

Chapitre 7

La mémoire de travail : une place centrale dans les apprentissages scolaires fondamentaux.

Nathalie Gavens & Valérie Camos

Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement (CNRS - UMR 5022)

Université de Bourgogne - Pôle AAFE - Esplanade Erasme - BP 26513 - 21065 Dijon Cedex -

E-mail : nathalie.gavens@leadserv.u-bourgogne.fr ; valerie.camos@u-bourgogne.fr

In E. Gentaz & P. Dessus (Eds.), Apprentissages et enseignement : Sciences cognitives et éducation (pp. 91-106). Paris : Dunod.

Résumé

La mémoire de travail est la structure mentale responsable du maintien et de la manipulation des informations et des connaissances. Depuis une trentaine d'années et la publication des travaux princeps de Baddeley et Hitch [1], de nombreuses recherches ont montré la place centrale de la mémoire de travail dans le fonctionnement cognitif humain. Plus particulièrement, chez l'enfant, la mémoire de travail est extrêmement sollicitée dans les apprentissages complexes comme la compréhension en lecture, le raisonnement, la résolution d'opérations et de problèmes arithmétiques. Ce chapitre proposera en introduction une mise au point théorique sur la mémoire de travail et les principaux modèles permettant de rendre compte de son fonctionnement et de son développement. Nous présenterons ensuite un bilan de nos connaissances concernant son rôle exact dans les trois apprentissages scolaires fondamentaux : la lecture, la production d'écrits et le nombre. Nous évoquerons également les méthodes actuelles d'évaluation de la mémoire de travail et leur utilité dans la prédictivité de la réussite scolaire.

INTRODUCTION

La mémoire de travail est une structure mentale permettant d'effectuer simultanément le maintien temporaire et la manipulation d'informations pendant la réalisation de tâches cognitives complexes telles que la compréhension, le raisonnement ou l'apprentissage. La plupart des activités cognitives auxquelles nous sommes quotidiennement confrontés impliquent de multiples étapes et le maintien temporaire des résultats intermédiaires pendant l'accomplissement de la tâche. Ainsi, on a observé une transition théorique de la mémoire à court terme, caractérisée par un maintien statique de l'information, vers la mémoire de travail, où maintien temporaire et traitement sont mis en œuvre simultanément. Cette transition théorique a été impulsée par l'apparition du modèle proposé en 1974 par Baddeley et Hitch [1 ; 2].

Mémoire de travail : modèles de fonctionnement et de développement

Baddeley et Hitch [1] considèrent la mémoire de travail comme un système dynamique dans lequel stockage et traitements sont assurés par des structures distinctes. Ainsi, selon les auteurs, la mémoire de travail contient plusieurs structures cognitives spécialisées. D'une part, des systèmes de mémoire temporaire, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, assurent le maintien respectif des représentations langagières et imagées. D'autre part, un système de contrôle appelé le centre exécutif, ou l'administrateur central, est chargé de sélectionner, coordonner et contrôler les opérations de traitement. Il ne jouerait pas de rôle direct dans le stockage, mais dans le contrôle de l'attention. En effet, l'administrateur central est responsable de la prise en charge des fonctions de plus haut niveau, telles que la planification, la coordination, l'inhibition et la récupération d'informations, ce que l'on appelle plus généralement les fonctions exécutives.

Dans ce cadre théorique, les deux fonctions principales de traitement et de stockage nécessitent des ressources attentionnelles. Ces ressources attentionnelles qui constituent la capacité de la mémoire de travail sont limitées. Ainsi, lorsque le coût cognitif de stockage par la boucle phonologique et par le calepin visuo-spatial n'excède pas la capacité de la mémoire de travail, l'administrateur central dispose de suffisamment de ressources pour effectuer le contrôle et la gestion des opérations de traitement. En revanche, lorsque l'un des deux systèmes de stockage est en surcharge cognitive, c'est-à-dire que l'ensemble des ressources n'est pas suffisant pour maintenir les informations actives, l'administrateur central ne reçoit plus de ressources et ne peut donc plus assurer ses fonctions. Ainsi, les deux fonctions de stockage et de traitement de la mémoire de travail se trouvent en compétition dans le partage

des ressources attentionnelles. La principale difficulté est donc de gérer de manière la plus économique et la plus efficace possible la quantité limitée de ressources dont nous disposons (*cf. repères pour l'action*).

