveau du poids des connexions entre neurones à l'intérieur du système hippocampique qui permettent la formation de ces souvenirs. D'autre part, la consolidation des souvenirs a lieu à la fois au niveau du système néocortical et du système hippocampique par la "réinstallation" répétée des patterns stockés dans le système hippocampique, et par les connexions reliant entre eux les deux systèmes. Pour McClelland et al., ce processus de "réinstallation" du souvenir dans le système néocortical a notamment pour conséquence de permettre au souvenir de devenir progressivement autonome par rapport au système hippocampique (ce qui conduit, notamment, à la formation des traces sémantiques en mémoire). Selon ces auteurs, l'approche connexionniste apporte les modèles les plus utiles pour la compréhension des processus intervenant au niveau du système néocortical.

### CONCLUSION

Si la distinction entre l'apprentissage implicite et la mémoire procédurale paraît aussi peu définie dans la littérature, c'est sans doute parce

que, comme nous l'avons souligné, les deux types de processus interviennent de manière conjointe dans la plupart des situations – y compris expérimentales. Du point de vue de l'observateur, il est vrai que, dans les deux cas, l'acquisition d'une nouvelle connaissance se manifeste par l'amélioration des performances dans une tâche donnée, ce qui revient à dire que l'habileté du sujet s'améliore au fil de la tâche. Cependant, il nous paraît que la compréhension des deux concepts peut se trouver clarifiée si l'on envisage l'apprentissage implicite comme renvoyant à l'apprentissage d'associations stimulus-stimulus (S-S), l'apprentissage procédural étant, quant à lui, concerné par l'automatisation d'associations stimulus-réponse (S-R). Dans le cas de la mémoire procédurale, l'apprentissage d'associations S-R renvoie au fait que le sujet apprend à réagir de plus en plus rapidement à des stimuli, et apprend à automatiser la production de tel type de réponse (ce terme devant être pris ici au sens large : la réponse peut être motrice, perceptive ou cognitive) face à tel type de stimulus. Dans l'apprentissage implicite, au contraire, l'intérêt des chercheurs ne se porte pas sur l'automatisation de relations S-R, mais bien sur notre capacité à détecter les relations ou les régularités – parfois complexes – entre des stimuli de notre environnement ; c'est en ce sens qu'il faut comprendre que l'apprentissage implicite reflète l'apprentissage d'associations S-S. Que nous utilisions (et la manière dont nous utilisons) cette connaissance des régularités n'est finalement que secondaire par rapport à ce qui constitue l'intérêt premier pour le chercheur dans le domaine de l'apprentissage implicite, à savoir la mise en évidence de notre capacité à détecter et à intégrer (de manière implicite) les régularités complexes présentes dans notre environnement.

Si faire appel à des mécanismes d'apprentissage associatif élémentaires peut aider à distinguer l'apprentissage implicite de la mémoire procédurale, cela ne suffit cependant pas pour rendre compte de la diversité des situations qui relèvent de ces deux formes d'apprentissage. Se contenter d'une définition de l'apprentissage implicite et de la mémoire procédurale en termes d'apprentissage S-S ou S-R pourrait conduire à penser que l'on se trouve face à deux formes d'apprentissage homogènes, dont nous serions parvenus à circonscrire les mécanismes impliqués. A cet égard, la neuropsychologie a largement contribué à démontrer que c'est loin d'être le cas, en montrant le caractère multiple des

mécanismes qui interviennent dans chacune des tâches d'apprentissage implicite et de mémoire procédurale. Signalons qu'Anderson lui-même écrivait en 1997 : "we judge as implausible any theory that attributes skill acquisition to a single learning mechanism" (Anderson et al., 1997).

Dès lors, si, en ce qui concerne la mémoire procédurale, la distinction entre tâches perceptives, perceptivo-motrices et cognitives reste intéressante d'un point de vue descriptif, il faut se garder de lui attribuer une valeur explicative absolue et de considérer que ces différents niveaux du fonctionnement procédural renvoient à des mécanismes qui seraient homogènes. L'état actuel des données en neuropsychologie montre au contraire qu'il existe des dissociations entre tâches d'un même niveau, et même que, pour une tâche donnée, des dissociations peuvent apparaître selon les conditions d'administration. Il semble à l'heure actuelle qu'il faille trouver d'autres dimensions pour distinguer entre elles les différentes tâches de mémoire procédurale. C'est là tout l'intérêt d'approches comme celle de Willingham (1998) qui, avec son modèle de l'apprentissage d'habiletés motrices (le modèle COBALT, *control-based learning theory*), suggère que la nature séquentielle de la réponse pourrait constituer une des dimensions pertinentes (parmi d'autres) pour distinguer entre elles certaines tâches procédurales.

