

La dyscalculie développementale: des facteurs numériques et des facteurs cognitifs généraux

Marie-Pascale Noël
Marseille, 2013, SOFTAL

Prévalence



Entre 6 et 13 % suivant les critères de sélection utilisés :

- Gross-Tsur et al. (1996)
 - 3029 enfants de 4^{ème} primaire
 - Critères
 - score moyenne obtenue par un groupe d'enfants 2 années scolaires en dessous
 - $QI > 80$
 - 6,5 % d'enfants dyscalculiques
 - ratio filles-garçons 11 :10
 - QI de performance = 102,4 & QI verbal = 94,8

Manifestations des DC

- Erreurs dans le dénombrement
- Lecture et écriture des nombres
 - Erreurs en lecture (85 => *quatre-vingt-dix*) ou écriture de nombres (*Cinquante mille nonante* => 5090)
- Faits arithmétiques: 3+6; 9-2; 4x3; 12:3
 - Plus d'erreurs de comptage et de récupération
 - Stratégies immatures (comptage sur les doigts, counting all au lieu de min, etc.)
 - Moins de récupération en mémoire à long terme
 - TR plus longues
- Procédures de calcul
 - Difficultés dans la maîtrise des algorithmes sous-jacents à la résolution d'opérations écrites en colonnes

HYPOTHÈSE 1

UN DÉFICIT DE LA REPRÉSENTATION DE LA MAGNITUDE NUMÉRIQUE

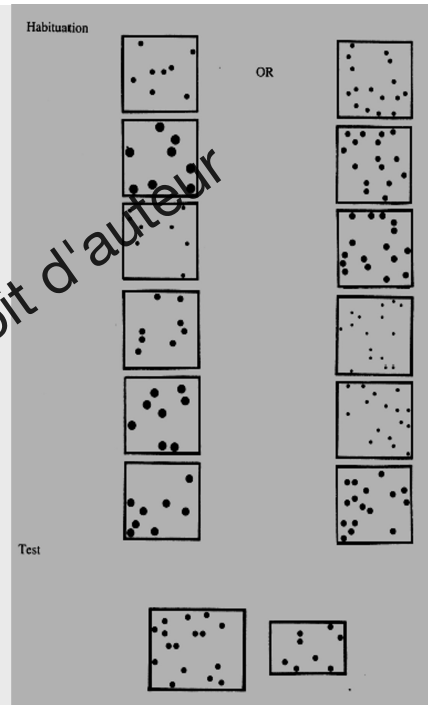


Xu & Spelke (2000):

- 6 mois: discrimination entre 8/16 mais pas 8/12
- Rapport de 2:1

Wood & Spelke, 2005; Lipton & Spelke, 2003; 2004

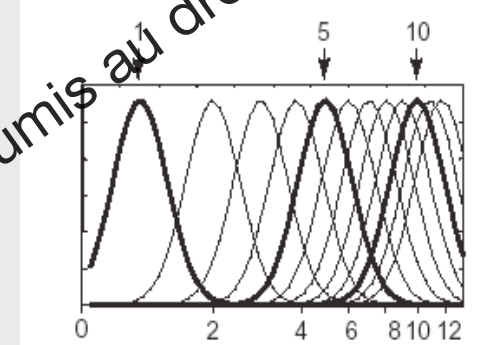
- 9 mois: 8 ≠ 6, 8 ≠ 12, 16 ≠ 24
- Rapport de 3:2



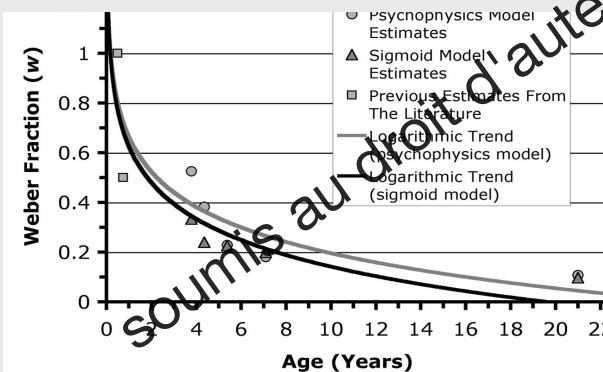
Métaphore de la ligne analogique (Dehaene)

