



Document protégé

UCL
Université
catholique
de Louvain



Rééducation des fonctions exécutives
en période pré-scolaire

Prof. Marie-Pascale Noël

+ Développement des FE

- Les fonctions exécutives se développent sur une très longue période de temps, dès les premiers mois de vie jusqu'à l'âge adulte
- Evolution rapide pendant la période de 3-5 ans qui permet à l'enfant
 - D'organiser sa pensée et son comportement
 - De diminuer son impulsivité
 - De diminuer la réactivité à l'environnement
 - D'augmenter sa flexibilité
 - De s'engager dans un comportement auto-régulé et basé sur le respect des règles (Garon et al., 2008).



+ Importance des FE

- En maternelle, les différences de capacités de FE sont associées à
 - Capacités d'autorégulation (Sokol and Muller, 2007), de compétence sociale, dont la théorie de l'esprit (Hughes and Ensor, 2007), de capacités d'apprentissage (Blair and Razza, 2007, Bull et al., 2008, Brock et al., 2009).
 - Des défauts de FE sont liés à des troubles du comportements, notamment les troubles externalisés du comportement (agitation, opposition, agressivité...)



+ Importance des FE pour le devenir adulte

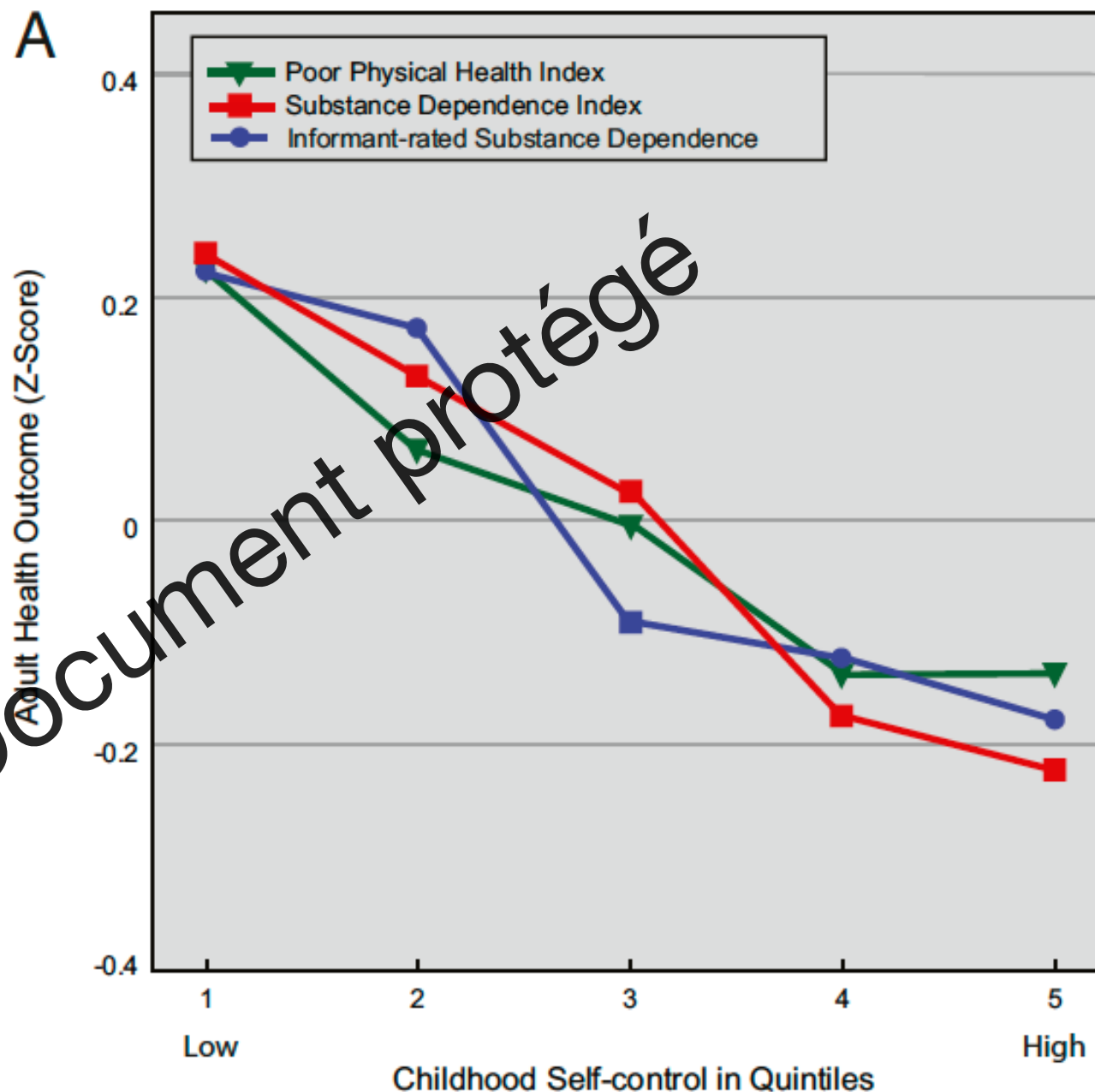
- Moffit & al. (2011, Proc of the Nat Academy of science)
 - Suivi de 1000 enfants à partir de 3 ans jusqu'à l'âge adulte (32 ans)
 - Mesure de leurs capacités d'auto-contrôle par questionnaires (parents & enseignants), observations dans situation et tâches motrices et cognitives

