

La dyscalculie développementale: à l'interface de l'orthophonie et de la neuropsychologie

Marie-Pascale Noël
SNLF – Paris- 27/11/2017

À l'interface de l'orthophonie ...



- Impact de la structure de la langue
 - Base 10 très transparente (ex, chinois)
 - Meilleure acquisition de la chaîne numérique verbale (Miller et al., 1995)
 - Meilleure compréhension de la base 10 (Miura, & al, 1988)
 - marques pour le singulier, le duel, et le pluriel au-delà de la paire (ex slovaque)
 - Compréhension plus rapide de la valeur cardinale du mot « deux » (tâche donne-moi)

- Impact des capacités langagières
 - Enfants SLI (dysphasiques ou retard) <
 - chaîne numérique verbale, dénombrement (Fazio, 1994) et calcul (Donlan, 2007)
 - Mais dans la norme pour les tâches approximatives sur du matériel non-numérique (comparaison de collections de points, ou calcul approximatifs (Nys, Content et Leybaert, 2013)
 - Compétences phonologiques
 - évaluée à 4 et 5 ans corrèle avec les compétences mathématiques en CP (Alloway & al., 2005; Simmons et al., 2008)
 - Enfants et adultes dyslexiques sans dyscalculie: moins de récupération de faits multiplicatifs en MLT et récupération moins efficace (Boets et De Smedt (2010)

...et de la neuropsychologie



- Dyscalculie ou niveau de performances en mathématiques liés
 - Aux capacités des fonctions exécutives
 - Aux capacités visuo-spatiales
 - Aux capacités de mémoire à court termes
 - Aux capacités de gnosies digitales
- => rôle des facteurs cognitifs généraux, non langagiers

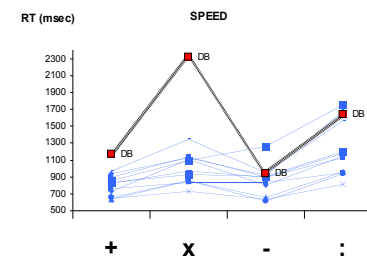
Sensibilité à l'interférence

- **DB:** Femme de 43 ans
- Multilingue
- Diplôme de Master en communication & marketing + MBA
- 1995 : Diagnostiquée comme haut potentiel et dyscalculie développementale
- Difficultés en calcul depuis l'école primaire; surtout pour apprendre les multiplications et retenir les nombres (dates, ...)

DeVisscher & Noël, Cortex 2013

Profil Mathématique

Tests	Z-Score	
	Accuracy	RT
General battery (Rubinsten & Henik, 2005)	+1.09	-5.56***
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*



copyright

Pq cette difficulté d'apprentissage des faits Xifs?

- Profil cognitif sans problème (sauf Brown Petterson)
- Aucun problème de représentation de la magnitude numérique ?
- Aucun problème de mémoire verbale (FA encodés sous forme de routines verbales) ?

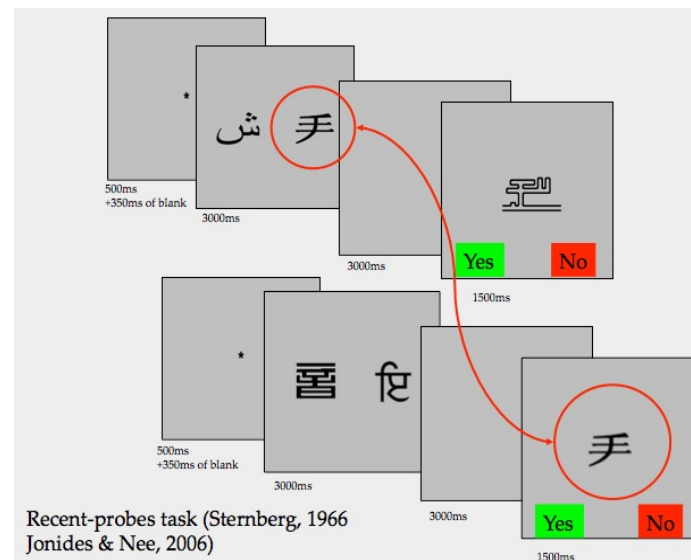
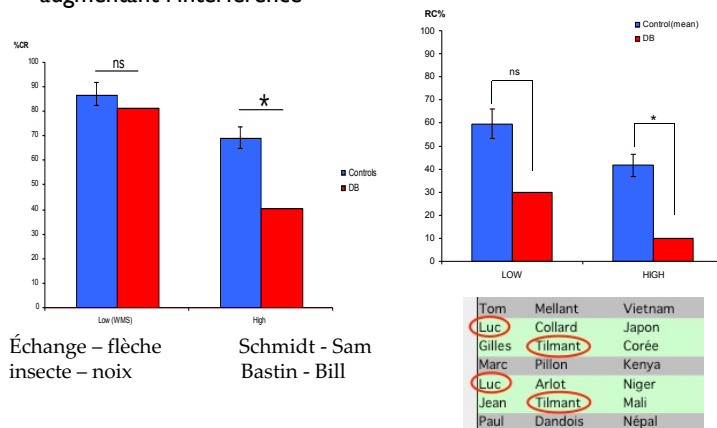
DeVisscher & Noël, Cortex 2013

