



Research Unit for a life-course perspective
on Health and Education - RUCHE

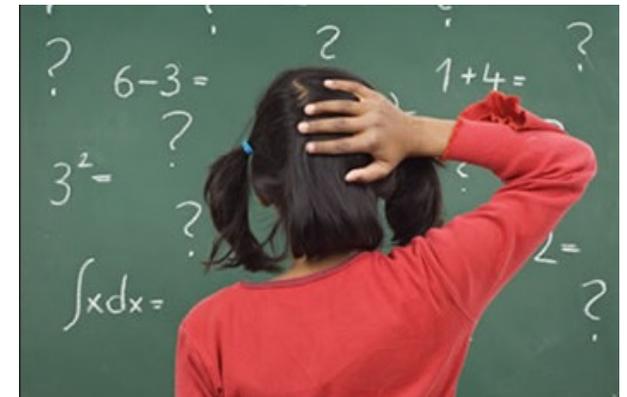
Laurence Rousselle
Marie Geurten
Maëlle Neveu

ENTRAÎNEMENT DES COMPÉTENCES ARITHMÉTIQUES CHEZ UN ENFANT ATTEINT D'INFIRMITÉ MOTRICE CÉRÉBRALE : UNE ÉTUDE DE CAS UNIQUE

TROUBLES D'APPRENTISSAGE EN MATHÉMATIQUES

- Lire et écrire des nombres
- Procédures de calcul
 - Plus d'erreurs de comptage
 - Lenteurs
 - Stratégies immatures et maîtrise incertaine des algorithmes
- Faits arithmétiques
- Manque d'intuition pour les nombres

« Trouble des compétences numériques et des habiletés arithmétiques qui se manifeste chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficit neurologique acquis » (Temple, 1992)



PRÉVALENCE ET ASSOCIATIONS FRÉQUENTES

- Entre 6 et 13 % suivant les critères de sélection utilisés
- Avec la dyslexie :
 - 64% des enfants dyscalculiques sont de pauvres lecteurs (Lewis et al., 1994)
- Avec les troubles attentionnels :
 - 26% des enfants dyscalculiques présentent des difficultés d'attention (Gross-Tsur et al., 1996)
- Avec les retards de langage et la dysphasie :
 - Retard dans la chaîne de comptage (Averdson, 2002; Cowan et al., 2005; Donlan et al., 2007; Fazio, 1994, 1996; Koponen et al., 2006; Nys et al., 2013)

EVOLUTION

- **Persistants** Shalev & al. (2005). *Devital Med & Child Neurology*
- Souvent, **efforts** inversement proportionnels aux résultats obtenus (échecs répétés)
- **Diminution de l'estime de soi.**
- Peuvent être « camouflés » par des moyens de compensation au fil du temps.
- Néanmoins ces tâches de base nécessiteront toujours une énergie cognitive supérieure à celle nécessaire aux « non-dys ».
- Liés à des facteurs d'origine neurologique/génétique à l'origine de troubles fonctionnels

NIVEAU FONCTIONNEL

→ Facteurs cognitifs généraux :

- Non spécifiques au domaine numérique : touchent d'autres domaines d'apprentissage
- Expliquent l'émergence de difficultés lors de certains apprentissages numériques

Sens du nombre

Accès au sens des symboles numériques

Raisonnement analogique

Mémoire de travail

Inhibition
Sensibilité à l'interférence

Doigts

→ Facteurs cognitifs spécifiques au domaine numérique

- Touchent seulement le domaine numérique
- Expliquent l'émergence de difficultés qui peuvent se répercuter en cascade sur les apprentissages numériques ultérieurs

NG- 9;3 ANS

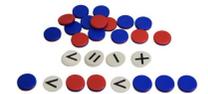
- Infirmité motrice cérébrale (IMC)
 - Pas de lésions cérébrales identifiées
 - Suivi par le centre IMOC (UCL)
- Difficulté en motricité fine et globale
- TDAH diagnostiqué en 2018 (traité sous Equasym)
- Scolarisé dans l'enseignement spécialisé de **Type 4** depuis 5 ans
 - Aime aller à l'école, a beaucoup d'amis. très sociable.
 - Classe multiniveaux : enfants de 9 à 12 ans. Il est le plus jeune de sa classe.
 - Perfectionnisme : aime que les choses soient bien faites

NG- 9;3 ANS

Demande des parents Soutenir les apprentissages en mathématiques

- Grand écart entre développement **langagier** et développement des compétences **mathématiques**
- Les enseignants aimeraient faire passer Nils dans le niveau supérieur mais ont peur qu'il soit encore plus en difficulté en mathématiques.
- Les enseignants ne savent pas vraiment comment aider Nils.
- Prise en charge en math par la logo qui n'est pas spécialisée dans le domaine → en demande d'aide
- Réfractaire aux évaluations → manque d'investissement +++

Depuis 3 ans

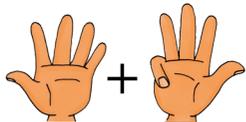
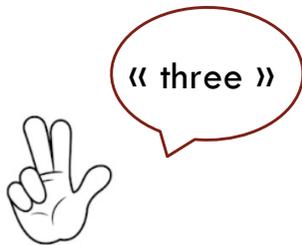
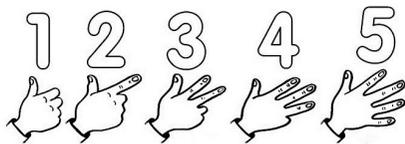


$$8+4= \quad / \quad 4-2=$$

Anxiété mathématique
Perte d'estime de soi
démotivation



RÔLE DES DOIGTS

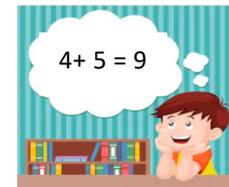
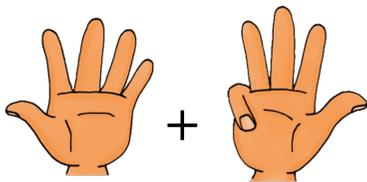


Dès le début de l'école maternelle, les enfants utilisent leurs doigts dans différents contextes mathématiques.

- Outil naturel, facile à utiliser
- disponible
- Un outil fonctionnel
- iconique

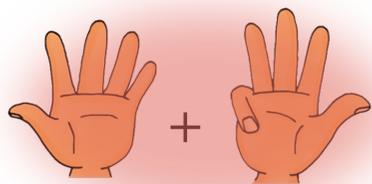
RÔLE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

**A partir de la 2P, Passage des doigts à des stratégies mentales
(décomposition/mémorisation)**



RÔLE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

Troubles d'apprentissage en mathématiques



(Kyttälä et al. 2010; Szucs et al. 2013;
Passolunghi & Siegel, 2004)



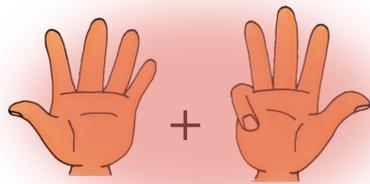
Difficultés +++ à passer des stratégies de doigt aux stratégies de mémoire.

Ils utilisent les stratégies du doigt plus longtemps et plus fréquemment. (Jordan et al., 2003 ;

Wylie et al., 2012)

RÔLE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

Difficulté en mémoire de travail + motricité fine



(Kyttälä et al. 2010 ;
Passolunghi & Sillari

Mémoire

MISSION: IMPOSSIBLE
MISSION: IMPOSSIBLE

Difficultés +++ à passer des stratégies de doigt aux stratégies de mémoire.
Ils utilisent les stratégies du doigt plus longtemps et plus fréquemment. (Jordan et al., 2003 ;
Wylie et al., 2012)

NG- 9;3 ANS-LANGAGE

- Langage oral :
 - premiers mots tardif
 - Difficultés d'élocutions ++ mais amélioration suite à la prise en charge logo, enfant intelligible
 - Bonne compréhension
- Langage écrit :
 - **Lecture et compréhension** : conforme à son âge (lecture des petits livres). En avance par rapport aux enfants de sa classe.
 - **Orthographe** : Proche du niveau attendu pour son âge. Pas d'apprentissage de l'écriture avec un scripteur, utilisation de l'ordinateur (clavier).
 - **Grammaire** : Les enseignants souhaitent commencer à travailler la grammaire avec lui.