- Ligne analogique suivant la loi Weber: compression vers les grands nombres

(b) Logarithmic model with fixed variability



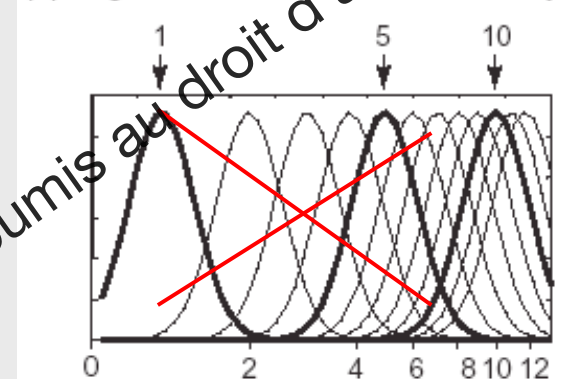
Acuité



Halberda, Feigenson, 2008, Devlp Psych

Facteur cognitif numérique:
Déficit de l'ANS (approximate number system)

(b) Logarithmic model with fixed variability

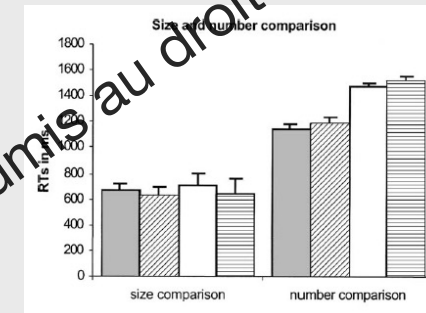


Etude de groupe (Landerl et al., 2004)

- Comparaison de 4 groupes (8-9 ans, QI =)
 - 18 enfants contrôles
 - 10 enfants dyslexiques (DL, < Pc 25 en lecture)
 - 10 enfants dyscalculiques (DC, < -3E pour la résolution de FA)
 - 11 Double déficit dyscalculique-dyslexique (DC-DL)

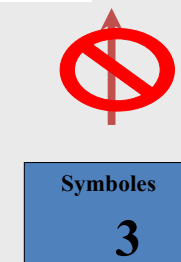
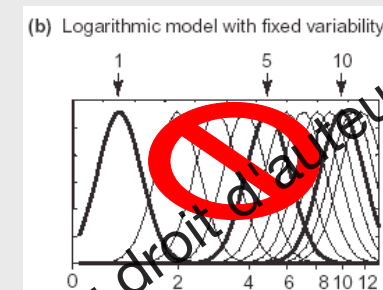
Etude de groupe (Landerl et al., 2004)

- Dyscalculique et Double déficit : lenteur dans
 - la comparaison de nombres arabes
 mais pas dans le jugement de taille physique



Landerl, Bevan & Butterworth (2004):
Dysfonctionnement du
« number sense »

Mais les tâches proposées impliquent la manipulation des symboles
numériques (nombres arabes)



Facteur numérique : De la magnitude aux symboles

• Population

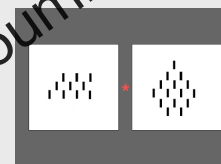
- 45 enfants DC : score < Pc 15 dans un test de match
- 16 d'entre eux sont aussi DL
- 45 enfants contrôles
- Paires sur
 - Age (7 ans),
 - Niveau intellectuel (WISC),
 - Etablissement scolaire (2^{ème} primaire, donc CE1)