- L'apprentissage des faits multiplicatifs
 - $2 \times 8 = 16$
 - $8 \times 3 = 24$
 - $6 \times 3 = 18$
 - $4 \times 6 = 24$
- Remplacez
 - 1 par Emile, 2 par Louis, 3 par Jacques, 4 par Denis, 6 par Jean, 8 par Pierre
- Et maintenant, 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
- => interférence en mémoire !!!

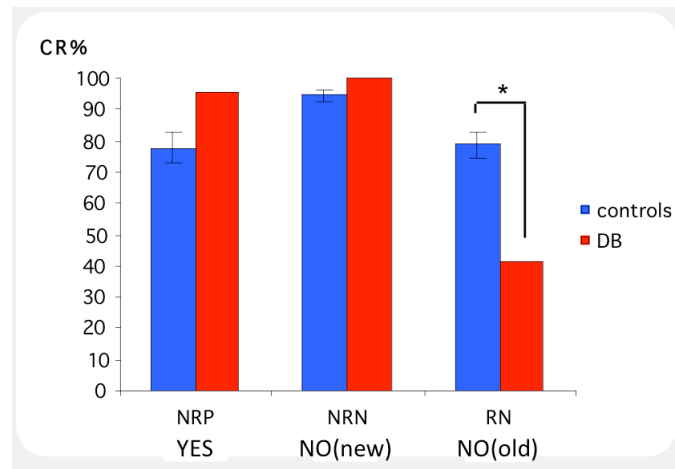


Sensibilité à l'interférence

- Dans la norme pour apprendre des paires de mots associées
- mais difficultés quand paires moins distinctes sur le plan sémantique (noms – prénoms) ou quand traits partagés, augmentant l'interférence



DeVisscher & Noël, Cortex 2013



DeVisscher & Noël, Cortex 2013

Etude de groupe

- Cette patiente n'a pas pu mémoriser les FA, à cause de son hypersensibilité à l'interférence
- Quid des enfants qui ont du mal à apprendre les faits multiplicatifs ?
- Participants:
- Parmi 101 **enfants de 4^{ième} année (CM1)**
 - 23 **mauvaise fluence en AF** (multi et add, control de la vitesse de traitement)
 - 23 **bonne fluence, pairés en classe, sexe (> 1 SD)**

