

La dyscalculie développementale: Théories explicatives

Pierre Barrouillet
Université de Bourgogne

Plan

- Définition et prévalence
- Les manifestations de la dyscalculie
 - Le dénombrement
 - Les procédures de comptage
 - La récupération des faits arithmétiques en mémoire
- Les théories explicatives
 - Un trouble secondaire
 - La mémoire de travail
 - Les habiletés visuo-spatiales
 - Un trouble primaire

Définitions

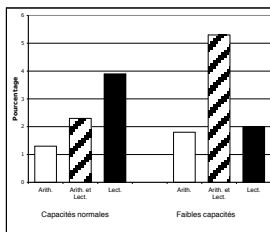
- Kosc (1974):
 - « Un trouble structurel des habiletés arithmétiques dont l'origine est génétique ou liée à un problème congénital et qui se présente sans un trouble plus général des fonctions mentales »
- Temple (1992)
 - « Un trouble des compétences numériques et des habiletés arithmétiques qui se manifeste chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficits neurologiques acquis »

Prévalence

Caractéristiques et résultats des principales études de prévalence de la dyscalculie sur d'importantes populations d'enfants d'âge scolaire

Étude	N	Âges années	Critère d'inclusion	Critère d'exclusion	Taux de dyscalculie
Kosc, 1974	375	10-12	Battements détectés au Inc	QI < 90	6,4%
Badier, 1989	1 465	7-14	Score < centile 20 Stanford Achievement	Aucun	6,4%
Lewis et coll., 1994	1 056	9-10	Score standardisé > 85 Group Mathematics Test	PM Raven < 90	3,6%
Gross-Tsur et coll., 1996	3 029	10-11	2 ans de retard Battements détectés au Inc	QI < 80	6,5%
Devonnet et coll., 2004	3 988	8-11	2 SD de la moyenne Battements détectés	Aucun	2,3 à 7,7 % selon l'âge

Prévalence



Taux de prévalence des troubles spécifiques de l'arithmétique (Arith.), des troubles de l'arithmétique et de la lecture (Arith. et Lect.) et des troubles spécifiques de la lecture (Lect.) en fonction des capacités intellectuelles des enfants dans l'étude de Lewis, Hitch, et Walker (1994).

Note : lire que parmi la population étudiée par les auteurs, 1,3% présentait un trouble spécifique de l'arithmétique avec des capacités intellectuelles normales alors que 5,3% présentaient des difficultés en arithmétique et en lecture accompagnées de faibles capacités intellectuelles, etc.

Prévalence

- Les troubles isolés des mathématiques concernent entre 3 et 4% de la population
- 60% présentent aussi des troubles de la lecture
- Dans l'étude de Lewis et al. (1994), seuls 1,3% des 1056 enfants étudiés présentent un trouble isolé de l'arithmétique avec des capacités intellectuelles normales
- Trouble sans doute beaucoup moins fréquent que la dyslexie

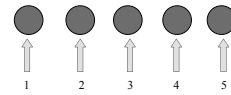
Description des troubles

- Les principes du dénombrement
- Les stratégies et procédures de comptage
- La récupération des faits numériques en mémoire

Les principes du dénombrement

Gelman et Gallistel, 1978

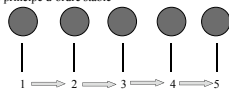
1- Le principe de correspondance terme à terme
(ou de correspondance un à un)