NG- 9;3 ANS-MATH

- Bonne maîtrise de la chaîne numérique verbale (endroit/envers, à partir de n et jusqu'à n)
- Dénombrement ok quand objets espacés.
- Numération
 - Sens du nombre KO : le nombre n'a pas de sens pour lui. Grosses difficultés lorsqu'il s'agit de comparer deux nombres (aussi bien 5 vs 7 que 5 vs 20) sans représentation concrète (ligne numérique ou collections d'objets)
 - Transcodage ok

NG- 9;3 ANS-MATH

- Arithmétique élémentaire :
 - Bonne compréhension du sens des opérations
 - Petits calculs (ajout/retrait de 1, 2 ou 3 unité max) sans support visuel.
 - Calculs plus complexes (>10) KO, pas de stratégies de calculs
 - Pas de recourt aux doigts comme support, pas de routine de comptage
 - possible avec matériel concret (jetons, bouchons..) mais peu précis → tombe souvent à terre
 - Pas d'automatisation des tables d'addition : entraînement ++ à la maison mais pas d'automatisation pour le moment.
 - Décompositions additives KO
 - Inclusion numérique KO
- Compréhension de la base 10 : abordé en classe mais KO

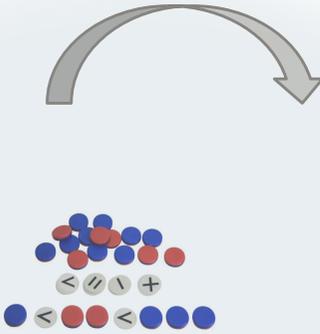
ÉLÉMENTS DU PROFIL COGNITIF

QI

- ✓ Indice de Compréhension verbale et de Raisonnement fluide **OK**
- ✓ Déficit de Raisonnement visuo-spatial **KO**

Profil cognitif et compétences scolaires

	Pas de retard	Retard développemental léger (<2 ans de retard)	Retard développemental important (>2 ans de retard)
Fonctions cognitives générales	Mémoire à long terme (CMS)	Lecture (BALE)	Dextérité manuelle (MABC-II) Mémoire de travail (WISC-V)
Compétences scolaires (Lecture et Math)	Séquence de comptage * Dénombrement	Numération verbale Base 10 Transcodage	Numération arabe Opérations arithmétiques Faits arithmétique (TTR)



On continue et on 🤔 🤔 ?



On renonce



On remplace ?



On trouve une prothèse?

TROUVER UN OUTIL

Résoudre des additions



Sans outil



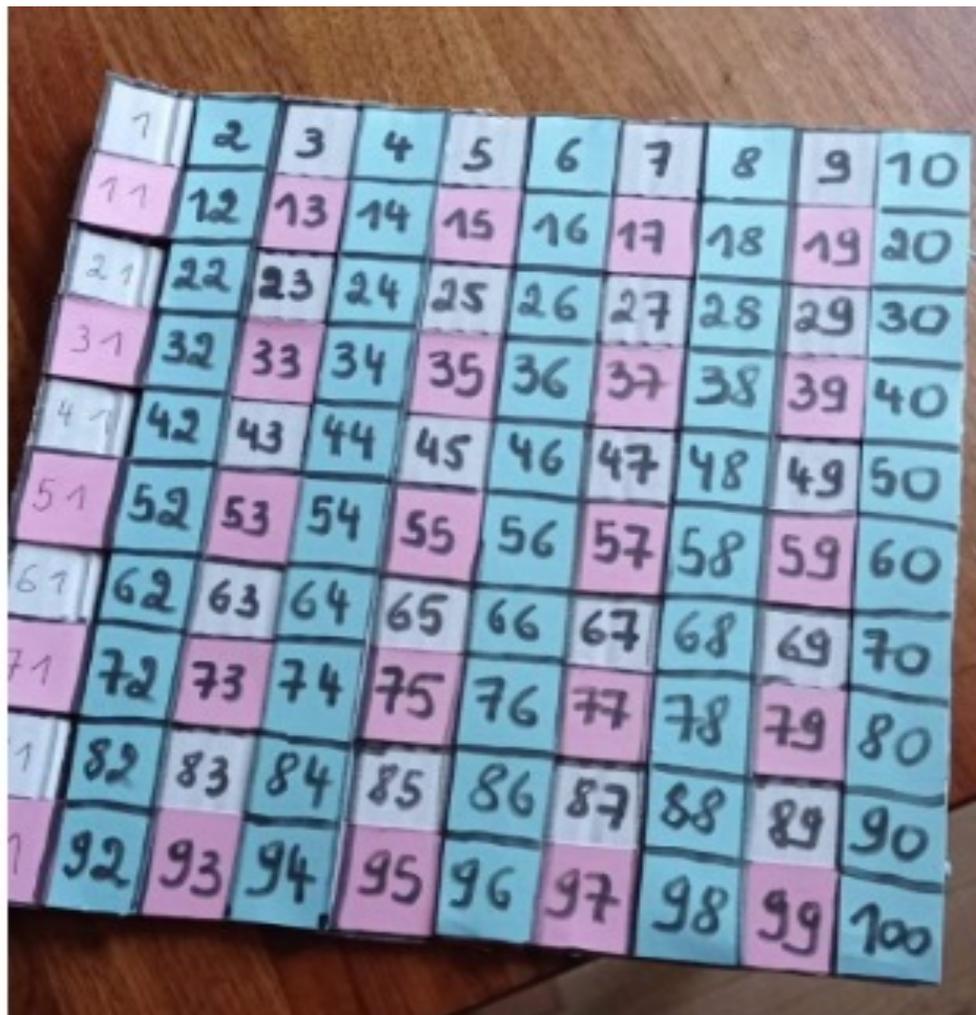
Doigts



Abaque



Carré de 100



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

FIND A SUITABLE TOOL

Résoudre des additions



Sans outil



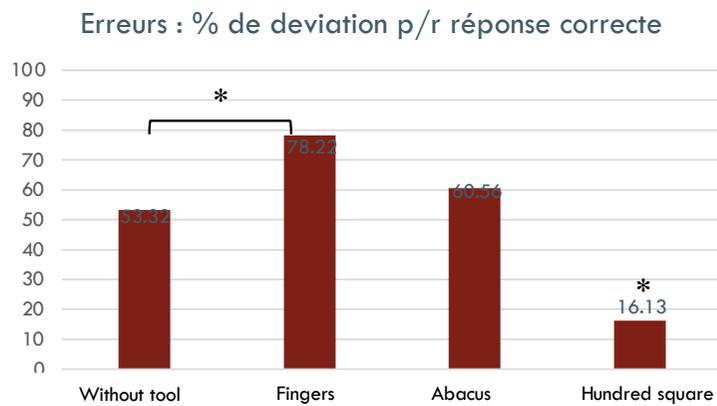
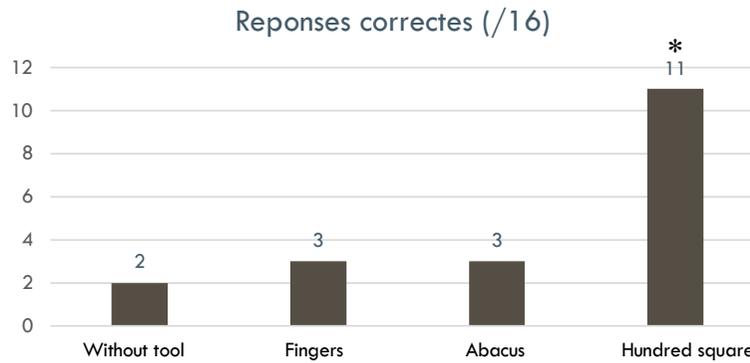
Doigts