De Visscher & Noël, 2014 Developmental Science

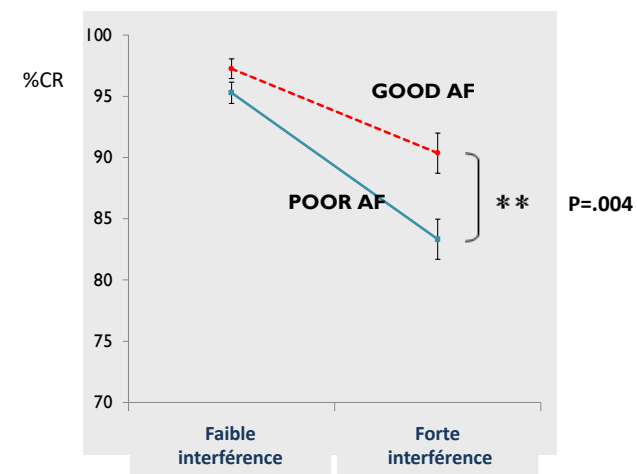
Description des groupes

Tâches	Pauvres FA	Bons FA	p-value
AGE (in months)	118.48 (4.80)	118.83 (2.44)	.758
Picture Concepts (SN)	13.22 (2.50)	12.70 (1.92)	.432
Fluencies			
Multiplication	11.87 (3.70)	23.17 (8.65)	<.001*
Simple addition	16.26 (4.83)	29.30 (4.58)	<.001*
Complex addition	4.57 (2.48)	8.48 (2.98)	<.001*
Computerized multiplication task			
%CR	84.66 (9.35)	95.05 (5.54)	<.001*
Median RT (msec)	3861 (1588)	2006 (509)	<.001*

* The p-value resists to the Bonferroni correction ($\alpha/7=.007$).

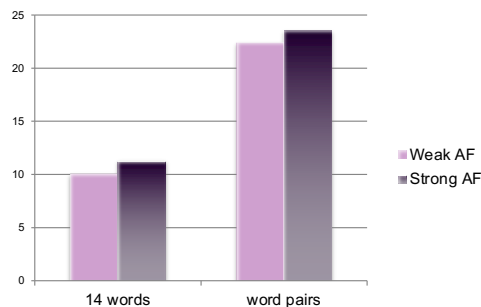
DeVisscher & Noël, Cortex 2013

Tâche de mémoire associative



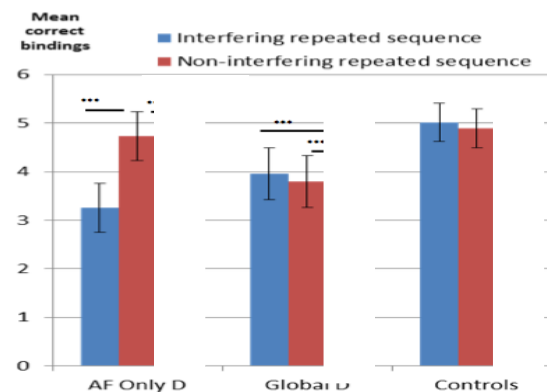
DeVisscher & Noël, Cortex 2013

- Ce n'est pas un problème général de mémoire (associative)
 - test de paires de WMS (8 paires, 3 x): pas de $\neq$
 - liste de mots de la CMS: 14 mots, 4 x: pas de $\neq$
- problème plus général de sensibilité à l'interférence ?
 - Non, pas de $\neq$ dans un Stroop couleur



De Visscher & Noël, 2014, *Journal of Experimental Psychology: General*

Spécifique aux dyscalculies marquées par des difficultés restreintes aux FA

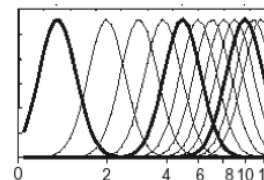


De Visscher, A., Szmalec, A., Van der Linden, L. & Noël, M-P. (2015). *Cognition*

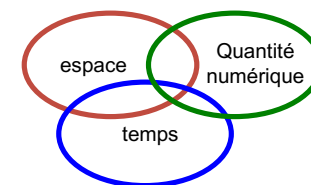
Une hypersensibilité à l'interférence en mémoire => difficultés importantes à se constituer un réseau de FA en MLT

A la base de la dyscalculie « pure », un problème d'ANS?

- La représentation de la magnitude numérique: *approximate number system* (ANS)



Dehaene, 1997

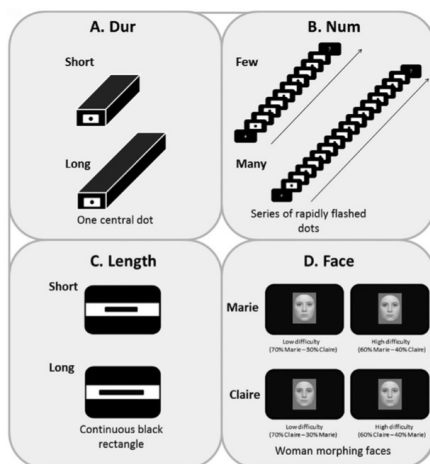


A theory of magnitude, Walsh, 2003

La dyscalculie: un déficit numérique ou de l'ATOM?