Les principes du dénombrement

Gelman et Gallistel, 1978

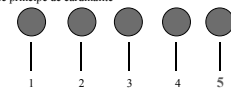
2- Le principe d'ordre stable



Les principes du dénombrement

Gelman et Gallistel, 1978

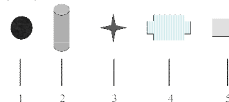
3- Le principe de cardinalité



Les principes du dénombrement

Gelman et Gallistel, 1978

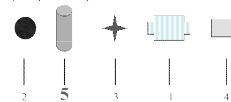
4- Le principe d'abstraction



Les principes du dénombrement

Gelman et Gallistel, 1978


5- Le principe de non-pertinence de l'ordre



Et des pseudo principes

Briars et Siegler, 1984

La pseudo-règle de proximité

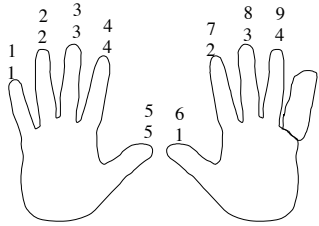


Les enfants dyscalculiques au CP distinguent moins bien que les autres les principes des pseudo-principes

Geary, Bow-Thomas et Yao (1992)

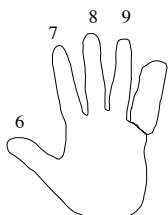
Les stratégies de résolution des additions

Compter tout (Somme)



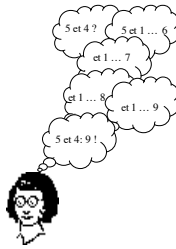
Les stratégies de résolution des additions

Stratégie Min (pour minimum)




Les stratégies de résolution des additions

Stratégie Min

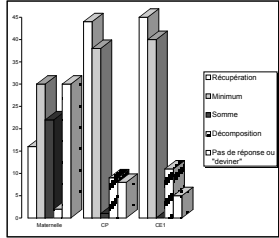


Les stratégies de résolution des additions

La récupération en mémoire



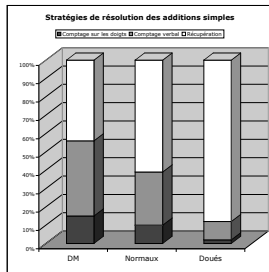
Les stratégies de résolution des additions



Stratégie	Maternelle (%)	CP (%)	CE1 (%)
Récupération	~15	~45	~45
Minimum	~25	~35	~35
Somme	~25	~10	~10
Décomposition	~10	~10	~10
Pas de réponse ou "deviner"	~25	~10	~10

Distribution en pourcentages des diverses stratégies observées chez des enfants de la maternelle au CE1 dans la résolution d'additions simples, d'après les données de Siegler (1987)

Les dyscalculiques utilisent des stratégies plus primitives



Fréquence d'utilisation des stratégies de comptage sur les doigts, de comptage verbal et de récupération directe du résultat en mémoire pour la résolution d'additions simples par des enfants présentant des difficultés en mathématiques (DM), des enfants normaux et des enfants doués âgés de 10 ans. Etude de Geary et Brown (1991).

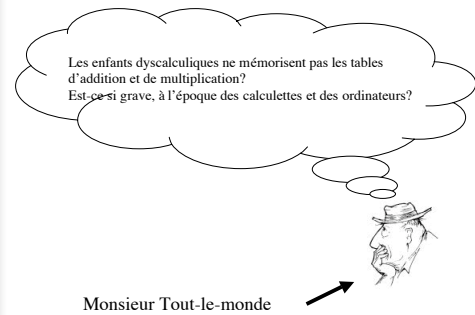
Dans la résolution des additions, comparés aux autres enfants, les dyscalculiques ...

- Utilisent des stratégies immatures (e.g., compter sur les doigts)
- Commettent de fréquentes erreurs de comptage
- Utilisent des procédures immatures (Somme plutôt que Min)
- Ont des difficultés à retrouver en mémoire à long-terme les faits les plus basiques

Geary, 1990; Hanich et al., 2001; Jordan et al., 2003; Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003; etc.