Abaque



Carré de 100



Conditions	Fingers	Abacus	Hundred square
Sans outil	.667	.667	1*
Doigts		.500	1*
Abaque			1*

Non overlap of All Pairs Index (NAP); * $p < .05$

Conditions	Fingers	Abacus	Hundred square
Sans outil	1*	.889	0*
Doigts		.111	0*
Abaque			0*

Non overlap of All Pairs Index (NAP); * $p < .05$

INTERVENTION MATÉRIEL

Objectif: résolution d'additions complexes (e.g., $46+39$) à l'aide d'un dispositif multi-support

- Soulager la mémoire de travail
- Garder la trace des étapes
- Garder la trace des unités et des dizaines
- Travailler la compréhension des relations d'inclusion
- Travailler la décomposition
- Exploiter la maîtrise du dénombrement



INTERVENTION ETAPES

Objectif: résolution d'additions complexes (e.g., $46+39$) à l'aide d'un dispositif multi-support

Étape 1 : placer le pion sur le plateau en respectant la structure des nombres (dizaines/unités)

Étape 2 : résoudre l'addition structurée en (D)U+U sans retenue

Étape 3 : résolution de l'addition structurée en (D)U+U avec emprunt.

Étape 4 : résolution de l'addition structurée en DU+DU sans report.

Étape 5 : résolution de l'addition structurée en DU+DU avec emprunt.

→ **Étape suivante dès 3 séances avec 90 à 100% de succès**



COLLABORATION PARENT-PROFESSIONNELS

Logopède

½ h par semaine

Parents

Entraînement
quotidien et
évaluation continue
15 min/jour

Chercheur

Supervision

LIGNES DE BASE

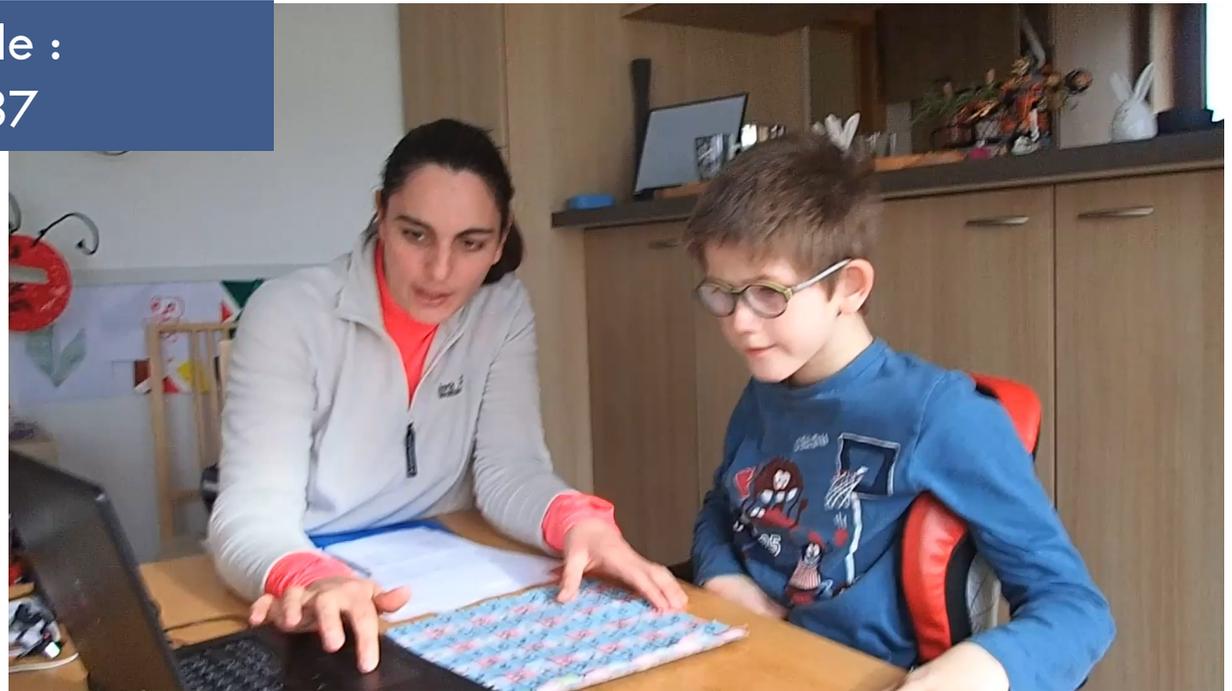
- **Mesure cible** : additions complexes avec support
- **Mesures de transfert** :
 - Composition de nombres
 - Complément à 10
 - Comparaison de nombres Arabes
- **Mesures controles** :
 - Additions complexes sans outil
 - Faits arithmétiques
 - Mémoire de travail
 - Lecture de mots

Exemple :
 $35 + 37$

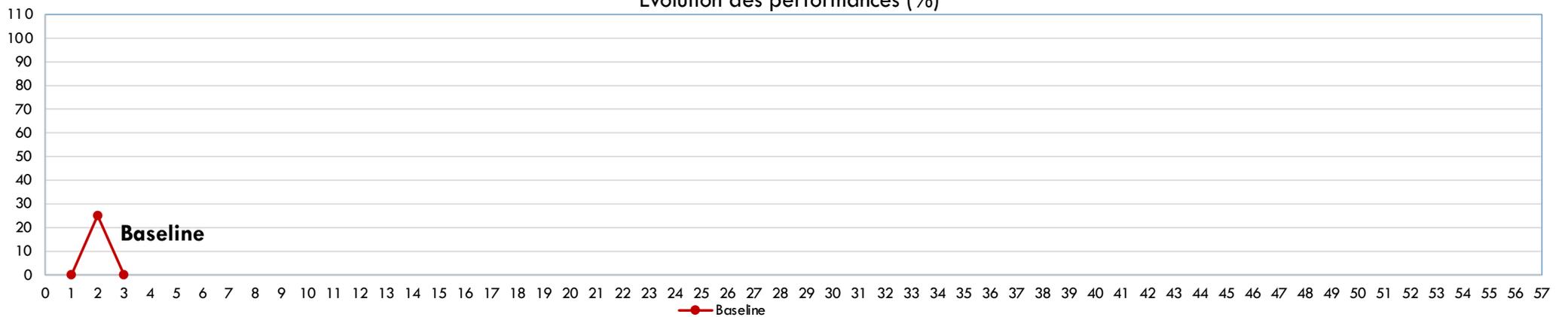
INTERVENTION

LIGNE DE BASE PRE-INTERVENTION

Résoudre des additions (DU+DU
avec et sans report



Evolution des performances (%)