Rousselle & Noël (2007), Cognition

- Traitement des quantités à partir de symboles

2 5

- Traitement des quantités à partir de collection

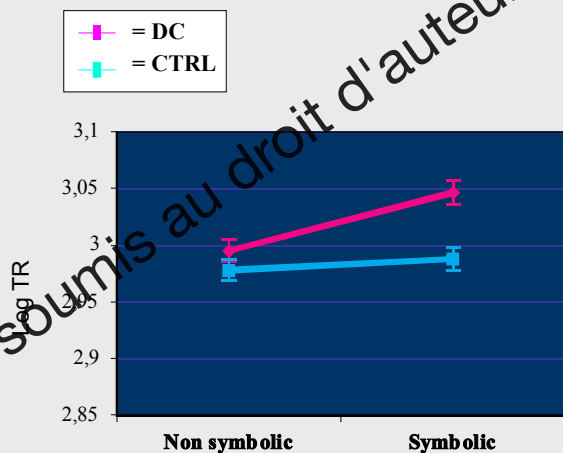


Condition Facile



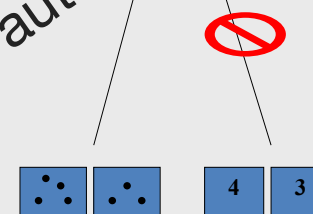
Condition Difficile

Format de présentation



Conclusion

Magnitude representation



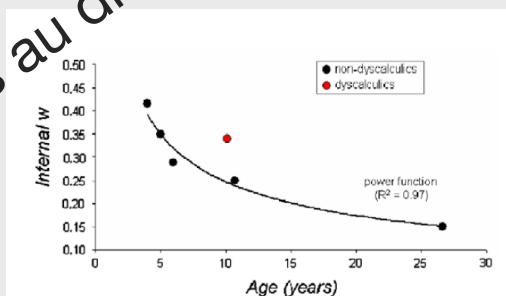
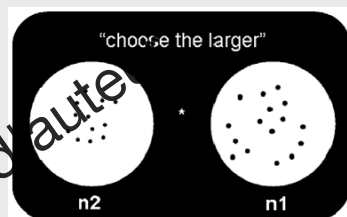
⇒ La représentation de la magnitude est préservée

⇒ Difficultés à accéder à la représentation de la magnitude à partir de codes symboliques

Acuité numérique réduite

Population

- Enfants de 3 à 6 ans
- Enfants DM (10 ans)
- Enfants contrôles (10 ans)
- 20 adultes



Piazza, M., Facoetti, A., & al, *Cognition*, 2010

Relevé des études

	age	symbolique	Non-symbolique
De Smedt & Gilmore (2011)	6 ans		
Rousselle & Noël (2007)	8 ans		
Landerl & al. (2004)	8-9 ans		
Iuculano et al. (2008)	8-9 ans		
Piazza	10 ans		
Mussolin, Melias & Noel (2010)	10-11 ans		
Price & Ansari (2007)	12 ans		

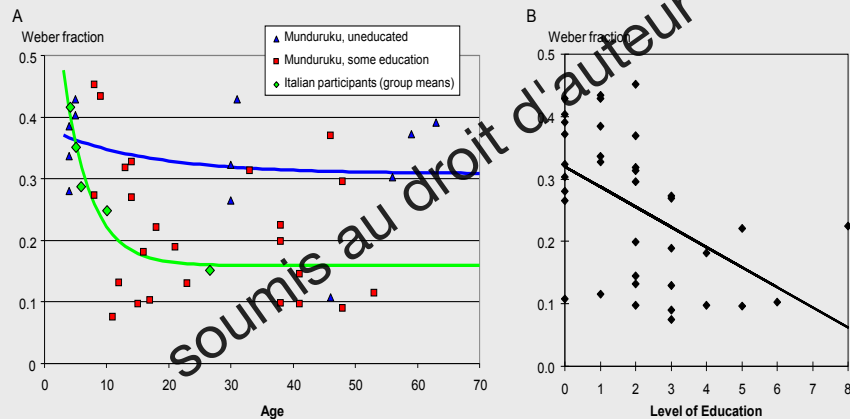
Relevé des études

	age	symbolique	Non-symbolique
De Smedt & Gilmore (2011)	6 ans	DC<C	
Rousselle & Noël (2007)	8 ans	DC<C	
Landerl & al. (2004)	8-9 ans	DC<C	
Iuculano et al. (2008)	8-9 ans	DC<C	
Piazza	10 ans	-	
Mussolin, Melias & Noel (2010)	10-11 ans	DC<C	
Price & Ansari (2007)	12 ans	-	

Relevé des études

	age	symbolique	Non-symbolique
De Smedt & Gilmore (2011)	6 ans	DC<C	DC=C
Rousselle & Noël (2007)	8 ans	DC<C	DC=C
Landerl & al. (2004)	8-9 ans	DC<C	-
Iuculano et al. (2008)	8-9 ans	DC<C	DC=C
Piazza	10 ans	-	DC<C
Mussolin, Melias & Noel (2010)	10-11 ans	DC<C	DC<C
Price & Ansari (2007)	12 ans	-	DC<C

- Les 1ers déficits ne sont pas observés dans les tâches non-symboliques
 - Pas dus à un déficit de l'ANS
 - Les 1ers déficits sont observés dans les tâches symboliques
- Noël & Rousselles, *Frontiers in Human Neur*, 2011



