

Le développement numérique de l'enfant et son évaluation

Atelier SNLF 18/5/06
Bruxelles

Marie-Pascale Noël
Université Catholique de Louvain
Louvain-la-Neuve, Belgique

Critères diagnostiques du DSM IV

- **A.** Les aptitudes arithmétiques, évaluées par des tests standardisés, passés de façon individuelle, sont nettement au-dessous du niveau attendu, compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel (mesuré par des tests) et d'un enseignement approprié à son âge.
- **B.** La perturbation décrite dans le critère A interfère de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante faisant appel aux mathématiques.
- **C.** S'il existe un déficit sensoriel, les difficultés en mathématiques dépassent celles habituellement associées à celui-ci.

Prévalence

■ Dyscalculie fréquente

- Badian: 1476 enfants américains de 7-14 ans:
 - 3,6% faibles en math,
 - 2,2% faibles en lecture
 - 2,7% difficultés doubles
- Lewis et al.: 1056 enfants anglais de 9-10 ans:
 - 1,3% faibles en math,
 - 3,9% faibles en lecture et
 - 2,9% difficultés doubles

Gross-Tsur, Manor & Shalev (1996): 3029 enfants de 4^{ème} année:

- 6,5% retard de deux ans en math

■ Ratio fille-garçon: 11:10

■ Pas simplement une question d'intelligence

- Gross-Tsur et col. (96): QIP de 102,4; QIV de 94,8 (sans sous-test d'arithmétique)

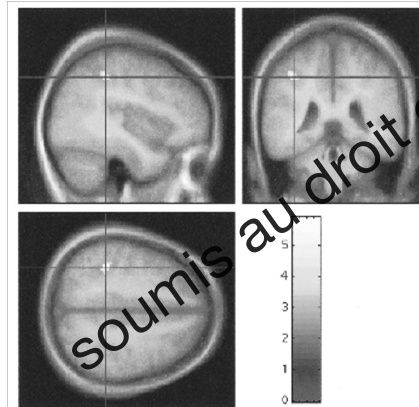
■ Pas simple conséquence de difficultés langagières (orale ou écrite)

■ Composante génétique

- Diff numériques dans X-fragile, SW, Turner ...
- Alarson et col. (97): taux de concordance de dyscalculie

- 0,73 dans paires HoZ et 0,56 dans paires HeZ
- 0,85 dans HoZ et 0,46 dans HeZ si pas de diff de lecture

■ Particularités neuro-fonctionnelles



– Densité de matière grise inférieure dans le sillon intrapariétal gauche chez ados pauvres en calcul

Isaacs, Edmonds, Lucas & Gadian (2001); Brain

Difficultés variées

- Lecture et écriture des nombres
 - Lecture: 85 => quatre-vingt-deux
 - Écriture: Cinquante mille nonante => 50.90
- Procédures de calcul
 - maîtrise des algorithmes sous-jacents à la résolution d'opérations écrites en colonnes
- traitement visuo-spatial
 - Erreurs dans le dénombrement de patterns aléatoires,
 - problèmes d'orientation G-D (< >, + x, 41 ou 14),
 - maîtrise du système positionnel,
 - géométrie
- Faits arithmétiques: 3+6; 9-2; 4x6; 12:3
 - Plus d'erreurs, TR plus longs, stratégies immatures (comptage sur les doigts), moins de récupération en MLT

- Trouble persistant (même si profil peut évoluer)
 - Shalev et al. (2005) ré-examine, 6 ans plus tard, 104/144 des enfants dyscalculiques de Gross-Tsur et al. (96)
 - 40 % score < pc 5 d'un test standardisé
 - 85% : score < pc 25

NR, une dyscalculie des FA

- Femme de 33 ans, intelligence normale
- Additions simples: 15% d'erreurs
 - 1+4=4, 3+5=9
- Multiplications simples: 39% d'erreurs
 - 5x5=35; 7x4=24; 0x5=5
- Divisions: impossibles
- Calcul sur les doigts
- => difficultés de gestion de l'argent
- => difficultés persistantes

Évaluation du domaine numérique

- 1. Sous-tests de batteries d'évaluation du fonctionnement cognitif global
- 2. Tests de performance
- 3. Tests basés sur un modèle cognitif du traitement des nombres
- 4. Tests basés sur un modèle cognitif du développement numérique de l'enfant

1. Soustests de batteries d'évaluation de l'efficacité cognitive: WISC III

- Sous-test arithmétique
 - Résolution de problèmes
« si tu as trois cahiers dans chaque main, combien as-tu de cahier en tout ? » (9-12 ans, limite 30 s)
 - Difficultés peuvent être liées à des causes multiples
 - MAT
 - compréhension orale,
 - calcul mental,
 - représentation de la situation ...
 - Ne couvre pas tous les domaines du développement numérique et peu sensible

1. Soustests de batteries d'évaluation de l'efficacité cognitive: K-ABC

- test d'arithmétique de l'échelle des connaissances
 - Items variés: dénombrement, lecture de nombres arabes, résolution de problèmes, questions relatives à l'ordinalité, vocabulaire numérique
 - + contexte ludique et attractif (visite du zoo)
 - score global qui ne permet pas d'identifier le type de difficultés de l'enfant, des difficultés spécifiques peuvent passer inaperçues, ne couvre pas tous les domaines numériques et ne les couvre pas de manière suffisante

2. Tests de performance ou d'évaluation du niveau scolaire

- ECHAS (Simonart)
 - Noël 1^{ère} primaire: calculs simples & lacunaires
 - Juin 1^{ère} primaire: item + 1 problème verbal
 - 2^{ème} primaire: calculs simples, lacunaires, probl verbal + nombres sur droite graduée
 - 3^{ème}, 4^{ème} primaire
 - Opérations mathématiques
 - Dessin d'un triangle
 - Résolution de problème
 - Résolution d'opérations écrites en colonnes
 - + objectiver une difficulté d'apprentissage en math
 - compréhension limitée du problème