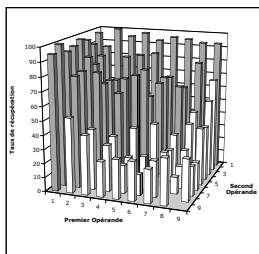
Les troubles de la récupération directe en mémoire

- Persistent au cours de la scolarité alors que d'autres secteurs (e.g. résolution de problèmes) peuvent se développer presque normalement (Jordan & Montani, 1997; Jordan et al., 2003)
- Exemple: à 17 ans, 51% d'échecs dans la résolution de 7×8 contre 17% chez des adolescents tout-venant (Cross-Tsur et al., 1996).
- Ne sont pas liés à d'éventuels troubles associés de la lecture (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003)
- Entraînent échecs, erreurs et lenteur dans la récupération
- Profils atypiques de distribution des temps de réponse avec variabilité exagérée chez les dyscalculiques (Geary, 1990; Geary & Brown, 1991)



Monsieur Tout-le-monde

Quels sont les faits que nous récupérons en mémoire ?



Enfants de 9 et 10 ans
Utilisation de la récupération directe en mémoire pour la résolution d'additions simples en fonction de la taille du premier et du second opérande.
Les barres blanches correspondent aux résultats plus grands que 10.

Barrouillet et L'épine (2005).

Les faits récupérés sont principalement associés aux calculs les plus simples et les plus fréquents: ceux pour lesquels **personne** n'utilise la calculatrice !

Ces déficits dans les habiletés élémentaires se répercutent sur toutes les activités plus complexes:

- Compréhension de l'écriture positionnelle
- Algorithmes de calcul
- Résolution de problèmes
- Nombres décimaux
- ...
- ...

Les théories explicatives

Deux conceptions

- La dyscalculie est un **trouble secondaire**: une des manifestations d'un trouble plus général des fonctions cognitives.
- La dyscalculie est un **trouble primaire**: elle résulte du dysfonctionnement ou du développement défectueux de structures cérébrales spécifiquement dévolues aux traitements numériques.

Un trouble secondaire lié à une mémoire de travail défectueuse

Qu'est-ce que la mémoire de travail ?