Piazza & al. Psych Science 2013 21



UN FACTEUR COGNITIF GÉNÉRAL: LA SENSIBILITÉ À L'INTERFÉRENCE EN MÉMOIRE



Alice De Visscher

22

Introduction Case study Hypotheses Group study Conclusions

Le cas de DB

- Femme de 43 ans
- Bilingue français-néerlandais, plus connaissances de plusieurs autres langues
- Diplôme de Master en communication & marketing + MBA
- Part-time dans le business management
- 1995 : Diagnostiquée comme haut potentiel et dyscalculie développementale

23

Introduction Case study Hypotheses Group study Conclusions

Difficultés

- Depuis l'école primaire
- Calcul mental très difficile
- Énormes difficultés pour apprendre les multiplications
- Difficultés globales avec les nombres à retenir: les dates historiques, le nombre d'atome des éléments ...
- Utilise actuellement de nombreux outils de compensation: comptage sur les doigts, calculatrice, excell, smart phone...

24

Evaluation cognitive générale

Functions	Compared to mean
General -WAIS-R	VIQ : 115 PIQ : 131
Attention	
Selective Visual attention	OK
Divided Attention	OK
Sustained Attention	OK
Executive functioning	
Cognitive inhibition	OK
Behavioral inhibition	OK
Planning	OK
Cognitive flexibility	OK
Memory	
Working memory (WM)	
Central executive	
Digit span backward	OK
Brown peterson	KO
Verbal Short Term Memory	OK
Visual Short Term Memory	OK
Verbal episodic memory	OK
Visual episodic memory	OK
Visuo-constructive processing	OK
Reading	OK
Motor speed	OK
Finger gnosis	OK

Note: OK = above -1SD for all measures (speed, accuracy)

Brown Pettersson

Experimenter

DB

MQC:

3-5,7-2,9-1,5-7

5-3, 2-7, 1-9, 7-5,

MQC

FJK:

2-6, 3-4, 6-3

6-2, 4-9, 3-6

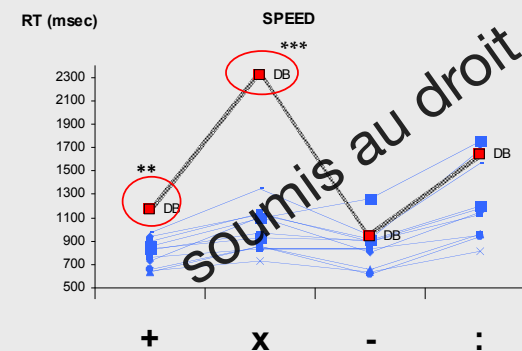
MJK

Profil Mathématique

Tests	Z-Score
Accuracy	RT
General battery (Rubinsten & Henik, 2005)	+1.09 -5.56***
Arithmetic facts	
Dyscalculia Screening, Butterworth, 2003	
Verification of additions	+0.30 -1.89
Verification of multiplications	-0.70 -5.34***
Single-digit additions	+0.13 -3.13**
Single-digit multiplications	-1.42 -7.43***
Single-digit subtractions	+0.16 -0.46
Divisions (inverse of multi)	-1.46 -1.36
Conceptual knowledge of mathematics (UCL calculation battery, Seron et al., 2001)	[0-+0.71]
Encyclopaedic numerical knowledge (UCL calculation battery, Seron et al., 2001)	-9.06*** -2.28*

Déficit des FA

Tâches de production, en octobre 2010 et en mars 2011
Multiplication: RT: $r(65)=0.612^{***}$



Déficit stable

+ déficit dans un jugement d'appartenance aux tables => faible encodage des FA

Question

Qu'est-ce qui peut empêcher la mémorisation des FA?

29

H 1. La représentation de la magnitude numérique?

- Tâches d'estimation (Mejias, Grégoire & Noël, 2012)
- Tâches de comparaison de magnitude numérique
 - Symbolique (chiffres arabes)
 - Non-symboliques (collections de points)

Aucun soucis chez DB ni en termes de TR,
ni en termes d'erreurs

30

Hypothèse 2. Un problème de mémorisation de routines verbales ?