■ opérations

$$23 + 35 =$$

$$97 - 34 =$$

$$1/6 \times 48 =$$

$$7 - 3 - 2 =$$

$$2,6 - 1,45 =$$

$$300 \text{ cm} = \dots \text{ m}$$

$$2,5 \text{ kg} = \dots \text{ g}$$

$$38,5 \text{ dm}^3 = \dots \text{ m}^3$$

$$4 = . : .$$

$$. - 4 = 7$$

$$(. : 2) \times 2 = 30$$

$$3/4 \times 24 =$$

$$55 + 0,5 =$$

$$4/10 - 0,5 =$$

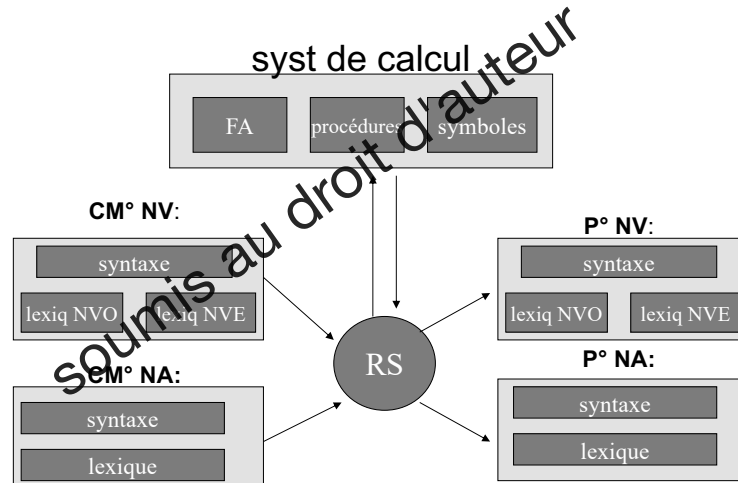
$$8 = 2/3 \times .$$

$$0,6 - 1,45 =$$

Tests basés sur un modèle cognitif du traitement des nombres: NUMERICAL

(Gaillard, 2000)

- Modèle de McCloskey et al., batterie EC301 (Deloche, Seron et al., 1993)
- 4 domaines testés
 - Traitement du nombre
 - Sémantique
 - Calcul
 - Comptage - dénombrement
- Différents formats:
 - NVE, NVO, NA, représentations analogiques (jetons, thermomètres ...)



(McCloskey, Caramazza & Basili, 1997)

Numerical: traitement du nombre

- Répétition orale
- Écriture sous dictée de NA et NVE
- Écrire en chiffre un NVE, ou l'inverse
- Lire un NA ou un NVE
- déterminer le nombre de chiffres qui seraient nécessaires pour écrire, dans le code arabe, un nombre présenté par écrit en toutes lettres
 - Cent vingt-trois
- séparer par un coup de crayon les énoncés verbaux donnés en toutes lettres pour que de part d'autre du trait, se retrouvent des nombres possibles
 - trente sept / sept ; cinquante cent deux
- choisir parmi 6 nombres arabes celui qui correspond au nombre dicté ...

Numerical: sémantique du nombre

- comparer la magnitude de nombres dans les codes arabes, verbaux oraux et verbaux écrits ;
- choisir parmi 22 nombres arabes de taille très différente, le plus petit, le plus grand etc. ;
- estimer des quantités en contexte
 - 20 pages dans une lettre: peu, moyen ou beaucoup ?
- positionner des nombres arabes sur un dispositif analogique de type thermomètre ou compteur de vitesse
- Répondre à des questions numériques précises
 - combien de minutes y-a-t-il dans une heure ?

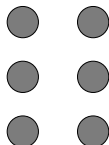
Numerical: calcul

- calculs oraux (impliquant les 4 opérations),
 - $5+8$ $6+57$ $100+104$
 - $18-8$ $17-9$ $1600-1000$
 - 10×7 3×8 8×100
 - $18:3$ « un tiers de quinze »
- calculs écrits portant sur des nombres ronds
 - $70 + 60$ $270 + 60 =$
- calculs complexes à résoudre par l'algorithme de calculs écrits en colonnes

$$\begin{array}{r} 51 \\ + 83 \\ \hline \end{array}$$
- invention et production, orale et écrite, de calculs.

Numerical: comptage et dénombrement

- Suite numérique orale
 - À l'endroit, à l'envers, par pas de dix ou de trois
- Suite numérique écrite
 - Comptage dans le code arabe (par exemple, compter de 362 à 378).
- Dénombrement
 - Collection en ligne (# 13), aléatoire (# 6, 11, 11) ou canonique (# de 5 et 6)



Numerical

- + permet de localiser les difficultés de l'enfant dans une architecture cognitive
- normes en 2^{ème} - 3^{ème} primaire (Suisse)
- modèle théorique sous-jacent = modèle adulte sans perspective développementale

3. Tests basés sur un modèle cognitif :

Dyscalculia screener (Butterworth, 2003)

- Importance de faire la différence entre une réponse à un calcul correcte et rapide , versus correcte mais lente
- Hypothèse que la dyscalculie est liée à un déficit du « sens du nombre » : représentation de la magnitude numérique

■ Populations (8-9 ans), QI =

- 18 enfants contrôles
- 10 enfants dyslexiques (< pc25)
- 10 enfants dyscalculiques (< -3ET en FA)
- 11 Double déficit

■ Dyscalculiques et DD : plus lents dans

- la lecture de 1 & 2 digit
- La comparaison de NA
- Compter de 1-20, 45-65, 2 à 20 (par 2), 20-1
- Dénombrement de points

=> Dysfonctionnement de la capacité fondamentale à se représenter les quantités

Landerl, Bevan & Butterworth, 2004, Cognition

Dyscalculia screener

- Sur ordinateur => mesure du TR
 - Stroop numérique
 - Dénombrement de collections
 - Faits arithmétiques
- Selon Butterworth, si seulement des difficultés dans les FA => problème d'enseignement ou d'apprentissage, mais pas dyscalculie

Stroop numérique

Tâche	<i>congruent</i>	<i>incongr</i>	<i>neutre</i>
<i>numérique</i>	6 6	3 6	3 6
<i>physique</i>	3 6	3 6	3 3

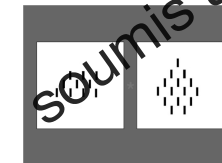
Dyscalculia screener

- + : normes de 6 - 14 ans
- + : mesure des TR
- : perspective très limitée de la dyscalculie et des difficultés rencontrées par les enfants

- traitement des quantités à partir d'un code symbolique

2 5

- traitement des quantités à partir de collections



Condition facile



Condition difficile

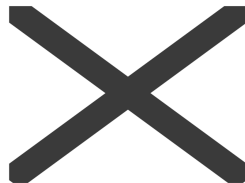
Rousselle & Noel, Cognition 06

Comparaison de chiffres

	Distance 1	Distance 3-4
Petite	1-2 2-3 3-4	1-4 1-5 2-5
Grande	6-7 7-8 8-9	5-8 5-9 6-9