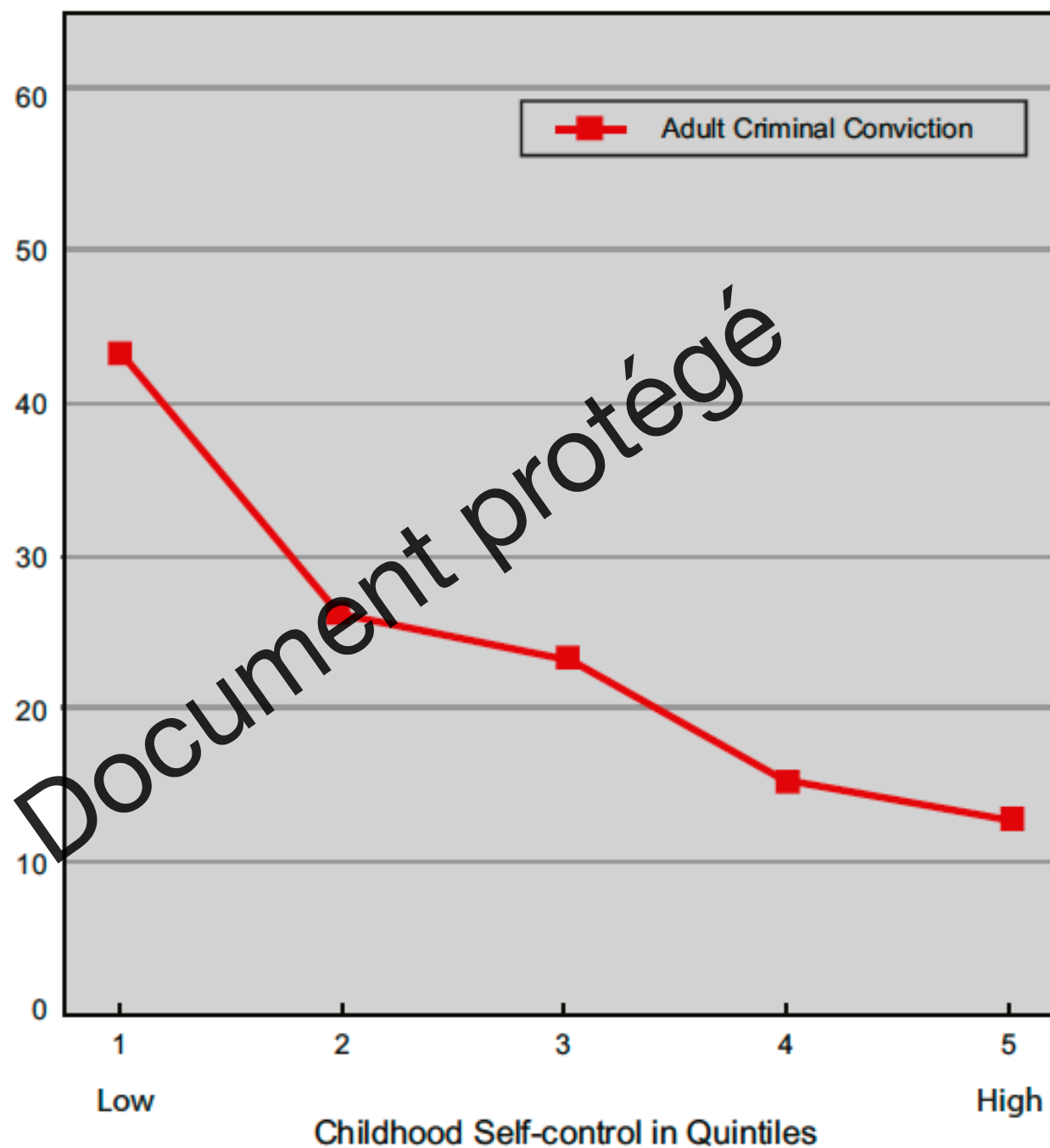




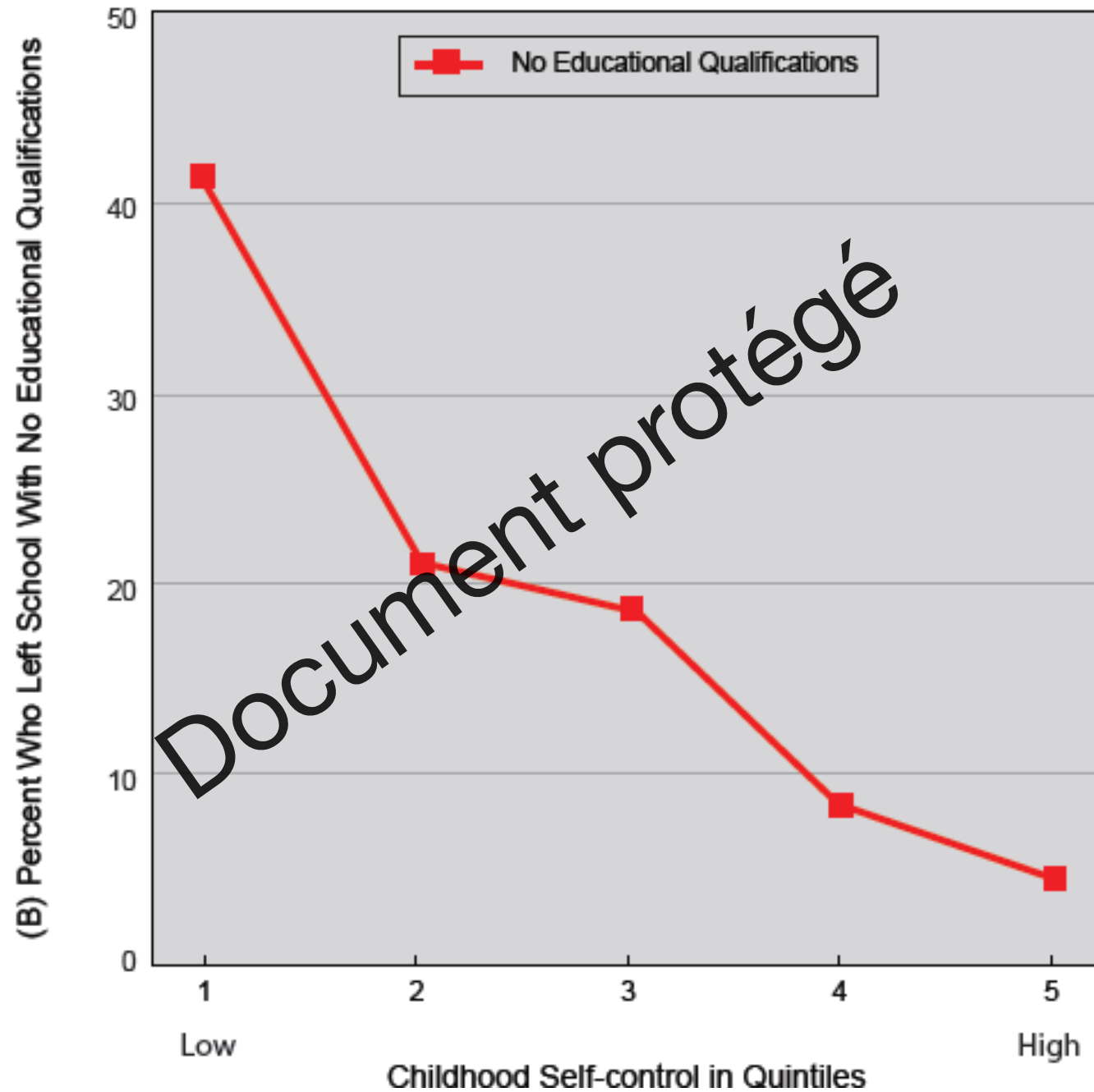
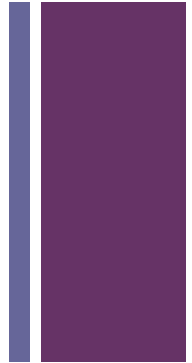
Dépendance
(alcool,
tabac,
cannabis ou
autre
drogue)

Document protégé





Agression, vol, vente de drogue, ...



+

Est-il possible de favoriser le développement des FE chez les (très jeunes) enfants?



+ Entrainement de l'attention

- L'attention a plusieurs dimensions

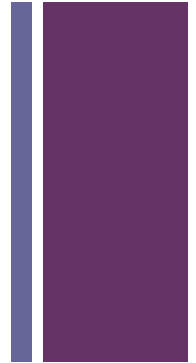
- (alerte)
- Orientation de l'attention
- Attention sélective
- Attention soutenue
- Attention divisée

- Ces dimensions attentionnelles seraient les bases d'un bon fonctionnement exécutif (Paelecke-Habermann, 2005).





Travail de Rueda sur les réseaux attentionnels de Posner

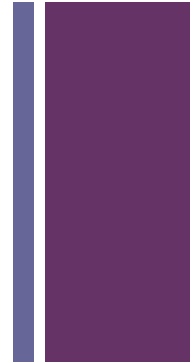


- **Rueda & al., *PNAS* 2005**
 - Enfants de 4 à 6 ans
- **Rueda & al., *Develop Cog Neuroscience*, 2015**
 - Enfants de 5 ans à l'école
- Entraînement : jeux sur ordinateur de poursuite, anticipation de mouvement, discrimination visuelle et résolution de conflits (inhibition)
- Pas d'effet sur les mesures d'attention (ANT-test)
- Certains effets sur matrice ou vocabulaire, juste après mais *ns* 2 mois après



Programme: Pay attention !

Tamm et al., 2013 (Dev Cog Neuroscience)



■ Population

- Une centaine d'enfants de 7 – 15 ans, ADHD
- Répartis aléatoirement dans groupe intervention ou liste d'attente

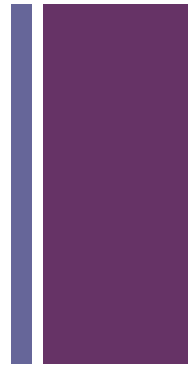
■ Intervention: 2 séances de 30 minutes par semaines, 8 semaines

- Jeux sur ordi d'attention soutenue sélective, divisée avec Si visuels et auditifs
- Progression vers des niveaux plus complexes qd critère atteint
- Feedback immédiat sur la performance
- À chaque session: discussion sur comment cette dimension attentionnelle travaillée entre en jeu à l'école ou à la maison + discussion avec les parents sur ce qui a été travaillé et comment soutenir l'enfant à la maison pour mettre en œuvre cette dimension à la maison ou à l'école.



- Amélioration à certains tests d'attention entre pré et post pour le groupe intervention (pas de mesure pour le groupe contrôle)
- Les parents et les cliniciens rapportent moins de symptômes ADHD pour le groupe intervention que pour le groupe contrôle (mais liste d'attente)
- Quasi aucun effet sur les autres tâches cognitives, y compris les mesures de FE
 - WISC-4
 - Test de math
 - Tour de Londres
 - Stroop couleur
 - Quotient ADHD system: continuous performance test of attention

Document protégé





Travailler l'attention ou l'inhibition ?

Noël, Bastin, Schneider, Pottelle, *ANAE*, 2007

- Quand déficit double, par quoi commencer la rééducation ?
 - Barkley (97): le déficit d'inhibition est central dans l'ADHD
 - excès d'activité
 - difficultés à se conformer à des règles
 - difficultés à différer leur plaisir, à résister aux tentations
 - grande sensibilité au Stroop
- => amélioration des capacités d'inhibition => amélioration des FE et du comportement de l'enfant

+ Méthode

14

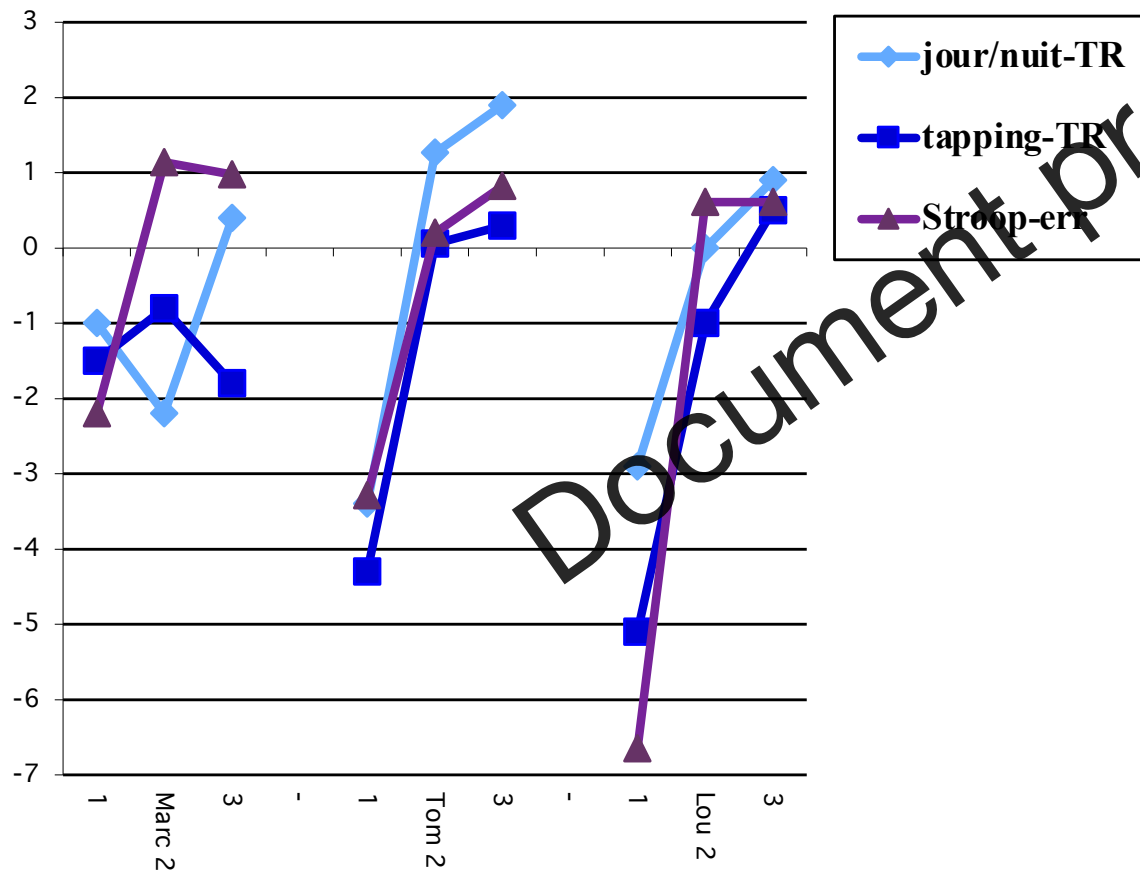
- 6 enfants 8-10 ans avec troubles de l'attention & de l'inhibition, bilan neurologique sans particularités
 - 3 enfants:
 - 15 séances de rééducation de l'attention suivies de 15 séances de rééducation de l'inhibition
 - 3 enfants: planning inverse
- Rééducation spécifique:
 - Explication des difficultés cognitives à l'enfant
 - Exercices utilisant la fonction altérée, de difficultés croissantes
 - Feed-back constant donné à l'enfant sur sa performance
 - Passage à un niveau de difficulté supérieur quand l'enfant est à l'aise avec le niveau actuel