- Dehaene et al. (2003)
 - AF sont codés sous forme de routines verbales

31

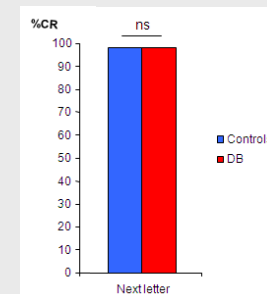
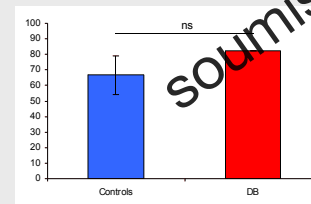
Routines verbales

- Plurilingue
- QIV=115, MCT verbale +2 σ , MLT verbale $\{-1, +1\}$
- Lecture précision: -0.24 σ & vitesse +0.17 σ (Phonolec)

Complétion d'expressions verbales

Donner la lettre qui suit»

« Avoir les yeux plus gros que ... »?

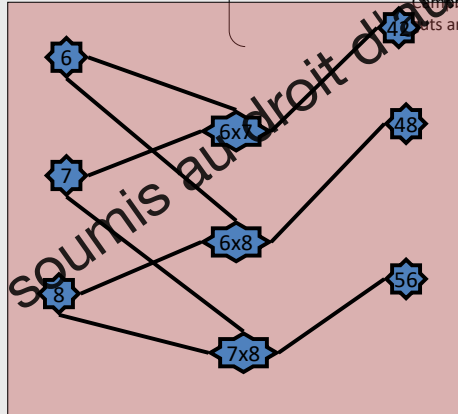


32

Hypothèse 3. Sensibilité à l'interférence

Modèles connexionnistes et interférence dans FA

Campbell (1992)
Verguts and Fias (2005)



33

Hypotheses 3. Central executive deficit

Interference hypothesis

Modèles Connectionnistes et interférence dans les FA:

Campbell (1992)
Verguts and Fias (2005)

Modèles de MdT:

interference-based forgetting
Lewandowsky, Geiger, Morrel & Oberauer (2010)
Jonides & Nee (2006)
Yonelinas (2002)



34

Hypothèse 3. Sensibilité à l'interférence

Modèles Connectionnistes et interférence dans les FA :

Campbell (1992)
Verguts and Fias (2005)

Modèles de MdT :

interference-based forgetting
Lewandowsky, Geiger, Morrel & Oberauer (2010)
Jonides & Nee (2006)
Yonelinas (2002)

- FA sont des associations entre items très similaires, qui partagent des traits et donc, susceptible d'interférence....ce qui perturbe l'encodage
- Une grande sensibilité à cette interférence, pourrait-elle expliquer une difficulté d'encodage des FA?

35

Sensibilité à l'interférence

Memorization d'associations avec faible ou forte interférence

Echelle de mémoire de Wechsler III
Paires associées faible interférence

Échange – flèche
insecte – noix
reptile – clown
banque – film
étoile – échelle
souris – papier
rose – sac
éléphant – verre

%OR

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

Low (WMS)

High

Controls

DB

Noms prénoms - paires verbales associées avec forte interférence

Schmidt Sam
Bastin Bill
Devos Fred
Theys Tom
Mertens Laurent
Van Bell Thierry
Smets Luc
Timmermans John

Bourdeau (promotor Noël, master thesis 2006)

• Mémorisez

- Louis et Pierre habitent rue Emile Jean
- Pierre et Jacques habitent rue Louis Denis
- Jean et Jacques habitent rue Emile Pierre
- Denis et Jean habitent rue Louis Denis

• Remplacez

- Emile: 1 Louis: 2
- Jacques: 3 Denis: 4
- Jean: 6 Pierre: 8

• Cela donne

- $2 \times 8 = 16$
- $8 \times 3 = 24$
- $6 \times 3 = 18$
- $4 \times 6 = 24$

37

Introduction

Case study

Hypotheses

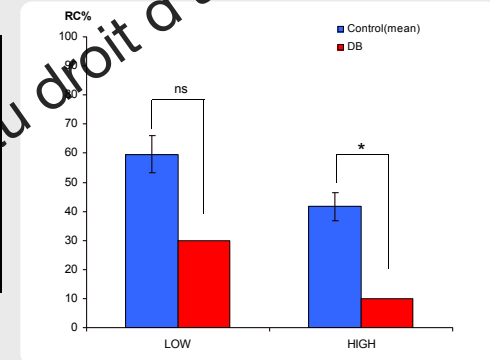
Group study

Conclusions

Sensibilité à l'interférence

- Memorisation d'associations avec haute ou plus basse interférence
 - => partage de traits