INTERVENTION

MÉTHODE

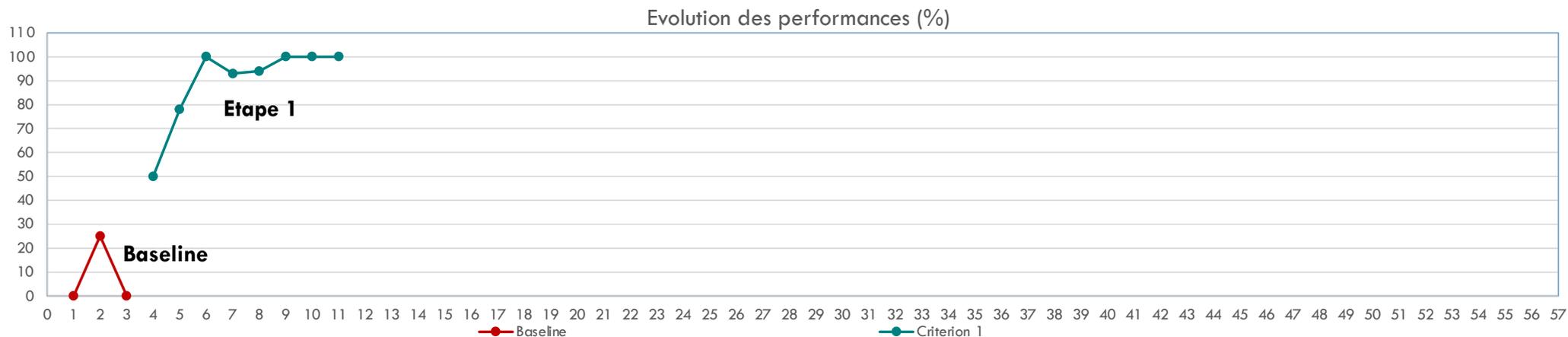
Exemple :
45

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Étape 1 : placer le pion sur le plateau en respectant la structure des nombres (dizaines/unités)

Exemple : 45

1. 4 dizaines → compter 4 lignes
2. 5 unités → compter 5 colonnes





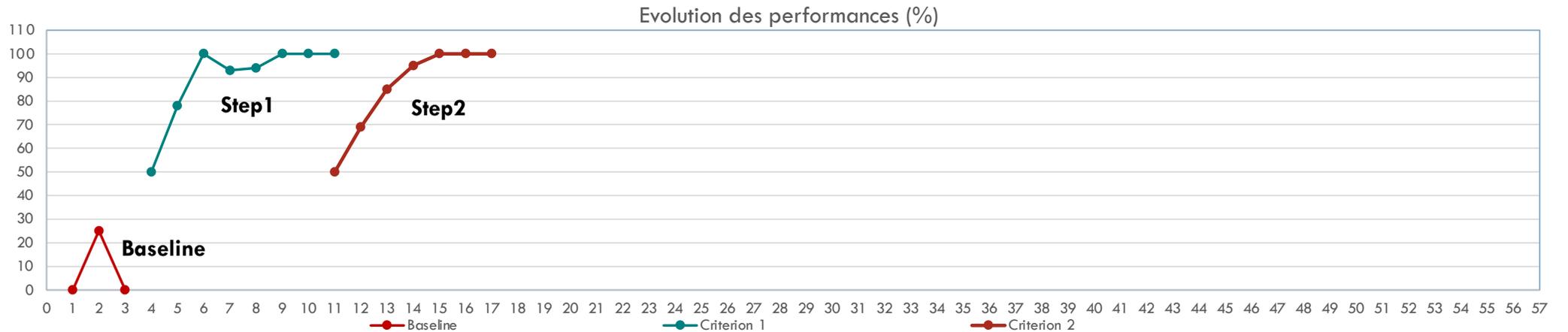
INTERVENTION METHODE

Exemple :
 $45 + 4 = 49$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44						50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Étape 2 : résoudre des additions (D)U+U sans report.

1. Placer le pion
2. Placer la réglette cuisenaire correspondant au 2^{ème} terme



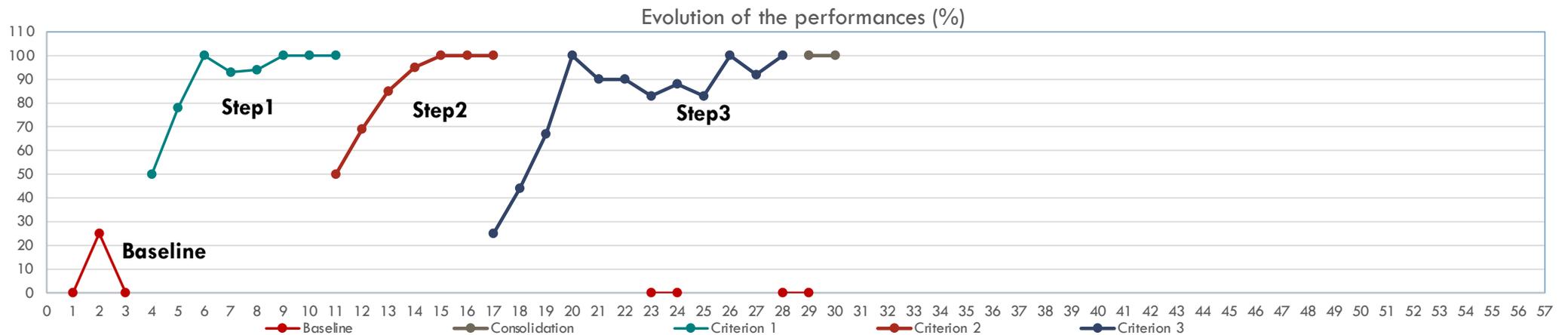
INTERVENTION

MÉTHODE

Exemple :
 $37 + 5 = 42$

Étape 3 : résolution de l'addition structurée comme (D)U+U avec report.

1. Placer le pion
2. Placer la réglette cuisenaire
3. Transformer la réglette cuisenaire ($7 = 5 + 2$)
4. Placer la composition de réglettes cuisenaires
5. Ecrire en nombre arabe



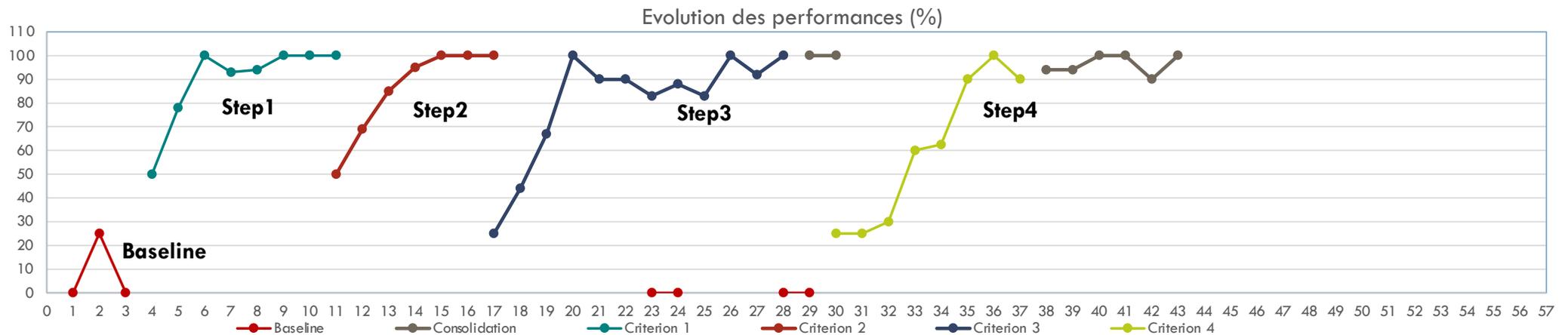
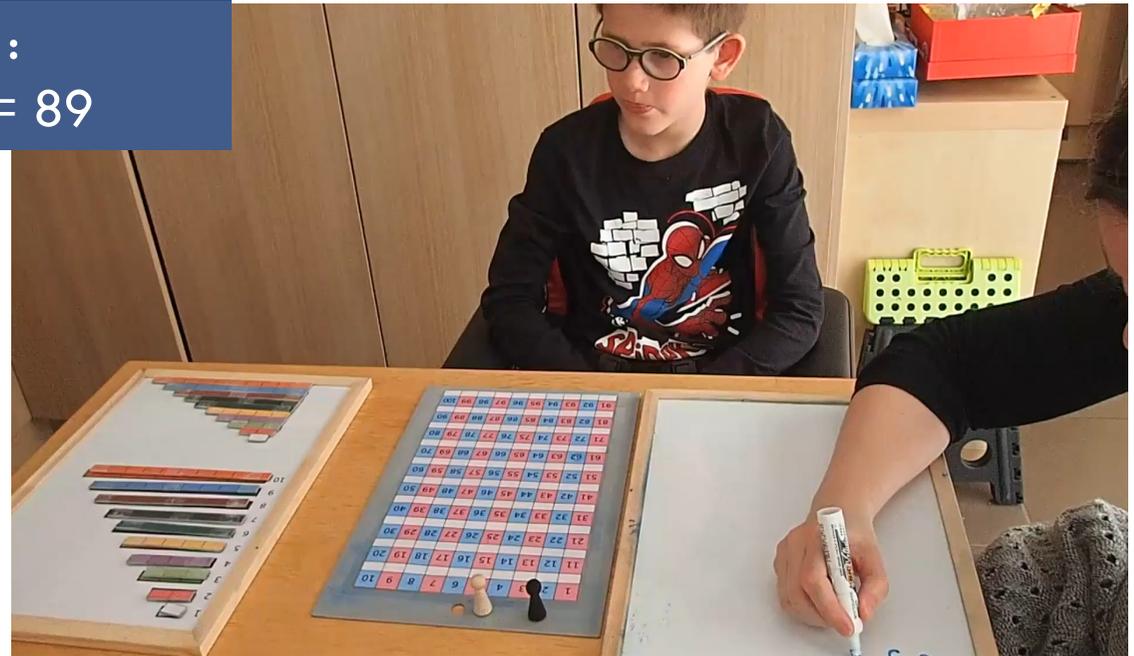
INTERVENTION