+ Méthode

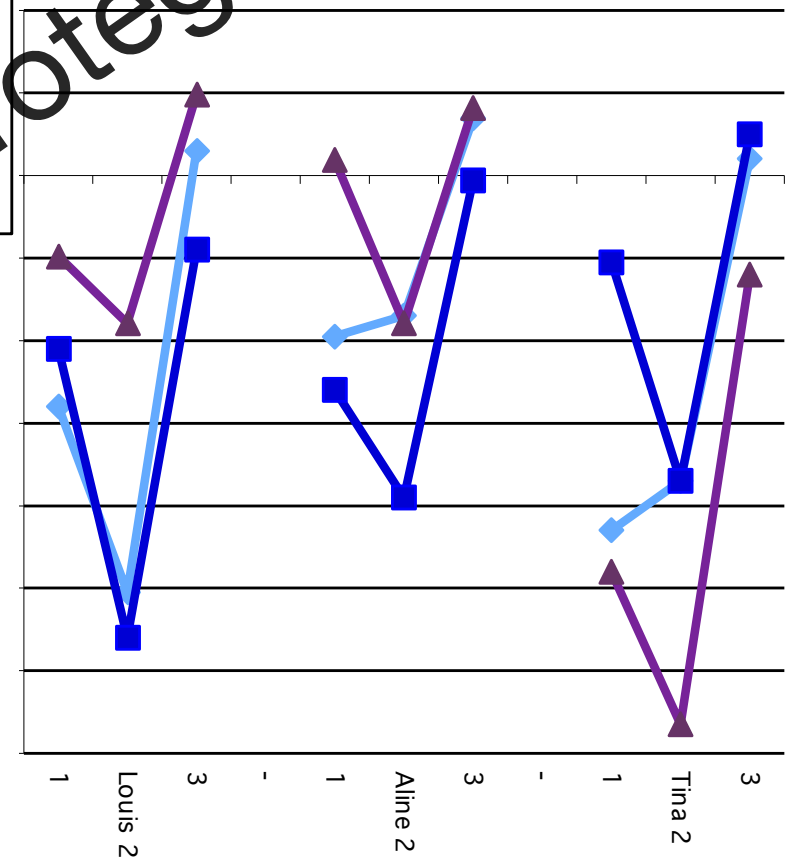
- Ligne de base avant thérapie, après 15 séances, fin thérapie
 - Attention: d2, barrages Nepsy, Zazzo
 - Inhibition: day-night, stroop, tapping
 - Autres fonctions exécutives
 - tour de Londres,
 - Trial Making Test,
 - Stroop-flexibilité,
 - mémoire de travail
 - WISC
 - + échelle de Conners (infirmières du service)