Frank	Baumans	Togo	Low
Gilles	Arlot	Bénin	High
Jean	Collard	Laos	High
Charles	Vasseur	Ghana	Low
Claude	Boudot	Thaïlande	Low
Tom	Mellant	Vietnam	Low
Luc	Collard	Japon	High
Gilles	Tilmant	Corée	High
Marc	Pillon	Kenya	Low
Luc	Arlot	Niger	High
Jean	Tilmant	Mali	High
Paul	Dandois	Népal	Low



38

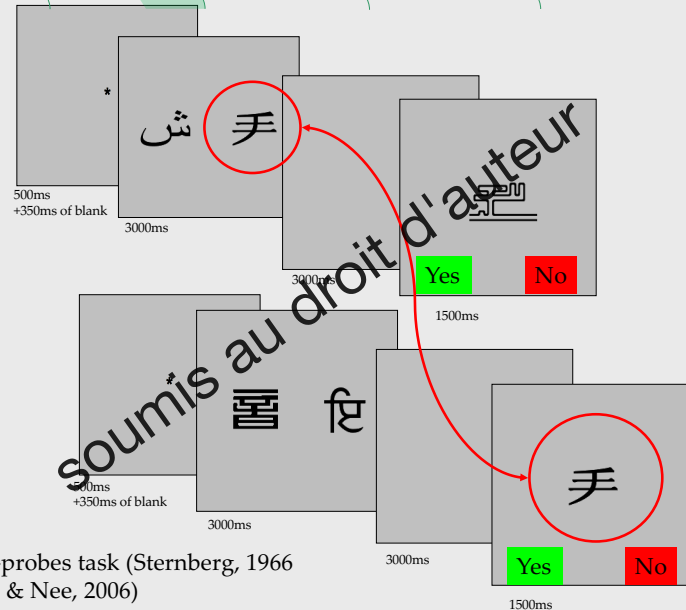
Introduction

Case study

Hypotheses

Group study

Conclusions



39

Introduction

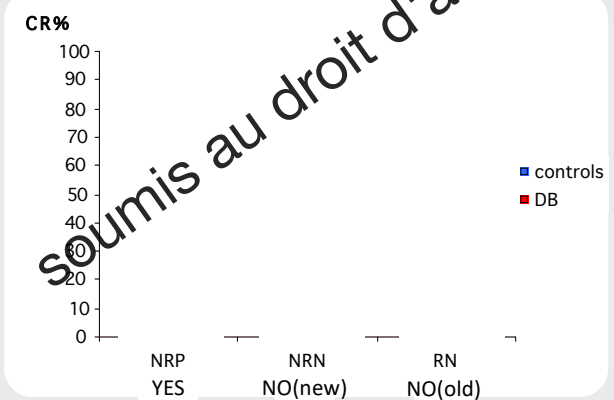
Case study

Hypotheses

Group study

Conclusions

Recent-probes task: resultats



40

Conclusion

- La difficulté de DB à mémoriser les FA
 - N'est pas due
 - à un déficit de la représentation de la magnitude numérique
 - À un problème de mémoire des routines verbales
 - Est associée à une hypersensibilité à l'interférence.

41



Etude de groupe

- Objectif:
 - Tester cette hypothèse chez des enfants qui apprennent les FA
- Méthode
 - Participants: Parmi 101 enfants de 4^{ème} année,
 - 23 pauvre fluence en AF (multi et add, control de la vitesse de traitement)
 - 23 bonne fluence, parmi en classe, sexe (> 1 SD)
 - Tâches
 - Mesure confirmatoire: multiplication sur ordi
 - Mesure contrôle: Concept en images (WISC-IV, Wechsler, 2003)
 - Tâche expérimentale: mesure de l'interférence proactive en mémoire associative

42

Description des groupes

Tâches	Pauvres FA	Bons FA	p-value
--------	------------	---------	---------

43

Description des groupes

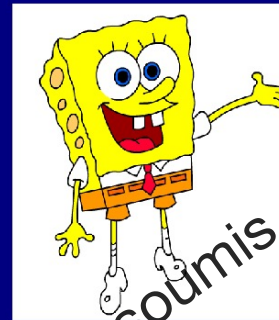
Tâches	Pauvres FA	Bons FA	p-value
--------	------------	---------	---------

44

Paradigme d'interférence

- Vous allez voir trois personnages dans trois lieux: vous devez mémoriser qui se trouve où
- Après la présentation de ces 3 personnages, vous verrez trois propositions du type « Asterix était dans le magasin » et devrez répondre vrai ou faux
- Dès que l'écran devient bleu, oubliez ce que vous avez appris, on vous présente de nouvelles associations personnage - lieu à mémoriser.

