



Adapter les ANB en se basant sur les processus cognitifs conformes au SB5 pour les enfants avec (DAM)

Hamza CHAINABOU ¹, Hanane EL ABBASSI ²

(1) Professeur de psychologie à la faculté des sciences de l'éducation, université Mohammed V, Rabat

(2) Etudiante à la faculté des sciences de l'éducation, université Mohammed V, Rabat

Résumé : Cette recherche s'inscrit dans le cadre des recherches bibliographiques exploratoires. Elle est basée sur des études empiriques menées dans les domaines de la psychologie cognitive et de la neuropsychologie, qui ont pour objet l'intervention auprès des enfants en difficulté d'apprentissage en mathématiques (DAM). Son objectif est d'identifier des modèles d'enseignement efficace, statistiquement significatifs, ainsi que des lignes directrices méthodologiques, permettant de proposer des étapes possibles à suivre pour diagnostiquer les DAM liées aux compétences numériques de base (CNB) et aux processus cognitifs généraux (PCG), et adapter les activités numériques de base (ANB). La plupart des études rapportées dans cette recherche ont montré l'importance de l'instruction directe, des stratégies explicites et de l'utilisation d'heuristiques, en plus des stratégies métacognitives et des stratégies de compensation spécifiques aux déficiences au niveau des PCG. Il est également crucial que l'enseignant « orthopédagogue » soit bien informé tant sur la cognition numérique que sur les dysfonctionnements sous-jacents des (DAM). Tout cela a permis de formuler un scénario, comprenant des étapes d'adaptation des ANB, en réponse à la question problématique sur la possibilité d'une adaptation fondée sur les PCG et les CNB, au profit des enfants avec DAM, et ensuite, fournir des modèles d'activités numériques pour remédier à une des difficultés diagnostiquées dans le cas de « Banafsaj », qui est la difficulté "de correspondance terme à terme".

Mots-clés : Difficultés d'apprentissage en mathématiques, cognition numérique, processus cognitifs correspondant au SB5, dysfonctionnement des processus cognitifs, stratégies de compensation.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.13685887>

1 Introduction

Dans le cadre des efforts visant à éduquer et intégrer les enfants ayant des difficultés d'apprentissage des mathématiques (DAM), et étant donné que cette catégorie reçoit moins d'attention que les enfants souffrant d'autres difficultés comme la dyslexie, bien que leur taux, selon les études épidémiologiques, varie entre 6% et 10%, la question de l'adaptation des activités mathématiques se pose fortement. Cela vise à construire des pratiques éducatives réflexives (Vacher, 2022, p. 21), et à institutionnaliser l'intégration scolaire sur des bases scientifiques et méthodologiques, conformément aux orientations internationales et nationales visant à améliorer les pratiques éducatives inclusives au profit des enfants en situation difficile. Dans le système éducatif mondial en général, une grande importance est accordée au développement des compétences numériques chez les enfants, car posséder des compétences en mathématiques est essentiel pour vivre et participer à la vie moderne (ANCKER, 6 Nov / Dec



2007). À l'échelle nationale, le Programme National d'Évaluation des Acquis (PNEA) a confirmé la faiblesse générale des acquis des élèves en mathématiques. En effet, 48 % des apprenants ont assimilé moins de 23 % seulement du programme des mathématiques prescrit en sixième année primaire (صفحة 103، 2019، العلمي). C'est un indicateur fort qui appelle les intéressés à réfléchir à des moyens scientifiques d'intervention et de traitement. Cependant, les solutions pratiques n'ont pas dépassé l'émission de notes appelant à l'adaptation des contrôles continus (2021، والامتحانات ا) et des examens certificatifs (2021، والامتحانات). Des enseignants non spécialisés s'en chargent. Cette étude, basée sur des recherches expérimentales sur le terrain, vise à comprendre les spécificités des enfants DAM, afin de révéler des directives et des principes pour le diagnostic et l'adaptation basés sur les sources de dysfonctionnement dans les processus cognitifs et numériques. L'objectif est de construire un scénario d'adaptation en réponse à la question problématique suivante : « Quelles sont les étapes d'adaptation des activités numériques, en se basant sur la CNB et les processus cognitifs généraux ? ». Pour répondre à cette question, deux axes de recherche ont été adoptés : Le premier consiste à établir le fondement du concept et de la structure de l'intelligence, conduisant selon la théorie CHC au concept des cinq processus cognitifs, qui ont été utilisés comme référence pour de nombreux tests de mesure tels que le test SB5, et à clarifier le concept de cognition numérique et les difficultés numériques liées au dysfonctionnement de chaque processus cognitif. Le deuxième axe est consacré à chercher des modèles d'enseignement et des stratégies efficaces pour intervenir auprès des enfants avec DAM, ainsi qu'aux stratégies pour compenser des dysfonctionnements au niveau de chaque processus cognitif. Cette recherche se conclut par un inventaire des étapes claires pour le diagnostic et l'adaptation. Dans cet article, on se limitera à présenter une proposition d'activités adaptées selon les étapes précédentes, en réponse à une question secondaire formulée sur la base d'une difficulté diagnostiquée chez le cas "Banafsaj", à l'aide d'un test des compétences numériques de base, et des processus cognitifs associés.

2 Axe I : Les facteurs sous-jacents aux DAM et les dysfonctionnements liés aux PCG

Les hypothèses expliquant les DAM (Difficultés d'Apprentissage des Mathématiques) sont multiples : hypothèse génétique, cognitive, neuroanatomique et fonctionnelle ; ce qui traduit l'hétérogénéité des cas. Cette étude se limitera à l'approche cognitive, qui examine la capacité des dysfonctionnements au niveau des processus cognitifs généraux ou des déficits des processus cognitifs numériques à prédire et à expliquer ces difficultés. Concernant la classification, selon Marie-Pascale Noël¹, il n'existe pas d'études comparant et différenciant les sous-types de dyscalculie, car les profils cliniques sont moins variés que ne le suggèrent les classifications. Noël appelle les DAM touchant l'acquisition des compétences numériques et arithmétiques de base dyscalculie développementale. Cette dernière n'est pas due à un retard mental général ou à un problème éducatif, et nécessite un soutien et une rééducation tout au long de la scolarité. Elle ne se manifeste fortement qu'en présence de contraintes de temps ou de nombreuses tâches (Noël M. P., 2020, p. 94).

Pour le DSM-5, la dyscalculie est liée à des difficultés sévères et persistantes en mathématiques (Vacher, 2022, p. 21)⁴, et se divise généralement en deux types : trouble de l'apprentissage des mathématiques lié à un déficit de la cognition numérique, et trouble de l'apprentissage des mathématiques résultant d'un dysfonctionnement des processus cognitifs généraux (Vacher, 2022, p. 21).

2.1 Les CNB, le prédicteur principal de la dyscalculie primitive

La cognition numérique représente les compétences numériques de base qui se développent au cours des 5 aux 6 premières années de l'enfant, c'est-à-dire avant qu'il ne reçoive un enseignement scolaire en mathématiques. Tout dysfonctionnement à ce niveau indique un trouble de l'apprentissage des mathématiques. Ces compétences incluent :

2.1.1 Le système analogique (SA) :

Selon Dehaene, Gelman et d'autres, l'enfant naît avec une sensibilité primitive et un système de détection des quantités numériques non symboliques. Ce système comprend deux sous-systèmes : a- Le système approximatif numérique (SAN) : qui permet à l'enfant, avec le temps, de distinguer le cardinal, et de comparer deux ensembles non symboliques, en se basant sur des représentations physiques telles que l'étendue et l'espace occupé par un groupe d'éléments (Noël M. P., 2020, p. 93) . b- Le système numérique précis ou de subitizing (SNP) : Ce système permet de se représenter de petites quantités numériques et de reconnaître le cardinal d'un groupe de 1 à 4 éléments sans compter. Ces deux systèmes forment ensemble le noyau des représentations analogiques de la magnitude numérique, essentiel pour comprendre le concept de nombre. Avec la croissance de l'enfant, ses apprentissages et représentations analogiques de la magnitude numérique sont encodés dans le cerveau sous forme

¹ Marie-Pascale Noël est Docteure en psychologie, Chercheuse qualifiée au Fonds national de la recherche scientifique belge et Professeure à l'Université catholique de Louvain. Elle est également coresponsable du Centre de consultations psychologiques spécialisées en neuropsychologie et logopédie de l'enfant de Louvain-la-Neuve.

de ligne numérique mentale (LNM) (Rémi Samier, 2021). Il est également important de noter que les enfants possèdent une sensibilité innée aux changements dans les situations d'addition et de soustraction. En plus de ces systèmes, le langage joue un rôle crucial. À l'âge de deux ans, l'enfant commence à mémoriser la chaîne numérique verbale (CNV) par étapes, ce qui contribue à la formation de la ligne numérique mentale (LNM) parallèlement à l'apprentissage de la cardinalité et du code arabe (Noël M. P., 2020)

2.1.2 La chaîne numérique verbale (CNV) :

L'enfant entre dans le monde des nombres symboliques en acquérant progressivement les premiers nombres verbaux oraux (Fayol, 2018). Il peut mémoriser les noms des nombres en suivant un ordre fixe et régulier, c'est-à-dire la (CNV). Ce comptage repose sur la mémorisation des mots, mais avec l'augmentation des nombres, il devient nécessaire d'acquérir des règles de syntaxe. La CNV se développe progressivement, passant d'une litanie indifférenciée de type chapelet, qui manque de sens et qui est insécable (undeuxtroisquatrecinq...), à une chaîne sécable (un, deux, trois...) (Rémi Samier, 2021). Si on lui demande de compter de 6 à 9, l'enfant commence à compter à partir de « un » tout en mémorisant le nombre à atteindre, c'est-à-dire 9. Dans une troisième étape, l'enfant devient capable de compter à partir de n'importe quel nombre dans la CNV. Par exemple, pour calculer $7+4$, il commence à compter à partir de sept, huit, neuf... Cette étape est appelée la chaîne sécable. À ce stade, l'enfant est capable de connaître le nombre précédent et le nombre suivant, ce qui lui permet de déterminer les relations ordinaires entre les nombres. Ensuite, les noms des nombres deviennent pour lui des entités comptables, et il peut compter trois pas à partir de cinq. L'enfant atteint alors une chaîne plus avancée, la chaîne bidirectionnelle, où les mots sont différenciés, comparables et comptables dans les deux sens, et il peut commencer à compter à partir du milieu. (Noël, 2020) Après cette étape, l'enfant peut apprendre différentes chaînes numériques selon un certain modèle de comptage. Ces acquisitions constituent une entrée pour les différentes tables et la compréhension de la valeur positionnelle des nombres.

2.1.3 Le dénombrement :

La maîtrise de la (CNV) permet d'activer le comptage et le dénombrement des groupes, en associant le geste des doigts à la prononciation de la CNV, afin de déterminer la cardinalité. La plupart des erreurs de dénombrement proviennent de cette coordination. À l'âge de 4 ou 5 ans, l'enfant est capable de résoudre des opérations simples (trois bonbons + deux morceaux de chocolat = 5) (Baroody, 1987) en s'appuyant sur les cinq principes implicites de dénombrement, que l'enfant maîtrise et coordonne instinctivement (Nieuwenhoven, 2024). Un dénombrement correct nécessite au minimum une chaîne numérique insécable, ce qui implique une forte présence de la mémoire visuo-spatiale dans cette compétence numérique, ainsi que la mémoire pour retenir et rappeler instantanément les noms des nombres dans un ordre fixe et régulier. Cela nécessite des activités régulières pour mémoriser la chaîne numérique et les compétences qui en découlent, la première étant la connaissance de la cardinalité.