Mesures d'inhibition

Groupe IA

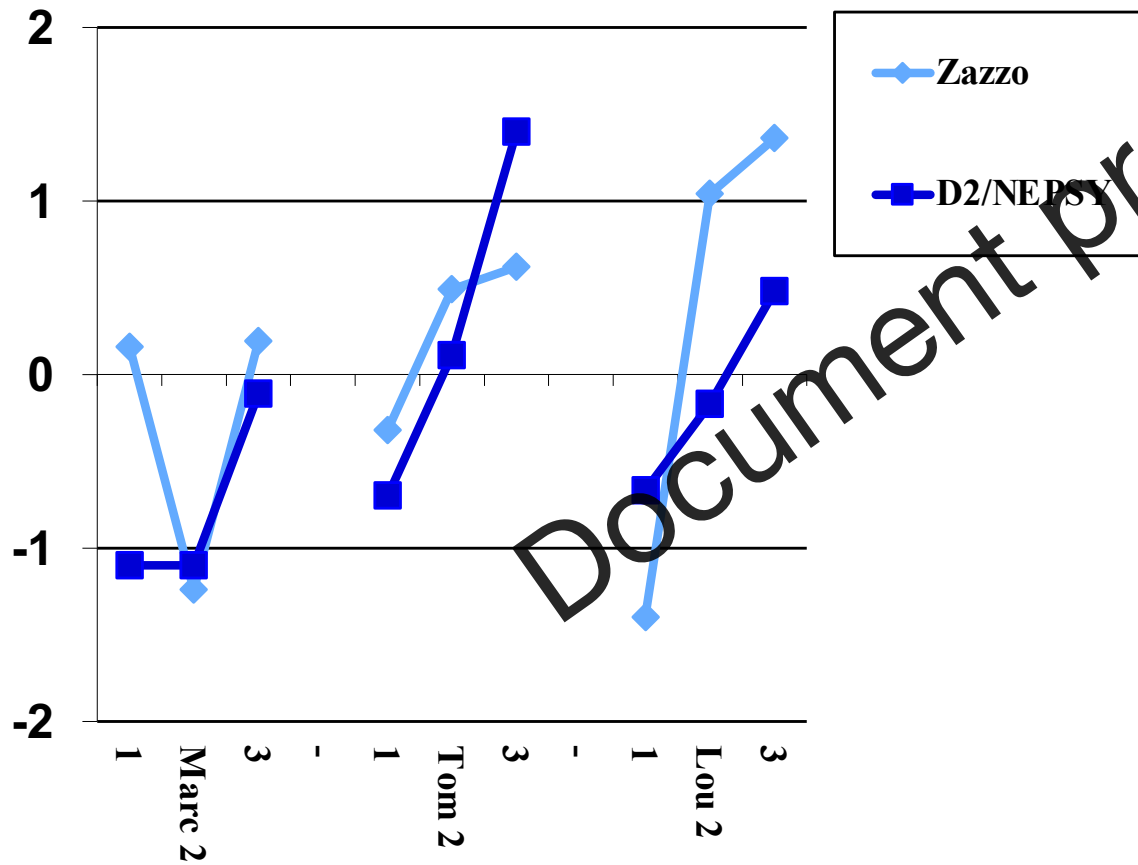


Groupe AI

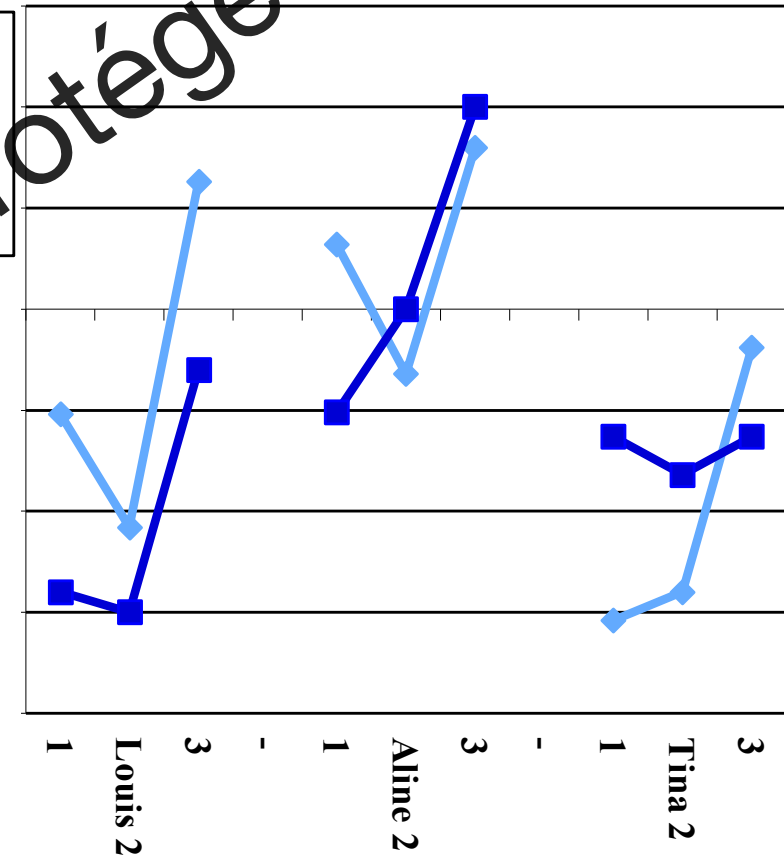


Mesures d'attention

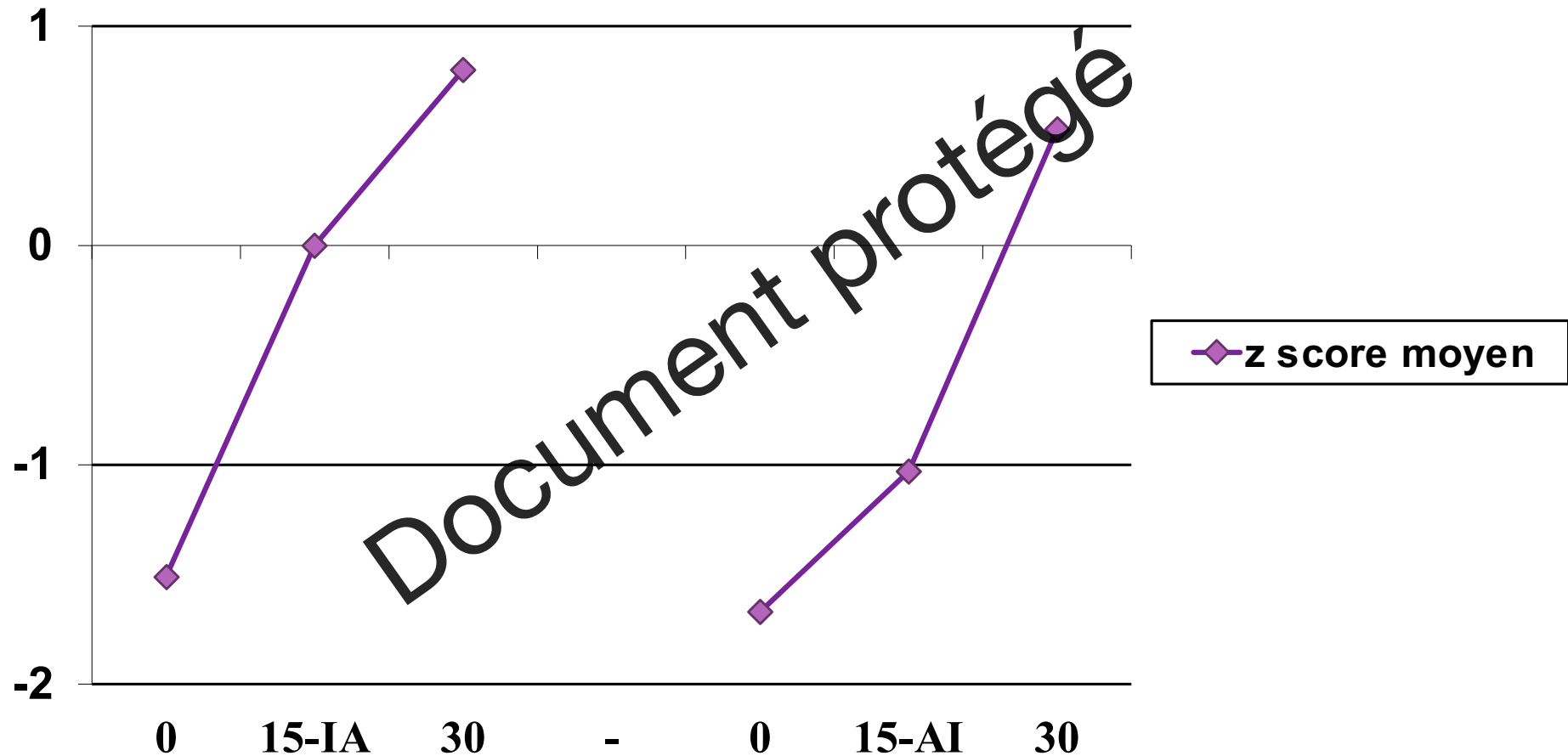
Groupe IA



Groupe AI

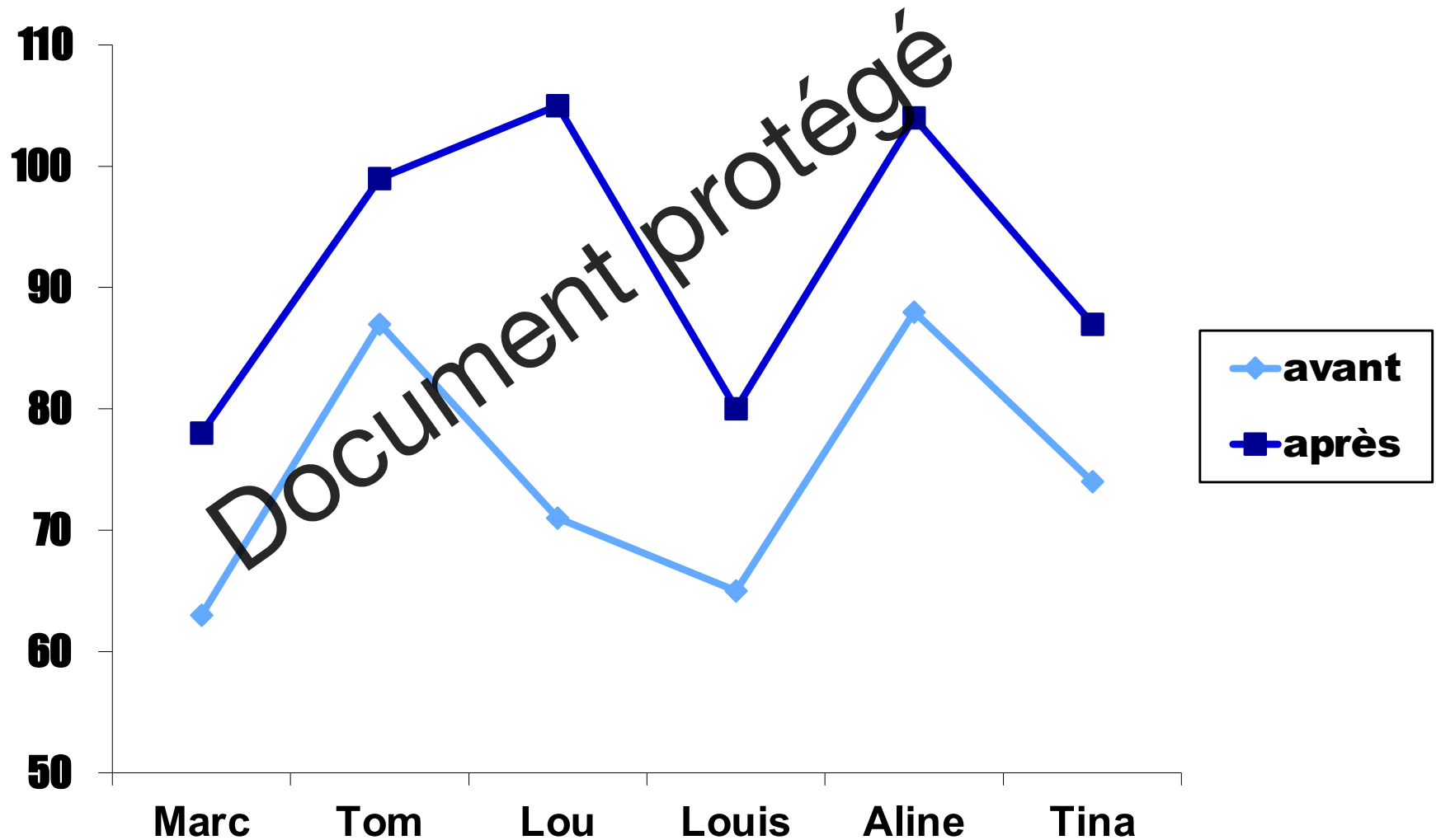


Moyenne des autres mesures exécutives

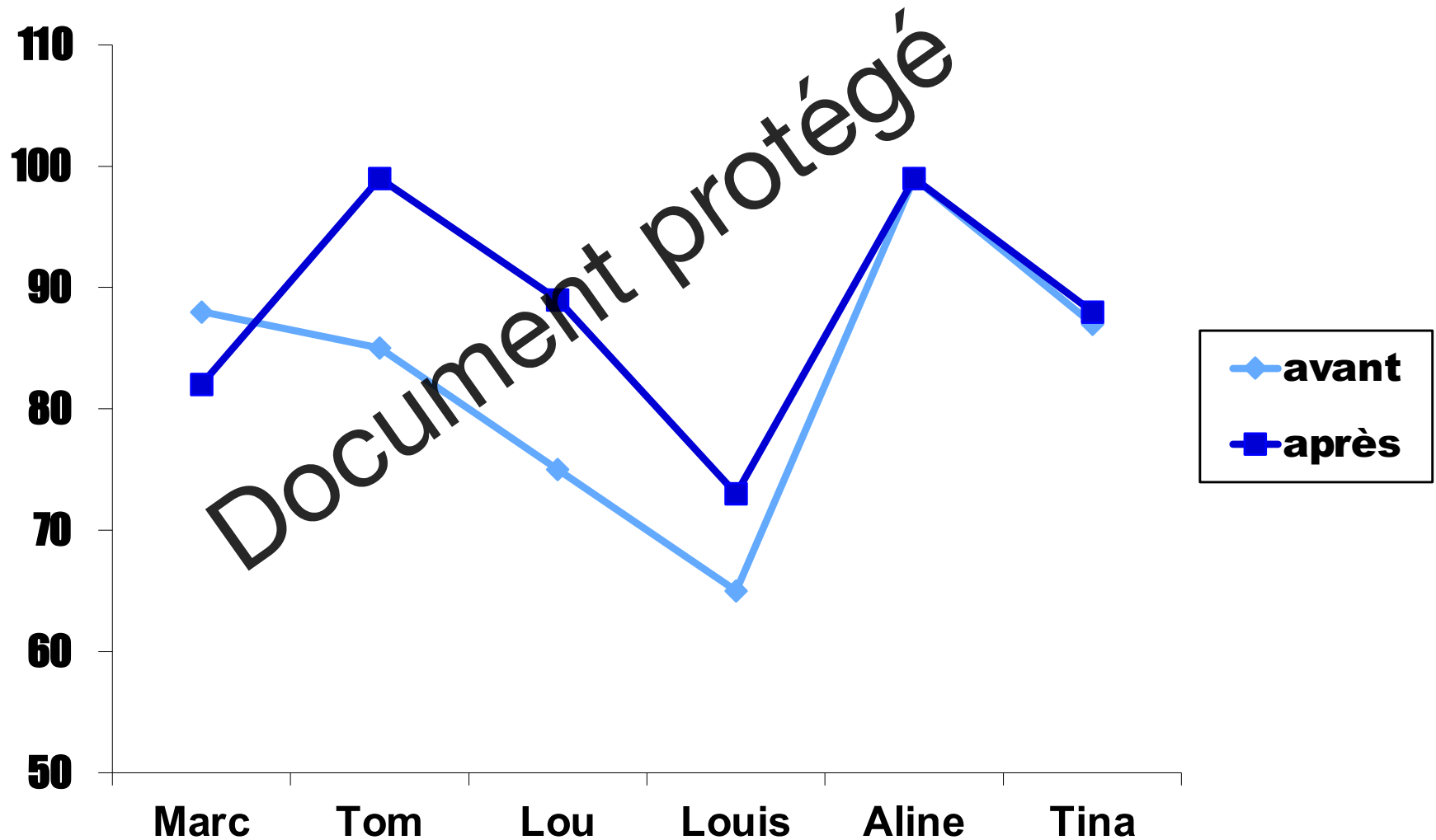


=> belle amélioration globale, avec effet plus important lié à la rééducation de l'inhibition

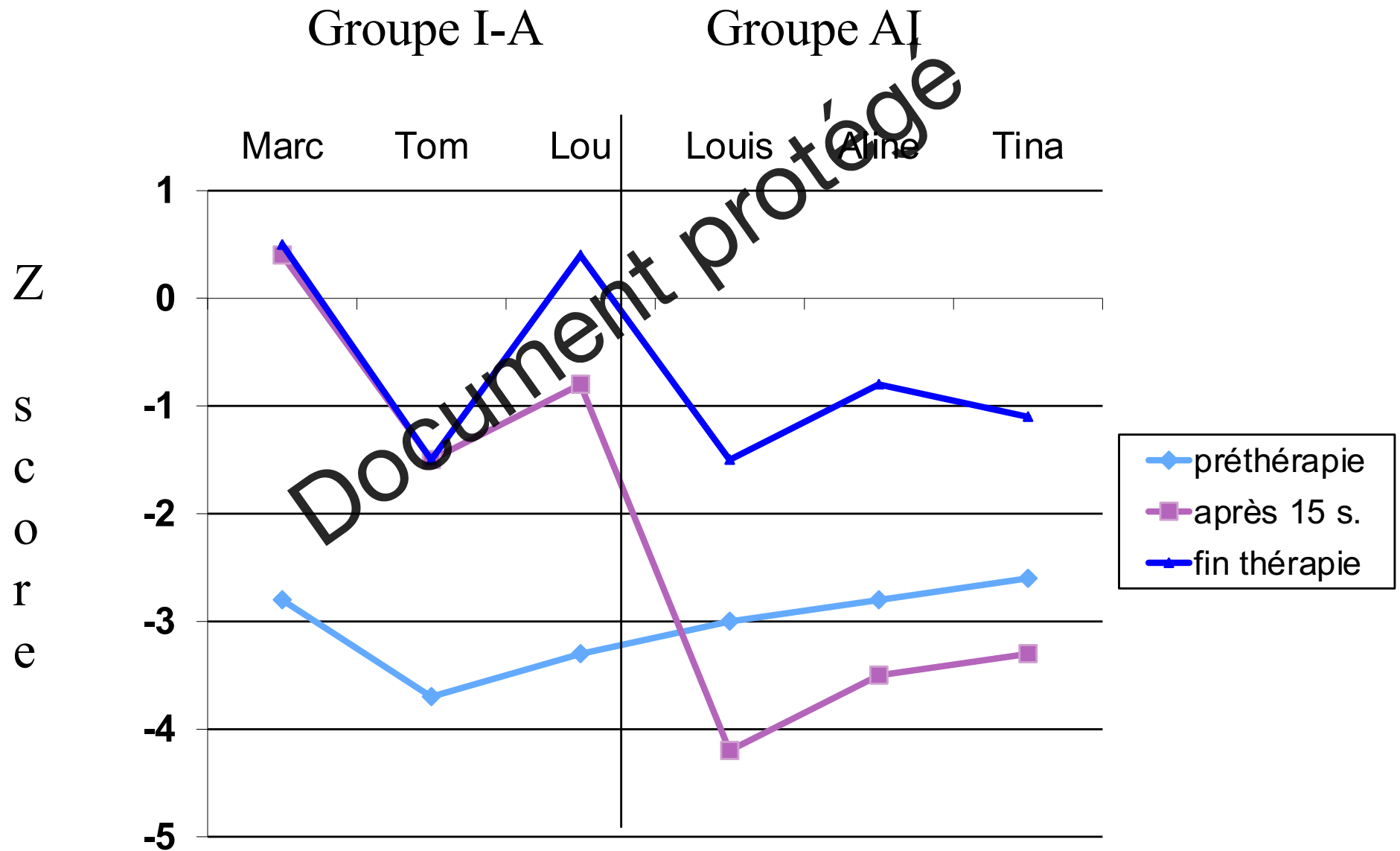
Modifications dans le QIP: 74,7 => 92,2
($p=0,027$)



Modifications dans le QIV: 83,2 => 88,3
(ns)



Echelle de Conners



+ Conclusion

- La rééducation de l'inhibition est plus efficace que la rééducation de l'attention, au niveau
 - Des capacités d'inhibition
 - Des autres capacités de FE
 - Du comportement



+Tools of the mind: un programme scolaire pour enfants de maternelle (Diamond et al., Science, 2007)

■ Théorie de Vygotsky

- Utilisation d'aides externes pour faciliter l'attention et la mémoire, encourager l'utilisation de langage privé pour s'autoréguler, mises en scène
- Dans les cours classiques de math, de lecture ...