Temps de réponses

Temps de réponses



Taille

Rousselle & Noel, Cognition, 2006

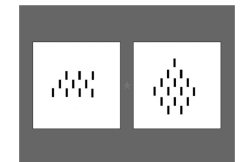
Comparaison de collections

Facile		Difficile	
1/2	2/3	1/2	2/3
6-12	6-9	6-12	6-9
8-16	10-15	8-16	10-15
14-28	16-24	14-28	16-24

Temps de réponses

Condition difficile

Condition facile

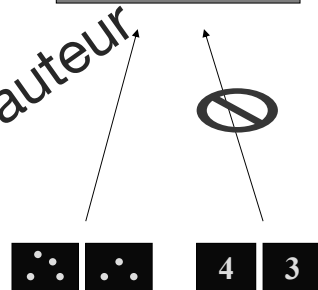


Rapport

Rousselle & Noel, Cognition 06

Conclusion

Quantité



- => difficulté d'accès à la représentation des quantités à partir de codes symboliques

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- Modèle piagétien
- Perspective constructiviste du nombre
 - Opérations logiques & conservation
 - Recherche de l'origine spatiale
 - Utilisation du nombre
 - Connaissance des nombres transmise par la culture

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- opérations logiques élémentaires
 - classification (selon trois critères successifs)
 - sériation de baguettes suivant leur longueur,
 - inclusion à partir d'un ensemble composé de deux sous-ensembles
 - transitivité : si forme B découpée pour être identique à A et que C est découpé pour être identique à B, alors $A = C$

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- (2) conservations
 - des quantités discontinues (conservation du nombre)
 - des quantités discontinues (longueur, poids et volume)

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- (3) recherche de l'origine spatiale
 - utiliser des repères dans l'espace pour découper
 - une ficelle de même longueur qu'un modèle
 - une surface identique à une autre => prendre en compte à la fois la dimension de largeur et de longueur

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- (4) l'utilisation du nombre
 - dans la description d'une situation,
 - la résolution de problèmes simples,
 - la comparaison et la transformation de collections (par exemple, constater que deux enfants ont un nombre inégal d'items et découvrir ce que l'on peut faire pour modifier la situation de manière à rétablir l'égalité ou inverser l'inégalité ...)
- ces sous-épreuves permettent également d'apprécier les capacités de dénombrement de l'enfant

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

Meljac, C. & Lemmel (99)

- (5) la connaissance des nombres transmise par les apprentissages
 - compréhension du vocabulaire des quantificateurs (plus que, moins que, ...),
 - récitation de la suite des nombres,
 - lecture et écriture des nombres,
 - résolution d'opérations de calculs

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: UDN II

- + modèle théorique développemental
- + situations de dialogue pour comprendre le raisonnement de l'enfant
- + normes de 4 à 11 ans
- évaluation, qualitative: réussi, interm, échec => âge clé (75% de réussite et moins de 10% échec)
 - OK pour sériation ou conservation
 - KO pour domaines avec évolution plus continue
 - Numération: âge clé 9 ans, réussite quand compte jusque 120, 15/16 lecture de NA (1-5 chiffres) et 15/17 écriture de NA (1-5 chiffres)
 - Opérations: âge clé: 11 ans, réussite quand max 1 erreur pour les additions, soustractions, multiplications et divisions proposées
 - => avant ces âges-clé, non-réussite est normale => manque de sensibilité
- Opérations logiques: dissociation possible entre nombres et non-nombres ? (exple: sériation: longueur vs nombres)

4. Test basé sur un modèle de développement numérique: Tedi-math

van Nieuwenhoven, Grégoire et Noël

- Tedi-math: test diagnostique des compétences de base en mathématique
- se base sur les apports des travaux de
 - la psychologie du développement
 - Piaget
 - travaux plus récents de la psychologie cognitive
 - la neuropsychologie de l'acalculie acquise

Développement numérique

- Opérations logiques
- Traitement de la quantité chez les bébés
- Apprentissage de la chaîne numérique
- Développement des capacités de dénombrement
- Mise en place des opérations de calcul
- Introduction du code arabe et des passages du code arabe au code verbal et inversement
- Construction d'une représentation décimale du nombre

■ évalue

- les opérations logiques
- l'estimation de grandeur
- le comptage et le dénombrement
- les systèmes numériques
- l'arithmétique

Opérations logiques

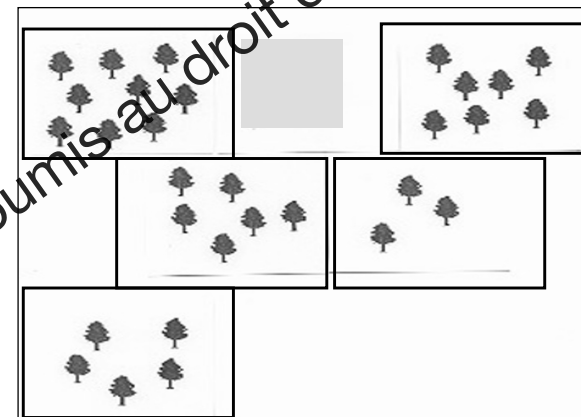
- teditmath: opérations logiques sur les nombres
 - sériation,
 - classification,
 - conservation,
 - inclusion,
 - décomposition additive

Sérieration

- consiste à ordonner les objets en fonction de leurs différences.
- Au niveau numérique, la sérieration est illustrée par l'acquisition de la suite ordonnée des nombres entiers naturels.

Tâches de la Tedi-Math

- Sérieration de chiffres arabes: 8-5-2-10-6
- Sérieration de collections

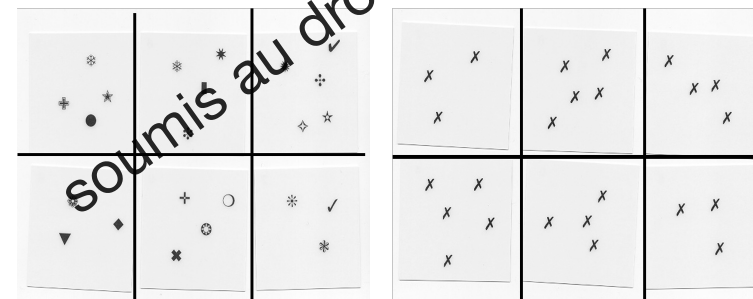


Classification

- ranger les objets d'un ensemble en ne prêtant attention qu'à leurs qualités communes et donc en faisant abstraction de leurs différences.
- Au niveau numérique, la classification est à la base de l'aspect cardinal du nombre puisque le nombre cardinal représente un ensemble d'éléments considérés comme équivalents

Tâches de la Tedi-Math

- Classer 9 cartes, le critère étant numérique



Conservation du nombre

- Être conservant, admettre que le nombre d'objets présents dans une collection ne peut être modifié que par l'addition ou le retrait d'un ou plusieurs éléments, tous les autres changements étant sans impact.