Ce problème de la limitation des ressources en mémoire de travail se pose d'autant plus dans le développement cognitif de l'enfant. Le courant néo-piagétien [3, 4, 5] intègre cette problématique au modèle classique de Piaget. Malgré des caractéristiques communes, les différentes théories néo-piagésiennes divergent quant à leur explication du développement cognitif, notamment en ce qui concerne l'augmentation de ces ressources avec l'âge. Certains auteurs considèrent que le développement cognitif serait dû à un accroissement développemental de la quantité totale de ressources attentionnelles [3, 5]. Ce développement ferait appel soit à un aspect quantitatif, soit un aspect qualitatif des limitations de la mémoire de travail. La conception quantitative considère que le nombre maximum de schèmes que l'enfant peut utiliser face à une situation cognitive complexe augmente avec l'âge [3]. Ainsi, l'enfant disposerait d'une quantité de ressources attentionnelles plus importante, lui permettant de manipuler de plus en plus d'informations. En revanche, la conception qualitative considère qu'avec l'âge, ce n'est pas nécessairement la quantité totale d'information qui peut être traitée qui va augmenter, mais la complexité des relations qui peuvent être représentées [5]. L'enfant passerait d'un niveau de fonctionnement symbolique élémentaire («Félix est un chat») à des niveaux de plus en plus complexes : un second niveau qui nécessite la prise en compte de deux unités symboliques («Un chat est plus grand qu'une souris»), puis un troisième niveau qui permet la représentation d'une situation d'inférence transitive («Puisque qu'un éléphant est plus grand qu'un chat et qu'un chat est plus grand qu'une souris, alors un éléphant est plus grand qu'une souris»), enfin un quatrième niveau qui permet à l'enfant de se représenter le concept de proportionnalité. La conception relative à l'aspect quantitatif des limitations de la mémoire de travail considère que le développement cognitif dépend de sa capacité de stockage [3, 4]. Cette augmentation peut être due soit à un accroissement développemental de la quantité totale de ressources attentionnelles [3], soit à une meilleure efficacité des traitements [4]. Selon cette théorie, il n'y aurait pas d'augmentation de la quantité totale des ressources attentionnelles avec l'âge. Ces dernières seraient constantes à travers les âges et l'évolution cognitive serait due à la façon dont elles sont allouées au traitement ou au maintien de l'information. Avec l'âge, le traitement devenant de plus en plus automatisé nécessiterait une plus faible quantité de ressources attentionnelles. Ces dernières pourraient alors être orientées vers le maintien, entraînant ainsi de meilleures performances de stockage.

Que ce soit grâce à une augmentation de la quantité totale de ressources attentionnelles [3, 5] ou à une meilleure efficacité des traitements [4], le développement cognitif serait dû à une augmentation de la quantité de ressources disponibles en mémoire de travail (*cf. encadré 1.1*).

LA MEMOIRE DE TRAVAIL DANS LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES

Chez l'enfant, de nombreuses études ont témoigné de la relation forte qui existe entre la mémoire de travail et les apprentissages. Nous aborderons le rôle de la mémoire de travail dans trois domaines fondamentaux des apprentissages, à savoir la lecture, la production d'écrits et la résolution d'opérations.

Lecture et compréhension de textes

Comprendre un texte, c'est mettre en relation des informations perceptives, linguistiques avec des connaissances générales stockées en mémoire à long terme. Au fur et à mesure de sa lecture, le lecteur élabore des liens entre le texte et ses connaissances afin de construire une représentation cognitive. La mémoire de travail aurait un rôle important dans chaque étape de traitement et de mémorisation permettant le décodage et la compréhension d'un texte. Dans un premier temps, elle interviendrait dans une analyse perceptuelle des informations d'entrée, ainsi que dans l'établissement de la cohérence locale (par exemple, au niveau de la phrase), puis dans l'établissement de la cohérence globale (au niveau du texte) par manipulation de l'information conduisant à une représentation générale. Ainsi, tout en lisant, se construit peu à peu un schéma mental du texte, c'est-à-dire une organisation des propositions sémantiques. Elle interviendrait ensuite dans la sélection des connaissances appropriées stockées en mémoire à long terme et dans la mise en relation de celles-ci avec les informations perceptuelles [6]. Ainsi, on observe que des élèves d'école primaire présentant un déficit de mémoire de travail éprouvent, par ailleurs, des difficultés de lecture alors qu'ils décodent correctement les mots. Leurs difficultés concernent essentiellement les capacités à produire des inférences sur la base d'un texte, à intégrer différents éléments d'un texte pour établir une signification globale, à utiliser le contexte pour traiter un texte ou à retrouver des informations éparpillées dans un texte. Ce sont également des élèves qui font preuve d'un vocabulaire relativement pauvre [7].