+ Méthode

- Comparaison de deux « curriculum »
 - répartis aléatoirement entre prof de 24 classes, enfants de maternelle, faible niveau SE
 - *Tools of the mind* (TM) visant à → FE
 - *Balanced literacy curriculum* (BL)
- Mêmes contenus académiques mais focalisation spéciale sur les FE dans TM
- Mesures
 - après 1 à 2 ans,
 - 85 enfants de TM
 - 62 de BL (5 ans)



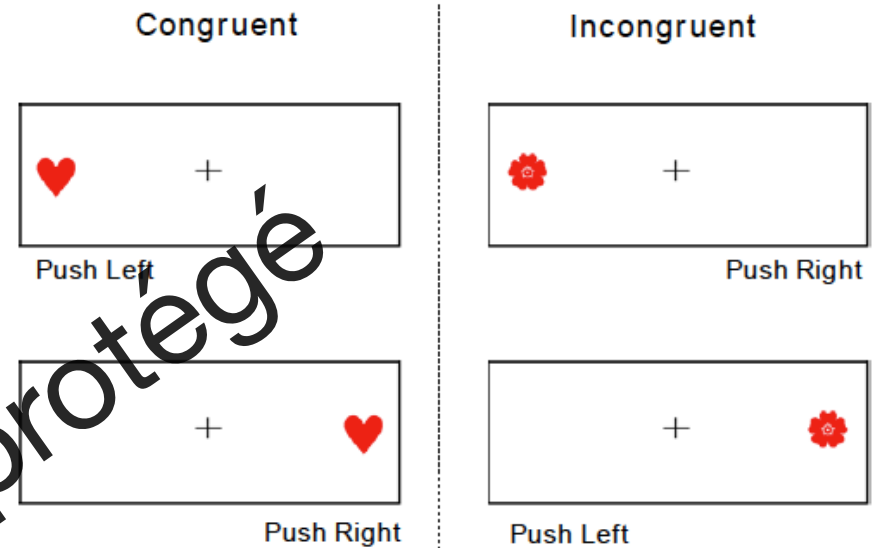
- Lecture à 2:
 - bouche & oreille ... Chacun son tour; l'écoute est active (il faudra poser une question)
- Comptage à 2
 - L'enfant qui a la main compte, quand il a fini l'autre vérifie le comptage
- Utilisation du langage externe, puis interne pour réguler le comportement
 - Planifier une pièce de théâtre avant de la jouer



+ Dots task

- Congruente: appuies du côté du cœur
- Incongruente: appuies du côté opposé à la fleur
- Mixte: coeurs & fleurs (2 règles, inhibition & flexibilité)

Dots Task (using Hearts and Flowers)



■ Flanker task

- Se concentrer sur la forme intérieure
- Reverse: se concentrer sur la forme extérieure

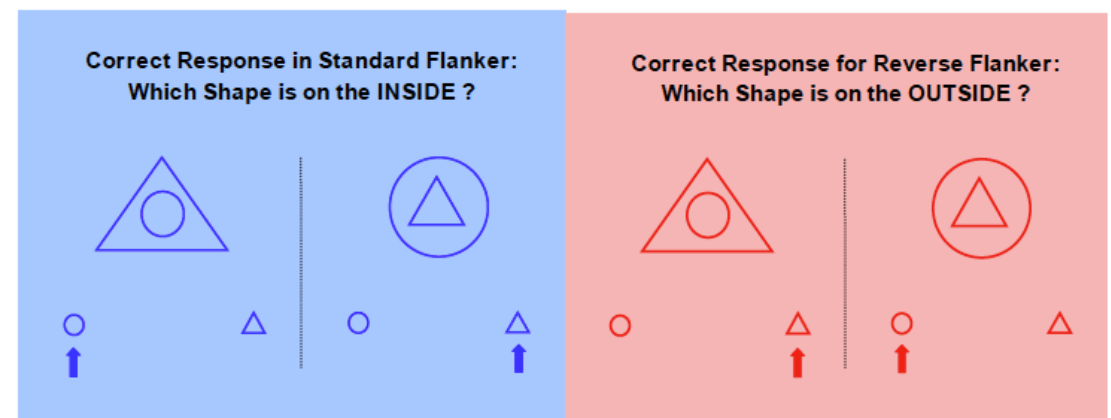


Figure S7. Two trials of the standard flanker and reverse flanker conditions are shown.

+ Dots task

- Congruente: appuies du côté du cœur
- Incongruente: appuies du côté opposé à la fleur
- Mixte: coeurs & fleurs (2 règles, inhibition & flexibilité)

■ Les enfants TM > dans conditions incongruentes et mixtes

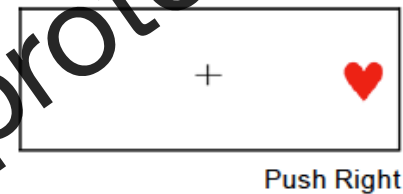
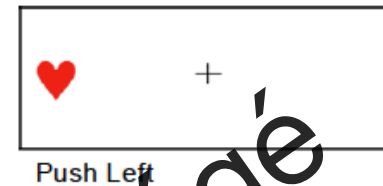
■ Flanker task

- Se concentrer sur la forme intérieure
- Reverse: se concentrer sur la forme extérieure

■ Meilleures performances chez TM

Dots Task (using Hearts and Flowers)

Congruent



Incongruent

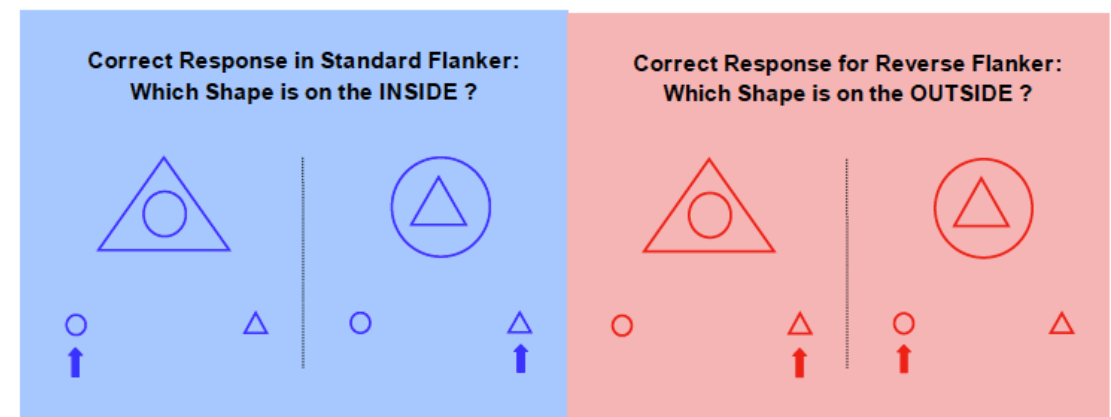
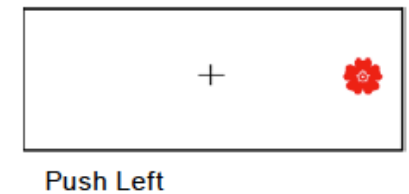
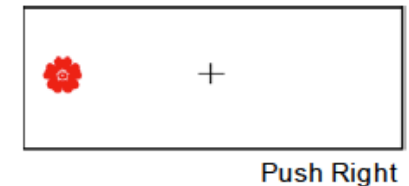


Figure S7. Two trials of the standard flanker and reverse flanker conditions are shown.

+ Rééducation des FE en maternelle

(Röthlisberger & al., 2011, *Infant & Child Dvpt*)

- 135 enfants de 5-6 ans: $\frac{1}{2}$ intervention; $\frac{1}{2}$ liste d'attente (aléatoire)
- Intervention
 - 30 min par jour: 2 x par semaine par l'Exp et 3x par le prof; 6 semaines
 - Travail de la WM, contrôle de l'interférence et flexibilité
- Jeux en groupe: Jacques a dit; faire geste opposé à l'Exp, ..
- Jeux à 2: cartes avec flocons de neige ou gouttes de pluie: mettre les cartes gouttes sur une planche bleue et les flocons sur une planche blanche. ... mais inverse si la carte a aussi un bonhomme de neige ou un soleil
- Jeux seul: trouver les 10 différences entre deux images ...