Toutes ces considérations ne manquent évidemment pas d'avoir des conséquences sur le plan clinique. Aujourd'hui, si l'évaluation de la mémoire procédurale ne fait pas encore partie de la clinique courante, de plus en plus nombreux sont les neuropsychologues cliniciens qui cherchent à recueillir des informations sur les capacités d'apprentissage procédural de leurs patients. Il existe en effet maintenant de nombreuses études suggérant que, avec certains types de patients, ces capacités peuvent être utilisées dans une perspective de rééducation (c'est notamment le cas chez les patients amnésiques ; voir Glisky et Schacter, 1987). Au vu des dissociations observées dans les études entre les différentes tâches de mémoire procédurale, il apparaît cependant que l'évaluation des capacités d'apprentissage d'habiletés devrait inclure un éventail d'épreuves suffisamment large pour recouvrir l'ensemble des niveaux du fonctionnement procédural. Il n'en reste cependant pas moins vrai que, dans l'état actuel de nos connaissances, beaucoup de questions demeurent

quant au lien qu'on peut faire entre la performance d'un sujet à une tâche de mémoire procédurale (ou d'apprentissage implicite) et les capacités d'apprentissage préservées ou altérées qu'il présente dans les situations de la vie quotidienne. Dans ce domaine du fonctionnement mnésique, comme dans d'autres, c'est donc la question de la validité écologique des tâches de laboratoire qui se trouve posée et à laquelle devront s'atteler les chercheurs dans les années à venir.

### ABSTRACT

The aim of this article is to present the study areas of implicit learning and procedural memory in a neuropsychological perspective. A way by which these two domains may be conceptually distinguished lies in the hypothesis that both forms of learning depend on simple associative processes: learning of S-S associations in the case of implicit learning, and learning of S-R associations in the case of procedural memory. The contribution of studies conducted in brain-damaged patients is tackled through two main questions: the first regards the heterogeneity of the mechanisms involved in the different skill-learning situations; the second one concerns the real implicit nature of the acquired knowledge in implicit learning tasks. With regard to the first question, the several dissociations between skill-learning tasks shown in brain-damaged patients indicate that procedural memory cannot be considered as a homogenous memory system. Concerning the nature of the acquired knowledge in implicit learning tasks, the data obtained in amnesic patients confirm that performance in such tasks does not depend either on the same neural structures or the same memory processes than those impaired in amnesic patients.

### BIBLIOGRAPHIE

- Ackerman, P. L. (1988). Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 288-318.

- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R., Fincham, J. M., & Douglass, S. (1997). The role of examples and rules in the acquisition of a cognitive skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23 (4), 932-945.
- Beatty, W. W., Salmon, D. P., Bernstein, N., Martone, M., Lyon, L., & Butters, N. (1987). Procedural learning in a patient with amnesia due to hypoxia. *Brain and Cognition*, 6, 386-402.
- Berry, D. C., & Dienes, Z. (1993). *Implicit learning: Theoretical and empirical issues*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brooks, L. (1978). Nonanalytic concept formation and memory for instances. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 169-211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cermak, L. S., Lewis, S., Butters, N., & Goodglass, H. (1973). Role of verbal mediation in performance of motor tasks by Korsakoff patients. *Perceptual and Motor Skills*, 37, 259-262.
- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210, 207-210.
- Curran, T. (1995). On the neural mechanisms of sequence learning. *PSYCHE: an interdisciplinary journal of research on consciousness*, 2 (12) [On-line]. <http://psyche.cs.monash.edu.au/volume2-1/psyche-95-2-12-sequence-1-curran.html>
- Dulany, D. E., Carlson, R. A., & Dewey, G. I. (1984). A case of syntactical learning and judgement: How conscious and how abstract? *Journal of Experimental Psychology: General*, 113 (4), 541-555.
- Fitts, P. M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In A. W. Melton (Ed.), *Categories of human learning*. New York: Academic Press.
- Gabrieli, J. D. E., Corkin, S., Mickel, S. F., & Growdon, J. H. (1993). Intact acquisition and long-term retention of mirror-tracing skill in Alzheimer's disease and in global amnesia. *Behavioral Neuroscience*, 107 (6), 899-910.
- Gabrieli, J. D. E., Stebbins, G. T., Singh, J., Willingham, D. B., & Goetz, C. G. (1997). Intact mirror-tracing and impaired rotary-pursuit skill learning in patients with Huntington's disease: Evidence for dissociable memory systems in skill learning. *Neuropsychology*, 11 (2), 272-281.
- Glisky, E. L., & Schacter, D. L. (1987). Acquisition of domain-specific knowledge in organic amnesia: Training for computer-related work. *Neuropsychologia*, 25 (6), 893-906.