Tâche de la Tedi-Math

- deux rangées de 6 jetons placées en correspondance terme à terme. Deux types de transformation: étalage et mise en tas.
- justifications
 - Empirique:
 - recomptage,
 - mise en correspondance terme à terme
 - Logique:
 - réversibilité,
 - invariance de la quantité

Inclusion numérique

- inclusion des classes numériques: 1 est inclus dans 2, lui-même est inclus dans 3. ... classes emboîtées

Tâche de la Tedi-math

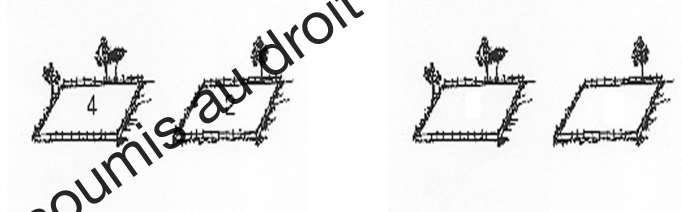
- placer 6 jetons dans une enveloppe et dire s'il y en a assez pour reprendre x jetons dans l'enveloppe et pourquoi.

Décomposition additive :

- fondement des opérations arithmétiques
 - $5=4+1=2+3, \dots$
 - l'ensemble peut être décomposé en sous-ensembles (principe d'inclusion)
 - les différentes décompositions ne modifient pas le cardinal initial (principe de conservation)

Tâche de la Tedi-Math

- 2 prairies et 6 moutons

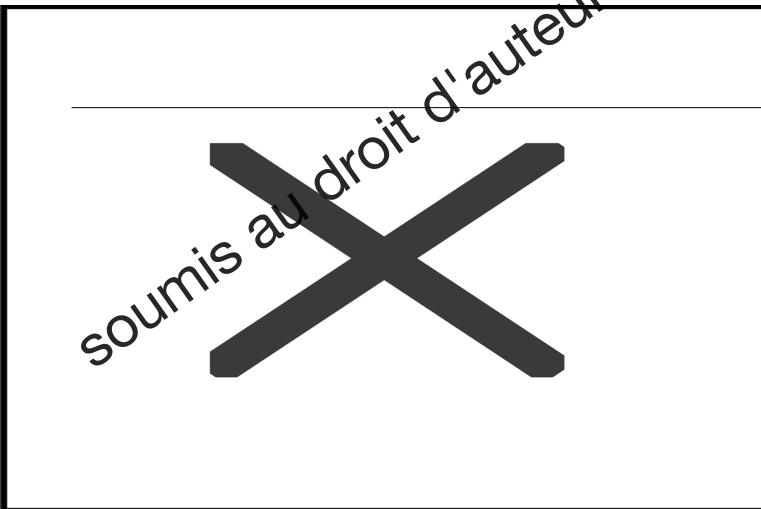


- 4 façons de répartir 8 moutons (sans prairie sous les yeux).

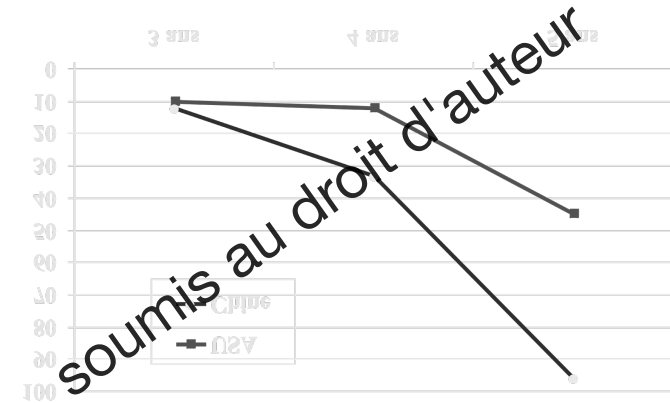
La chaîne numérique verbale: développement

- Phase d'acquisition / extension
 - Mémoriser la séquence: par cœur > 17
 - Découvrir la structure linguistique: D-U

Comptages produits par un même enfant au cours d'essais successifs



Niveau de comptage max (Miller et al. 95)



- pas de $\neq$ à 3 ans: U
- $\neq$ au-delà: P et DU

La chaîne numérique verbale: développement

- Phase d'élaboration: passage d'un tout indissociable à une suite d'éléments différents en relation les uns avec les autres
 - Niveau chapelet
 - Noms de nombres non individualisés, récitation d'une suite sans signification
 - Niveau de la chaîne insécable
 - Mots individualisés, comptage à partir de 1, compter jusqu'à n, correspondance terme à terme
 - Niveau de la chaîne sécable
 - Suite dans laquelle l'enfant peut entrer n'importe où: Comptage avec bornes inf ou sup, trouver le nombre qui vient avant ou après, compter à rebours

La chaîne numérique verbale: développement

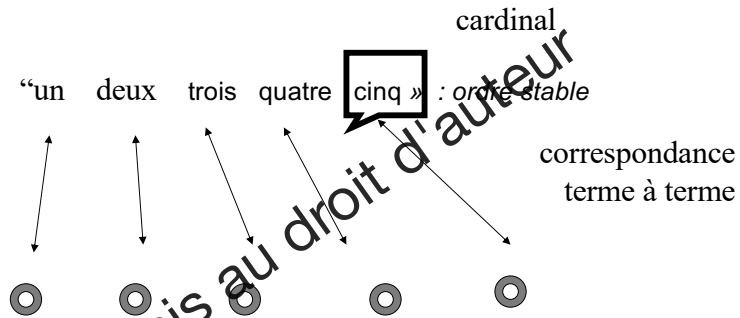
- Phase d'élaboration: passage d'un tout indissociable à une suite d'éléments différents en relation les uns avec les autres
 - Niveau de la chaîne dénombrable
 - Compter à l'avant ou à rebours n éléments à partir d'une borne, déterminer le nombre de pas de comptage entre x et y. ...mais rebours reste plus difficile que à l'avant
 - Niveau de la chaîne bi-directionnelle (9 ans)
 - Les séquences sont fortement automatisées, à la fois en avant et en arrière
 - La direction du comptage peut être changée de manière rapide et flexible