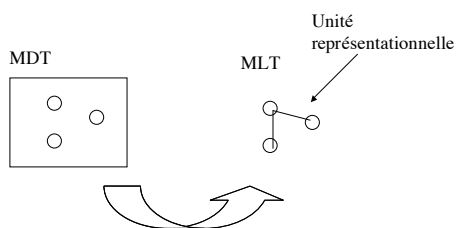
Traitement contrôlé

Maintien à court terme

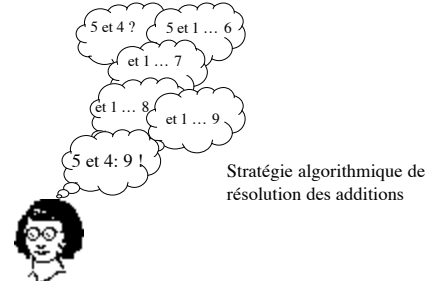
Mémoire de travail

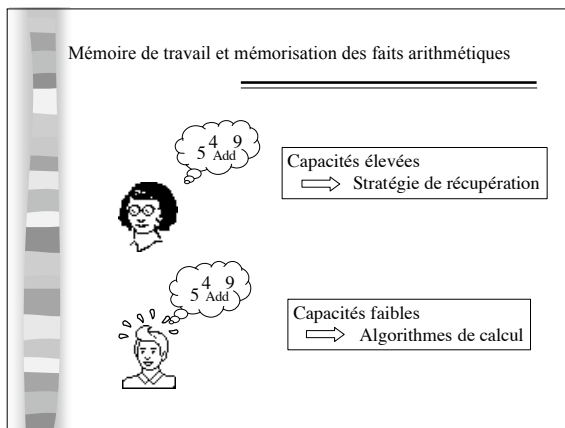
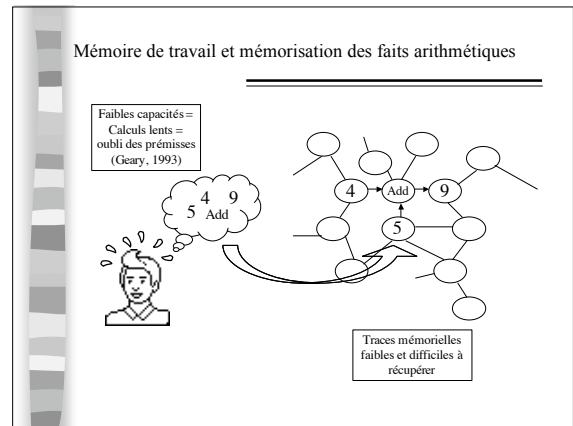
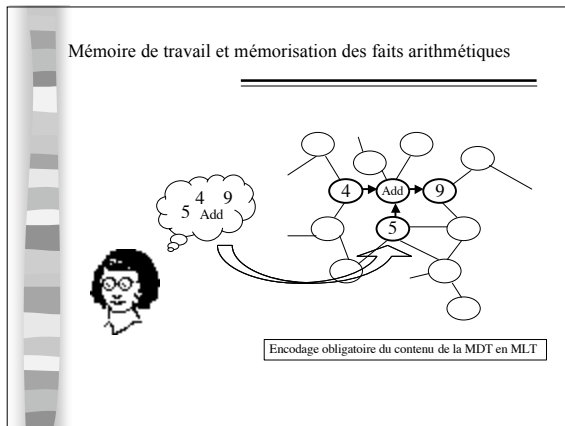
- Maintien temporaire de l'information durant les traitements
- L'ensemble des éléments sur lesquels l'attention se porte
- Le système dans lequel se forment les représentations qui constituent le contenu de notre conscience
- Les contenus successifs de la MDT se déposent sous forme de traces mémorielles en MLT
- Le contenu de la MLT activé au dessus d'un certain seuil
- Un élément activé "entre" en mémoire de travail.

Mémoire de travail et apprentissage



Mémoire de travail et mémorisation des faits arithmétiques





Mémoire de travail et interférences

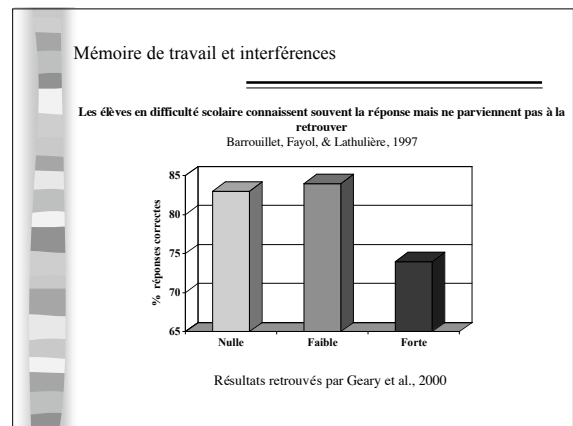
Les capacités en mémoire de travail comme capacités de contrôle de l'activité et de résistance aux interférences
Conway & Engle, 1994

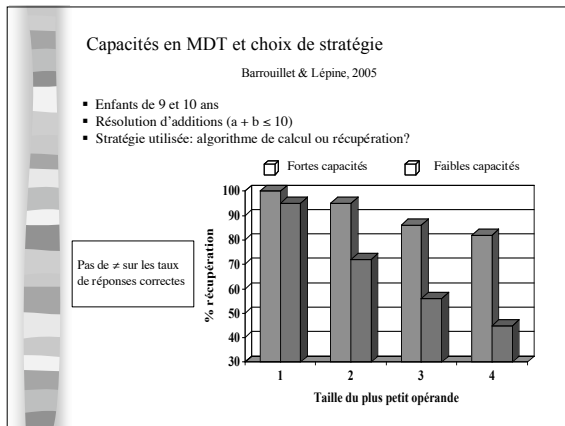
Capacités faibles = Sensibilité accrue

Mémoire de travail et interférences

Trouver la bonne réponse à $6 \times 7 = ?$ parmi 4

Condition hautement interférente	Condition faiblement interférente	Condition non interférente
42	42	42
49	45	41
35	32	44
48	40	38