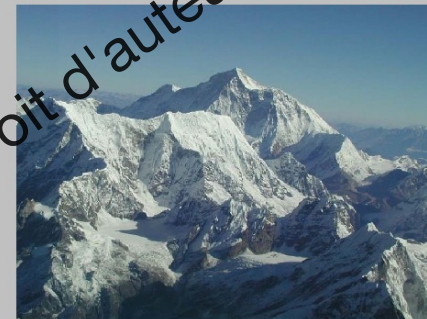
45



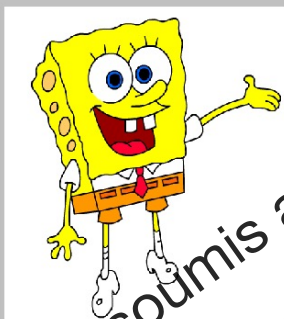
Vérification



VRAI



FAUX



VRAI



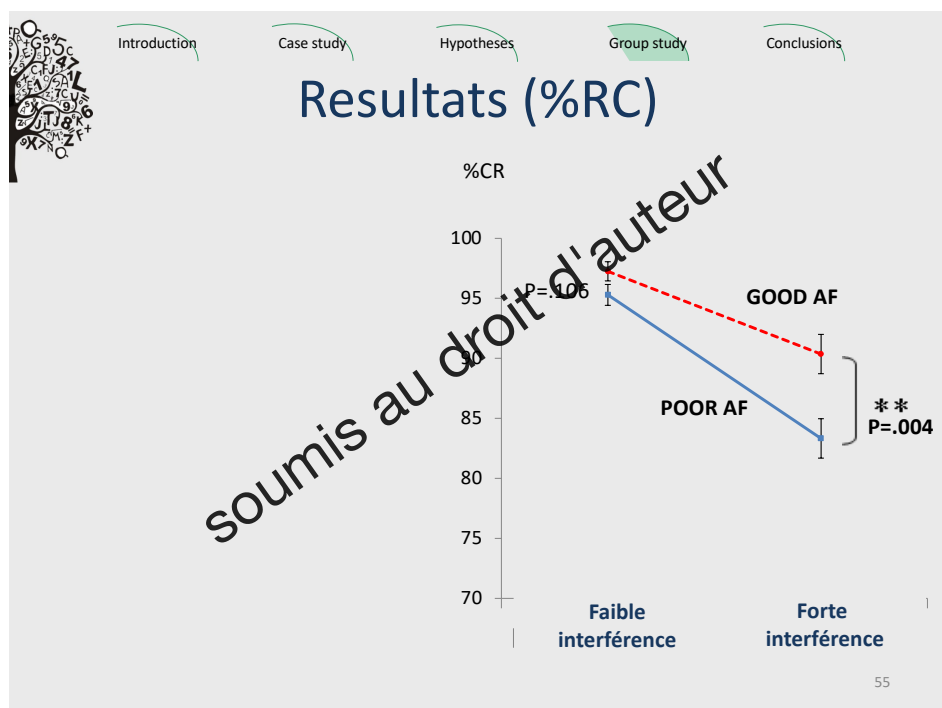
FAUX



VRAI



FAUX



- Introduction Case study Hypotheses Group study Conclusions
- Conclusions
- Les enfants avec faible réseau de FA montrent une plus grande sensibilité que les enfants contrôles à l'interférence en mémoire
 - Cette hypersensibilité à l'interférence pourrait expliquer leur difficulté à mémoriser les FA qui partagent de nombreux traits en commun
 - NB: ce ne serait pas un problème général de mémoire associative: cfr; pas de $\neq$ entre les deux groupes pour les items peu interférents
- soumis au droit d'auteur
- 56

Conclusion

- La dyscalculie ou les dyscalculies et Profils hétérogènes
- À la fois rôle de facteurs spécifiquement numériques comme la représentation de la magnitude numérique ou l'activation de cette représentation à partir des symboles
- À la fois des facteurs cognitifs généraux qui vont jouer dans ce domaine particulier, étant donné ses caractéristiques

57

Merci de votre attention !

soumis au droit d'auteur

58