MÉTHODE

Exemple :
 $65 + 24 = 89$

Etape 4 : résoudre l'addition structurée comme DU+TU sans report.

1. Placer le pion **Premier terme**
2. Décomposer 24 en 2D et 4U
3. Placer le pion **Dizaine**.
4. Placer la réglette cuisenaire
5. Ecrire avec des nombres arabes



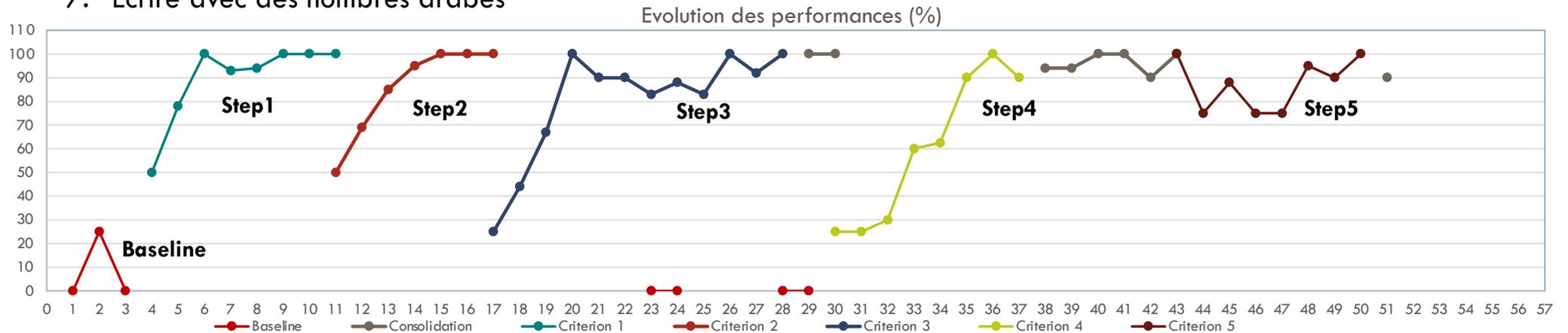
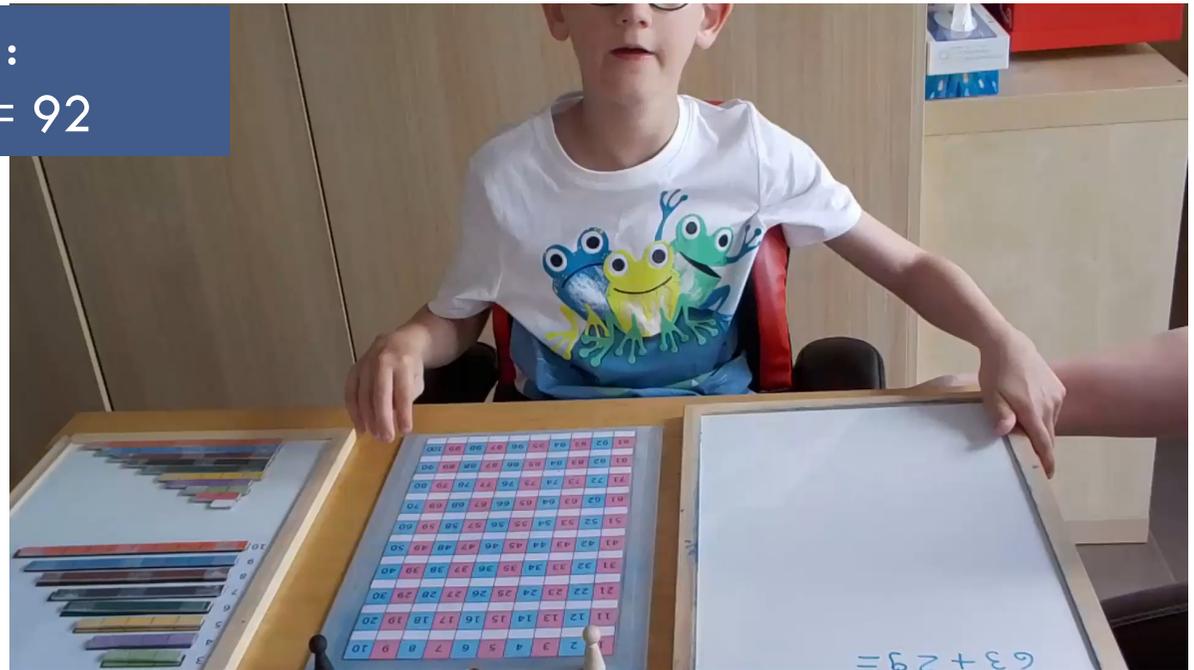
INTERVENTION

METHODE

Exemple :
 $63 + 29 = 92$

Etape 5 : résoudre l'addition structurée comme DU+DU avec report.