Il apparaît que les mauvais lecteurs présentent de faibles performances dans des tâches de mémoire de travail impliquant fortement l'administrateur central. Une étude comparant 9 groupes d'âges (de 6 à 57 ans) a montré que les élèves ayant des troubles d'apprentissage,

notamment en lecture, présentaient des déficits dans les fonctions exécutives, prises en charge par l'administrateur central [8]. Ainsi, dans les situations où les traitements de bas niveau comme la reconnaissance des lettres mobilisent une quantité de ressources très importantes, par exemple chez le lecteur débutant, la quantité de ressources disponibles pour les processus de haut niveau tels que la production d'inférences s'en trouve réduite et entraîne des difficultés voire un échec dans la compréhension du texte. Au-delà des multiples capacités mises en œuvre dans le décodage d'un texte, il semble que la capacité de coordonner les deux fonctions de stockage et de traitement en mémoire de travail soit fondamentale pour en assurer la compréhension.

Production d'écrits

Les recherches sur la production d'écrits s'intéressent à la façon dont l'élève rédacteur parvient à gérer les contraintes internes du système cognitif pour réaliser son activité, ce qui conduit à étudier les contraintes imposées par la mémoire de travail [6]. Les relations entre la mémoire de travail et la production écrite ont été étudiées de manière très précise [9] et ces travaux ont donné lieu à l'élaboration d'un nouveau modèle de la production de textes, lequel distingue trois composantes : la formulation, l'exécution et le contrôle. Chacune de ces composantes est constituée de deux processus rédactionnels.

Ainsi, la formulation consiste à planifier des idées et à les traduire en langage. Des trois composantes du modèle, la formulation serait la plus coûteuse en ressources attentionnelles. Les travaux montrent que les différentes instances de la mémoire de travail sont impliquées dans les deux processus de la formulation [9]. Ainsi, la planification mobiliserait essentiellement le calepin visuo-spatial en récupérant des idées sous forme d'images mentales alors que l'administrateur central et la boucle phonologique seraient davantage liés au processus de traduction. Les traitements de recherche lexicale et de création des structures syntaxiques mettraient en jeu les fonctions attentionnelles de l'administrateur central et le stockage temporaire des représentations phonologiques des constituants d'une phrase serait assuré par la boucle phonologique [6].

La seconde composante concerne l'exécution grapho-motrice et regroupe les mécanismes qui de programmation et d'exécution, lesquels assurent le contrôle des mouvements de la main et des doigts permettant la transcription grapho-motrice. Contrairement aux deux autres processus, la mémoire de travail ne serait que très faiblement impliquée dans cette composante. Cependant, même chez des rédacteurs adultes pour lesquels cette composante est fortement automatisée, l'administrateur central serait mobilisé [10].

Les processus de lecture et d'édition constituent la composante de contrôle. Celle-ci peut intervenir à différents moments du processus rédactionnel et vise à améliorer le texte en cours de production. Le processus de lecture permet d'évaluer son texte et de le comparer avec la représentation qu'il s'en faisait. Le processus d'édition permet, quant à lui, d'ajuster le texte en le corrigeant ou et en le modifiant. Ces deux processus nécessitent une grande mobilisation de la mémoire de travail puisqu'ils nécessitent un recours constant à la boucle phonologique (processus de lecture) et à l'administrateur central (processus de lecture et d'édition).