Tâches de catégorisation

- Durée:
 - court (550,600 ms)
 - long (850,0900 ms)
- Longueur d'un segment:
 - court (8 et 8,5 cm)
 - long (9 ou 9,5 cm)
- Numérique:
 - peu (5,6)
 - beaucoup (8,9)
- Visage (non magnitude)
 - Marie ou Claire ? 70-30% et 60-40% de l'une et l'autre



De Visscher, Noël, Pesenti & Dormal, J of learning Disabilities, 2017

Participants

- 15 sujets adultes contrôles (X=25 ans)
- 15 sujets adultes avec dyscalculie (X=26 ans)

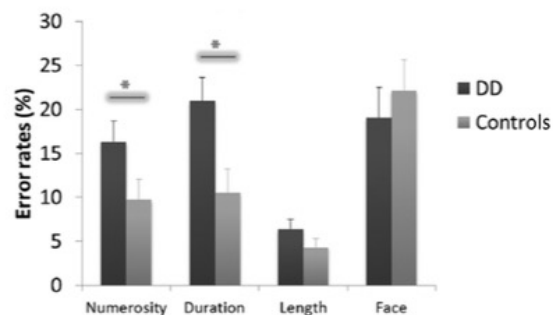
Variable	DD group M (SD)	Control group M (SD)	t(28)	p value
Reasoning score (Raven et al.)	21.5 (3.2)	23.7 (4.9)	-1.451	.158
General arithmetic test				
Number of errors	14.1 (5.5)	5.3 (3.7)	5.098	<.001
Total latency in seconds	1,049 (332)	782 (191)	2.704	.012
TTR				
Addition	29 (3)	34 (4)	-4.069	<.001
Subtraction	23 (4)	31 (3)	-5.421	<.001
Multiplication	21 (4)	29 (5)	-7.149	<.001
Division	16 (5)	29 (5)	-6.781	<.001
Mixed operation	20 (3)	30 (4)	-7.787	<.001

Note. Standard deviation shown in parentheses. TTR = Tempo Test Rekenen; DD = developmental dyscalculia.

De Visscher, Noël, Pesenti & Dormal, J of learning Disabilities, 2017

Résultats

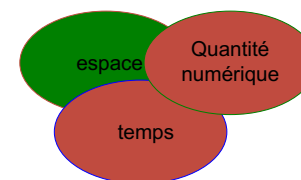
- Plus d'erreurs chez les dyscalculiques pour la comparaison numérique et de durée



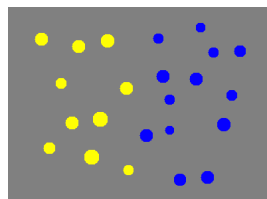
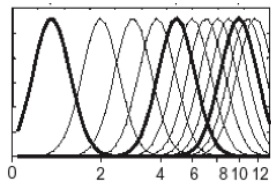
De Visscher, Noël, Pesenti & Dormal, J of learning Disabilities, 2017

Conclusion

- Les personnes dyscalculiques
 - Pas déficit exclusif de la magnitude numérique
 - Pas déficit de tout l'ATOM



copyright



- ANS est supposée amodale
- Mais influence de dimensions non-numériques sur la performance
- Impact des capacités visuo-spatiales sur la mesure de l'ANS?

Microdélétion 22q11.2

- Syndrome génétique avec de faibles capacités visuo-spatiales par rapport aux aspects langagiers
- impact sur le développement de l'ANS ou seulement sur sa mesure dans certaines conditions?