2.1.4 Compréhension de la valeur cardinale

Vers l'âge de 4 ans, l'enfant comprend que le dernier mot prononcé lors du dénombrement représente la cardinalité du groupe. Cependant, il peut avoir du mal à apporter un nombre spécifique (par exemple, 3) même s'il peut compter jusqu'à 8. La prononciation des noms des nombres est alors une imitation qui ne reflète pas la compréhension du cardinal. Il y a des étapes cachées dans cette tâche. La compréhension de la cardinalité d'un nombre (n) se fait par le dénombrement et l'association des mots de la CNV avec la représentation de la magnitude numérique symbolique via le système numérique analogique (SAN), en retenant le nombre requis et en s'arrêtant à son atteinte (Fuson, 1992). Le premier niveau de compréhension de la valeur cardinale est la capacité à manipuler $n=1$ sur demande, appelé alors "One-knowers". Ce succès permet à l'enfant de développer progressivement ce processus. Il en vient à comprendre la fonction de succession, où chaque fois qu'il prononce un nombre $n1$ avancé dans la CNV, il réalise que la quantité du nombre suivant $n2$ équivaut à $Qn2=Qn1+1$. Il est alors appelé "Counting-principle knower" car il a développé une nouvelle représentation numérique, plus avancée conceptuellement que la représentation quantitative du nourrisson (Carey, 2006).

2.1.5 Le transcodage :

La maîtrise du code numérique nécessite la capacité de comprendre et de produire le code verbal des nombres (écrit et oral). Chacun de ces deux systèmes se distingue par le **lexique**, qui comprend des unités primitives lexicales, synthétisées selon des règles, c'est ce qu'on appelle le **syntaxe**, permettant une infinité de nombres selon des relations additives, par exemple, 145 est $(100 + 40 + 5)$ ou multiplicatives, par exemple 200 est (2×100) , ou les deux : 204 est $(2 \times 100) + 4$. Cela se fait selon le système positionnel à base 10, où la valeur de chaque chiffre est déterminée par sa position dans le gabarit syntaxique. **Les difficultés lexicales** touchent la lecture du nombre (par exemple, treize 13 est lu 15 ou 30). Les difficultés syntaxiques affectent la synthèse du nombre, provoquant des changements au niveau du gabarit numérique. Par exemple, 300 est écrit 3100 (Noël M. P., 2020).

2.1.6 2.7 La comparaison entre deux quantités :

Nombreuses études ont montré que la performance de juger si deux ou trois nombres sont dans l'ordre descendant 9-4-2, ascendant 2-5-8 ou non, ainsi que la comparaison entre deux quantités non symboliques, est corrélée à l'apparition de DAM. Cependant, la performance de l'échantillon expérimental des enfants DAM est plus lente et plus faible pour les quantités symboliques que pour les quantités non symboliques (Ulf Träff, 2017). Cela est dû à leur incapacité à raisonner et à se représenter le transcodage, en passant du système unitaire au système décimal positionnel. Cela se reflète négativement sur la capacité à positionner des nombres sur une ligne numérique (Rémi Samier, 2021). En effet, des recherches récentes affirment que la performance dans la tâche où il s'agit de juger l'ordre de séquences non numériques (mois, lettres...) est un bon prédicteur de l'apparition de DAM chez un enfant de première année, après un an de scolarité (Morsanyi, 2016).

2.1.7 Le calcul des faits arithmétiques:

Les enfants avec DAM souffrent d'une incapacité à calculer des faits arithmétiques simples (4+8), (3x6), leur performance se caractérise par une lenteur, de nombreuses erreurs et l'utilisation de stratégies immatures, comme la stratégie du tout : (5+3=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8). Et ce comparés à leurs pairs qui choisissent des stratégies plus économiques en termes de temps et d'effort, par exemple (5+3=5, 6, 7, 8), ou récupèrent le résultat stocké dans la mémoire à long terme MLT (Brown, 1991).

2.1.8 La ligne numérique mentale (LNM) :

Au début des apprentissages scolaires, les apprenants développent une représentation mentale analogique de la magnitude des nombres, sous forme de ligne numérique, soutenue par une médiation spatiale, influencée par l'effet SNARC ; c'est à cause de ça, qu'on parle souvent de (LNM). Les recherches ont montré que cette ligne est linéaire de 0 à 10 et logarithmique de 10 à 100 au début de l'apprentissage. Après l'âge de 7 ans, et avec l'acquisition des deux codes verbal et arabe, du dénombrement et des représentations analogiques des nombres, la LNM se raffine et devient linéaire de 10 à 100, et logarithmique de 100 à 1000 (Rémi Samier, 2021). En comparant les enfants du groupe témoin avec les enfants DAM, on observe que lors de la position des nombres sur la LN, les enfants DAM rencontrent des difficultés régulières ; leur performance étant moins précise et leurs réponses montrant une représentation logarithmique pendant une longue période. Cela dépend du nombre et de l'échelle utilisée. De plus, le degré de linéarité des réponses d'un enfant est significativement lié à sa performance générale en mathématiques, ainsi qu'à sa capacité d'utiliser le raisonnement proportionnel, qui est l'un des plus importants PCG prédicteurs des difficultés secondaires d'apprentissage des mathématiques.

2.2 Les processus cognitifs généraux sous-jacents à la dyscalculie secondaire correspondants au test SB5.

Toute démarche objective fondée sur des bases scientifiques précises repose sur des orientations qui guident ses étapes avec précision. Cela permet d'économiser des efforts et du temps (efficacité), et d'obtenir des résultats conformes aux normes et indicateurs des objectifs fixés au départ (efficacité). Étant donné que la plupart des recherches menées sur les enfants DAM indiquent une corrélation significative entre les processus cognitifs généraux et les compétences numériques de base, et que toute adaptation nécessite un diagnostic scientifique précis, le choix de s'appuyer sur les facteurs SB5 a été fait pour mesurer le dysfonctionnement sous-jacent aux difficultés numériques et proposer ensuite des activités adaptées. Les processus cognitifs correspondant aux facteurs SB5 représentent l'aboutissement de la recherche scientifique expérimentale en psychologie, visant à fournir une aide aux élèves nécessitant un soutien particulier dans leurs programmes scolaires. Cette recherche a été menée par de nombreux chercheurs, à commencer par Alfred Binet jusqu'à Gale Roid (2003), un professeur spécialisé dans l'évaluation et le développement des mesures. Le concept d'intelligence a connu des évolutions significatives en termes de définition et de description de sa structure, tout au long de l'histoire de la recherche expérimentale. Ces évolutions vont de la structure globale avec Alfred Binet (Grigouire, 2005, p. 56) à la structure multiple non hiérarchique de Louis Léon Thurstone (Isabelle, Janvier 2015, p. 26), en passant par la structure multiple hiérarchique de Spearman et Thurstone (Grégoire J., (2019), p. 64), la structure binaire de Cattell et son élève Horn (1941, 1963) (Sternberg, 2006, pp. 37-38), jusqu'à la théorie des trois strates de Carroll (1993-1996). En raison des intersections entre le modèle de Carroll et le modèle de Cattell et Horn, McGrew a proposé en 1990 un modèle général intégrant les deux, appelé le modèle Cattell-Horn-Carroll, actuellement connu sous le nom de théorie CHC (Gale H. Roid, p. 9). Ce dernier a tiré sa légitimité des résultats de nombreux tests d'intelligence et tests de neuropsychologie, et constitue un modèle important dans l'évaluation cognitive, ainsi qu'une référence pour la construction et l'interprétation des résultats des tests des compétences cognitives aujourd'hui, comme le test SB5 préparé par Roid² Gale H. (Grégoire J., (2019), pp. 79-78). Ce test mesure l'intelligence en fonction des

² Dr Gale Roid: est professeur d'éducation à la SMU, spécialisé dans l'évaluation et le développement de tests

cinq facteurs suivants : la connaissance, le raisonnement fluide, le raisonnement quantitatif, le traitement visuo-spatial et la mémoire de travail. En plus des trois domaines : le domaine de la fonction cognitive générale, le domaine de l'intelligence verbale et le domaine de l'intelligence non verbale. Tout dysfonctionnement au niveau de ces cinq processus est considéré comme une principale cause des difficultés d'apprentissage des mathématiques.

2.2.1 Dysfonctionnement au niveau de la connaissance et les difficultés associées

Roid a défini la connaissance comme étant ce « stock accumulé d'informations générales que l'individu a acquises à la maison et à l'école, souvent appelé intelligence cristallisée, car elle est apprise et stockée au niveau de la MLT » (Barram, p. 19). Selon Cattell, cette intelligence est acquise, et continue de croître pendant une longue période en parallèle avec les opportunités d'apprentissage, le degré de motivation et le désir d'apprendre. Elle est moins affectée par les changements dus au vieillissement et aux lésions cérébrales (Grégoire J. , (2019)) Elle est mesurée par les informations générales acquises et les connaissances lexicales (Chase, 2005, pp. 20-21), en plus des actions procédurales. Elle est considérée comme un processus cognitif fondamental dans l'apprentissage des mathématiques. Ainsi, tout dysfonctionnement à ce niveau rend l'apprenant incapable de comprendre les consignes, les problèmes verbaux, les procédures et la fonctionnalité des objets comme les moyens d'illustration. Étant donné que la connaissance est particulièrement liée au vocabulaire et que le test dans son ensemble concerne les domaines verbal et non verbal, cela m'amène à définir le langage, ses fonctions et l'impact de son dysfonctionnement sur l'apprentissage des mathématiques.

2.2.2 Dysfonctionnement au niveau du langage et les difficultés associées

Le rôle des capacités phonologiques et lexicales est important dans le développement numérique et la capacité à développer la CNV, le comptage ainsi que le calcul. Elles peuvent être mesurées à l'âge de 5 ans. D'ailleurs, des études ont prouvé leur corrélation significative avec la performance mathématique dans des compétences de base telles que le comptage et la lecture des nombres à l'âge de 8 ans. Cependant, elles sont moins significatives lorsqu'il s'agit de tâches exprimées par des quantités symboliques. La syntaxe et la morphologie sont importantes pour comprendre les règles implicites des nombres oraux ainsi que pour comprendre les problèmes verbaux. La sémantique est nécessaire pour comprendre et exprimer le sens. Les recherches sur la dyslexie ont montré que ces enfants ont une performance mathématique faible, en particulier dans le comptage et la récupération des faits arithmétiques de la mémoire. D'autres chercheurs qui ont étudié spécifiquement les enfants DAM ont trouvé que la comorbidité entre des déficits phonologiques et les DAM est associée à des difficultés de récupération des faits arithmétiques de la MLT, liée au stockage. (Rémi Samier, 2021).

2.2.3 Dysfonctionnement au niveau de la mémoire de travail (MT) et les difficultés associées

La mémoire de travail, telle que définie par Roid (2003), est « une partie des processus de mémoire où diverses informations stockées dans la mémoire à court terme sont examinées, triées ou transformées ». C'est un système qui résume les interactions entre plusieurs domaines cognitifs, tels que la base de connaissances au niveau de la mémoire à long terme (MLT), le contrôle attentionnel exécutif, et le traitement des formes et des informations séquentielles. Il intervient dans des situations nécessitant, en plus du traitement et de la modification des informations, leur maintien pendant une courte période, notamment pour résoudre des problèmes verbaux et des faits arithmétiques (Rémi Samier, 2021). Il est soutenu par la représentation linguistique (phonologique, lexicale et sémantique) et la représentation visuo-spatiale (bidimensionnelle et tridimensionnelle, couleurs, objets, repères spatiaux) (MAJERUS, 2020, pp. 203-204). Le test SB5 évalue cette mémoire à travers la capacité à retenir le dernier mot des phrases et à sélectionner et rappeler les mots et idées utiles, dans un flux d'informations verbales, simulant l'environnement de la classe rempli d'informations, où l'élève doit sélectionner une partie du message de l'enseignant. Ainsi, une faiblesse de l'écoute sélective est un facteur prédictif important indiquant l'échec de l'enseignement collectif moderne. Par conséquent, la mémoire de travail est un indicateur prédictif significatif expliquant le déficit cognitif des élèves (Barram, p. 173). Un déficit à ce niveau entraîne l'effacement des traces des problèmes verbaux mathématiques, empêchant ainsi le stockage des représentations arithmétiques et des solutions appropriées, et donc la formation et le stockage d'un réseau de faits arithmétiques ainsi que du CNV, en plus des problèmes de comptage.