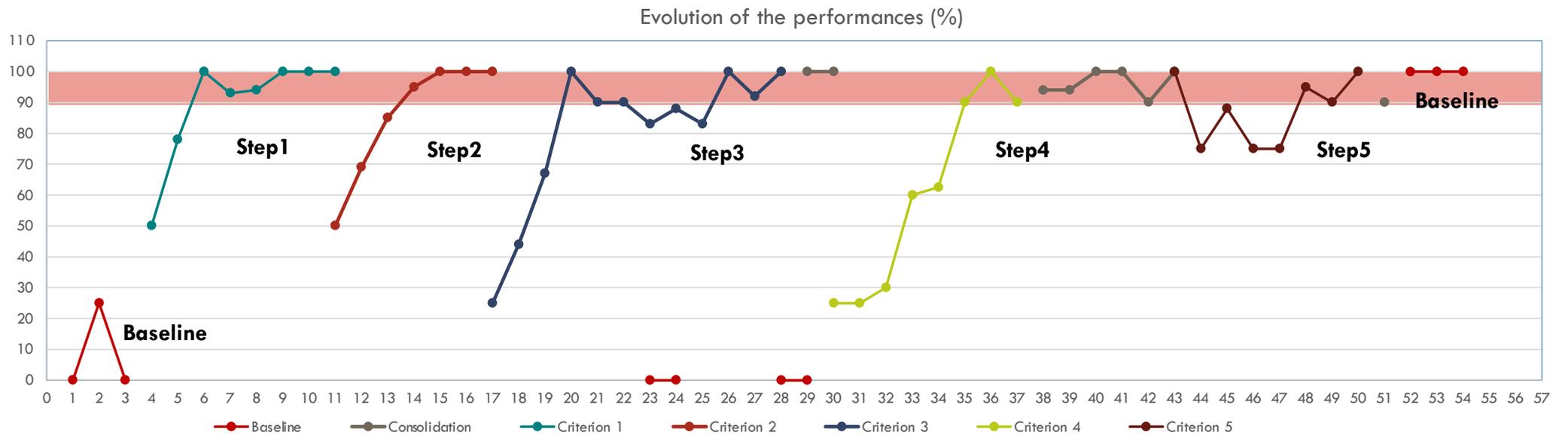
1. Placer le pion " premier opérande
2. Décomposer 24 2D et 9U
3. Placer le pion " dizaines "
4. Placer la réglette cuisenaire
5. Transformer la réglette cuisenaire
6. Placer les réglettes cuisenaires transformées
7. Ecrire avec des nombres arabes



INTERVENTION

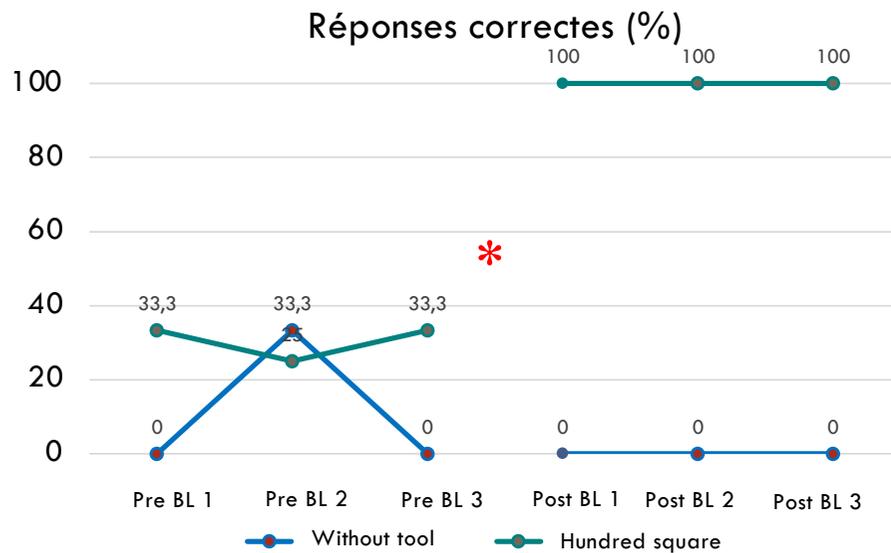
LIGNE DE BASE POST-INTERVENTION

Résoudre des additions (DU+DU avec et sans report)



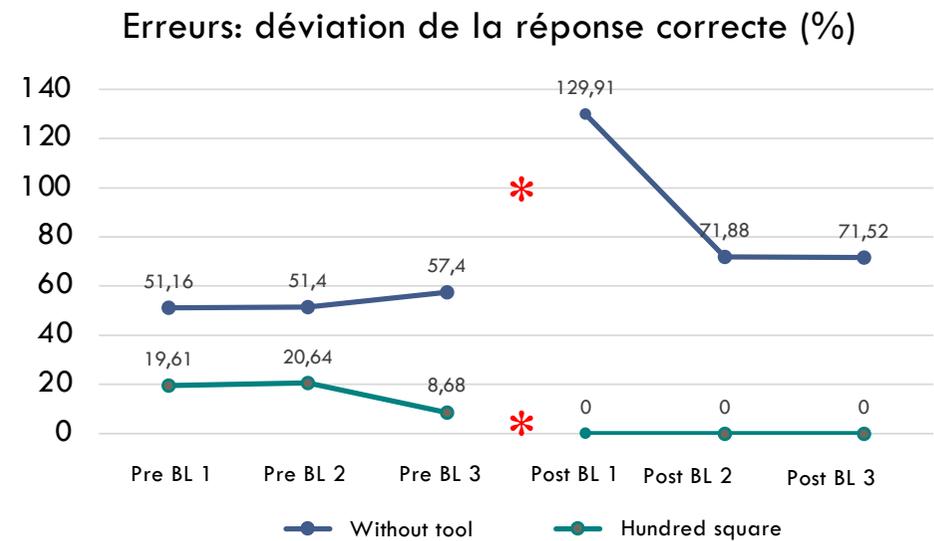
RÉSULTATS

MESURE CIBLE : ADDITIONS COMPLEXES AVEC/SANS SUPPORT



NAP	
Hundred square	1*
Without tool	.33

Non overlap of All Pairs Index (NAP), * $p < .05$



NAP	
Hundred square	1*
Without tool	0*

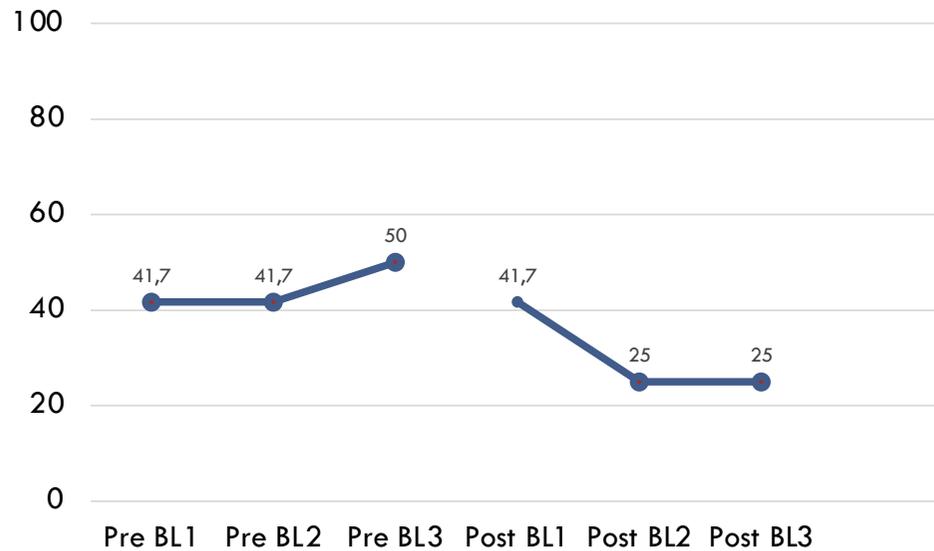
Non overlap of All Pairs Index (NAP), * $p < .05$

RÉSULTATS

MESURES DE TRANSFERT (SANS OUTIL)