Ligne de base

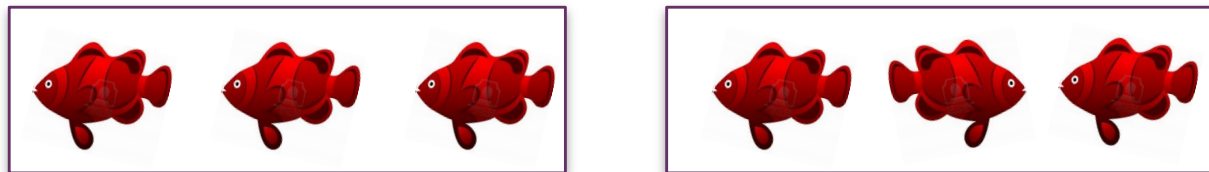
- WM: suite d'objets (noms de 2 syllabes) en rouge ou bleu. Appuyer sur touche pour indiquer si couleur rouge ou bleu; rappel des mots



- Contrôle d'interférence: poissons jaunes; appuyer du côté où regarde le poisson du milieu

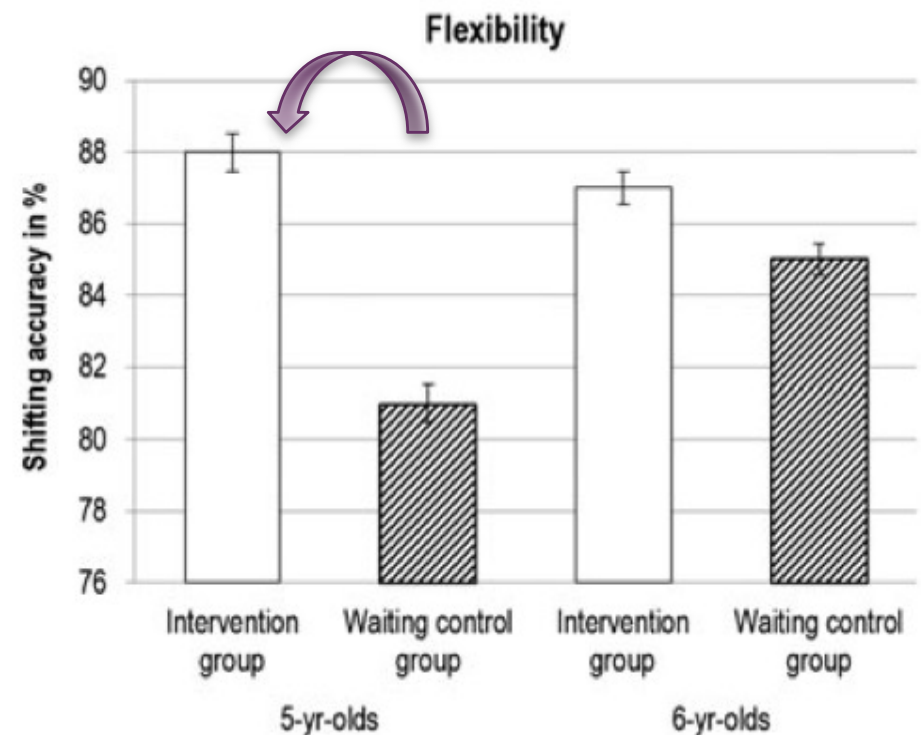
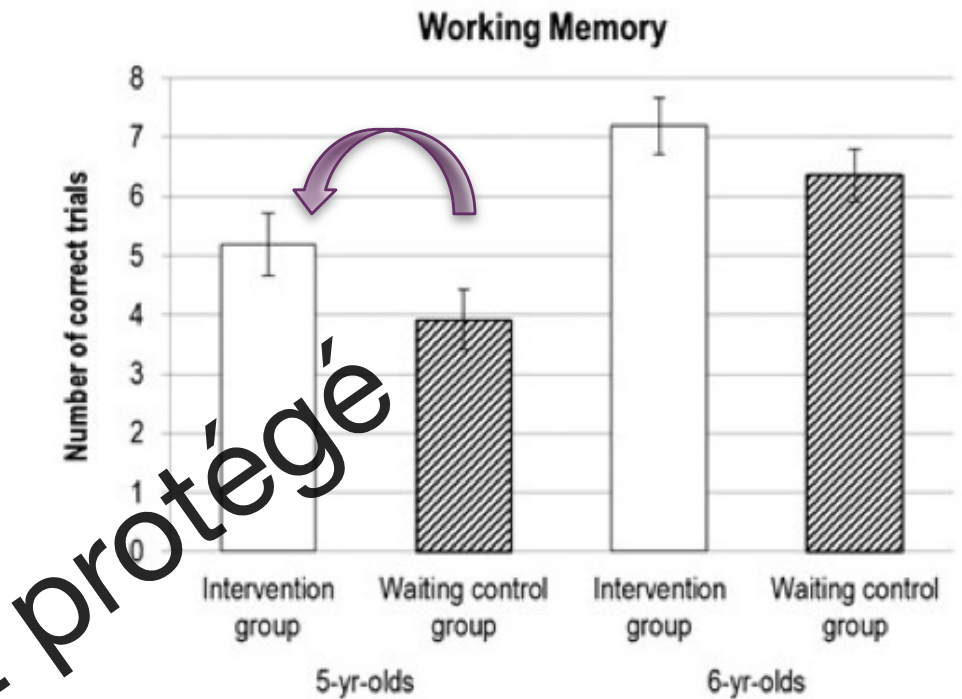
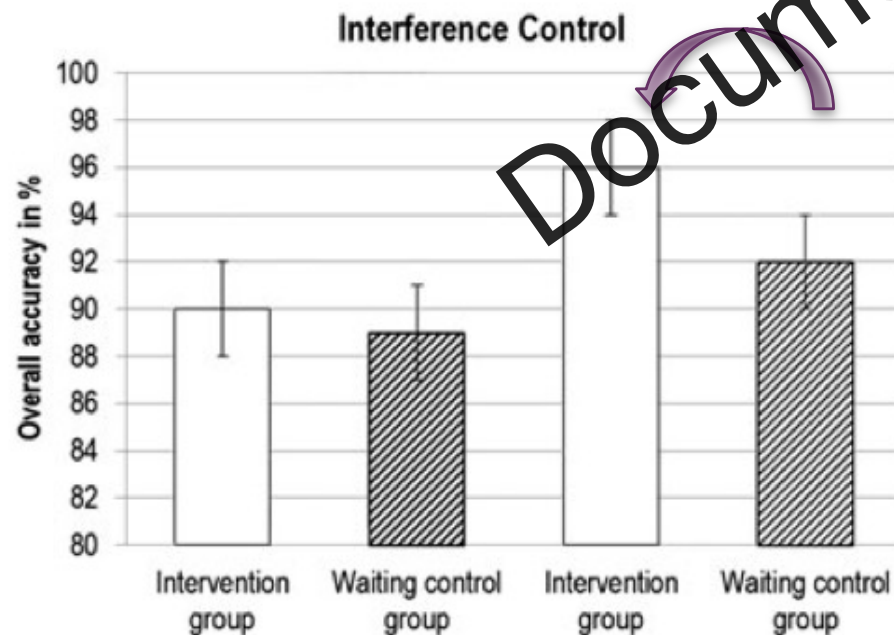


- Flexibilité: mixé avec les poissons jaunes, des poissons rouges où là, appuyer du côté où les poissons extérieurs regardent



+ Résultats

- Différence de groupes au post-test (pré-test en covariate)





Travail plus spécifique de l'inhibition en maternelle

A. Volckaert & M-P Noël, Trends in Neuro & Educ, (2015)

■ Enfants de 5 ans

- 24 enfants dans groupe expé : travail de l'inhibition
- 23 enfants groupe contrôle: séances de bricolage libre
- Sessions en petits groupe, 2 x 45' par semaine x 8 semaines

Document protégé



+ Ligne de base

■ Attention

- Attention sélective visuelle et auditive de la NEPSY

■ Inhibition – flexibilité

- Chat-chien-poisson
- Stroop monstres
- Feu de signalisation
- Head-toes-knees-shoulders

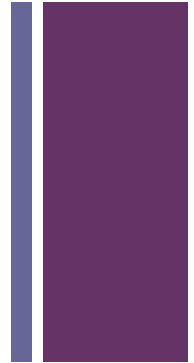
■ Mémoire

- Empan de mots
- Blocs de Corsi
- Catégospan

■ Comportement

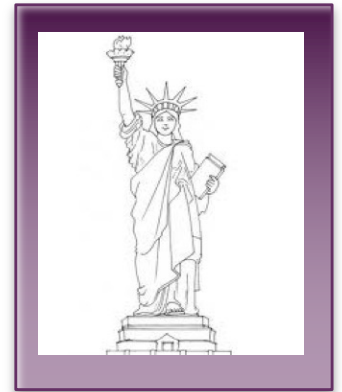
- “le jeu de carte truqué” (affects+, -, agitation, inattention)
- Conners pour parents et enseignants (hyperactivité, inattention, troubles des conduites)

Document protégé



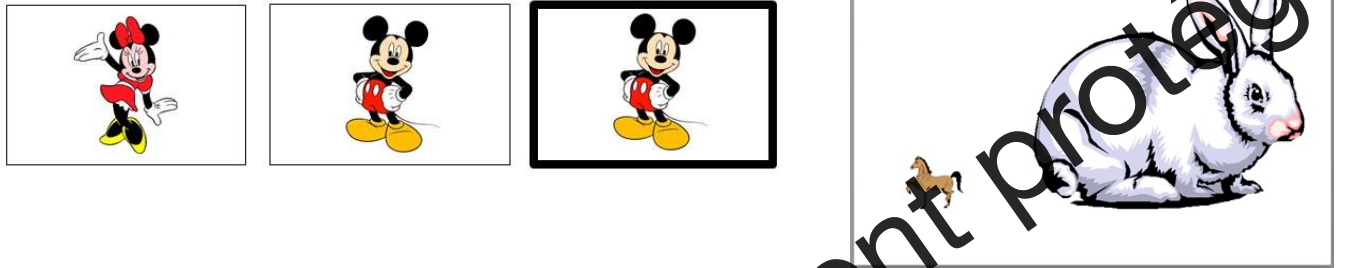
+ Entrainement de l'inhibition

- Jeux autour des 4 fonctions d'inhibition
 - interruption d'une réponse en cours
 - Contrôle de l'impulsivité
 - Inhibition d'une réponse prédominante
 - Inhibition des distracteurs externes
- Jeux d'un niveau adapté à l'enfant et de complexité croissante
- Feed back continus et directs
- Introduction de personnages de Reflecto pour favoriser le développement de la métacognition
 - Le policier « stop, je pense et puis j'agis »
 - Statue: je reste calme (qd exercice avec contrôle moteur)
 - Le détective qui contrôle les erreurs (qd l'autre joue)
- On lui explique quel personnage doit se mettre en action ds le jeu
- L'enfant gagne des cartes statue, policiers





Inhibition d'une réponse prédominante



Interruption d'une réponse en cours



Gendarme
« stop, je réfléchis et puis j'agis »





Contrôle de l'impulsivité



Statue
« je suis calme »

Inhibition des distracteurs



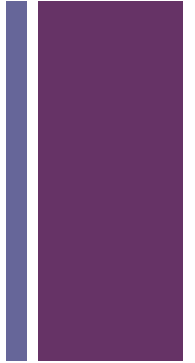
Détective
« je surveille »