La chaîne numérique verbale: évaluation

- Compter le plus loin possible (stop à 31)
- Compter avec une borne inférieure (3-7)
- Compter avec une borne supérieure (9-6)
- Compter avec une borne inf et sup (5-9, 4-8)
- Compter à rebours (de 7, de 15)
- Compter par pas (de 2, de 10)

Dénombrement: les principes

- Principe de correspondance terme à terme
 - Une étiquette verbale pour chaque objet
- Principe de l'ordre conventionnel
 - Noms de nombre mis dans un ordre identique et conventionnel
- Principe de cardinalité
 - Dernier mot = cardinal de l'ensemble
- Principe d'abstraction
 - Collections homogènes ou hétérogènes
- Principe de non pertinence de l'ordre
 - Résultat du dénombrement indépendant de l'ordre de sélection des éléments comptés



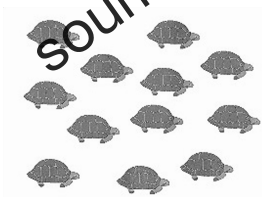
2 types d'erreurs:

- Erreurs de coordination: difficulté à articuler l'énonciation & le pointage
- Erreurs de marquage: distinguer les objets déjà comptés et encore à compter

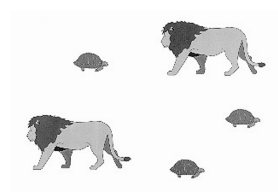
Dénombrement: évaluation

■ différentes tâches de dénombrement

- petites - grandes collections
- arrangement linéaire ou aléatoire



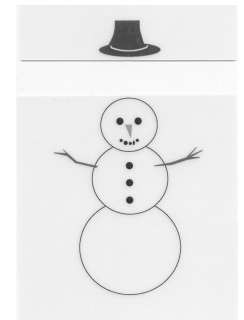
- principe d 'ordre stable : épreuves de comptage
- principe de correspondance terme-à-terme
 - coordination pointage/énonciation verbale
- principe de cardinalité
 - combien en tout ?
- principe de non-pertinence de l'ordre
- principe d'abstraction



cardinalité & utilisation fonctionnelle du dénombrement

Même quand l'enfant dénombre correctement, il n'utilise pas toujours cette compétence => délais entre acquisition, maîtrise et utilisation

- construction d'une collection de jetons équivalente à un modèle
- épreuve des bonhommes de neige



Les opérations arithmétiques: développement

Objets $\Rightarrow$ Doigts $\Rightarrow$ verbal $\Rightarrow$ mental

- Counting all
 - Counting on
 - Counting min
 - Recupération
 - Décomposition
- $3 + 2 = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5$
 $3 + 2 = 4 \ 5$
 $3 + 8 = 9 \ 10 \ 11$
 $3 + 8 = 11$
 $3 + 8 = 10 + 1$

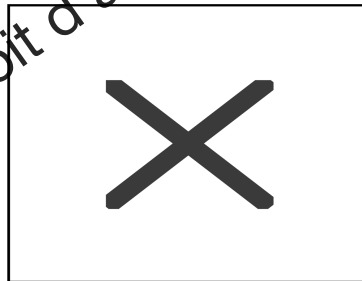
Chaîne dénombrable

Les opérations arithmétiques: évaluation

- décomposition additive
- opération avec support imagé
- opération en chiffres
- calculs lacunaires
- connaissances conceptuelles
- résolution de problèmes

opérations avec support imagé

- 6 calculs simples, additions et soustractions



Sur la feuille bleue, il y a cinq crayons et sur la feuille rose, il y a trois crayons. Combien y-a-t-il de crayons en tout ?

opérations en chiffres

- 16 additions
 - FA somme < 10 : $2+2, 3+5$
 - règles: $5+0, 0+8$
 - FA somme > 10: $9+4, 7+7$
 - nombres à 2 chiffres: $20+8, 32+14, 24+18$
 - calculs lacunaires: $4+\dots=8, \dots+3=6$
- 14 soustractions
- 10 multiplications

résolution de problèmes

- soit le calcul: $8-5= ?$ posés dans un contexte phrastique, cette opération donne lieu à des résultats très $\neq$ (Riley, et al. 83, élèves de 1^{ière} prim.):

- Jean avait 8 billes. Il en a donné 5 à Pierre. Combien de billes Jean a-t-il maintenant ? (100%)
- Jean avait 5 billes. Pierre lui en a donné et maintenant il a 8 billes. Combien de billes Pierre a-t-il donné à Jean ? (56%)
- Jean et Pierre ont ensemble 8 billes. Jean a 5 billes. Combien de billes a Pierre ? (39%)
- Jean a 8 billes. Il a 5 billes de plus que Pierre. Combien de billes a Pierre ? (11%)

typologies des problèmes

Riley, Greeno et Heller (1983)

- **changement**: Une situation initiale est modifiée par un changement additif ou soustractif et aboutit à un état final. L'inconnue porte sur l'état initial, la transformation (P2) ou l'état final (P1).
- **combinaison**: Situations statiques. 2 sous-ensembles et leur regroupement sont considérés. L'inconnue peut porter sur l'un des sous-ensembles (P3) ou sur le total.
- **comparaison**: Situations statiques dans lesquelles 2 sous-ensembles sont comparés ("de plus" ou "de moins"). L'inconnue porte sur la comparaison, ou l'un des sous-ensembles (P4)
- **égalisation**: Deux sous-ensembles à transformer pour obtenir une égalisation. (Jean a 3 billes, Pierre 8, que doit faire Pierre pour en avoir autant que Jean ?)

- les problèmes de "changement" sont les mieux réussis
- les problèmes de "comparaison" sont les moins réussis
- la réussite est supérieure quand l'inconnue porte sur l'état final plutôt que l'état initial
 - pour les problèmes de type changement ou combinaison... lie notamment à la capacité de l'enfant à simuler la situation

Tedi-math: qq problèmes simples

- But: évaluer la mise en oeuvre d'opération arithmétique pour résoudre un problème
- présentation d'énoncés verbaux courts (MCT)
- calculs impliqués comparables aux plus simples additions et soustractions (limiter les difficultés de calcul)

4 situations d'addition de type changement

■ inconnue sur l'état final

- Denis a 2 billes. Il en gagne 2. Combien de billes a-t-il en tout ?