2.2.4 Dysfonctionnement au niveau de la mémoire visuo-spatiale et les difficultés associées

Selon Gale Roid (2003), le traitement visuo-spatial « mesure la capacité de l'individu à percevoir les motifs, les relations et les orientations spatiales » ou « à assembler des morceaux différents d'une présentation visuelle en un tout (gestalt) ». Le SB5 évalue le sujet pour connaître sa capacité à organiser mentalement les matériaux en images et motifs selon un modèle donné, c'est-à-dire à percevoir les relations entre les parties pour atteindre le tout, ce qui est exprimé par l'activité de la planche de formes, la planche de motifs, les emplacements et les directions. L'être humain possède des réseaux dont la tâche est l'analyse spatiale de l'environnement extérieur. Lorsque nous

regardons, notre cerveau nous fournit automatiquement deux informations essentielles : “Quoi ?” c’est-à-dire quels sont les éléments présents dans la scène, et “Où ?” c’est-à-dire comment les éléments de la scène sont disposés les uns par rapport aux autres. Pour répondre à ces deux questions, nous avons besoin d’un réseau cérébral appelé GPS cérébral. Lorsque nous regardons les objets, ce système GPS analyse et stocke les informations au niveau de la mémoire de manière systématique et automatique. De nombreuses opérations mentales liées aux mathématiques reposent sur cette fonction telles que le dénombrement, les symboles mathématiques, les nombres fractionnaires, décimaux, la numérotation arabe, la mise en place des opérations et enfin la géométrie (Michèle, 2021, pp. 6-12). Selon Michèle Mazeau³ (2021), la fonction visuo-spatiale est liée à la mémoire de travail visuo-spatiale et aux fonctions exécutives, ainsi qu’à quatre fonctions : l’exploration spatiale, le repérage, l’orientation et le déplacement. Ensemble, elles veillent à traiter diverses compétences telles que le dénombrement, la mise en place des opérations, l’utilisation des outils géométriques, la lecture et l’écriture des nombres, le déplacement dans l’espace et la lecture des tableaux (Rémi Samier, 2021, pp. 63-64). Tout dysfonctionnement dans ce processus affecte : **a)** La perception des petites quantités (Subitizing) par le SNP. **b)** L’estimation des quantités non symboliques par le SNA. **c)** Le comptage-dénombrement : relier la signification du nombre au code oral et comprendre la base de cardinalité. **e)** La compréhension de la numération, en particulier le système positionnel puis l’apprentissage du code arabe. **f)** Le développement de représentation précise au niveau de la signification du nombre. **g)** Le transcodage, Le développement des stratégies de calcul par la stratégie de « l’effet domino », en raison des difficultés du SNA, SNP, du comptage, de l’utilisation des doigts. **h)** la pose et la résolution des opérations écrites. Il semble que tout dysfonctionnement au niveau des systèmes visuo-spatiaux affecte un ensemble de compétences numériques et spatiales. De plus, il touche les compétences numériques de base liées à l’évaluation de la taille des nombres et à la comparaison. Ce sont des systèmes fondamentaux et innés qui permettent à l’homme de distinguer le cardinal de deux ensembles et de les comparer, ainsi que la sensibilité à l’addition et à la soustraction. Cependant, certains limitent la sensibilité aux quantités aux représentations physiques : comme la surface occupée ou vide et l’étendue de la surface (Noël M. P., 2020).

2.2.5 Dysfonctionnement au niveau du raisonnement quantitatif et difficultés associées ;

Le raisonnement quantitatif tel que défini par Gale Roid «est la capacité d’un individu à manipuler les nombres et à résoudre des problèmes numériques, que ce soit avec des problèmes écrits ou des relations illustrées ». Le test de SB5 mesure la capacité d’appliquer un raisonnement logique et des connaissances mathématiques à la résolution de problèmes quantitatifs, au lieu de la capacité à évoquer la solution à partir de la mémoire à long terme. Où l’enfant peut comparer les tailles relatives et les quantités non symboliques, trouver des quantités numériques proches, ranger les nombres (le code arabe), déduire les relations quantitatives numériques comme l’addition et la soustraction pour résoudre des problèmes verbaux. Par exemple, on peut demander à un enfant de déterminer le nombre de bouteilles de jus que l’on peut obtenir après avoir pressé 12 oranges, sachant que le jus de 4 oranges remplit deux bouteilles, en utilisant des stratégies matures telles que la stratégie de l’assemblage (Regrouper par 4 oranges donne 4×3 , c’est-à-dire trois groupes, dans chaque groupe de quatre oranges). (Gale H. Roid, p. 65). Tout dysfonctionnement au niveau du raisonnement quantitatif affecte négativement : 1) la comparaison des quantités numériques non symboliques et la capacité de dénombrement. 2) la comparaison des quantités numériques symboliques, en se basant sur le code numérique oral, et la résolution des problèmes nécessitant le transcodage. 3) l’estimation des quantités numériques non symboliques proches, la détermination des quantités numériques symboliques égales, et le classement des nombres en ordre croissant et décroissant, la détermination des principes algébriques (addition, division), et des transformations linéaires d’une série quantitative non symbolique. 4) la détermination des relations mathématiques d’équivalence, de réflexivité, de symétrie. 5) la capacité à relier les codes symboliques oraux et écrits au sens du nombre. 6) la compréhension des règles implicites de la numération orale et écrite, et l’acquisition des concepts permettant le développement de stratégies de calcul efficaces (Gale H. Roid, pp. 36-40).

2.2.6 Dysfonctionnement au niveau du raisonnement fluide et les difficultés associées

Le raisonnement fluide, tel que défini par Roid en 2003, est « la capacité à résoudre des problèmes verbaux et non verbaux en utilisant le raisonnement inductif ou déductif ». Il est mesuré par le SB5 à travers la capacité à identifier les relations sous-jacentes entre les éléments d’une nouvelle information. Le raisonnement inductif se traduit par la dérivation du tout général à partir de ses parties spécifiques, tandis que le raisonnement déductif nécessite la capacité à tirer une conclusion, une implication ou un exemple spécifique à partir d’une information générale sur le sujet. (Chase, 2005, p. 17). La déduction repose généralement sur la synergie entre plusieurs fonctions, notamment l’attention, la flexibilité, la MT, la MLT et la métacognition. Selon le modèle de Cattell (1987), on peut distinguer l’intelligence cristallisée de l’intelligence fluide. Cette dernière correspond à la capacité de résoudre des problèmes indépendamment des connaissances académiques. Il la considère comme étant biologiquement

³ Michèle Mazeau: est une spécialiste des troubles du développement cognitif chez l’enfant, en particulier les dys- et troubles spécifiques des apprentissages.

héréditaire, et la base des différences individuelles. Cette compétence permet aux individus d'accomplir de nouvelles tâches sans solutions apprises, comme l'a mentionné Robert J. Sternberg. Elle est liée au fonctionnement efficace du système nerveux central et non à l'expérience antérieure ou au contexte culturel. Elle se développe jusqu'à l'âge de 15-16 ans, puis commence à décliner avec l'âge et le vieillissement du cerveau. Elle est également affectée par toutes les altérations cérébrales et pathologiques, mais les différences entre les individus restent relativement stables (Grégoire J. , (2019), p. 72). Selon S. Rémi et Jacques S., tout dysfonctionnement au niveau du raisonnement fluide peut compliquer la capacité à : 1) dériver le tout à partir de ses parties spécifiques. 2) tirer des conclusions à partir de nouvelles situations. 3) fournir des explications correctes sans avoir besoin d'informations académiques ou culturelles. 4) identifier des séquences visuelles et des motifs. 5) classifier des objets représentés selon la forme (triangles, carrés, etc.), la couleur et la fonction. 6) comprendre des notions abstraites. 7) résoudre des problèmes en utilisant des stratégies cognitives et métacognitives. 8) l'explication du raisonnement et la capacité à argumenter.

3 Axe II : Scénario d'adaptation selon les modes d'enseignement basés sur les pratiques efficaces et les stratégies de compensation.

Compte tenu des difficultés rencontrées par les enfants dans l'apprentissage des compétences mathématiques, il est nécessaire d'adapter les apprentissages pour qu'ils correspondent au niveau de leurs compétences numériques de base, et à leurs processus cognitifs généraux, diagnostiqués par des moyens standardisés. L'adaptation est un concept étroitement lié à la non-adaptation scolaire, pour les enfants ayant des problèmes significativement différents de ceux de leurs pairs, nécessitant une réadaptation et une rééducation par des programmes spéciaux. Cela nécessite le développement de pédagogies spécifiques par des enseignants chargés de la rééducation psychoéducative, avec une réflexion sérieuse sur l'adaptation préventive pour une intervention efficace). Cela nous renvoie directement à l'orthopédagogie qui se concentre sur la construction, le développement et l'application des programmes d'intervention cognitive basés sur les avancées en neuropsychologie développementale, ainsi que sur les théories de l'apprentissage et les approches psychoéducatives qui ont prouvé leur efficacité dans l'amélioration des performances des individus en situation de diminution partielle ou totale de la capacité à réaliser des activités d'apprentissage ou sociales. (NADIR-GROSBOIS, 2020, pp. 3-7).

3.1 Efficacité de l'intervention auprès des enfants avec DAM

L'intervention au niveau des compétences numériques a prouvé son efficacité pour les enfants DAM. En comparant un échantillon témoin et un échantillon expérimental, il a été observé, en plus de l'amélioration de leurs performances, une activation étendue au niveau du réseau fronto-pariétal, plus que du niveau du parcours ventral, par rapport à l'échantillon témoin (Teresa Iuculano, 2015). La même étude, développée en 2008, a ciblé l'aspect conceptuel de la valeur fondamentale des nombres, le sens et les propriétés de l'addition et de la soustraction, ainsi que les aspects stratégiques. Les résultats ont montré normalisation de l'activité des zones cérébrales responsables, plus que l'acquisition des stratégies compensation, Ils ont également constaté une corrélation significative entre la performance de l'échantillon de recherche et le changement de l'activation cérébrale. De plus, les enfants qui ont bénéficié de la rééducation ont montré une plus grande flexibilité fonctionnelle après l'intervention (Lynn S. Fuchs, 2011). Cela ouvre la porte à des questions sur les étapes du diagnostic, les modes d'enseignement et les stratégies efficaces pour une intervention réussie auprès des enfants avec DAM.

3.1.1 La remédiation pédagogique auprès des enfants DAM : Les instructions efficaces

En réponse au besoin d'améliorer les résultats en mathématiques pour tous les apprenants sans exception. Les modes d'enseignement ont varié entre des approches traditionnelles dirigées par l'enseignant, qui reposent sur la résolution de problèmes par l'apprenant, en le motivant à utiliser des stratégies souvent mémorisées, où les échanges verbaux sont limités ou totalement absents, et des approches modernes centrées sur l'apprenant, qui ont prouvé leur efficacité pour les apprenants typiques, car elles nécessitent une attention vigilante, une mémoire de travail aigüe et un langage, en plus des ressources cognitives générales. Ces domaines sont souvent déficients chez les enfants avec DAM, en effet elles permettent aux apprenants typiques de participer activement aux processus généraux de la connaissance mathématique. Car l'action d'apprentissage se concentre sur les concepts mathématiques sous-jacents à l'apprentissage, plutôt que sur la fluidité procédurale, à travers des stratégies. En renforçant le raisonnement métacognitif, c'est-à-dire la conscience de ses expériences et sa capacité à organiser ses activités cognitives, ces pratiques se déroulent dans une salle de classe où l'accent est moins mis sur les différences interindividuelles.”