+ Exemple de complexification des jeux

Document protégé

+ Extraits vidéo de séances

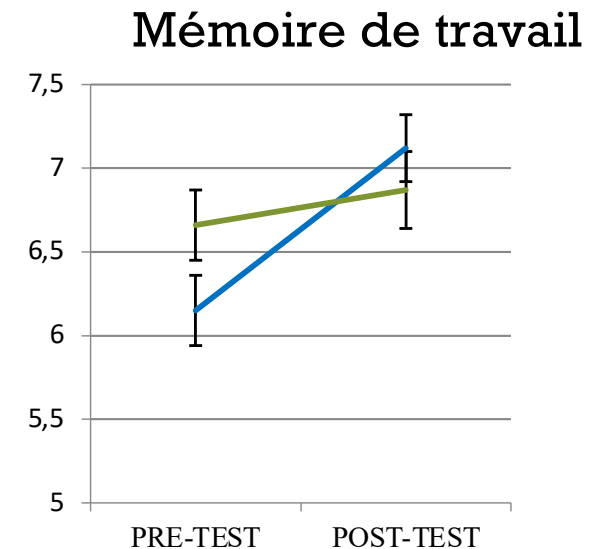
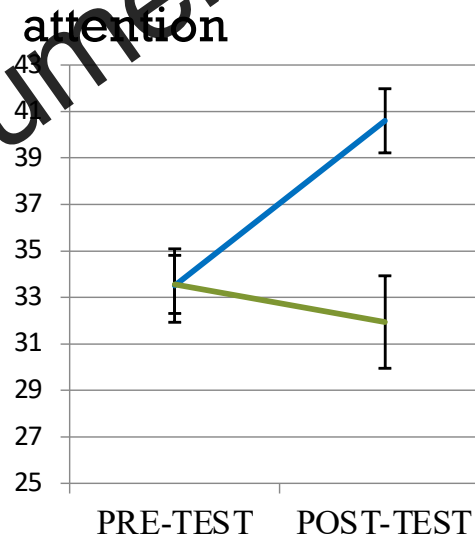
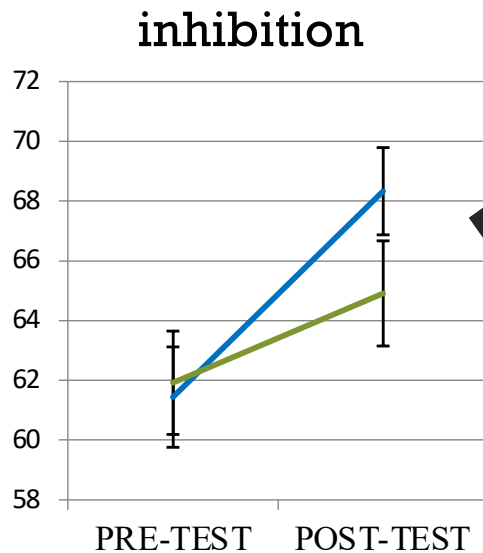
Document protégé



+ Résultats sur le plan cognitif

■ Interaction temps x groupe pour les facteurs

- Inhibition
- Attention
- Mémoire
- Mais pas flexibilité

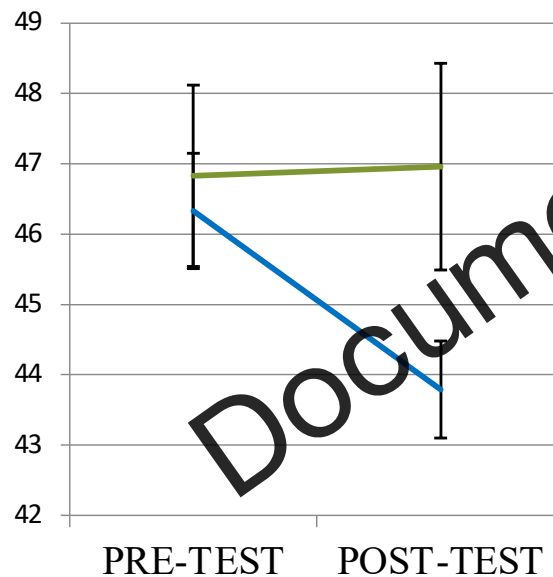


- Groupe contrôle – Groupe expérimental

+ Résultats comportementaux

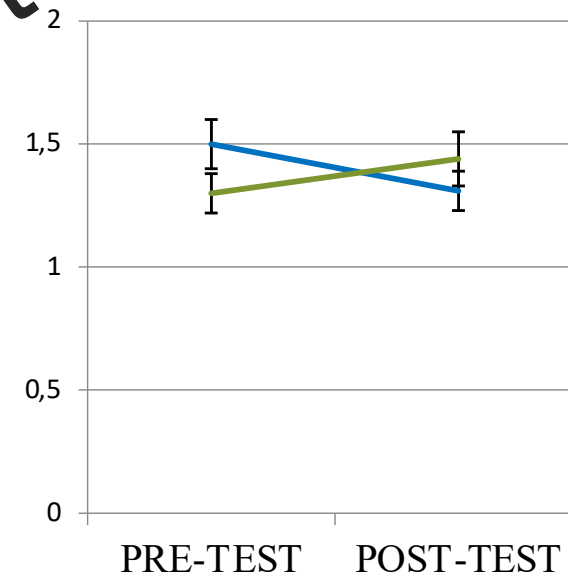
Questionnaires

Conners Instit
Inattention



Jeu de cartes

Affects
négatifs



- Groupe contrôle – Groupe expérimental



Etude sur les enfants avec TEC

Volckaert & Noël, 2016, J of Psych Abnorm

- 34 enfants présentant des TEC (CBCL > 21 pour troubles externalisés)
 - 17 enfants dans le groupe contrôle (liste d'attente)
 - 17 enfants dans le groupe expé.
 - 2 séances de 45' par semaine, pendant 8 semaines
 - Mesure avant, après entraînement, puis 4 mois après