■ inconnue sur la transformation

- Il y a 4 poissons dans le bocal. David ajoute des poissons. Maintenant il y a 8 poissons dans le bocal. Combien David a-t-il ajouté de poissons ?

■ Inconnue sur l'état initial

- Pierre a des billes. Il en gagne 3 à la récréation. Maintenant, il en a 6. Combien Pierre avait-il de billes avant la récréation ?

4 situations de soustractions de type changement

■ inconnue sur l'état final

- Jean a 4 cerises. Il en mange 2. Combien de cerises lui reste-t-il ?

■ Inconnue sur la transformation

- 7 oiseaux sont posés sur le mur. Des oiseaux s'envolent et il en reste 3 sur le mur. Combien d'oiseaux se sont envolés ?

■ Inconnue sur l'état initial

- Julie a des œufs dans son panier. Elle en casse 2. Maintenant, il lui reste 3 œufs. Combien Julie avait-elle d'œufs dans son panier avant d'en casser ?

Connaissances conceptuelles

■ au-delà de la mémorisation des FA : quelle est la compréhension des opérations ?

■ si tu sais que ... cela t'aide-t-il pour ..

- " $29+66=95$ " => " $66+29=?$ "
(commutativité de l'addition)
- " $3 \times 23 = 69$ " => " $23 + 23 + 23 = ?$ "
(multiplication = répétition d'additions)
- " $72-26=47$ " => " $25+47=?$ "
(liens entre additions et soustractions)
- " $19+28=47$ " => " $28-19=?$ "
(lien incorrect entre addition et soustraction)

Les codes symboliques: le code verbal

■ Lexique:

- Unité : un, deux, trois, ... neuf
- Particuliers: onze, douze, ... seize
- Dizaines: dix, vingt, ... nonante
- Multiplicateurs: cent, mille ...

} Classe position

■ syntaxe:

- trois cents $\neq$ cent trois
- trente-six: OK mais pas six-trente

Le code verbal: évaluation

■ Décision numérique orale

trois - Dimanche - sizante

■ Jugement de grammaticalité

- soixante-huit
- dix deux
- quatre-vingt
- quatre-trente

■ comparaison de NVO

- /cent neuf/ vs. /sept cents/

Les codes symboliques: le code arabe

■ Lexique:

- 10 chiffres de 0 à 9

■ syntaxe

- système positionnel en base 10

Le code arabe: évaluation

■ Décision numérique écrite

3, a, f, @, ?

■ comparaison de NA

- de chiffres: 26, 4/5
- de nombres à 2 chiffres: 16/11, 60/50, 59/73
- de nombres à 3 chiffres: 109/180, 403/420

Transcodage

■ Du NA vers les NVO et vice versa

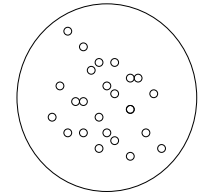
- Items de 1 à 3 chiffres
 - Unités, Particuliers, Dizaines
 - Dizaine-Unité (*vingt-cinq*)
 - Unité-Centaine (*deux cents*)
 - Centaine-Unité (*cent neuf*)
 - Centaine-dizaine (*cent cinquante*)
 - Unité-Centaine-Dizaine-Unité (*six cent quarante-trois*)

La représentation en base 10: son développement

- Fuson et col. (97): 5 conceptions des nombres à 2 chiffres
 - Conception unitaire
 - Conception dizaine-unité basée sur le code verbal
 - Conception des séquences dizaines-unités
 - Conception dizaines-unités séparées
 - Conception intégrée des séquences de dizaines-unités séparées

1. Conception unitaire:

- Le nombre est vu comme un ensemble d'unités
- Ex: vingt-six = 26 unités

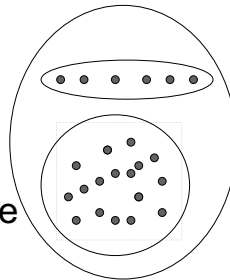


- Notre système linguistique ne marque pas la rupture après 10 (*onze, douze, treize ...*)

2. Conception dizaine unité basée sur le code verbal:

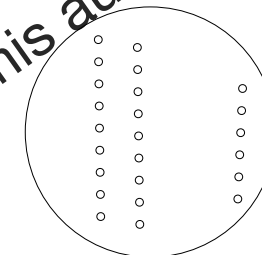
- Le mot de dizaine est séparé de celui de l'unité et chaque mot fait référence à un ensemble d'unités
- Ex: vingt-six = 20 unités et 6 unités

- Peut donner lieu à des erreurs de transcoding: /vingt-six/ écrit 206



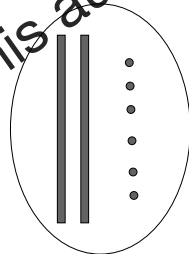
3. Conception des séquences de dizaines-unités

- Les dizaines sont vues comme des groupes de dix
- Ex: vingt-six = deux groupes de dix et six unités



4. Conception dizaines-unités séparées

- Les dizaines ne sont plus vues comme des groupes de dix unités mais comme des entités d'un ordre supérieur: des *dizaines*
- *Vingt-six* = 2 dizaines et 6 unités



5. Conception intégrée des dizaines-unités séparées

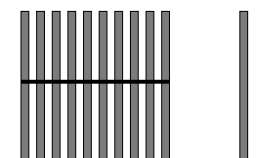
- L'enfant peut passer d'une conception à l'autre: considérer la dizaine comme un groupe de dix unités ou comme une unité d'ordre supérieure.

La conception en base 10 pour le calcul

- Pour éviter le comptage par
• $54 + 13 = 55, 56, 57, \dots$
- Pour permettre la décomposition des nombres en dizaines et unités:
• $54 + 13 = (50 + 10) + (4 + 3)$
- Pour comprendre les « passages à la dizaine » et les reports :
• $54 + 27 = (50 + 20) + (4 + 7) = 70 + 11 = 81$
- Pour comprendre les « emprunts »:
• $43 - 15 \Rightarrow (40 - 10) + (3 - 5) ???, (30 - 10) + (13 - 5)$

Epreuves de la Tedi-math: 1

- représentation en base 10 => nombre verbal
 - Voici des paquets de 10 bâtonnets, si j'ai 2 paquets et 4 bâtonnets, j'en ai combien en tout?
 - Si l'enfant compte chaque bâtonnet, la cote est de 0: conception unitaire des nombres



Epreuves de la Tedi-math: 2

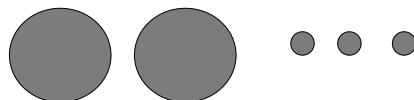
- nombre verbal => représentation en base 10 (comptage impossible puisque le matériel n'est pas disponible)
 - Dans un paquet, il y a toujours 10 bâtonnets, si j'ai trente-six, j'ai combien de paquets et combien de bâtonnets ?