De nombreuses études expérimentales et méta-analyses ont montré que l'enseignement dirigé par l'enseignant et centré sur l'apprenant, comme l'enseignement direct et les stratégies d'enseignement explicite, est plus efficace pour les enfants avec (DAM). Ces méthodes leur permettent de maîtriser les connaissances et compétences numériques de base, car elles nécessitent relativement peu de stratégies complexes et de raisonnements abstraits. En les guidant vers l'utilisation d'une stratégie efficace, simple et adaptée à leurs besoins cognitifs et développementaux, ils peuvent comprendre les concepts mathématiques. Avec le temps et l'entraînement, les enfants DAM améliorent leurs performances (Michel, 2018, p. 113). Par ce biais, un ensemble de faits et de compétences mathématiques est transmis aux apprenants en explicitant des procédures claires et précises pour résoudre les problèmes, tout en leur offrant de nombreuses occasions de répéter des activités routinières comme les exercices de Drill (Douglas H. Clements, 1990). Quant aux stratégies explicites, en plus de la fluidité procédurale, elles les rendent capables d'utiliser des compétences de pensée de haut niveau et de résoudre des problèmes.

3.1.2 L'intervention pédagogique auprès des enfants DAM : Les stratégies efficaces

Une méta-analyse réalisée en 2009 par Gersten et al, a identifié sept stratégies efficaces pour les enfants avec (DAM). Il s'agit de : **a)** L'utilisation de représentations visuelles lors de la résolution de problèmes (taille d'effet = 0,46). **b)** Les instructions explicites (taille d'effet = 1,22). **c)** La verbalisation par les élèves (taille d'effet = 1,04). **d)** L'utilisation de modèles pédagogiques variés. **e)** L'utilisation d'heuristiques et de stratégies multiples (taille d'effet = 1,65). **f)** La fourniture d'une rétroaction continue (taille d'effet = 0,23). **g)** L'enseignement des mathématiques assisté par les pairs (taille d'effet = 0,14) (Gersten & Chard, 2009). Les instructions explicites ont obtenu la plus grande taille d'effet, venant en premier avant l'utilisation d'heuristiques et de stratégies multiples, sachant que $PV < 0,001$.

À partir des études postérieures ci-dessus concernant les modes d'enseignement d'une part, et les stratégies efficaces d'autre part, il apparaît que le modèle d'enseignement explicite et la stratégie des instructions explicites sont plus efficaces pour les enfants ayant des troubles d'apprentissage en mathématiques (DAM).

3.2 L'enseignement explicite

Diverses littératures sur l'enseignement spécial des mathématiques recommandent un enseignement explicite et systématique. Ce dernier est l'un des piliers fondamentaux de nombreux programmes d'éducation spéciale, qui s'appuie sur des sources de validation (Evidenc-based) telles que (Clermont & Steve, 2024, pp. 2-11): **1) Les Recherches sur l'efficacité de l'enseignement** qui ont permis de développer des stratégies efficaces pour faciliter l'apprentissage aux élèves. **2) Les recherches sur l'enseignement direct (Direct instruction)**. Initiées par Engelmann en 1960 pour intervenir auprès des élèves du primaire en situation de risque, ces recherches ont été actualisées entre 1990 et 2007 pour développer des stratégies spécifiques visant à améliorer l'apprentissage des enfants DAM (RAYMOND, 2009). Elles consistent en : a) Enseignement structuré étape par étape ; b) Maîtrise de la stratégie ou du processus à chaque étape ; c) Proposition par l'enseignant de procédures de correction spécifiques quand les élèves commettent des erreurs ; d) Diminution graduelle de la guidance pour favoriser l'autonomie ; e) Exercitation appropriée et systématique par la réalisation de plusieurs tâches ; f) Révision cumulative des nouveaux concepts appris. **3) Les recherches sur le processus du traitement de l'information en relation avec l'enseignement et l'apprentissage**, qui met l'accent sur les limites de la mémoire de travail et l'importance de développer les connaissances et de s'entraîner pour atteindre la fluidité. Les stratégies de traitement de l'information selon Rosenshine sont : a) Fragmentation du contenu ; b) Structuration de l'apprentissage en donnant un aperçu global du contenu à apprendre ; c) Exercitation à chaque étape pour stocker les nouvelles connaissances dans la mémoire à long terme (MLT). d) Assurer une exercitation supplémentaire et un sur apprentissage pour atteindre la fluidité. **4) Les recherches sur l'enseignement des stratégies cognitives et métacognitives** inspirées des travaux étudiant le fonctionnement mental des élèves experts, dont le but est d'établir des procédures heuristiques pour que les élèves les utilisent dans la réalisation des tâches complexes. Les principales stratégies issues de ces recherches sont : a) Expliquer comment utiliser la stratégie (le modelage) ; b) Verbaliser sa pensée lors du choix ; c) Fournir des pense-bêtes pour aider l'élève à appliquer la stratégie ; d) Fragmenter chaque tâche avant l'agencement de tout le processus pour former un tout ; e) Fournir des listes de vérification et des exemples de travail achevé... (Rosenshine, 2008). **5) Distinction entre les compétences cognitives primaires (CCP) et les compétences cognitives secondaires (CCS)** : Geary (2008) considère que l'écriture et le calcul sont différents des CCP que l'enfant acquiert au cours de sa vie quotidienne, comme l'apprentissage et la compréhension de la langue. Car elles sont acquises avec la croissance, la maturation et l'expérience, et sont motivées par un besoin vital et essentiel d'apprendre, à moins, qu'elles ne soient partiellement entravées à un moment donné de son développement, pour des raisons biologiques ou acquises. Les CCP sont

acquises de la même manière que l'instruction centrée sur l'apprenant. Ces approches pédagogiques sont valables pour les CCP, mais pas pour les CCS. Celles-ci ne se développent pas naturellement mais dans le cadre d'un enseignement systématique. C'est pourquoi Geary a déclaré que « la recherche empirique établit que, dans beaucoup de domaines scolaires, la plupart des enfants ont besoin pour maîtriser les compétences requises, d'un enseignement direct, explicite et dirigé par l'enseignant » (Gauthier C. B., 2024).

La métacognition est la réaction de l'enfant pendant l'apprentissage, elle se développe avec l'âge et peut être améliorée. Elle traduit sa conscience de ses propres expériences (expériences métacognitives) et sa capacité à organiser son propre fonctionnement cognitif (organisation métacognitive). Elle concerne ses connaissances sur ses points forts et ses points faibles, ses connaissances lexicales et sémantiques, et sur la tâche qu'il va accomplir. Enfin, elle concerne les stratégies : quand et comment les utiliser ? Sa connaissance des techniques mathématiques, les jugements et les sentiments qui accompagnent l'accomplissement d'une tâche particulière, son intérêt pour l'activité, et l'effort fourni : « La tâche va-t-elle me demander beaucoup d'efforts ? » et la prédiction du succès ou de l'échec : « Puis-je trouver la solution ? », puis l'utilité de la tâche pour l'enfant : « La tâche mathématique est-elle importante pour moi ? » L'organisation métacognitive comprend quatre stratégies : a) Prévoir la durée, la difficulté et les moyens (procédures et connaissances) ; b) Planifier les étapes (en sélectionnant, organisant et ordonnant les procédures) ; c) Relier les procédures à l'objectif ; d) Évaluer sa production (le résultat attendu). D'après cette définition, il apparaît que la métacognition est très importante pour le développement des capacités d'adaptation, d'autonomie et d'interaction avec les apprentissages (Rémi Samier, 2021).

L'enseignant qui adopte l'instruction directe et explicite commence les apprentissages en clarifiant ce que nous allons apprendre et comment cela se fera-t-il. Ensuite, il modélise l'activité, en expliquant la signification des symboles et en explicitant les processus cognitifs implicites qui aident à la prise de décision, tout en verbalisant. Cela nécessite la maîtrise des stratégies métacognitives, par conséquent la régulation de la charge cognitive au niveau de la mémoire de travail, pour améliorer l'efficacité des compétences métacognitives, et guider l'apprenant à travers les étapes nécessaires à la résolution de problèmes. Par exemple, l'enseignant dit « *aujourd'hui, je vais t'apprendre à résoudre des faits arithmétiques de deux nombres à deux chiffres sur la ligne* » et explicite les procédures d'aide à la prise de décision : « *quand je veux additionner deux nombres à deux chiffres $34+42$, je les décompose en unités et dizaines $4+30+2+40$, puis j'additionne les unités avec...* ». Pendant ce temps, l'enseignant implique l'enfant en lui posant des questions telles que : « *peux-tu décomposer le nombre 34 en unités et dizaines ?* ». Afin de le motiver à apprendre un nouveau contenu (Hughes., 2011); Et d'évaluer la difficulté de la tâche, et s'il est capable de comprendre le modelage de l'enseignant. Et ce en vue de fournir de l'aide, Sans oublier le recours aux représentations et l'utilisation de supports, comme les pièces de monnaie et les cartes de décomposition des nombres pour la manipulation. Après cette étape, l'enseignant atteint la phase d'action guidée où l'enfant réfléchit à la solution, en se basant sur les procédures effectuées par l'enseignant, puis partage verbalement ses réflexions. Il peut alors s'appuyer sur des modèles d'heuristiques et d'instruction explicite de base pour résoudre des exercices intensifs afin de les stocker au niveau de la mémoire à long terme (MLT), sans omettre l'importance du feedback qui provient de l'enfant pour que l'enseignant identifie ses points forts et ses points faibles, ou de l'enseignant pour l'enfant, soulignant les erreurs et le guidant ou l'encourageant (bien fait, excellent travail (Doabler, 2014). Tout cela vise à amener l'enfant en DA à travailler de manière autonome et efficace.

L'efficacité de la verbalisation : L'effet de la verbalisation par l'enfant, exprimant ses raisonnements sur l'apprentissage des mathématiques, sur les enfants avec (DAM) a été mesuré. Les résultats ont montré une taille d'effet moyenne de 1,04 avec une p-valeur significative, indiquant l'homogénéité des résultats entre les études utilisées dans la méta-analyse qui a examiné l'efficacité des interventions basées sur un ensemble de stratégies, y compris la verbalisation, dans le domaine des mathématiques pour les enfants DAM. L'analyse a révélé que les études invitaient les enfants à exprimer leurs stratégies de résolution, en les incitant à poser des questions précises pour concentrer l'attention sur les procédures à suivre, par exemple : « *Dois-je écrire d'abord le plus grand nombre ou le plus petit pour effectuer la soustraction ?* » Ou en s'interrogeant sur la tâche elle-même : « *Que dois-je faire ?* » ou sur les mots-clés mathématiques : « *Il y a 6 oiseaux dans la cage, 3 oiseaux se sont envolés. Quelle opération est nécessaire, soustraction ou addition ?* » Ce facteur, lié aux questions, a eu des résultats clairs sur la compréhension et a aidé à consolider les procédures et les compétences également, car l'enfant avec DAM établit un lien entre ses propres mots et sa compréhension des pratiques et concepts mathématiques. Avec la pratique, la verbalisation l'aide progressivement à maîtriser les concepts, ce qui appelle à donner aux enfants la possibilité de penser à haute voix lors de la résolution de problèmes mathématiques (Russell Gersten, 2008, p. 11).

L'Importance de l'utilisation d'heuristique : En plus de la verbalisation, L'enseignement explicite utilise des modèles d'heuristiques pour intervenir auprès des enfants avec (DAM). Ces modèles aident à décrire le raisonnement derrière la stratégie utilisée. Ils sont efficaces pour résoudre des équations, des calculs, divers

problèmes mathématiques verbaux, et pour organiser le travail. Par exemple, pour résoudre un problème mathématique, on organise les étapes de la solution pour guider l'enfant en établissant une série d'étapes structurées, qui peuvent être notées dans un guide, sur le tableau ou représentées par des dessins indicatifs, en utilisant la verbalisation selon sa compréhension conceptuelle, pour renforcer une compréhension profonde.

Exemple de modèle d'heuristiques pour un problème verbal : **1)** Lire attentivement le problème. **2)** Identifier ce qui est demandé. **3)** Entourer les données avec une ligne. **4)** Se demander comment trouver ce qui est demandé : **4.a)** Souligner la question, **4.b)** Chercher le mot-clé (dépend, donné...). **5)** Calculer pour trouver ce qui est demandé. **6)** Vérifier le résultat. Cela permet à l'enfant de développer sa propre pensée mathématique et sa capacité à prendre des décisions.