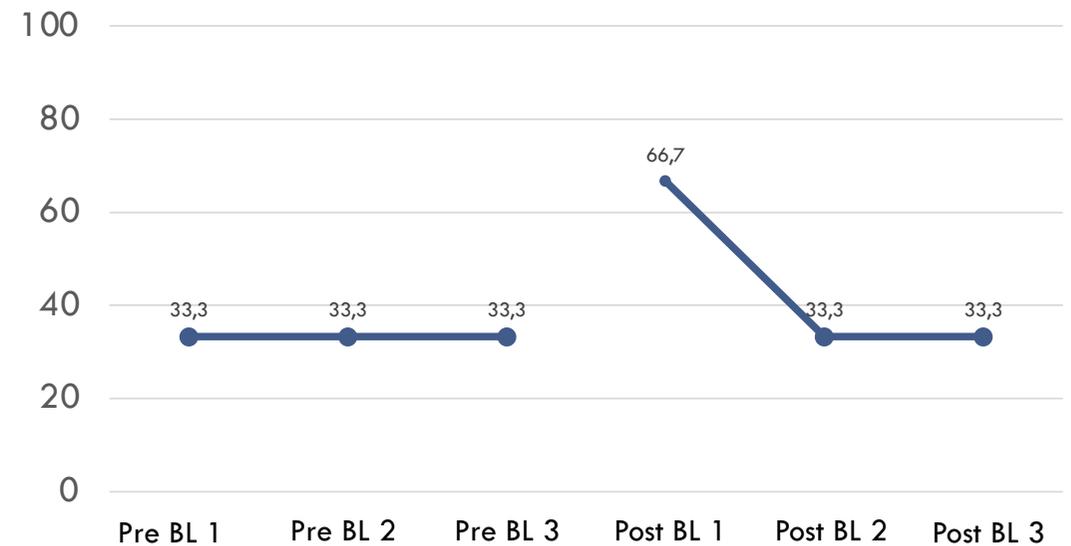
Comparaison de nombres arabes 12 vs 16

RC (%)



Compléments à 10 10 = 7 et

RC (%)

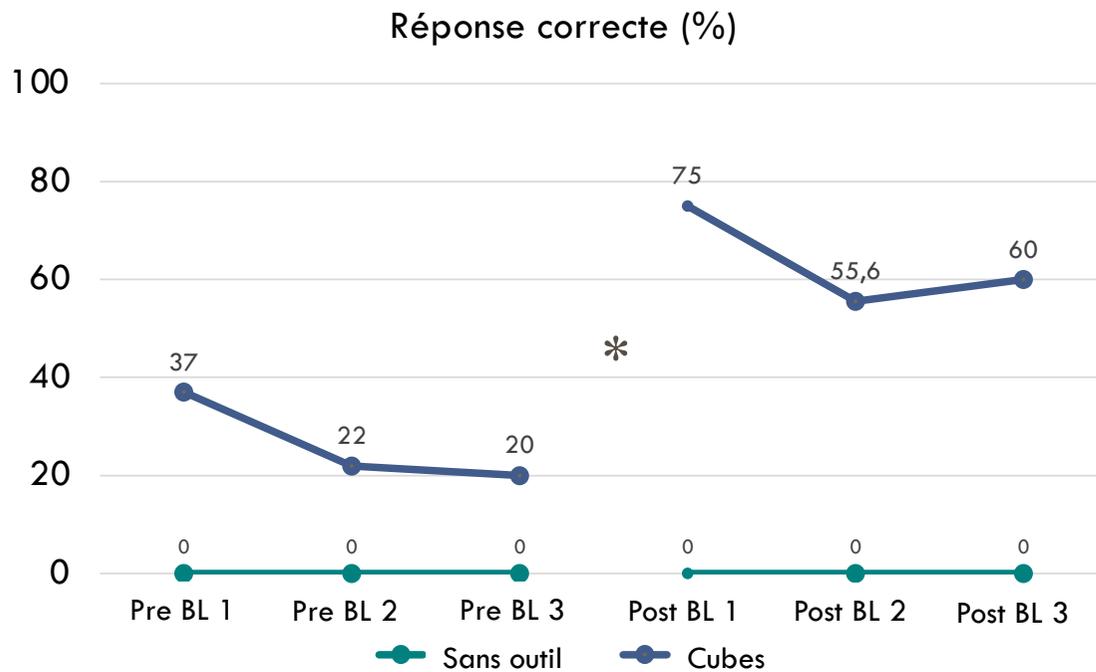


Non overlap of All Pairs Index (NAP), * $p < .05$

RÉSULTATS

MESURES DE TRANSFERT (SANS OUTIL)

Compositions des nombres
 $7 = 5 + \dots$



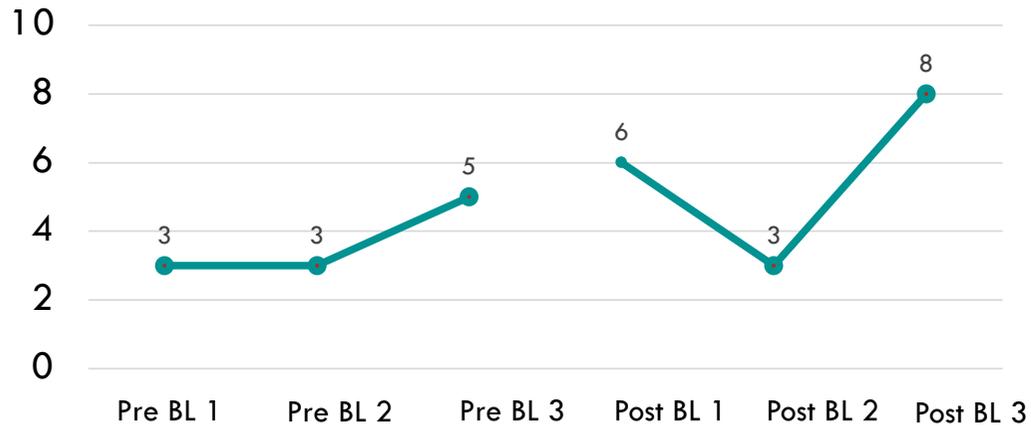
NAP	
Cubes	1*
Without tool	.50

Non overlap of All Pairs Index (NAP), * $p < .05$

RÉSULTATS MESURES CONTRÔLES

Faits arithmétiques

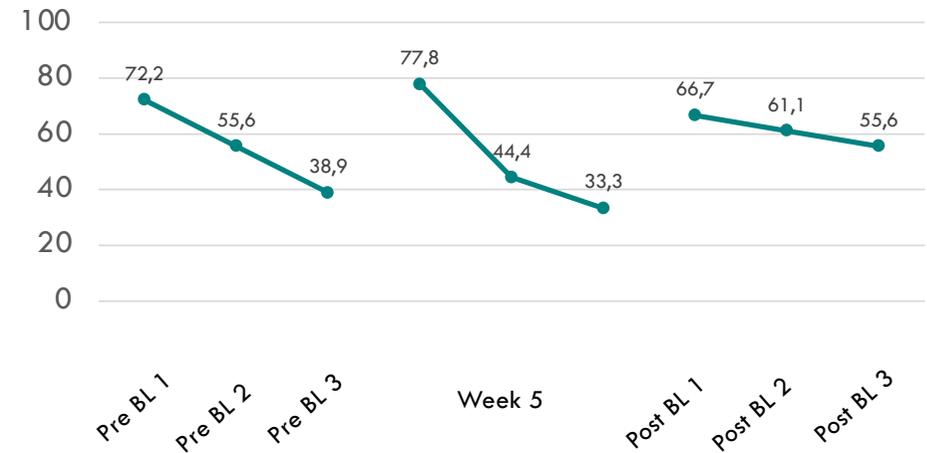
N de réponses correctes en 1mn



Non overlap of All Pairs Index (NAP), * $p < .05$

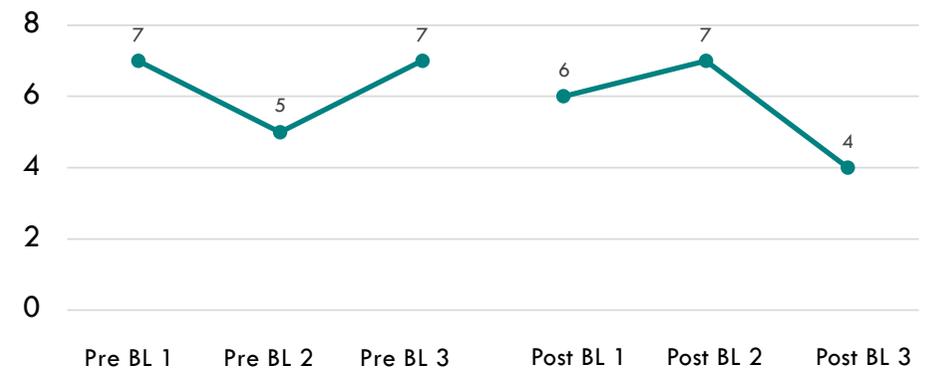
Lecture de mots

Correct answers (%)



Mémoire de travail

Correct answers



CONCLUSION

**Moins d'anxiété math et
meilleure estime de soi**

Efficacité et spécificité de l'entraînement

- Effet spécifique de l'entraînement sur les capacités de calcul avec outil
- Mais pas sur développement cognitif général /sur les compétences mathématiques non entraînées

Transfert

- Amélioration des connaissances visant la composition des nombres (avec matériel concret)

Objectif thérapeutique futur:

- Compréhension de la magnitude des nombres arabes (sens du nombre)
- Apprentissage du calcul écrit → nombres > 100
- Transfert de l'outil à l'école



Tu vois NG, après tout, tu n'es pas si mauvais en math...