Dyscalculie et mémoire de travail

- A deux exceptions près, toutes les études mettent en évidence de plus faibles capacités de MCT et de MDT chez les enfants dyscalculiques
Bull & Johnston, 1997 ; Geary et al., 1991 ; Hitch & Mc Auley, 1991 ; Koontz & Berch, 1996 ; Mc Lean & Hitch, 1999 ; Siegel & Ryan, 1989 ; Swanson, 1993
- Même lorsque l'effet du QI est contrôlé
Geary, Hoard & Hamson, 1999 ; Geary, Hamson, & Hoard, 2000 ; Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004

Un trouble secondaire lié à un déficit des habiletés visuo-spatiales et de la cognition non verbale

- Activités arithmétiques présentant une dimension spatiale : opérations posées, écriture positionnelle
Badian, 1983; Geary & Hoard, 2005
- Représentation spatiale de la magnitude des nombres dans la ligne numérique orientée
Geary & Hoard, 2005 ; Jordan et al., 2003; von Aster, 2000
- Déficits visuo-spatiaux et difficultés en arithmétique découlent d'un dysfonctionnement de l'hémisphère droit
Rourke, 1993

L'hypothèse de Rourke: deux sources distinctes des troubles

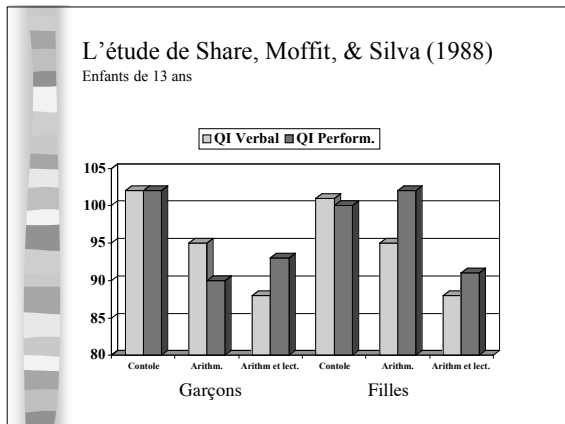
- Atteinte de l'hémisphère **droit**: déficiences non verbales entraînant des **troubles spécifiques du calcul**
- Atteinte de l'hémisphère **gauche**: déficiences verbales entraînant des **troubles du calcul et de la lecture**

Les observations de Rourke et Finlayson (1978)

	QI verbal	QI performance
Calcul < Lecture	102	82
		↻ droit
Calcul > Lecture	92	107
	↻ gauche	

Les troubles spécifiques du calcul: déficiences associées selon Rourke

- Habiletés motrices, psychomotrices et perceptives
- Extraction de concepts
- Raisonnements non verbaux
- Capacités à bénéficier de feed-backs
- Troubles graphomoteurs
- Troubles de l'attention
- Difficulté à changer de tâche