La Nécessité de déterminer la charge cognitive appropriée : La charge cognitive est un concept fondamental de la théorie cognitive établi par John Sweller en 1983. Tricot et Chanquoy (1996) la définissent comme "*la quantité de ressources et de forces mentales mobilisées par un individu lors de l'exécution d'une tâche*". Cela dépend des difficultés de traitement imposées par la tâche et des ressources mentales allouées par l'individu pour l'accomplir. Si l'individu est capable de mobiliser ces ressources, cela indique qu'il possède la "capacité" sur laquelle repose la fonction de charge cognitive. Barrouillet estime que cette capacité varie d'une personne à l'autre, et correspond à l'effort cognitif nécessaire pour accomplir une tâche. Cet effort est lié à trois paramètres : 1) le niveau d'expertise de l'individu, 2) son niveau de développement, 3) la stratégie utilisée pour accomplir la tâche. Lucie Chanquoy ajoute un quatrième paramètre ; c'est l'état psychologique et physique de l'individu (niveau de vigilance, fatigue, émotion, concentration, faim...) (Lucile, 2007, pp. 12-29). Étant donné que la charge cognitive est liée à la (MT) et de la (MLT), il est nécessaire, dans le cadre de la construction d'activités adaptées, d'ajuster la charge cognitive appropriée aux capacités du participant. Sweller et Chandler recommandent d'aider l'apprenant à développer ses schèmes cognitifs en évitant la surcharge cognitive par : **1)** Ne pas restreindre l'enfant à des tâches spécifiques (The Goal Free Effect). **2)** Utiliser des situations-problèmes résolues, car elles renforcent l'apprentissage plus que les situations nécessitant une solution. (Erlbaum, 1991). **3)** Éviter de disperser l'attention de l'enfant (The Split Attention Effect) en évitant de le faire travailler sur des ressources multiples et présentées de manière non harmonieuse, en intégrant les informations essentielles dans le même document. **4)** Éviter l'effet de redondance (The Redundancy Effect), car la présentation excessive de ressources et la répétition des mêmes informations peuvent avoir un effet inverse. (Erlbaum, 1991).

3.3 Utilisation des stratégies de compensation

Les performances des enfants avec (DAM) se caractérisent par leur lenteur et de nombreuses erreurs, dues à l'utilisation de stratégies immatures. Par exemple, lors de la réalisation d'opérations arithmétiques simples, ils utilisent la stratégie du comptage un par un, alors que les enfants typiques choisissent des stratégies plus économiques en termes de temps et d'effort, ou récupèrent le résultat stocké dans la mémoire à long terme (MLT). Cependant, bien que les enfants DAM puissent connaître le résultat, ils ne le récupèrent pas et continuent à utiliser des stratégies inefficaces. Un suivi longitudinal de cette catégorie a néanmoins permis de leur faire acquérir la capacité d'utiliser des stratégies plus matures et économiques, réduisant ainsi le taux d'erreurs commises. En revanche, la récupération des résultats de la MLT n'a pas entraîné de changement significatif (Geary, 1991, pp. 787-797). Par conséquent, on peut considérer que la formation des enfants avec DAM à des stratégies efficaces et leur soutien avec des stratégies compensatoires pour les déficiences identifiées au niveau des processus cognitifs sont les interventions les plus efficaces pour eux.

3.2.1. Stratégies compensatoires au niveau du processus de raisonnement

Le raisonnement est l'un des processus cognitifs les plus importants, qui permettent de prédire la capacité d'un individu à résoudre des problèmes verbaux et à réussir en mathématiques. Il a été constaté que les enfants avec (DAM) ont des capacités de raisonnement faibles, car ils ne peuvent pas comprendre les principes de la logique mathématique et manquent de la capacité à prendre des décisions pour résoudre un problème mathématique, et à passer d'une stratégie à une autre plus économique. Au niveau scolaire, il est possible d'intervenir avec un ensemble de stratégies efficaces. Mais la question qui se pose est : quelle est l'importance du raisonnement en numération et en calcul ? La réponse est que le concept de nombre, l'ordre numérique et la signification des opérations nécessitent un certain degré d'abstraction qui requiert des compétences logiques. Piaget les a décrites comme quatre types d'opérations logiques, dont la maîtrise est une clé essentielle pour l'apprentissage des mathématiques : **la synthèse** (perception des différentes formes et des ensembles d'objets et des différentes façons de les regrouper), **la classification** (regroupement des éléments disparates selon un critère spécifique), **la sériation** (chaque nombre est lié au suivant par (+1)) et **l'inclusion** (processus mental permettant de comprendre comment

un ensemble peut s'intégrer dans un autre). En se basant sur les difficultés observées au niveau du raisonnement, il est essentiel pour chaque praticien de rechercher des stratégies pour développer l'attention, la mémoire de travail, la mémoire à long terme, la régulation émotionnelle et la motivation métacognitive de ces enfants, sans oublier les compétences linguistiques, en procédant comme suit :

- Entraîner les enfants avec (DAM) par le moyen des activités de manipulation sur : 1) les opérations de tri, d'intégration et de synthèse. 2) Le comptage et le dénombrement pour comprendre la succession ordonnée de la chaîne numérique orale, où la taille du nombre augmente vers la droite et diminue vers la gauche.
- Enseigner explicitement : les connaissances et les stratégies spécifiques aux mathématiques ainsi que les stratégies métacognitives, qui peuvent être considérées comme des connaissances et l'un des moyens les plus importants pour compenser les faiblesses au niveau du raisonnement.
- Adopter et transmettre un état d'esprit dynamique permettant de : 1) Être convaincu que ses capacités, même si elles sont simples, ne sont pas figées mais peuvent être développées et améliorées. 2) Prendre le temps nécessaire pour développer les compétences. 3) Placer l'enfant dans des situations où le défi est surmontable, afin qu'il ressente la capacité d'agir et goûte au succès. Ce dernier le motivera à persévérer et renforcera sa confiance en lui. (Rémi Samier, 2021)

3.2.2. Stratégies compensatoires au niveau du processus visuo-spatial (PVS)

Les stratégies efficaces pour le PVS visent à entraîner l'apprenant à coordonner l'œil et la main, à comprendre les repères spatiaux, à développer des compétences manuelles, à affiner les gestes et à améliorer la perception visuelle. Ces compétences peuvent être évaluées à travers un ensemble de stratégies adaptées : verbales ou de décomposition (Mazeau, 2021, p. 46). Lorsqu'on observe des signes de dysfonctionnement au niveau du PVS pendant l'évaluation des performances mathématiques, des évaluations du développement de la coordination sont également effectuées. Parmi les stratégies les plus efficaces dans ce domaine en mathématiques, on trouve :

- Permettre à ces enfants d'acquérir des compétences de comptage en : **1)** Utilisant des stimuli auditifs, des stratégies d'organisation spatiale. **2)** Privilégiant l'ordre linéaire avant l'ordre aléatoire. **3)** Excluant les éléments comptés (les couvrir, tracer une ligne, les marquer ...). **4)** Proposant des activités de compensation externe.
- Préparer les supports : **1)** Utiliser des tableaux et des couleurs pour clarifier la valeur spatiale, la conversion quantitative et la disposition des opérations. **2)** Décrire verbalement tout ce qui est écrit, en développant des stratégies verbales compensatoires. **3)** Mettre en place des guides procéduraux pour la décomposition verbale des procédures (mémo, liste d'instructions, liste avec un plan de travail...). **4)** Développer les connaissances conceptuelles nécessaires à la stratégie de calcul. **5)** Utiliser la calculatrice lorsque la mémoire pose problème. **6)** Prendre en compte la lenteur lors du comptage. **7)** Réduire la quantité de travail lorsqu'il s'agit de fonctions visuo-spatiales. **8)** Proposer des compensations comme une aide externe pour alléger la charge cognitive liée au traitement visuo-spatial (Rémi Samier, 2021).

3.2.3. Stratégies compensatoires au niveau de la mémoire

De nombreuses études, notamment celles de Kolfer et al. (2018), ont montré que la mémoire de travail (MT) détermine la capacité à suivre les consignes, et même l'apprentissage scolaire, à planifier et structurer les activités. Quant aux recherches de Fung et Swanson (2017), elles se sont intéressées aux tâches de mémoire de travail verbale et ont montré qu'elles sont particulièrement utilisées pour mesurer la capacité à maintenir l'ordre séquentiel des informations en mémoire, prédisant ainsi fortement les capacités d'apprentissage chez les enfants, notamment la lecture, le calcul mental et la résolution de problèmes. Les stratégies compensatoires pour ce processus sont résumées comme suit :

- Aider à la concentration de l'attention en : 1) Présentant lentement les informations et en privilégiant les instructions. 2) Utilisant des formulations courtes et en posant des questions avant de lire le texte du problème. 3) Entraînant à inhiber les informations non pertinentes. 4) Organisant les informations de manière hiérarchique selon leur importance. 5) Décomposant les tâches en étapes simples.
- Automatiser le traitement par un exercice régulier (Drill) et des activités ritualisées (comptage, calcul mental, résolution de problèmes...), en proposant des guides procéduraux comme «⁴Maximoi-Minimoi » qui clarifient les étapes de la tâche complexe.

⁴ (Maximoi et minimoi) : Les élèves apprennent à alterner concrètement entre deux attitudes (planification / exécution) représentées par deux personnages (Maximoi et minimoi), pour découper les tâches qu'ils réalisent en petites missions courtes, claires et concrètes qu'ils savent faire, et qui minimisent les conflits attentionnels. Ils comprennent que cette technique est à utiliser quand ils agissent sans intention claire, ou avec plusieurs intentions contradictoires à la fois et que leur attention n'est pas bien orientée.

- **Renforcer le stockage en** : 1) Utilisant un codage double (mot-image) pour faciliter «⁵ Numéroïdes-Multimalin ». 2) Rendant les apprentissages espacés dans le temps pour permettre un début d'oubli et un effort de rappel des informations de la mémoire. 3) Testant les apprentissages pour s'entraîner à la récupération. (Rémi Samier, 2021)

3.2.4. Stratégies de compensation au niveau du langage

Comme mentionné précédemment, le langage est essentiel pour l'apprentissage des mathématiques, qu'il s'agisse du langage oral ou écrit. Elle implique de nombreux composants (phonologiques, syntaxiques, sémantiques, morphologiques, lexicaux et pragmatiques...). Elle est également en interaction constante avec de nombreux processus cognitifs, notamment le raisonnement, (MT) et (MLT). Pour travailler sur les déficits liés à au langage, les stratégies suivantes peuvent être utilisées :

- **Développement du stockage** : **1)** Entraîner l'enfant à mémoriser une trace littérale d'une forme verbale ou écrite d'un mot ou d'un concept mathématique, et répéter des phrases pour en reproduire la trace littérale. **2)** Utiliser des moyens mnémotechniques (images, dessins, analogies...) en plus du codage double (par exemple, km/h signifie le nombre de kilomètres parcourus par heure). **3)** Utiliser des révisions espacées dans le temps pour s'assurer que la trace littérale est stockée dans la MLT.
- **Développement de la compréhension** : Présenter de nouvelles connaissances dans un format déjà compris, et Varier les contextes pour renforcer la compréhension, en présentant le concept de différentes manières (vidéo, exercice, leçon...).
- **Développement du lexique mathématique et de la capacité à définir les mots** : Proposer une liste de termes en utilisant des illustrations pour faciliter la compréhension (par exemple, **parallèles**). Proposer des jeux et des énigmes : tel que donner des mots-clés et demander de trouver le concept correspondant, ou inversement, donner une définition et demander à l'enfant de trouver les mots-clés. (Rémi Samier, 2021)