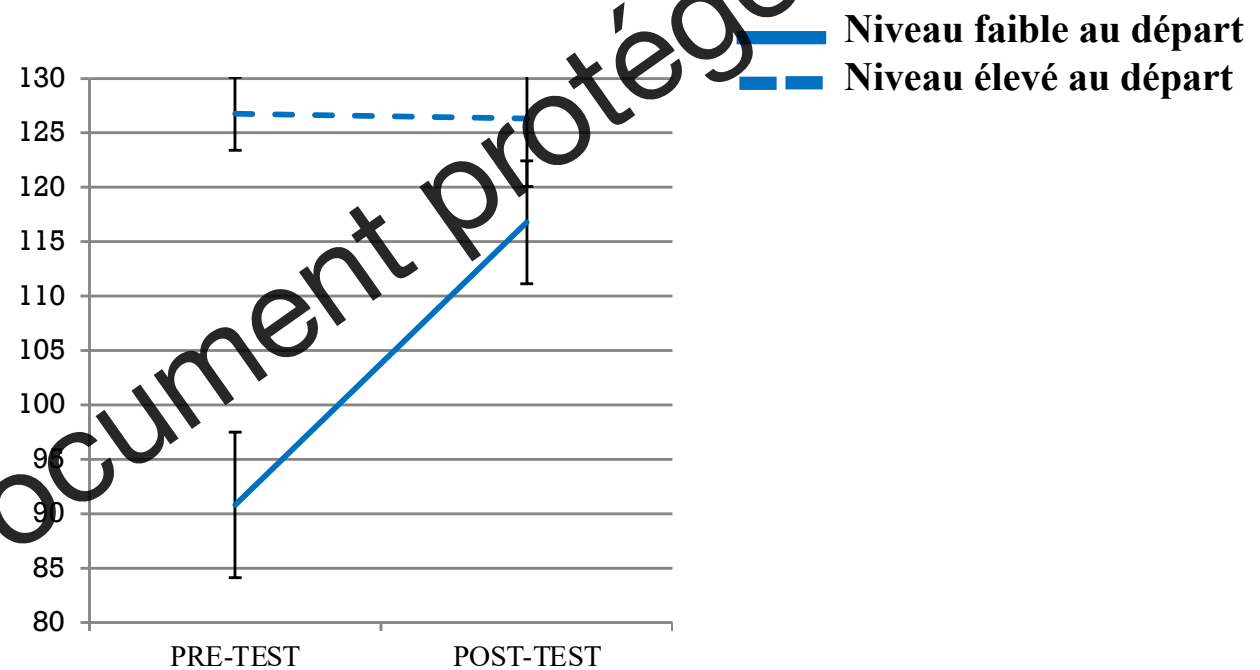
Document protégé



+ Résultats

41

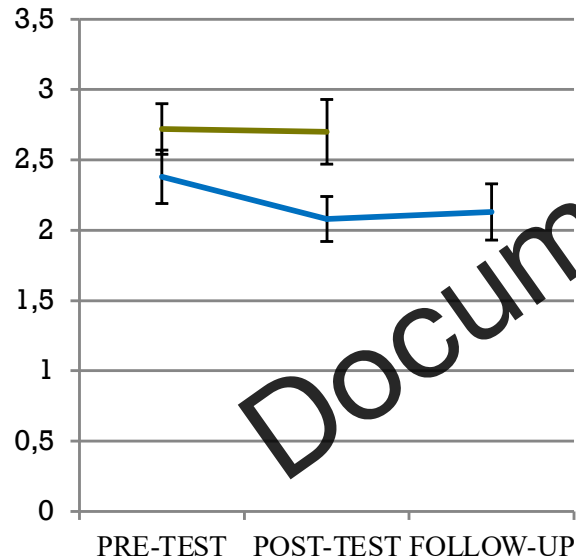
Inhibition



Temps*Niveau Inhibition significatif: $p=.010$

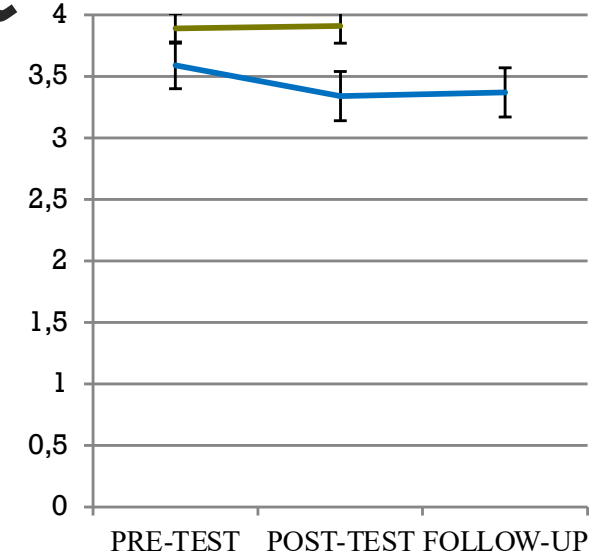
+ Résultats

**CHEXI Parent
problèmes de MdT**



Temps*Groupe marginal: $p=.058$

**CHEXI Parent
Problèmes
d'inhibition**



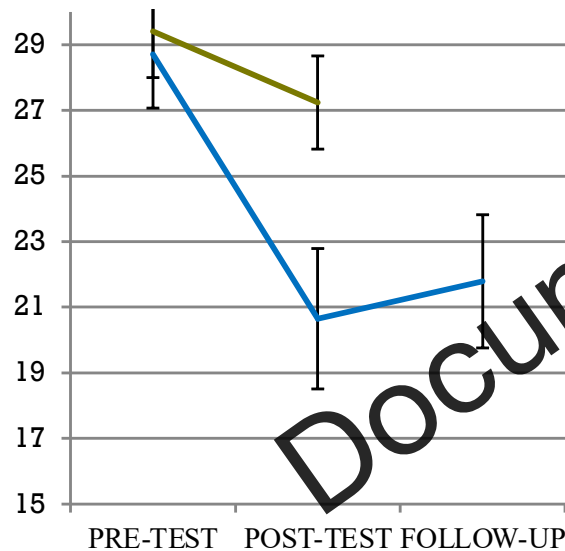
Temps*Groupe marginal: $p=.082$

- Liste d'attente – Groupe expérimental

+ Résultats – questionnaires comportementaux

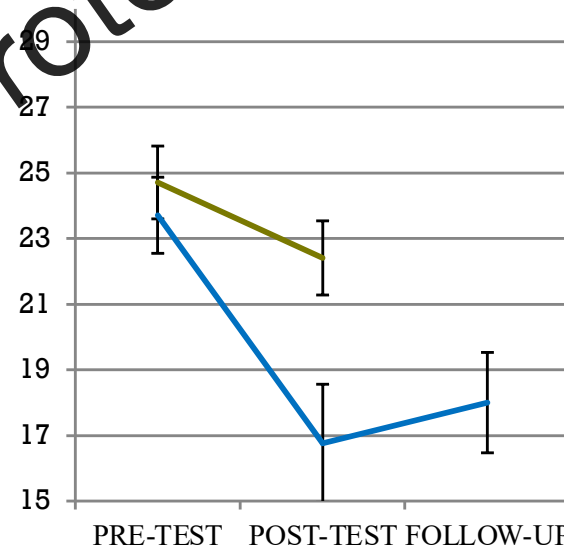
43

**CBCL
TEC**



Temps*Groupe significatif: $p=.008$

CBCL Cpts agressifs



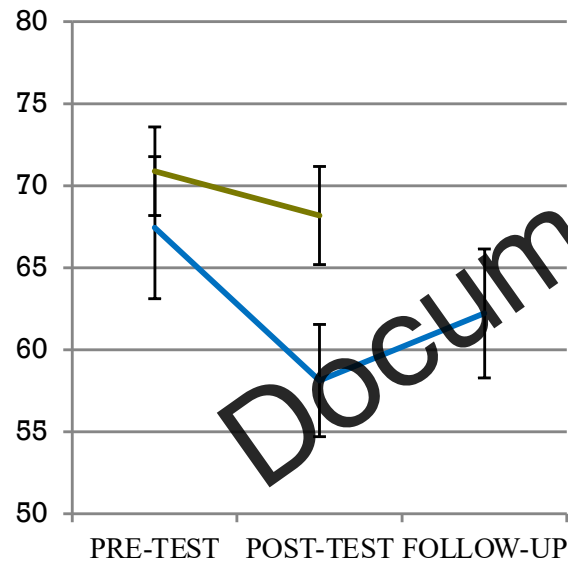
Temps*Groupe significatif: $p=.008$

- Liste d'attente – Groupe expérimental

+ Résultats Enfants Difficiles

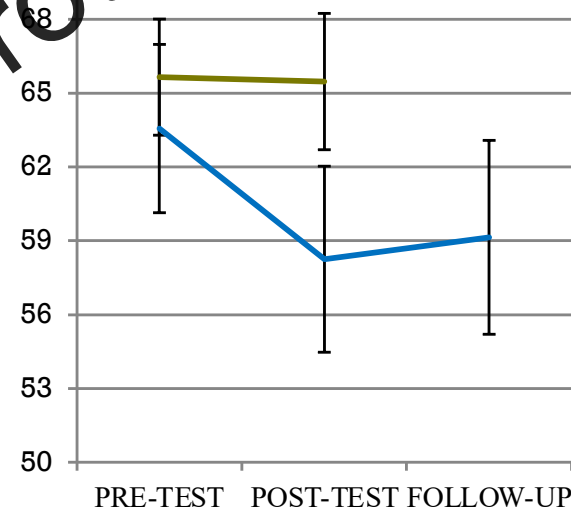
Questionnaires comportementaux

Conners Parent
Hyperactivité



Temps*Groupe marginal: $p=.061$

Conners Parent
Impulsivité



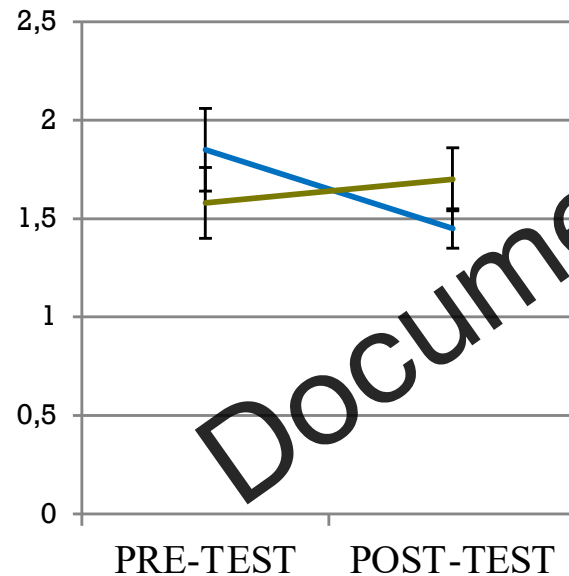
Temps*Groupe marginal: $p=.084$

- Liste d'attente – Groupe expérimental

+ Résultats – paradigme d'observation

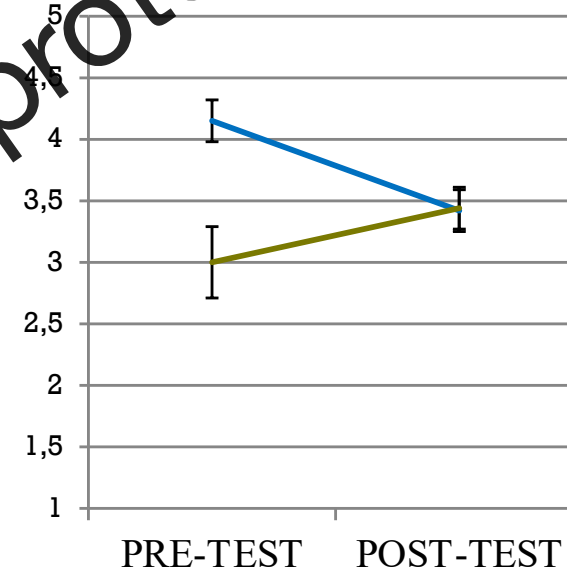
Jeu de cartes (codé par un juge « aveugle »)

Affects négatifs



Temps*Groupe significatif: $p=.045$

Agitation



Temps*Groupe significatif: $p=.004$

- Liste d'attente – Groupe expérimental

+ conclusion

Document protégé





Merci pour votre attention !

Document protégé

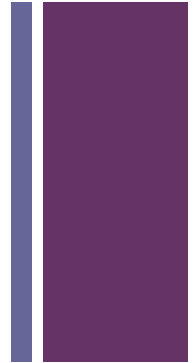


Improving executive function in childhood: evaluation of a training intervention for 5-year-old children.

(Traverso & al., Frontiers, 2015)

- Enfants de 5 ans, de milieux socio-économique bas
- 43 enfants dans le groupe contrôle (activités scolaires habituelles)
- 32 enfants dans le groupe expérimental: training par groupes de 5 à l'école
 - 12 sessions de 30 minutes (3 x par semaines, sur un mois)
 - Jeux-défis impliquant les FE (inhibition, WM, flexibilité, planification)
 - Chaque séance se termine par un moment de métacognition: perception de la qualité de ses propres FE lors de la séance et partage de stratégies utiles

Document protégé



+ Mesures pré-post training

■ Hot EF

- Délais avant d'ouvrir un cadeau
- Ne pas regarder alors que qq emballe bruyamment un cadeau

■ Inhibition

- Dessiner un cercle normalement vs. le plus lentement possible
- Matching figure task: choisir l'image identique, bien examiner les leurres
- Appuyer du côté de la direction marquée par une flèche centrale entourée de deux autres

■ Flexibilité

- Go_no-go: répondre (1) quand bleu mais pas rouge, (2) quand étoile et pas balle, (3) quand étoile bleue (et pas quand balle bleue ou rouge ou étoile rouge)
- Heart and flowers de Diamond

■ Mémoire

- Mots à rebours
- Monsieur concombre (calepin VVSP)
- 6 images vues, se souvenir de la dernière, ou de la dernière de chacune de deux catégories (fruits-vêtements)

Document protégé



		Post-Training assessment		Group effect		
	Group	Mean	SD	F	Direction	Effect size
DELAY OF GRATIFICATION						
Delay time	Control	0.83	0.62	8.61**	Training > Control	0.70
	Training	1.25	0.57			
Gift wrap time	Control	33.72	18.90	8.41**	Control > Training	0.65
	Training	22.08	16.62			
Gift wrap violations	Control	2.14	2.02	0.07	No difference	0.44
	Training	2.11	1.87			
INHIBITION						
Circle	Control	0.37	0.25	7.38**	Training > Control	0.35
	Training	0.46	0.26			
Matching time	Control	0.73	0.28	3.03	No difference	0.44
	Training	0.84	0.19			
Matching errors	Control	13.02	6.93	5.10*	Training > Control	.45
	Training	10.28	4.61			
Arrow flanker time	Control	888.57	7.96	4.14*	Training > Control	0.61
	Training	820.95	6.41			
Arrow flanker acc.	Control	11	3.93	0.42	No difference	0.28
	Training	12.09	3.77			
SHIFTING						
Go/No-Go time	Control	711.41	194.41	0	No difference	0.02
	Training	714.71	177.43			
Go/No-Go accuracy	Control	5.31	2.22	0	No difference	0.16
	Training	5.94	2.02			
Dots time	Control	1125.28	322.36	3.3	No difference	0.14
	Training	1168.77	292.99			
Dots accuracy	Control	12.44	3.82	6.04*	Training > Control	0.53
	Training	14.59	3.14			
WORKING MEMORY						
Backward span	Control	1.98	0.64	4.13*	Training > Control	0.43
	Training	2.22	0.42			
Mr. Cucumber	Control	1.83	0.62	1.54	No difference	0.27
	Training	2.01	0.66			
Keep track	Control	3.78	2.14	8.03**	Training > Control	0.65
	Training	5.34	2.69			



En résumé



- L'entraînement de l'attention et de l'inhibition sont efficaces
- En cas de double trouble, il vaut mieux traiter d'abord l'inhibition
- Inhibition motrice et cognitive peu dissociées
- Ces rééducations peuvent avoir un impact sur le comportement de l'enfant, sur sa performance dans des tests cognitifs (QIP et fonctions exécutives)