Tous les processus rédactionnels mobilisent, en plus ou moins grande quantité, les ressources de l'administrateur central de la mémoire de travail [9]. Le développement de la production d'écrits serait lié à la diminution du coût des différents processus impliqués dans l'activité rédactionnelle [11]. Ainsi, lorsque les processus de bas niveau tels que l'exécution graphomotrice ne sont pas suffisamment automatisés, les processus contrôlés de plus haut niveau sont difficilement mis en œuvre par manque de ressources cognitives disponibles. L'automatisation des processus rédactionnels entraînerait une libération partielle de ces ressources permettant de les allouer à des traitements plus coûteux [12.].

Activités numériques et arithmétiques

Dans le domaine des apprentissages numériques, de nombreuses études se sont intéressées au rôle de la mémoire de travail et de ses différents composants lors de la résolution d'opérations arithmétiques (pour une synthèse, [13]). La résolution d'opérations a reçu beaucoup d'intérêt tout d'abord parce que c'est une activité quotidienne. De plus, la capacité à résoudre des opérations est un pré-requis fondamental à la poursuite des apprentissages mathématiques tels que la résolution de problème. On notera enfin que l'introduction en classe de notions complexes comme les nombres négatifs ou les fractions se fait très souvent au travers des opérations arithmétiques.

Cependant, il faut préciser que la mémoire de travail joue un rôle dès les premières activités numériques effectuées par l'enfant. Ainsi, le dénombrement de collections nécessite que les mots-nombres constituant la chaîne numérique soient récupérés en mémoire à long terme et maintenus actifs grâce à la boucle phonologique. Par ailleurs, au cours du dénombrement, l'enfant doit se souvenir des objets qu'il a déjà comptés afin de les distinguer de ceux qui restent à compter. Cette information doit être maintenue dans le calepin visuo-spatial et remise à jour au fur et à mesure de la progression du dénombrement de l'enfant [14]. Bien que le dénombrement soit une activité élémentaire et précoce, le maintien des informations verbales et visuo-spatiales en mémoire de travail induit un coût cognitif et cela même jusqu'à

l'âge adulte [15]. Ainsi, des individus aussi bien adultes qu'enfants ayant de faibles capacités de mémoire de travail seront plus lents et commettront plus d'erreurs lors de dénombrement de collections que les individus ayant de fortes capacités [16, 17]. Le dénombrement n'est pas la seule activité numérique élémentaire pour laquelle les capacités en mémoire de travail affectent les performances. Ainsi, des adolescents souffrant de déficiences intellectuelles et ayant donc une faible capacité de mémoire de travail présentaient des difficultés dans le transcodage numérique, c'est-à-dire dans la capacité à écrire des nombres en chiffres arabes sous dictée [18]. De façon similaire, des patients adultes ayant vu leur capacité de mémoire de travail se réduire suite à un accident vasculaire cérébral se mettaient à produire de nombreuses erreurs dans cette tâche de dictée [18]. Ainsi donc, même des tâches numériques considérées comme très simples nécessitent la mise en œuvre de la mémoire de travail.

Cependant, comme nous l'avons dit, l'activité arithmétique qui a le plus été étudiée est la résolution d'opérations. La plupart des études a cherché à déterminer précisément quelle était l'implication respective des trois composants de la mémoire de travail. Ainsi, il a été montré que la boucle phonologique permettait l'encodage des nombres lorsque ceux-ci étaient présentés brièvement et devaient être maintenus au cours du temps [19]. Par contre, son rôle dans le calcul n'est pas clairement établi et la littérature nous donne des résultats contradictoires. En effet, des effets d'interférence phonologique (c'est-à-dire des confusions entre les sons des différents mot-nombres) lors de la résolution d'opérations simples ont été mis en évidence [20], alors que d'autres études échouent à les observer [21]. Le calepin visuo-spatial serait impliqué uniquement lorsque la présentation de l'opération est visuelle [22]. Il serait également nécessaire à la résolution d'opérations complexes de nombres plusieurs chiffres [23]. Enfin, l'administrateur central, qui régit l'allocation attentionnelle, serait impliqué dans la résolution d'opérations, quelle que soit le mode de présentation de l'opération, visuel ou auditif, et même pour les plus simples opérations de nombres à un chiffre [20, 21]. L'ensemble de ces travaux porte sur une population adulte et enfant tout-venant. D'autres études se sont focalisées sur les enfants présentant des difficultés spécifiques en mathématiques. Il a ainsi pu être montré que ces enfants avaient, dans des tâches de mémoire de travail, des performances plus faibles que la moyenne des enfants de leur âge. Leurs performances à ces différentes tâches étaient même corrélées avec leur habileté en arithmétique [24]. Les difficultés rencontrées en mathématiques par ces enfants résulteraient donc, en partie au moins, de leur faible capacité en mémoire de travail.