3.4 Le scénario d'adaptation selon la première sous-question.

3.4.1 Evaluation de la difficulté ou des difficultés

L'intervention nécessite un diagnostic précis basé sur une évaluation qui respecte trois étapes principales (Mazeau M. , 2021, p. 16): a) Identifier les signes indiquant une difficulté, comme l'incapacité à compter de manière ordonnée et précise, ou l'incapacité à calculer la somme de deux nombres dont le total dépasse 10 à la fin de la deuxième année primaire en utilisant les doigts. b) Délimiter les difficultés évidentes, telles que les problèmes d'orthographe. c) Procéder au diagnostic à l'aide d'un test d'évaluation des compétences numériques de base, puis avec le test SB5 pour diagnostiquer l'efficacité des processus cognitifs généraux ; ce qui aidera à éviter de soumettre le sujet à un entraînement basé sur la réalisation habituelle des exercices ou de le ramener à ce que nous pensons être la "phase précédente" de l'apprentissage, car cela fatigue et épuise l'apprenant sans obtenir de résultats concrets. Cela permet de proposer une rééducation qui vise le développement des compétences concrètes et précieuses, l'aide à poursuivre ses apprentissages scolaires de manière efficace

3.4.2 Description du teste CNB :

Étant donné que les (DAM) se divisent en deux types : le primitif est diagnostiqué par un test évaluant les (CNB) et le secondaire nécessite un diagnostic des déficiences au niveau des processus cognitifs généraux. D'après ce que nous avons vu dans le premier chapitre, le test CNB se résume aux systèmes numériques de base (SNB) liés au proto-numérique, comprenant : a) **Le système numérique analogique (SAN)**, qui inclut le système numérique approximatif (SNA), et le système numérique précis (SNP) et la capacité à compter en maîtrisant et en mémorisant les noms-nombres représentés par la CNV qui est Stockée dans (MLT), selon trois modes croissants : (stable et conventionnel - stable et non conventionnel - non stable et non conventionnel). En termes de performance, le sujet est évalué selon les cinq niveaux du CNV (Nieuwenhoven, p. 16) pour déterminer son niveau. La capacité à comprendre le cardinal correspond au niveau de la chaîne numérique insécable et soutient la maîtrise des quatre principes de dénombrement par le sujet : 1) Coordination verbo-motrice du geste du doigt. 2) Comptage selon un mode régulier et stable. 3) Abstraction avec ses quatre compétences (succession, intégration, classification, synthèse). 4) Compréhension que l'ordre des éléments de comptage n'affecte pas le cardinal. 5) et les quatre compétences d'abstraction (Mazeau M. , 2021) ; et par conséquent, le code arabe est évalué à travers la capacité de l'apprenant à se représenter les nombres unitaires et ceux à la base 10, via des activités de transcoding, en plus

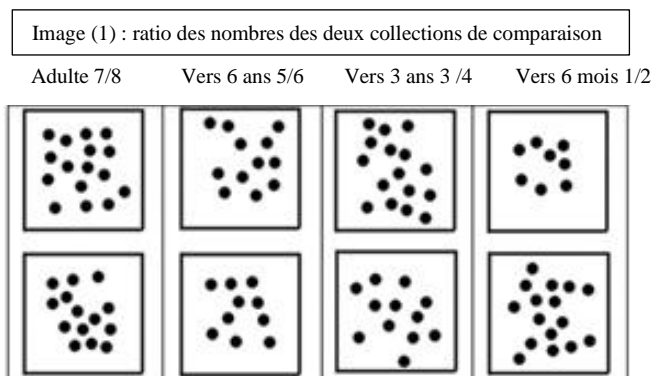
⁵Numéroïdes : chaque chiffre est un personnage illustré qui permettra de mieux mémoriser son nom, de manière ludique et illustrée.

⁶ Multimalin : apprendre ses tables de multiplication en se racontant des histoires.

de la capacité à comparer deux quantités symboliques (deux ou trois nombres à un ou deux chiffres, soit de manière croissante ou décroissante), et enfin à représenter la magnitude du nombre sur la (LNM).

3.4.3 Illustration du processus d'évaluation CN pour l'enfant "Banafsaj" : points forts et points faibles

SAN : « Banafsaj » a pu distinguer les quantités numériques non symboliques (SNA), à travers la détermination de la plus grande quantité, y compris le ratio des adultes 7/8% (image 1) et la comparaison d'autres quantités non symboliques en utilisant les expressions 'beaucoup' 'très beaucoup', 'peu' avec fluidité et sans hésitation. De plus, elle est capable de manipuler des objets allant de un à cinq éléments; cette performance la place au niveau du connaisseur du principe de comptage « Counting-principle knower ». Ce qui a nécessité l'évaluation de sa performance au niveau du SNP, où elle a démontré sa grande et rapide capacité à déterminer le cardinal de groupes contenant entre 1 et 4 éléments avec précision.



Le comptage et le dénombrement - le cardinal « Banafsaj » a pu assimiler le concept de cardinalité, mais elle a des difficultés à pointer du doigt pour compter des éléments jusqu'à 20. Un léger manque de coordination entre le geste et la verbalisation a été observé. Concernant son mode de comptage, il était stable et habituel de 0 à 20, mais instable et inhabituel au-delà de 20, comme suit : (19, 30, 20, 31, 41, 51, 61, 81, 100, 20, 30, 40, 50, 76, 8 et 9, 10 et 11, 12 et 30) ; puis elle s'est arrêtée. Lorsqu'on lui a demandé de recompter, elle a reproduit la même chaîne verbale. En ce qui concerne le principe d'abstraction, qui est la capacité à intégrer, elle a d'abord essayé de trier les blocs de construction par couleur et forme avant de compter, mais une fois qu'elle a compris que l'objectif était de compter le tout, elle a directement compté l'ensemble, ce qui montre sa capacité à intégrer et à trier simultanément. Le fait de déplacer son doigt d'un bloc de construction à un autre lors de la deuxième tentative, montre qu'elle comprend le principe d'ordre, qui est évalué à travers un ensemble d'éléments linéaires, et sa réponse était : "On obtient le même nombre, que l'on commence par la droite ou par la gauche." Elle a trouvé le cardinal correct de 20 mais a écrit 12. Elle a également réussi à synthétiser en plaçant le bloc de construction approprié en termes de taille et de couleur dans la case correspondante du tableau à double entrée. Quant à la succession, elle est présente car elle ajoute « un » à chaque fois pour trouver le nombre suivant. Ainsi, la difficulté de comptage n'est pas due au principe de cardinalité mais à une erreur résultant d'un passage incorrect du système unitaire au système décimal. Cependant, elle est capable de développer une compétence de raisonnement logico-mathématique, selon Piaget, car elle est arrivée à percevoir le principe d'abstraction avec ses quatre compétences.

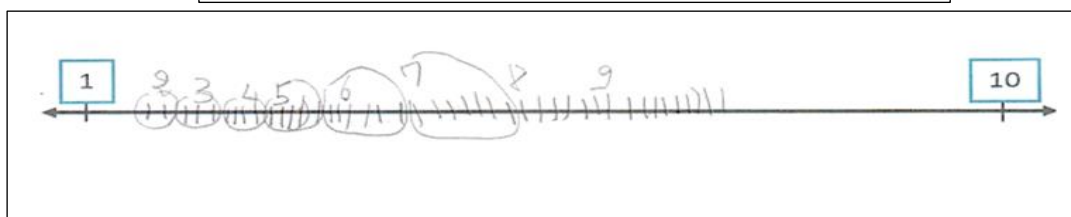
Le code arabe : La participante a réussi à écrire des nombres unitaires, mais elle n'a pas réussi à assimiler le concept décimal et positionnel, sauf pour les dizaines (30) et les centaines (300). Cependant, ce n'est pas toujours le cas, par exemple, elle a écrit 16 à la place de 60, et 82 à la place de 28, mais elle a réussi à écrire correctement 175. Cependant, lorsqu'on lui a demandé de le relire, elle n'a pas réussi. Cela sera examiné dans l'activité de transcoding en code verbal. Lorsqu'on lui a demandé de lire les chiffres arabes écrits, les résultats étaient les suivants : (387 lu « 387 »), (190 lu « 1 et 900 »), (57 lu « cinq dizaines et 7 »), (40 lu « 40 »), (507 lu « 75 »). Sur la base de cette activité, il est clair que l'enfant a besoin de construire les systèmes décimal et positionnel, car ses réponses ne sont pas basées sur une compréhension précise du code arabe.

Comparaison des quantités symboliques : Elle a pu comparer avec fluidité, sauf lorsqu'il s'agissait de comparer trois nombres de deux et de trois chiffres. Cependant, lors de la vérification de la réponse, qui nécessite une compréhension des systèmes décimal et positionnel, il est apparu qu'elle appliquait une technique qui n'atteignait

pas le niveau de stratégie, mais qu'elle avait mémorisée par la pratique. Cela indique que ses réponses ne reflètent pas une compréhension de la magnitude des nombres, mais une application littérale de la technique.

La ligne numérique mentale : La participante a représenté les nombres compris entre 1 et 10 sur la droite numérique, non pas sur la base du comptage ordinal, mais de manière cumulative. Au lieu d'ajouter une gradation à chaque fois, en accord avec sa réponse à l'activité d'évaluation du principe d'abstraction du raisonnement logico-mathématique, dans la compétence de succession, « Banafsaj » a dessiné les gradations en fonction du cardinal du nombre ordinal qu'elle prononçait à chaque fois (image 2). Étant donné que le principe de correspondance terme à terme n'était pas maîtrisé, le nombre de gradations a dépassé le nombre à représenter, qui est 8. L'enfant n'a pas développé une compréhension nette de la magnitude, son estimation sur la ligne numérique est imprécise. La manière avec laquelle elle a placé les nombres sur la ligne reflète la structure de la LNM qu'elle a développée.

Image (2) : représentation des nombres compris entre un et dix par « Banafsaj »



On peut conclure que « Banafsaj » souffre d'une incapacité à distinguer entre le comptage ordinal et le comptage cardinal. Selon Stanislas Dehaene, la compréhension du nombre se fait soit de manière cumulative, séparée et indépendante, soit par le biais de la relation séquentielle associative, en reliant les quantités numériques à l'espace de manière séquentielle et interconnectée, ce qui génère une ligne numérique mentale. Chaque position sur cette ligne correspond à une quantité spécifique, et cette ligne est stockée au niveau du lobe frontal, ce qui représente la magnitude du nombre (SIMONIN, 2015). Cependant, la représentation de « Banafsaj » montre qu'elle perçoit la magnitude du nombre gauche à droite, mais sa représentation analogique des nombres sur la ligne numérique est accumulative ce qui reflète sa véritable représentation sémantique du nombre Dehaene (1992). Elle est également incapable de compter un groupe de plus de 20 éléments, ce qui est dû à plusieurs raisons, notamment l'incapacité à coordonner le pointage du doigt avec les mots-nombre évoqués, ainsi qu'un problème de compréhension du système décimal. En effet, compter et dénombrer des quantités non symboliques supérieures à 9 nécessitent, en plus du stockage du lexique verbal au niveau de la mémoire, un processus de raisonnement quantitatif pour comprendre la composition des nombres et la valeur positionnelle. De plus, le passage du système unitaire au système décimal n'a pas été complètement réalisé (erroné), comme cela a été démontré par les activités de transcodage. À partir des difficultés diagnostiquées ci-dessus, des questions secondaires peuvent être formulées, et des objectifs précis peuvent être établis pour l'adaptation. Dans cet article, nous nous contenterons d'une seule question secondaire comme exemple, sur la base de laquelle les étapes d'adaptation des activités seront déterminées, pour traiter une seule difficulté. Quant à la relation entre les difficultés et les processus cognitifs sous-jacents, le test SB5 peut être utilisé. Toutefois, dans cette recherche, en plus des recherches de Rémi Samier⁷ et Sylvie Jacques, nous nous sommes appuyés sur une étude menée par Giannis Karagiannakis⁸ en 2017, où a été utilisée une batterie sensible qui a permis de développer un modèle reliant chaque tâche numérique de base au facteur causant la difficulté.