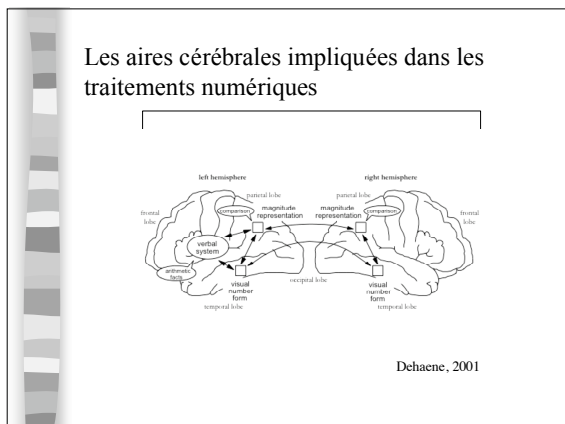
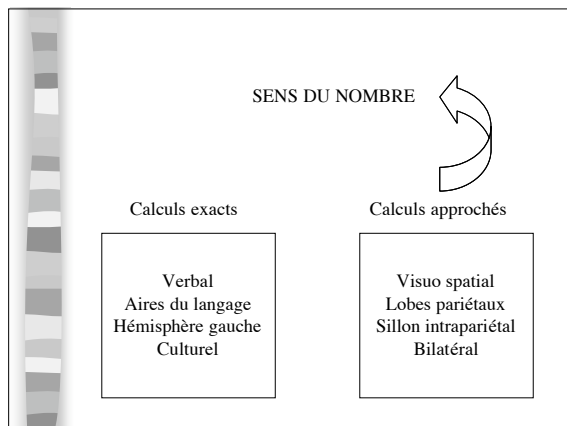
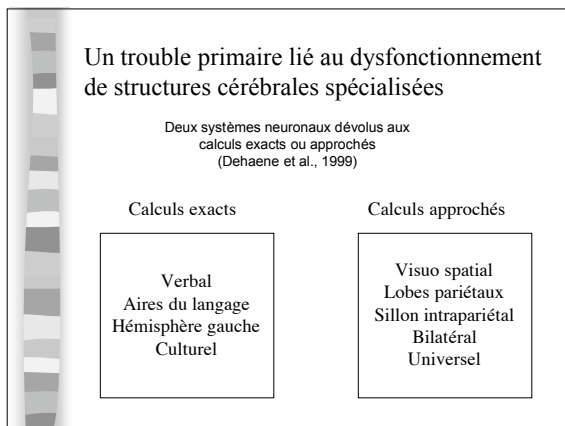


Un trouble secondaire lié à un déficit des habiletés visuo-spatiales et de la cognition non verbale

Malgré son caractère intuitif, les faits empiriques en faveur de cette hypothèse sont étonnamment rares.

En réalité, cette hypothèse semble contredite par la plupart des études disponibles comparant des groupes.

Ceci n'exclut pas la possible existence de sous-types liés à un déficit des habiletés visuo-spatiales.



- ### Les éléments empiriques
- Plusieurs études montrent que ces aires pariétales sont impliquées dans les traitements numériques élémentaires d'évaluation et de comparaison des quantités
 - Pertes de matière grise dans les sillons intrapariétaux dans deux atteintes entraînant une dyscalculie
 - la grande prématurité (Isaacs et al., 2001)
 - le syndrome de Turner (Molko et al., 2003).

L'hypothèse de Butterworth (1999)

- Les aires impliquées par les comparaisons de quantités dans les lobes pariétaux sont proches des aires responsables de la représentation des doigts et de leur contrôle
- Les doigts constituent le support des premiers calculs précis
- Une atteinte ou un mauvais développement de ces aires entraînerait un déficit spécifique du sens des nombres et la dyscalculie
- Syndrome de Gerstmann (1940)
 - agnosie digitale
 - agraphie sans alexie
 - acalculie
 - difficultés d'identification gauche-droite

Les éléments empiriques

- Mauvaise compréhension des premières activités de dénombrement
- Moindre efficacité dans les activités élémentaires de comparaison et nombre et de subitizing (Landerl et al., 2004)
- Les performances à des tests neuropsychologiques concernant la perception et la reconnaissance des doigts ainsi que l'orientation droite-gauche en maternelle prédisent les performances en calcul au CP (Marinthe, Fayol, & Barrouillet, 1998).

En conclusion

- Les causes de la dyslexie développementale demeurent jusqu'ici à déterminer
- Possible causalité multiple (e.g., un développement défectueux des régions pariétales + de faibles capacités en MDT + ?)
- La dyslexie peut-elle fonctionner comme modèle de la dyscalculie ?