Epreuves de la Tedi-math: 3

- nombre verbal => représentation en base 10 et calcul sur cette représentation
 - Dans un paquet, il y a toujours 10 bâtonnets, si j'ai quinze bâtonnets et que je veux en donner 7 à mon ami, dois-je ouvrir un paquet ou ai-je assez de bâtonnets tout seuls ?

Epreuves de la Tedi-math: 4

- nombre verbal => représentation en base 10 mais sur un support qui ne permet plus de concevoir les paquets de dix mais demande d'envisager les dizaines
 - Voici des pièces de 1 euro, et d'autres de 10 euros. Peux-tu me montrer les pièces que tu prendrais pour payer un objet à 23 euros ? => choix économique ?



- Dans toutes les épreuves précédentes, on contraste différentes formes d'items:

- Structure décimale transparentes (DU):
 - vingt-trois
- Structure décimale opaque (P):
 - seize

- nombre arabe => représentation en base 10 à partir du système positionnel

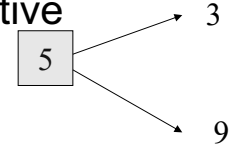
– Voici des nombres, peux-tu entourer le chiffre des unités, dizaines

Estimation de grandeur: évaluation

- comparaison rapide de deux collections



- jugement de grandeur relative



4. Tedi-math

- + Normes collectées en novembre et mai
- + Normes de la 2^{ème} maternelle à la 3^{ème} primaire
- + Scores bruts convertis en pourcentages cumulés
- + Batterie couvre un très grand nombre de domaines numériques
- Ne permet pas une analyse fine de la chronométrie des processus mentaux (FA, comparaison, subitizing)
- Ne permet pas le diagnostic chez des enfants plus âgés sauf si trouble massif

- Une batterie Tedi-math 2 est en projet

Johanna

- 7 ans et demi (née fin décembre)
- Termine la 2^{ème} primaire (CE1) avec difficultés
- Milieu bilingue français/italien

soumis au droit d'auteur

■ Bonnes compétences

- logiques
- Bonnes capacités de calcul
- Estimation de quantités

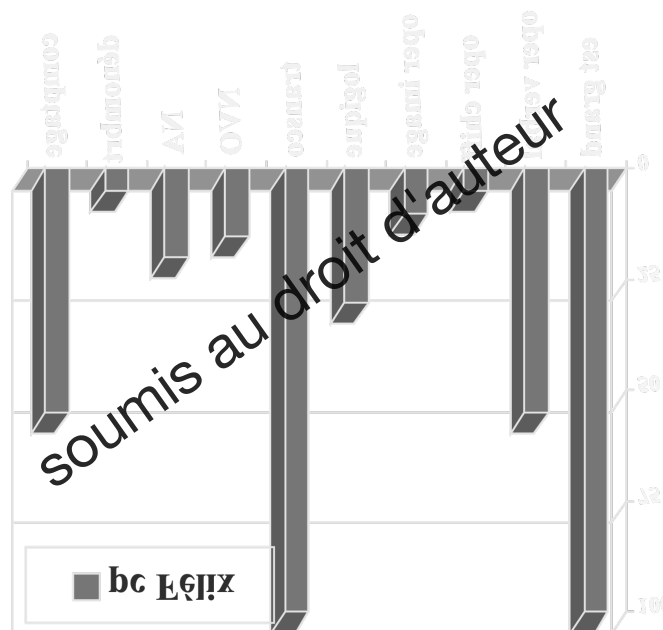
■ Difficultés

- Comptage (borne inf ... compréhension de consignes, cfr counting on dans les calculs)
- Dénombrement: non-pertinence de l'ordre
- Traitement des nombres symboliques
 - 40 lire quatre-vingt
 - Difficulté d'accéder aux noms des particuliers
 - Difficultés dans les jugements de grammaticalité
 - Pas de compréhension de la base 10
 - » si j'ai 1 paquet et 3 bâtons, j'ai 40 allumettes
 - » si j'ai 20, j'ai 100 paquets

■ => *travail des codes symboliques, des combinaisons, de leurs structures, de la base 10*

Félix

- 6;11 ans (testé début septembre)
- double sa 1^{ère} primaire, essentiellement à cause des mathématiques
- parents universitaires
- 3^{ème} d'une famille de 3 garçons
- gaucher
- dès 6 mois, décrit comme irritable, agité, trop actif, audacieux => diagnostic d'ADHD mais pas de médication



Félix: conclusions

■ OK

- perception de la numérosité
- opérations logiques (sauf décomposition additive)
- chaîne numérique: niveau sécable
- principes du dénombrement
- maîtrise des systèmes numériques jusqu'à 20

Félix: conclusions

■ KO dénombrement:

- coordination pointage-énoncé (lié aux difficultés attentionnelles ?)

■ KO calculs

- stratégie de comptage du tout sur les doigts immature et source d'erreurs
- difficultés de compréhension quand présenté sous forme de chiffres: besoin de support concret (images) ou d'un contexte phrastique aidant à imaginer une situation concrète

■ travailler la coordination énonciation-pointage même sur les doigts, les stratégies de calcul, l'abstraction dans les calculs