2.4.1. Conception des étapes d'adaptation.

Pour adapter toute activité numérique, comme nous l'avons vu précédemment, il est nécessaire de :

- Vérifier les CN au niveau desquelles le sujet connaît des difficultés entravant sa progression en mathématiques, et qui ont été observées à l'école ou par les parents, à l'aide d'une batterie spécifique d'évaluation des CNB, dont la validité et la fiabilité ont été prouvées pour l'échantillon de recherche.

⁷ Sylvie J collabore avec Rémi S : Leur pratique est essentiellement consacrée à la rééducation des troubles dys chez les enfants, les adolescents et les adultes. Ils ont obtenu en 2015-2016 le diplôme universitaire de « Neuropsychopathologie des Apprentissages scolaires » de l'Université de Lyon. Ils ont fondé en 2018 l'association ApStraCo- apprentissages, stratégies et cognition

⁸ Giannis Karagiannakis : Mathématicien et a travaillé pendant plusieurs années avec des enfants et des adolescents présentant des difficultés d'apprentissage en mathématiques.

- Déterminer les CN sous-jacentes à chaque difficulté diagnostiquée à l'aide de la batterie de tests mathématiques.
- Identifier le processus cognitif sous-jacent à chaque compétence numérique en passant un test standardisé tel que le SB5, qui mesure les cinq processus cognitifs sous-jacents aux activités numériques. Cela permet de déterminer les processus qui fonctionnent bien, ceux qui présentent des déficiences, et de mettre en lumière les points forts et les points faibles de la performance du sujet.
- Déterminer les fonctions cognitives soutenant chaque processus cognitif et les compétences qui y sont associées.
- Déterminer les stratégies implicites impliquées dans la réalisation de chaque CNB.
- Déterminer les stratégies compensatoires aidant à améliorer et à compenser les déficiences au niveau du processus cognitif déficient selon le test standardisé.
- S'appuyer lors d'intervention sur les principes et stratégies d'enseignement explicite abordés dans le deuxième axe.

2.4.2. Proposition des étapes d'adaptation en réponse à la question secondaire suivante :

- Quelles sont les étapes d'adaptation des activités « de correspondance terme à terme » pour les nombres de 0 à 20 en se basant sur le processus visuo-spatial et le processus de langage oral ?

Les étapes d'adaptation des activités « de correspondance terme à terme » pour les nombres de 0 à 20 sont :

Première étape : La compétence numérique au niveau de laquelle le sujet connaît des difficultés : la correspondance terme à terme.

Deuxième étape : Les compétences numériques sous-jacentes à chaque difficulté : les cinq principes de comptage.

Troisième étape : Le processus cognitif sous-jacent à chaque compétence numérique : le processus de langage et le processus visuo-spatial.

Quatrième étape : Déterminer les compétences cognitives liées au langage et au processus visuo-spatial.

Compétences visuo-spatiales	Compétences du langage
Exploration, repérage, orientation, déplacement. D'après (Rémi Samier, 2021)	Lexique : les mots / Phonologie : le son, l'ordre des mots. D'après Mazeau, 2021

Cinquième étape : Déterminer les fonctions cognitives liées au langage et au processus visuo-spatial.

Fonctions synergisant le processus du langage	Fonctions synergisant le processus visuo-spatial
Raisonnement, fonctions exécutives, mémoire de travail, mémoire à long terme. D'après (Rémi Samier, 2021)	Mémoire visuo-spatiale, fonctions exécutives, compétences graphomotrices D'après Mazeau 2021


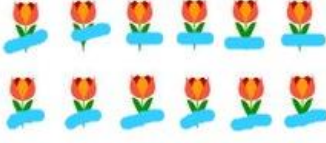

Sixième étape : Les stratégies compensatoires pour le processus du langage et le processus visuo-spatial		
	Langage	processus visuo-spatial
Stratégies implicites et compensatoires	<p>Stratégies de compréhension :</p> <p>A l'aide de manipulations avec des cubes, des fleurs, des étoiles... clarifier le principe de cardinalité et faire comprendre le lexique et la syntaxe des mots-nombre.</p> <p>Stratégies de mémorisation :</p> <p>À travers des activités de répétition régulière de séquences construites progressivement.</p> <p>Activités de jeu : Jeu de mains (clapping) avec répétition, chansons...</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Développement d'activités de comptage basées sur des stimuli auditifs : comme le jeu de mains (le clapping), le tapotement, le saut vers la droite, pour traiter le problème de pointage. <input type="checkbox"/> Utilisation de stratégies d'organisation spatiale pour les outils de comptage avec proposition de regroupements linéaires avant d'utiliser des regroupements aléatoires espacés pour des objets déjà comptés. <input type="checkbox"/> Exclusion des éléments comptés (les couvrir, tracer une ligne, les marquer avec un feutre...). Relier les éléments un par un... <input type="checkbox"/> Préparation de supports : comme des chaînes numériques, des cubes, des fleurs. <input type="checkbox"/> Compensation du déficit par la description et la verbalisation. <input type="checkbox"/> Expliciter via la verbalisation des stratégies implicites : tel que la stratégie de comptage (Counting-up). <input type="checkbox"/> Utilisation d'indices procéduraux dessinés pour rendre les tâches séquentielles verbalement : listes, consignes... en se basant sur le système numérique analogique.


2.4.3. Proposition d'activités en réponse à la première question secondaire :



Étant donné que l'élève compte bien et couramment jusqu'à 20, mais rencontre des difficultés au niveau de la coordination verbo-motrice, c'est-à-dire la coordination entre les mots-nombres et l'élément compté, je propose des activités numériques basées sur le processus visuo-spatial et consistant en une correspondance terme à terme, avec la répétition comme rituel pour compenser les lacunes au niveau du pointage.

a- Je place 20 cubes sur la table et je dis : *“Es-tu prête ? Allons-y alors, l'objectif de cette activité aujourd'hui est de s'entraîner à compter les éléments de ce groupe. Pour ce faire, je vais transférer ces cubes dans le récipient un par un et à chaque fois j'ajoute un, puis je passe à l'élément suivant ainsi de suite.”* Je commence à compter en plaçant à chaque fois un cube dans la boîte et je répète *“1, 2, 3, ...”* Je continue ainsi jusqu'à ce que tous les cubes soient dans la boîte. Je lui demande : *“Quel est le total des cubes dans la boîte ?”* *“Pourquoi est-ce que je mets un seul élément chaque fois en prononçant son nom ordinal ?”* *“Maintenant, nous allons inverser l'opération, je vais sortir les cubes de la boîte pour vérifier qu'il y a bien 20 cubes”*. Une fois terminé, je l'invite à rappeler l'objectif de l'activité en décrivant l'action que j'ai effectuée. Je l'aide à s'en souvenir si nécessaire.

b- Une activité similaire peut être proposée, mais cette fois en présentant une image d'éléments disposés de manière linéaire (image 3), puis circulaire (image 4), et enfin aléatoire (image 5). L'élève doit compter les éléments en marquant l'élément compté ou en reliant les éléments comptés par une ligne.

		
Image 4 : modèle des 3 groupes	Image 3 : éléments linéaires	Image 5 : éléments aléatoires

c- Activité de comptage avec Jeu de mains (clapping) : Je commence par expliquer l'activité "nous allons compter ensemble de 1 à 20. A chaque fois qu'un nombre est prononcé, on applaudit une seule fois 1  , 2

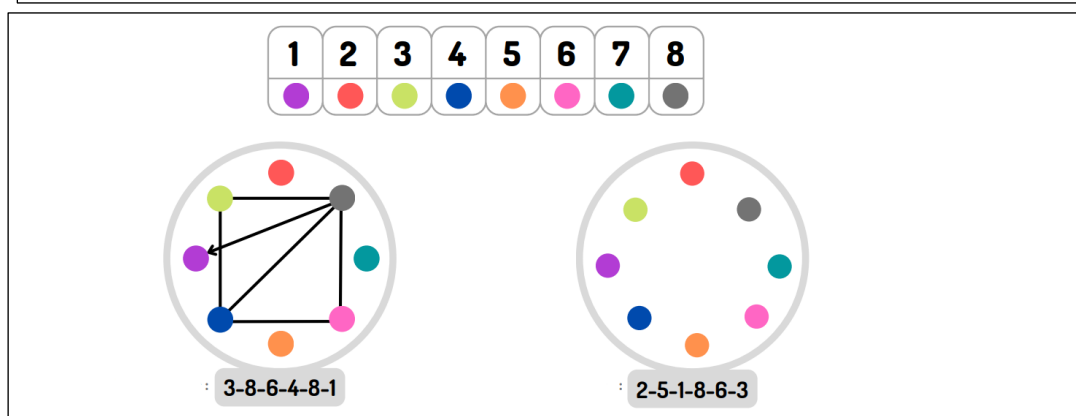
 , 3 On continue ainsi jusqu'à 20. D'accord ? ". L'activité doit être répétée plusieurs fois, car cela aidera l'enfant à se familiariser avec les mots-nombres et à améliorer sa coordination verbo-motrice.

d- Je peux également alterner avec l'enfant pour le comptage. Je dis : « 1 », elle dit : « 2 », je dis : « 3 », elle dit : « 4 », et ainsi de suite... Ces activités nécessitent l'application pratique des stratégies d'enseignement explicite, de la répétition et d'un temps d'apprentissage flexible, adapté aux particularités des enfants avec DAM.

2.4.4. Activité pour stimuler la mémoire visuo-spatiale, les mouvements fins et la coordination spacio-motrice.

Cette activité peut être utilisée pour développer à la fois le comptage ordinal ainsi que le processus de la mémoire visuo-spatiale, l'attention, les mouvements fins et la coordination œil-main. Comme d'habitude, l'activité est modélisée avec explicitation des processus implicites. On commence par attirer l'attention de l'enfant sur l'importance du jeu, puis on dit : "Aujourd'hui, nous allons jouer un jeu amusant. Nous avons une bande avec des nombres consécutifs de 1 à 8, chaque nombre correspond à un disque coloré. Je vais suivre le code au-dessous de chaque cercle pour tracer le chemin. Le code est (3, 8, 6, 4, 8, 1). Je vais prendre un crayon et me demander : quel est le premier nombre du code ? C'est le nombre trois, qui correspond à la couleur verte. Donc, je place le crayon sur le disque vert, puis je demande : quel est le nombre suivant dans le code ? C'est le nombre huit, et la couleur correspondante dans la série est le marron, donc je vais tracer une flèche vers le marron." Ensuite, je lui donne un nouveau cercle similaire au mien (image 6) et je lui demande de rappeler l'objectif de l'activité, de décrire le processus que j'ai suivi, puis de réaliser deux étapes seulement de la même démarche au début, afin d'observer sa capacité à combiner les tâches. Et ce en verbalisant.

Image (6) : Illustration du support de l'activité visant à développer la mémoire visuo-spatiale, les mouvements fins et la coordination



Ces activités sont un modèle proposé, qui doit être réalisé dans des conditions d'expérimentation adaptées aux spécificités du groupe bénéficiaire, afin de mesurer l'impact et d'optimiser les résultats. Cela ne peut être réalisé sans une application précise de ce qui est présenté dans ce document de recherche, avec un approfondissement de la recherche et en réservant plus de temps à l'intervention. En effet, l'efficacité des activités destinées aux enfants avec (DAM) requiert la manipulation et la répétition, ce qui signifie plus de temps et de patience

4 Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, il est plus important que jamais de tirer parti de l'évolution des outils de mesure psychologique et des avancées des sciences cognitives et neuropsychologique, notamment les expériences sur l'activation des fonctions cérébrales, qui s'appuyant sur les principes fondamentaux de la flexibilité cérébrale en relation avec l'apprentissage. Afin d'établir un cadre scientifiques qui oriente la relation d'intervention et d'aide, qu'il s'agisse des mathématiques ou des langues. Les étapes mentionnées dans cette recherche représentent un modèle ambitieux qui établit et anticipe le processus d'intervention en faveur des enfants ayant des DAM.