MEMOIRE DE TRAVAIL : EVALUATION ET PREDICTIONS SCOLAIRES

Comme nous venons de le voir, une relation forte existe entre la mémoire de travail et la lecture, la production d'écrits, les compétences arithmétiques et plus généralement l'apprentissage. Le lien entre la capacité de la mémoire de travail et les activités cognitives complexes est si robuste qu'on cherche à évaluer de plus en plus finement les capacités en mémoire de travail afin de prédire la réussite ou les potentielles difficultés des élèves lors des apprentissages scolaires

L'évaluation des empan de mémoire de travail

Les trois tâches les plus communément utilisées sont l'épreuve d'empan de lecture, celle d'empan de comptage et celle d'empan d'opération. Elles servent toutes les trois à évaluer la capacité de mémoire de travail et sont donc fortement corrélées entre elles. Elles impliquent simplement différents types d'activité. L'empan de lecture [25] est évalué en proposant au participant une série de phrases dont il doit retenir le dernier mot. Le nombre maximum de phrases dont il peut rappeler correctement le dernier mot constitue son empan de lecture. En moyenne, des enfants âgés de 11 ans rappellent environ 3 mots. L'empan de comptage [26] nécessite que le participant dénombre des points sur des cartes en mémorisant systématiquement le résultat. On lui demande ensuite de rappeler le cardinal obtenu pour chacune des cartes dans l'ordre dans lequel elles ont été présentées. Le nombre maximum de cartes dont le participant est capable de rappeler correctement le cardinal constitue son empan de comptage. En moyenne, cet empan est de 3 pour des enfants de 8 ans et de 4 à 11 ans. Enfin, l'empan d'opération [27] consiste en une série d'opérations relativement complexes à vérifier. A l'issue de chaque calcul, on présente au participant un mot à retenir. L'empan d'opération représente le nombre maximum de mots que celui-ci est capable de rappeler tout en résolvant des opérations. Cet empan moyen est de 1.5 à 9 ans et de 2.8 à 11 ans. Quel que soit le test de mesure d'empan utilisé, les participants accomplissent simultanément deux types de tâches : une tâche de mémorisation (de nombres ou de mots) et une tâche de traitement (lire une phrase, effectuer des opérations ou dénombrer).

Récemment, de nouvelles épreuves de mémoire de travail ont été créées [28]. Elles se distinguent des précédentes parce que leurs activités de traitement sont basées sur des mécanismes élémentaires (lire des lettres ou des chiffres parallèlement à la mémorisation d'items), et elles sont administrées par ordinateur, ce qui permet de contrôler le rythme d'apparition de chaque item. Ce sont des épreuves suffisamment simples pour être effectuées sous une contrainte de temps et qui, en même temps, mobilisent une attention constante. Elles

permettent ainsi de contrôler précisément la durée et la difficulté des activités de traitement et de stockage de l'information et de déterminer le poids relatif de chacun de ces facteurs sur les performances de mémoire de travail (*cf. encadré 1.1*).

Encadré 1.1

Quels sont les facteurs permettant d'expliquer l'accroissement développemental des empan de mémoire de travail ?

L'empan de mémoire de travail augmente avec l'âge. Trois principaux facteurs ont été évoqués pour rendre compte de cet accroissement : l'augmentation de la vitesse d'exécution des traitements, une automatisation des traitements ou une augmentation de la quantité totale des ressources attentionnelles.