Cédric

■ Âgé de 12;1 ans

■ Enfant adopté

■ Retard mental global

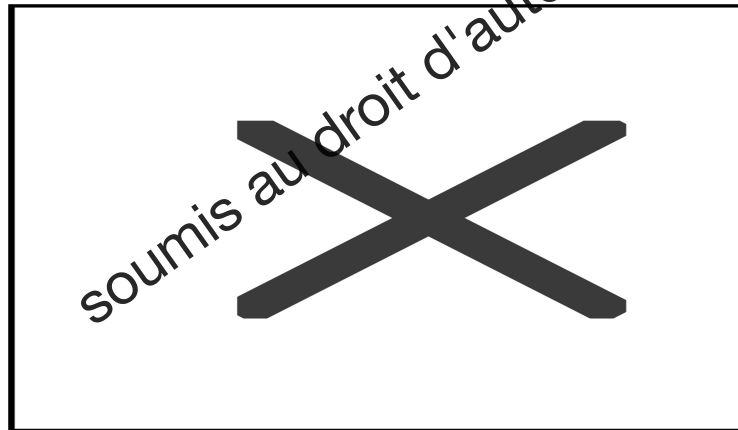
- K.ABC: âge de développement moyen: 6;5 ans
 - Échelle des processus séquentiels: 58
 - Échelle des processus simultanés: 50
 - Échelle de connaissances: 48
- Difficultés d'attention visuelle, d'inhibition, de flexibilité

- Difficultés sensorimotrices (imitation de mouvements de main, gnosies digitales)
- Difficultés perception & structuration spatiale
- Langage oral: niveau de ± 7 ans
- Lecture et orthographe: niveau de 7 ans

■ Enfant en école spéciale

■ Demande des parents: ils ont l'impression que Cédric n'apprend rien à l'école; ils voudraient connaître son niveau, voir ce qu'il peut apprendre

hétérogénéité du profil



Cédric: conclusions

- opérations logiques: aucune capacité
- calculs: quelques réussites avec support imagé, pour le reste, résolution par devinettes sans stratégies de comptage
- systèmes numériques: parfaites capacités de lecture et d'écriture de nombre de 1 à 100 (plus quelques structures additives à 100) mais difficultés d'accès à la représentation de la magnitude => probablement voie de transcodage asémantique
- => travailler le dénombrement, sa finalité pour construire un concept de nombre

Conclusion

- Combiner différents tests
 - Tedi-math lors des premières années (UDN2)
 - Numérical chez les plus grands
 - Aspect chronométrique du dyscalculia screening

- Important d'intégrer ces résultats avec une analyse plus globale du fonctionnement cognitif de l'enfant

- niveau d'intelligence (opérations logiques)
- Capacités mnésiques (chaîne numérique verbale, FA)
- Capacités visuo-spatiales (dénombrement, géométrie)
- Inhibition, attention (comptage jusqu'à une borne sup, comptage à rebours, erreurs « éparses »)
- Gnosies digitales (comptage sur les doigts)
- ...

Merci de votre attention !

soumis au droit d'auteur

Chloé

- Développement normal
- Parents: niveau scolaire universitaire
- Plainte: difficultés en mathématique
- Observation: agitation & manque d'attention
- Testée en juin, fin de 1^{ère} prim; 6;10 ans

soumis au droit d'auteur

Représentation des quantités

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 50 60

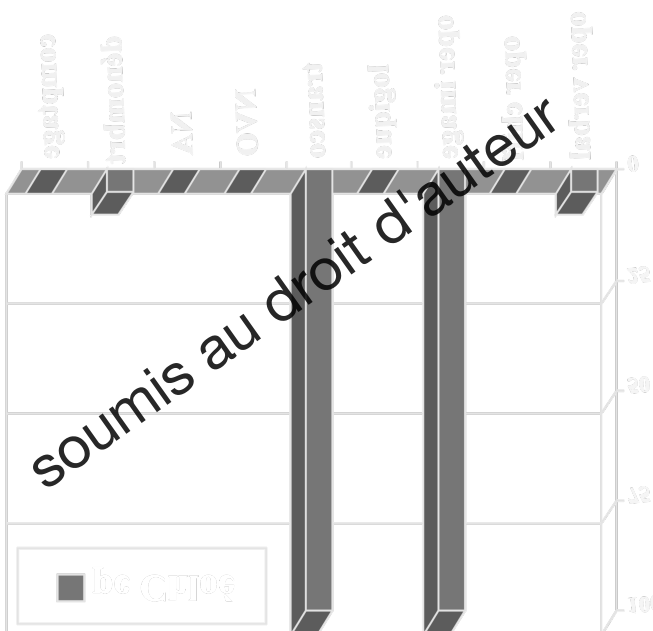
Collection

Ex :

Symboles

Ex :

3



soumis au droit d'auteur

compréhension du nombre déficitaire

- comptage en avant:
 - OK jusque 29, au-delà vingt-onze, vingt-douze, vingt-treize ...
- Dénombrement :
 - performance OK mais difficultés au niveau du principe de cardinalité (recompte), de non-pertinence de l'ordre (recompte)
- Aucune opération logique réussie
- Systèmes symboliques
 - Décision numérique écrite: OK
 - Décision numérique orale: KO (*soixante & trente* rejetés)
 - Jugement de grammaticalité: OK
 - Lecture et écriture de nombres: OK
 - Mais comparaison de NA (7/12; p0) et de NVO (7/10: p0)
- Arithmétique: uniquement comptage du tout sur les doigts (pour sommes < 10)

Bilan neuropsych

- Attention
 - Sélective visuelle: trop d'erreurs
 - Sélective auditive: OK
- Inhibition
 - Cognitive & motrice: OK
- Planification
 - Fluence: OK
 - Labyrinthe: KO (NS de 1)
- Fonctions visuo-spatiale
 - Figure de Rey: score de précision < pc10 (disposition des éléments les uns par rapport aux autres, respect des proportions & intersections)

■ MCT

- BP et AC: OK
- VSSP: déficitaire

■ MLT épisodique

- Verbal: OK (list-learning & histoires)
- Visuelle: OK pour visages et 24 figures BEM

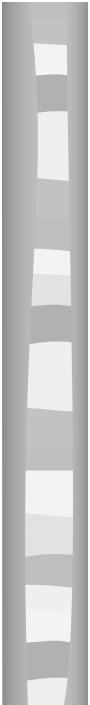
WISC III

■ WISC III

- QIP: 69 - QIV: 84 (arithmétique: NS de 7)

■ Autres observations

- Un an plus tard, on teste les signes associés à un syndrome de Gerstmann
 - Agnésie digitale présente
 - Difficultés d'orientation gauche-droite
- La lecture continue à bien se développer
- Le domaine numérique a progressé mais reste inférieur à ce qui est attendu pour son âge.



Niveau scolaire

■ Simonart

- Lecture
 - Association mots écrits / images: p40
 - Compréhension de phrases: p40
 - Lecture de texte: p80
- Orthographe
 - Dictée de texte: p 35
- Mathématiques: p 3