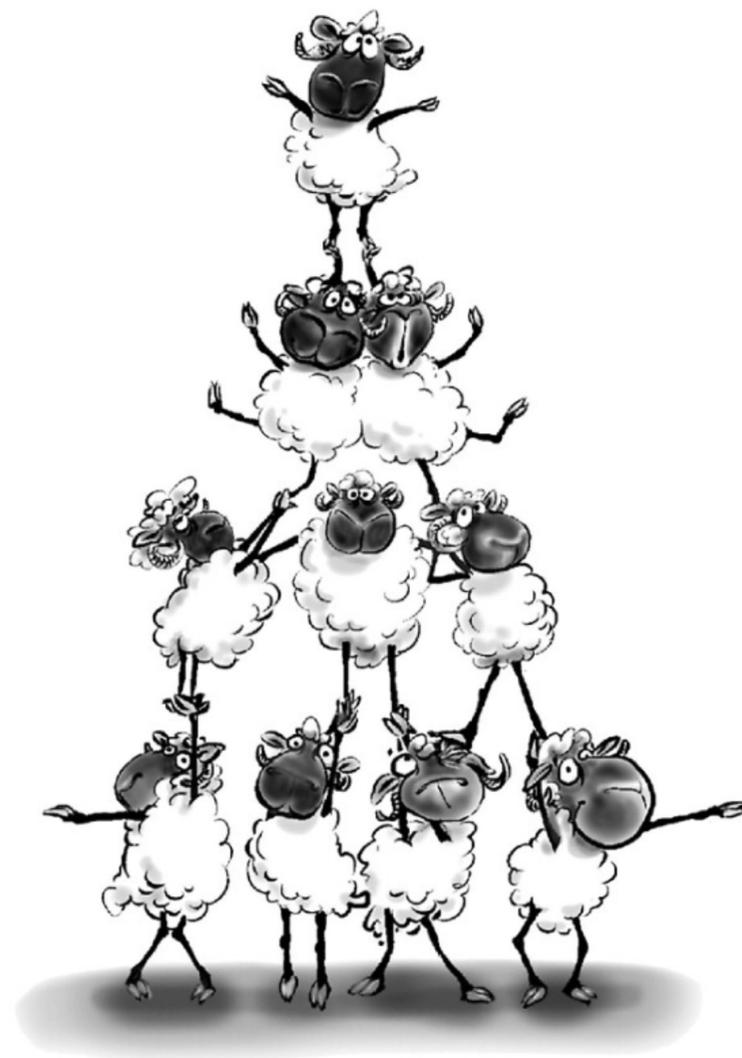
ET MAINTENANT?

- Automatisation faits arithmétiques additifs (tous sauf $8+7$ et $6+8$).
- Opérations arithmétiques sans l'outil, ne veut plus utiliser le tapis (c'était pour quand il était petit..) et écrit tous ses calculs à la main tout seul
- Passage au calcul écrit avec des nombres CDU : Addition/Soustractions avec et sans passage à la dizaine (gestion des report et emprunt)
- Magnitude :
 - Les comparaisons de collections de points OK.
 - Aucune compréhension de la magnitude des nombres arabes : réponses au hasard
- Beaucoup d'amélioration à l'école, passage dans un niveau plus avancé (il a même des devoirs!!!)
 - Il a plus ou moins rattrapé son retard par rapport aux enfants de sa classe.
 - Il reste meilleur en lecture
 - Angoisse fortement diminuée

MERCI



NG et ses
parents !



Coming together is a beginning
Keeping together is progress
Working together is success *Merlin Curr*

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Auteurs	Dates	Conclusion étude
Van Rooijen, Verhoeven, and Steenbergen	2016	Lien entre Mtr + HMF et compétences numériques des enfants. Le dénombrement = variable médiatrice entre Mtr et 1ères compétences numériques
Thevenot , Castel , Danjon , Renaud , Ballaz, Baggioni & Fluss	2014	Difficultés IMC : gnosies, utilisation spontanée des doigts, reconnaissance de patterns de doigts (TR) et comparaison symbolique. Préservés : comparaison non symboliques et cpt arithmétiques.
Van Rooijen, Verhoeven, Smits, Ketelaar, Becher, Steenbergen	2011	Décodage verbal + HMF sont les prédicteurs les plus importants des performances arithmétiques.
Jenks, Van Lieshout, and de Moor	2008	Enfants IMC scolarisés dans l'enseignement spécialisés → pas d'automatisation des faits arithmétiques. Cette différence n'est pas liée au type de lésion ni au dvp moteur global.
Arp ,Taranne & Fagard	2006	Limite subitizing < aux enfants contrôle . Subitizing corrélé positivement avec les performances en dénombrement. Subitizing et Dnb liés à la coordination œil-main
Lecointre and Camos	2004 (ANAE)	Retard dans l'acquisition du dénombrement chez les enfants IMC en cparaison aux enfants tout-venant. Principes de comptage acquis mais difficultés dans l'exécution du geste.
Montaru and Camos	2004 (ANAE)	IMC moins performants et plus lents que les enfants TV dans une tâche de dénombrement.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Auteurs	Dates	Conclusion étude
Van Rooijen, Verhoeven, and Steenbergen	2016	Lien entre Mtr + HMF et compétences numériques des enfants. Le dénombrement = variable médiatrice entre Mtr et 1ères compétences numériques
Thevenot , Castel , Danjon , Renaud , Ballaz, Baggioni & Fluss	2014	Difficultés IMC : gnosies, utilisation spontanée des doigts, reconnaissance de patterns de doigts (TR) et comparaison symbolique. Préservés : comparaison non symboliques et cpt arithmétiques.
Van Rooijen, Verhoeven, Smits, Ketelaar, Becher, Steenbergen	2011	Décodage verbal + HMF sont les prédicteurs les plus importants des performances arithmétiques.
Jenks, Van Lieshout, and de Moor	2008	Enfants IMC scolarisés dans l'enseignement spécialisés → pas d'automatisation des faits arithmétiques. Cette différence n'est pas liée au type de lésion ni au dvp moteur global.
Arp ,Taranne & Fagard	2006	Limite subitizing < aux enfants contrôle . Subitizing corrélé positivement avec les performances en dénombrement. Subitizing et Dnb liés à la coordination œil-main
Lecointre and Camos	2004 (ANAE)	Retard dans l'acquisition du dénombrement chez les enfants IMC en cparaison aux enfants tout-venant. Principes de comptage acquis mais difficultés dans l'exécution du geste.
Montaru and Camos	2004 (ANAE)	IMC moins performants et plus lents que les enfants TV dans une tâche de dénombrement.