Gavens et Barrouillet [29] ont utilisé de nouvelles tâches de mémoire de travail afin de tester ces trois hypothèses. Ces tâches sont administrées par ordinateur à des élèves de 1^{re} et 3^e année de cycle 3 et consistent à mémoriser une lettre tout en effectuant un traitement parallèle pendant 9 secondes. Deux tâches différentes ont été utilisées : une tâche de *répétition verbale* dans laquelle l'activité de traitement consistait à répéter la syllabe «ba» en suivant son rythme d'apparition à l'écran et une tâche d'*opérations continues* dont le traitement consiste à se déplacer sur la chaîne numérique en ajoutant ou enlevant 1 à des chiffres compris entre 1 et 9 (par exemple, l'enfant voit apparaître successivement à l'écran : 3/+1/+1/-1 et dit à voix haute : «trois plus un quatre, plus un cinq, moins un, quatre»). La difficulté des tâches a été adaptée aux deux groupes d'âge. En ce qui concerne la tâche d'*opérations continues*, un pré-test a permis de déterminer qu'en 9 secondes, il était aussi coûteux pour les enfants de 9 ans d'effectuer 3 opérations continues qu'en effectuer 4 pour ceux de 11 ans.

Les résultats indiquent que lorsque les durées totales de traitement sont les mêmes pour tous les enfants, les empan sont tout de même plus élevés pour les aînés que pour les plus jeunes. L'hypothèse selon laquelle les empan augmentent avec l'âge parce que les enfants sont de plus en plus rapides à effectuer les traitements et réduisent ainsi la durée de mémorisation de l'information à rappeler n'est ici pas validée. Les empan sont, par ailleurs, significativement plus élevés lorsque le traitement était peu coûteux, indiquant que plus une activité mobilise de l'attention, plus les performances de rappel s'en trouvent réduites. Enfin, à difficulté et à durée totale de traitement équivalentes, quelle que soit la tâche administrée, les empan des enfants de 11 ans sont supérieurs à ceux des enfants de 9 ans. Avec l'âge, les enfants automatisent des activités, lesquelles mobilisent de moins en moins d'attention. Cette dernière peut alors être orientée vers la mémorisation des informations. Mais, on observe qu'à niveau d'expertise équivalent, les enfants de 11 ans parviennent à de meilleures performances de rappel. Les auteurs en concluent donc que l'augmentation de la capacité de mémoire de travail tient de l'effet conjugué d'une meilleure efficacité des traitements et d'une augmentation de la quantité totale de ressources avec l'âge.

Prédire les performances scolaires des enfants

Les épreuves d'empan mesurant les capacités en mémoire de travail sont utilisées traditionnellement afin de prédire la réussite aux apprentissages scolaires. Deux grandes études, l'une en Angleterre et l'autre en France, ont repris les évaluations nationales

effectuées à différents âges qui servent à évaluer le niveau des élèves dans les principales disciplines enseignées.

Ainsi, en Angleterre, une recherche a porté sur les relations entre capacités de mémoire de travail et performances aux évaluations nationales, en anglais, mathématiques et sciences auprès d'élèves âgés en moyenne de 7 et 14 ans [30]. Pour évaluer les capacités en mémoire de travail, les auteurs ont utilisé 13 tests permettant de mesurer les empan dans les trois composantes du système (la boucle phonologique, la mémoire visuo-spatiale et le central exécutif). A 7 ans, les niveaux de connaissance en anglais et en mathématiques sont fortement corrélés entre eux, d'une part, et avec les capacités de mémoire de travail, d'autre part. Ainsi, pendant l'apprentissage de la lecture, les limitations de la capacité de mémoire de travail contraignent fortement l'acquisition des compétences linguistiques. Cependant, les effets de cette limitation semblent s'estomper avec l'âge. En effet, à 14 ans, les performances en anglais ne sont plus autant corrélées avec les empan de mémoire de travail alors que les scores en mathématiques et en sciences le sont de manière importante. L'acquisition des connaissances dans ces trois disciplines est fortement liée aux capacités de mémoire de travail et notamment à l'efficacité de l'administrateur central. Selon les auteurs, de faibles performances aux évaluations nationales peuvent être davantage expliquées par un fonctionnement inefficace de l'administrateur central que par un réel défaut de connaissances ou de compétences.

En France, une autre recherche [31] a comparé la valeur prédictive des tâches traditionnelles de mémoire de travail telles que les épreuves d'empan de lecture [25] et d'opérations [27] avec celle de leurs nouvelles tâches d'empan, telles que les épreuves d'empan de lectures de lettres et d'opérations continues [28]. Les empan recueillis à l'aide de différentes tâches de mémoire de travail ont été comparés avec les performances aux évaluations nationales de 1^{re} année de cycle 3 en français et en mathématiques. Il ressort de cette étude que les nouvelles tâches sont plus prédictives des performances scolaires que les tâches traditionnelles. En effet, l'empan évalué à l'aide des nouvelles épreuves de mémoire de travail est plus prédictif du score en français, en mathématiques et du score global. La complexité de l'activité de traitement n'est donc pas nécessaire pour évaluer la capacité de la mémoire de travail. Selon les auteurs, la valeur prédictive d'une tâche de mémoire de travail repose sur sa capacité à capturer l'attention.