En réponse à la citation de Stanislas Dehaene : “ *Les enseignants doivent avoir un bon modèle mental du cerveau de l'enfant –il est stupéfiant qu'ils connaissent souvent mieux le fonctionnement de leur voiture que celui du cerveau* ” (Dehaene, 2024), il est nécessaire de redoubler d'efforts pour établir les bases d'une éducation inclusive, en construisant des ponts entre la pédagogie, la médecine, et la prise en charge des troubles de l'apprentissage - en comprenant l'organe responsable, à savoir le cerveau -. Cela va préparer à une compréhension plus profonde des bases neuropsychologiques, afin de parvenir à un consensus sur une base commune de compréhension, en connaissant le fonctionnement du cerveau et les dysfonctionnements liés aux difficultés d'apprentissage, et par conséquent des pistes d'intervention.

Cependant, le défi de l'adaptation des apprentissages, en général, réside dans l'hétérogénéité des cas, d'une part, et la présence de troubles divers associés aux mêmes difficultés, d'autre part. Ceci implique qu'on est face à une multitude de parcours d'adaptation. D'ailleurs, l'intervention nécessite des tests standardisés et contextualisés ; ce qui fait actuellement défaut, ouvrant ainsi la voie à la nécessité de penser à contextualiser des tests adaptés aux spécificités de l'apprenant marocain. Étant donné que l'intervention dans ces cas est individuelle ou en petits groupes ne dépassant pas cinq cas (Träff, 2014), une question surgit : il s'agit de la possibilité de concilier ces spécificités avec l'orientation de l'école marocaine vers l'établissement d'une éducation inclusive pour atteindre l'équité. Ces problématiques constituent des points de départ pour la recherche dans le domaine de l'enseignement des mathématiques et des langues aux enfants ayant des DAM, avec pour ambition d'atteindre une véritable adaptation psychique, sociale et académique.

REFERENCES

- [1] ANCKER, K. (6 Nov / Dec 2007). Rethinking Health Numeracy: A Multidisciplinary. *Journal of the American Medical Informatics Association Volume 14/6*, 713-721.
- [2] Baroody, . A. (1987). Le développement de stratégies de comptage pour l'addition à un seul chiffre. *Journal de recherche en didactique des mathématiques*, pp. 141–157.
- [3] Barram, G. H. (s.d.). *Essentials of Stanford-Binet Intelligence Scales (SB5) Assessment*. ILEY.
- [4] Brown, D. C. (1991). Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, pp. 787-797.
- [5] Carey, M. L. (2006). Re-visiting the competence/performance debate in the acquisition of the counting principles. *Cognitive Psychology*, p. 139.
- [6] Chase, D. (2005). Underlying Factor Structures of the Stanford-Binet Intelligence Scales – Fifth. Drexel University.
- [7] Clermont, G., & Steve, B. (2024). *Enseignement explicite et données probantes 40 stratégies pédagogiques efficaces pour la classe et l'école*. Quebec: Chenelière éducation.
- [8] Dehaene, S. (2024). Les grands principes de l'apprentissage. France. Récupéré sur www.unicog.org.
- [9] Doabler, C. T. (2014, November 20). Enhancing core mathematics instruction for students at risk for math disabilities. . 48-57. *Copyright* , pp. 48-57.
- [10] Douglas H. Clements, M. B. (1990, septembre). Constructivist Learning. *The Arithmetic Teacher*, pp. 34-35.
- [11] Erlbaum, L. (1991). Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and instruction*.
- [12] Erlbaum, L. (1991). Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and instruction*.
- [13] Fayol, M. (2018). *L'ACQUISITION du nombre*. paris: Universitaires de France /Humensis.
- [14] Fuson, K. C. (1992). Relationships children construct among English number words, multiunit base-ten blocks, and written multidigit addition. *Elsevier*, 39-112.
- [15] Gale H. Roid, R. A. (s.d.). *Essentials of Stanford-Binet Intelligence Scales (SB5) Assessment*. ILEY.
- [16] Gauthier, C. B. (2024). *Enseignement explicite et données probantes 40 stratégies pédagogiques efficaces pour la classe et l'école*. Quebec: Chenelière éducation.
- [17] Gauthier, C., & Bissonnette, S. (2024). *Enseignement explicite et données probantes 40 stratégies pédagogiques efficaces pour la classe et l'école*. Quebec: Chenelière éducation.

- [18] Geary, D. C. (1991). *Cognitive addition: A short longitudinal study of strategy choice and speed-of-processing differences in normal and mathematically disabled children.*
- [19] Gersten, R. M., & Chard, D. J. (2009, septembre). Mathematics Instruction for Students With Learning Disabilities. *Review of Educational Research.*
- [20] Grégoire, J. ((2019)). *L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant. Fondements et pratique du WISC-IV (2 Éd.).* Sprimont: Mardaga. Sprimont: Mardaga.
- [21] Grégoire, j. (2019). *examen-clinique-de-l_intelligence-de-l_enfant fondement et pratique du wisc 5.* Primento: version numérique Éditions Mardaga.
- [22] Grégoire, J. (2019). *examen-clinique-de-l_intelligence-de-l_enfant fondement et pratique du wisc 5.* Primento: version numérique Éditions Mardaga.
- [23] Grigouire, J. (2005). *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant.* sprimont Belgique: Mardaga.
- [24] Hughes., A. L. (2011). Exploring the Foundations. *Guilford Publications,* https://www.guilford.com/excerpts/archer_ch1.pdf?t=1.
- [25] Isabelle, R. (Janvier 2015). *L'analyse de la structure factorielle du WISC-IV selon la classification des aptitudes cognitives de Cattell-Horn-Carroll (CHC).* GENEVE: Univ. Genève.
- [26] J, G. (2019). *examen-clinique-de-l_intelligence-de-l_enfant fondement et pratique du wisc 5.* Primento: version numérique Éditions Mardaga.
- [27] Jacques, G. (2019). *examen-clinique-de-l_intelligence-de-l_enfant fondement et pratique du wisc 5.* Primento: version numérique Éditions Mardaga.
- [28] Jacques, R. S. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques.* paris: Tom Pousse.
- [29] Jacques, R. S. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques comprendre pour mieux agir.* Paris: Tom Pousse.
- [30] Lucile, C. A. (2007). *La charge cognitive théorie et applications.* Paris: Armand Colin Éditeur.
- [31] Lynn S. Fuchs, S. R. (2011, June 23). Remediating Computational Deficits at Third Grade: A Randomized Field Trial. *NIH-PA Author Manuscript,* pp. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3121170/pdf/nihms-303754.pdf>.
- [32] MAJERUS, S. (2020). *Les trouble de la mémoire à court terme memoire de travail.* Paris: De Book Supérieur.
- [33] Marir-Pascale, N. (2020). *Traité de neuropsychologie de l'enfant.* paris: deboeck.
- [34] Marir-Pascale, N. (2020). *Traité de neuropsychologie de l'enfant.* paris: deboeck.
- [35] Mazeau, M. (2021). *apprendre à compter un pas si simple concrètement que faire? mieux aider les enfants en difficulté.* paris: Tom pouss.
- [36] Mazeau, M. (2021). *trouble visio-spatiaux leur impact sur les apprentissages comprendre pour mieux accompagner.* Tom Pousse.
- [37] Michel, F. (2018). *L'acquisition du nombre.* paris: Universitaires de France /Humensis.
- [38] Michèle, M. (2021). *trouble visio-spatiaux leur impact sur les apprentissages comprendre pour mieux accompagner.* Tom Pousse.
- [39] Morsanyi, K. O. (2016, September 26). Number comparison and number ordering as predictors of arithmetic performance in adults: Exploring the link between the two skills, and investigating the question of domain-specificity. *THE QUARTERLY JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY.*
- [40] Mzeau, D. M. (2021). *apprendre à compter un pas si simple concrètement que faire? mieux aider les enfants en difficulté.* Tom pouss.
- [41] NADIR-GROSBOIS, N. (2020). *psychologie de le handicap.* Bruxelle: deboeck supérieur.
- [42] Nieuwenhoven, J. G. (2024, 4 15). Le développement du comptage et son rôle dans les troubles numériques. *Université de Louvain,* Google scholer. Récupéré sur google scholar: https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=gelman+et+gallistel+1978+les+principe+de+denombrement+pdf&btnG=
- [43] Noël, g. k. (2020, juillet). Les capacités numeriques de bases.
- [44] Noël, M. P. (2020). *Traité de neuropsychologie de l'enfant.* paris: deboeck.
- [45] Noël, M.-P. (2020). *Traité de neuropsychologie de l'enfant.* paris: deboeck.

- [46] R Samier, S. J. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques*. paris: Tom Pousse.
- [47] RAYMOND, V. (2009). *Apprentissage et enseignement théorie et pratique*. Montréal: Gaeten Morin .
- [48] Rémi S, S. J. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques*. paris: Tom Pousse.
- [49] Rémi Samier, S. J. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques Comprendre pour mieux agir*. paris: Tom Pousse.
- [50] REVERTE, I. (Janvier 2015). *L'analyse de la structure factorielle du WISC-IV selon la classification des aptitudes cognitives de Cattell-Horn-Carroll (CHC)*. GENEVE: Univ. Genève.
- [51] Roid, G. H. (2003). *Essentials of Stanford binet intelligence scales (SB5) ASSESSMENT* . Texas: PRO-ED.
- [52] Roid, G. H. (2003). *Stanford binet intelligent scales ITEM BOOK 2*. Texas: PRO-ED.
- [53] Rosenshine, B. (2008). *Five meanings of Direct Instruction*. ILLINOIS: Academic Development Institute.
- [54] Russell Gersten, M. J. (2008). *MATHEMATICS INSTRUCTION FOR STUDENTS WITH LEARNING DISABILITIES OR DIFFICULTY LEARNING MATHEMATICS A Synthesis of the Intervention Research*. Portsmouth.
- [55] Samier, S. J. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques*. paris: Tom Pousse.
- [56] SIMONIN, A. (2015). *La ligne numérique mentale chez les enfants de 8 à 12 ans : proposition d'un outil d'évaluation*. France: Université de Franche-Comté UFR SMP - Orthophonie.
- [57] Sternberg, R. (2006, 04 13). *History of theories and measurements of intelligence, Handbook of intelligence*, électronique. (combrage université press 2000) Consulté le 04 13, 2024, sur google livre
- [58] Sylvie Jacques, R. S. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques*. paris: Tom Pousse.
- [59] Sylvie, J. R. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques Comprendre pour mieux agir*. paris: Tom Pousse.
- [60] Sylvie, J. R. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques Comprendre pour mieux agir*. paris: Tom Pousse.
- [61] Sylvie, R. S. (2021). *Les troubles d'apprentissage en mathématiques*. paris: Tom Pousse.
- [62] Teresa Iuculano, M. R.-L. (2015, September). Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities. *Nature Communications* .
- [63] Träff, K. S. (2014). Development of magnitude processing in children with developmental dyscalculia: space, time, and number. *Frontières de la psychologie*. Récupéré sur <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4073420/>
- [64] Ulf Träff, L. O. (2017, janvier). Heterogeneity of Developmental Dyscalculia: Cases with Different Deficit Profiles. *Frontiers in Psychology*.
- [65] Vacher, Y. (2022). *construire une pratique réflexive comprendre et agir*. Paris: De Boeck Supérieur.
- [66] البرنامج الوطني لتقييم المكتسبات لمستوى السادس ابتدائي والثاني اعدادي. (2019). المجلس الأعلى للتربية والتكوين والبحث العلمي، الرباط. PNEA 2019.
- [67] في شأن تكييف المراقبة المستمرة لفائدة التلميذات والتلاميذ في 21-042منكرة رقم. (2021). المركز الوطني للتقويم والامتحانات الرباط. وضعية /عاقبة بالتعليم الابتدائي.
- [68] المركز الوطني للتقويم والامتحانات. (2021). مقرر وزير التربية الوطنية عدد 21-032/ تنظيم امتحانات نيل شهادة الدروس الابتدائية، الرباط.