- Haaland, K. Y., Harrington, D. L., O'Brien, S., & Hermanowicz, N. (1997). Cognitive-motor learning in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 11 (2), 180-186.
- Heindel, W. C., Butters, N., & Salmon, D. P. (1988). Impaired learning of a motor skill in patients with Huntington's disease. *Behavioral Neuroscience*, 102 (1), 141-147.
- Heindel, W. C., Salmon, D. P., Shults, C. W., Walicke, P. A., & Butters, N. (1989). Neuropsychological evidence for multiple implicit memory systems: A comparison of Alzheimer's, Huntington's, and Parkinson's disease patients. *The Journal of Neuroscience*, 9 (2), 582-587.
- Knopman, D., & Nissen, M. J. (1991). Procedural learning is impaired in Huntington's disease: Evidence from the serial reaction task. *Neuropsychologia*, 29, 245-254.
- Knowlton, B. J., Ramus, S. J., & Squire, L. R. (1992). Intact artificial grammar learning in amnesia: Dissociation of classification learning and explicit memory for specific instances. *Psychological Science*, 3 (3), 172-179.
- Knowlton, B. J., & Squire, L. R. (1994). The information acquired during artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (1), 79-91.
- Knowlton, B. J., & Squire, L. R. (1996). Artificial grammar learning depends on implicit acquisition of both abstract and exemplar-specific information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22 (4), 169-181.
- Leaton, R. N., & Borszcz, G. S. (1990). Hippocampal lesions and temporally chained conditioned stimuli in a conditioned suppression paradigm. *Psychobiology*, 18 (1), 81-88.
- Martone, M., Butters, N., Payne, M., Becker, J. T., & Sax, D. S. (1984). Dissociations between skill learning and verbal recognition in amnesia and dementia. *Archives of Neurology*, 41, 965-970.
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, 102 (3), 419-457.
- Meulemans, T. (1998). *L'apprentissage implicite: Une approche cognitive, neuropsychologique et développementale*. Marseille: Solal.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1997a). Associative chunk strength in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23 (4), 1007-1028.

- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1997b). Does the artificial grammar learning paradigm involve the acquisition of complex information? *Psychologica Belgica*, 37 (1/2), 69-88.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (2000). Implicit learning of complex information in amnesia. Article soumis pour publication.
- Milberg, W., Alexander, M. P., Charness, N., McGlinchey-Berroth, R., & Barrett, A. (1988). Learning of a complex arithmetic skill in amnesia: Evidence for a dissociation between compilation and production. *Brain and Cognition*, 8, 91-104.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Nissen, M. J., Willingham, D., & Hartman, M. (1989). Explicit and implicit remembering: When is learning preserved in amnesia? *Neuropsychologia*, 27 (3), 341-352.
- Perruchet, P. (1994). Defining the knowledge units of a synthetic language: Comment on Vokey and Brooks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (1), 223-228.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.
- Reber, A. S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2 (1), 88-94.
- Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118 (3), 219-235.
- Reber, A. S. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious*. New York: Oxford University Press.
- Reber, A. S., & Allen, R. (1978). Analogic and abstraction strategies in synthetic grammar learning: A functionalist interpretation. *Cognition*, 6, 189-221.
- Reber, P. J., & Squire, L. R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. *Learning and Memory*, 1, 217-229.
- 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.
- Sanes, J. N., Dimitrov, B., & Hallett, M. (1990). Motor learning in patients with cerebellar dysfunction. *Brain*, 113, 103-120.
- Schmidtke, K., Handschu, R., & Vollmer, H. (1996). Cognitive procedural learning in amnesia. *Brain and Cognition*, 32, 441-467.
- Seger, C. A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115 (2), 163-196.

- Squire, L. R., & Zola-Morgan, M. (1990). Cognitive skill learning in amnesia. *Psychobiology*, 18 (1), 109-117.
- Stadler, M. A. (1992). Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 318-325.
- Willingham, D. B. (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105 (3), 558-584.
- Willingham, D. B., & Koroshetz, W. J. (1993). Evidence for dissociable motor skills in Huntington's disease patients. *Psychobiology*, 21, 173-182.
- Willingham, D. B., Koroshetz, W. J., & Peterson, E. W. (1996). Motor skills have diverse neural bases: Spared and impaired skill acquisition in Huntington's disease. *Neuropsychology*, 10 (3), 315-321.