CONCLUSION

Tout au long de ce chapitre, nous avons constaté que toute activité cognitive complexe mobilise une partie ou l'ensemble des instances de la mémoire de travail, lesquelles puisent dans un *pool* unique de ressources attentionnelles limité. Cette limitation de ressources entraîne leur partage entre traitement et maintien d'informations. Ainsi, lorsqu'une de ces activités est difficile pour un élève, elle mobilise une grande partie de ses ressources au détriment de l'autre activité, le conduisant plus ou moins rapidement à une situation d'échec. Les difficultés observées en classe chez certains élèves, à certains moments de l'apprentissage peuvent donc parfois être liées davantage à un défaut de mémoire de travail qu'à un réel déficit de connaissances.

REPERES POUR L'ACTION

Comment éviter la surcharge en mémoire de travail

Nous avons vu que la mémoire de travail était extrêmement sollicitée au cours des apprentissages scolaires. Il est donc primordial d'éviter que la mémoire de travail soit surchargée d'information à manipuler ou/et à maintenir en simultané. Selon l'objectif de l'enseignant ou les difficultés rencontrées par les élèves, l'une des deux fonctions de la mémoire de travail (stockage ou traitement) peut être allégée afin de faciliter la mise en œuvre de l'autre fonction.

Stockage : Lorsqu'une activité cognitive mobilise une grande quantité de ressources attentionnelles pour récupérer puis maintenir des informations, peu de ressources restent disponibles pour effectuer un traitement sur ces informations. Une possibilité de minimiser la quantité d'information à maintenir peut consister à fournir aux élèves un maximum de supports. Il peut s'agir de supports collectifs (affichage, par exemple) ou individuels (cahier de mots, répertoire de sons, bande numérique, cahier de traces, etc.) auxquels les élèves ont recours lorsque le rappel et le maintien des informations est trop coûteux. Peu à peu et selon le développement de chacun, l'élève se détache de ces outils lorsque la récupération des informations devient de moins en moins coûteuse. Cependant, selon l'objectif de l'enseignant, l'utilisation de ces supports peut être plus ou moins autorisée.

Traitement : Un autre moyen de «soulager» la mémoire de travail est de décomposer l'activité de traitement. On peut, en effet, proposer des sous-étapes (une progression pas à pas) au niveau des processus ou au niveau des stratégies. Concernant les processus, il s'agit de faire en sorte que l'élève manipule et stocke temporairement une faible quantité d'informations, ce qui lui évite de se sentir submergé (poser les soustractions au début de l'acquisition de la technique opératoire de la division, par exemple). Concernant les stratégies, on peut aider les élèves en leur proposant une succession d'étapes intermédiaires permettant d'aboutir à l'objectif final de l'exercice (grille de relecture en production d'écrits ou en résolution de problèmes, par exemple ou aide méthodologique de manière plus générale).

Pour en savoir plus

Gaonac'h, D., & Larigauderie, P. (2000). *Mémoire et fonctionnement cognitif. La mémoire de travail*. Paris : Armand Colin. [L'un des rares ouvrages en français].

Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge: Cambridge University Press. [L'ouvrage international de référence présentant tous les modèles de mémoire de travail].

Wilhem, O., & Engle, R.W. (2005). *Handbook of understanding and measuring intelligence*. Thousand Oaks: Sage Publications [Pour prolonger ce chapitre et mieux comprendre le lien entre mémoire de travail et intelligence].

Références citées

- [1] Baddeley, A.D., & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation, Vol. 8*. New York : Academic Press.
- [2] Baddeley, A.D. (1990). *La mémoire humaine: Théorie et pratique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- [3] Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- [4] Case, R. (1985). *Intellectual development : Birth to adulthood*. New York : Academic Press.
- [5] Halford, G.S. (1993). *Children's understanding*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum.
- [6] Gaonac'h, D., & Larigauderie, P. (2000). *Mémoire et fonctionnement cognitif. La mémoire de travail*. Paris : Armand Colin.
- [7] Gaonac'h, D., & Fradet, A. (2003). La mémoire de travail : développement et implication dans les activités cognitives. In M. Kail et M. Fayol (Eds.), *Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages*, pp. 91-150. Paris : Presses Universitaires de France (collection Sciences de la Pensée).
- [8] Swanson, H.L. (1999). What develops in working memory ? A life span perspective. *Developmental Psychology*, 35 (4), 986-1000.
- [9] Kellogg, R.T. (1996), A model of working memory in writing, in C.M. Levy et S.E. Ransdell (Eds.), *The science of writing: Theories, methods, individual differences and applications*, p 57-71, Mahwah, Laurence Erlbaum.
- [10] Brown, J. S., Mc Donald, J. L., Brown, T. L., & Carr, T. H. (1988). Adapting to processing demands in discourse production : The case of handwriting. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 14, 45-59.

- [11] McCutchen, D. (1996). A capacity theory of writing : working memory in composition. *Educational Psychology Review*, 8(3), 299-325.
- [12] Alamargot, D., Lambert, E. & Chanquoy, L. (2005). La production écrite et ses relations avec la mémoire. *Approche Neuropsychologique des Acquisitions de l'Enfant*, 17(1), 41-46.
- [13] DeStefano, D., & LeFevre, J-A. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16 (3), 353-386.
- [14] Camos, V. (1999). Le dénombrement : une activité complexe à deux composantes. *Rééducation Orthophonique*, 199, 21-31.
- [15] Camos, V., & Barrouillet, P. (2004). Adults counting is resource demanding. *British Journal of Psychology*, 95, 19-30.
- [16] Camos, V., Lépine, R., & Barrouillet, P. (2003). De quelle nature sont les différences individuelles en mémoire de travail ?, In A. Vom Hofe, H. Charvin, J.L. Bernaud, & D. Guedon (Eds.), *Psychologie différentielle : recherches et réflexions*, p. 211-215, Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- [17] Lépine, R., Camos, V., & Barrouillet, P. (2003). Différences individuelles en empan de mémoire de travail chez l'enfant et attention contrôlée, In A. Vom Hofe, H. Charvin, J.L. Bernaud, & D. Guedon (Eds.), *Psychologie différentielle : recherches et réflexions*, p. 227-231, Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- [18] Barrouillet, P., Camos, V., Perruchet, P., & Seron, X. (2004). A Developmental Asemantic Procedural Transcoding (ADAPT) model : From verbal to Arabic numerals. *Psychological Review*, 111 (2), 368-394.
- [19] Fürst, A.J., & Hitch, G.J. (2000). Different roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28, 774-782.
- [20] Lemaire, P., Abdi, H., & Fayol, F. (1996). The role of working memory resources in simple cognitive arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 73-103.
- [21] De Rammelaere, S., Stuyven, E. & Vandierendonck, A. (2001). Verifying simple arithmetic sums and products : are the phonological loop and the central executive involved ? *Memory & Cognition*, 29, 267-273.
- [22] Logie, R.H., Gilhooly, K.J., & Wynn, V. (1994). Counting on working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 22, 395-410.
- [23] Heathcote, D. (1994). The role of visuo-spatial working memory in the mental addition of multi-digit addends. *Current Psychology of Cognition*, 21, 115-124.

- [24] Barrouillet, P., & Lépine, R. (2005). Working memory and children's use of retrieval to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91 (3), 183-204
- [25] Daneman, M., & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- [26] Case, R., Kurland, M. , & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- [27] Turner, M.L., & Engle, R.W. (1989). Is working memory task-dependant? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.
- [28] Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory span. *Journal of Experimental Psychology : General*, 133, 83-100.
- [29] Gavens N. & Barrouillet P. (2004). Delays of retention, processing efficiency, and attentional resources in working memory span development. *Journal of Memory and Language*, 51, 644-657.
- [30] Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Knight, C. & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from National Curriculum assessments at 7 and 14 years. *Applied Psychology*, 18, 1-16.
- [31] Lépine, R., Barrouillet, P., & Camos, V. (2005). What makes working memory spans so predictive of high level cognition ? *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 165-170.