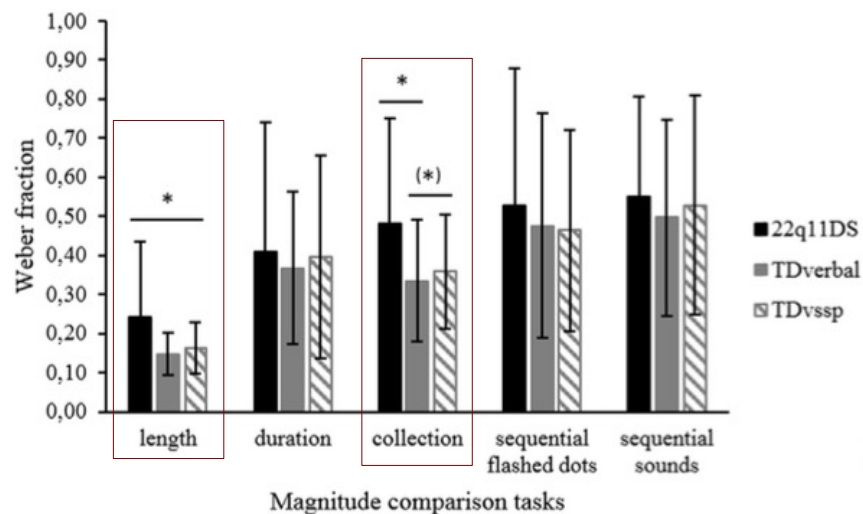
Attout, Noël, Vossius, Rousselle (2017) Neuropsychologia

- Participants
 - 27 patients 22q11 (5 à 23 ans, X=10 ans)
 - 27 contrôles appariés niveau verbal (similitude et vocabulaire, 3-13 ans, X=8 ans)
 - 27 contrôles appariés niveau visuo-spatial (construction de blocs, 3-12 ans, X=7 ans)

Attout, Noël, Vossius, Rousselle (2017) Neuropsychologia

- Tâches de comparaison
 - numériques
 - de collections (composante visuo-spatiale)
 - de deux séquences de points
 - de deux séquences de sons (pas visuo-spatial)
 - non-numériques
 - de deux longueurs (composante visuo-spatiale)
 - de deux durées de sons (pas visuo-spatial)

Attout, Noël, Vossius, Rousselle (2017) Neuropsychologia

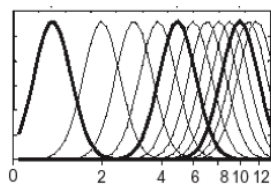


Performances plus faibles seulement pour les 2 tâches impliquant des processus visuo-spatiaux

Attout, Noël, Vossius, Rousselle (2017) Neuropsychologia

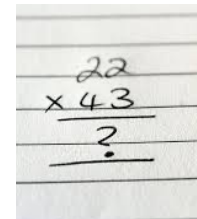
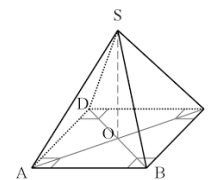
Conclusions:

- La mesure de l'acuité de la représentation numérique est fortement dépendante des modalités de présentation et de l'existence possible de déficits dans des processus de traitement de l'information



- ANS est supposée être orientée spatialement
- Chez nous: petits nombres à gauche
- Comment se met en place cette représentation du nombre chez des enfants avec difficultés visuo-spatiales?

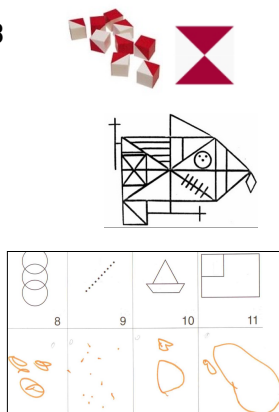
Difficultés numériques chez les enfants avec dyspraxie visuo-spatiale



- En géométrie (Mammarella et al., 2013)
- En calculs écrits (Venneri et al., 2003 & Mammarella et al., 2010)
- Quid dans des tâches qui évaluent la représentation de la magnitude numérique?

population

- 15 enfants **diagnostiqués** avec dyspraxie visuo-spatiale 10 $\pm$ 2 ans; 6-13 ans
- 15 enfants contrôles, même âge et même sexe
- 7 tests
 - QI Verbal:
 - Vocabulaire & similitude
 - QI non-verbal
 - Matrice & cubes
 - 2 tests de copie de dessin
 - NEPSY and Rey
- Questionnaire de capacités visuo-spatiales de Cornoldi



Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël (2015). *Research in Developmental Disabilities*.

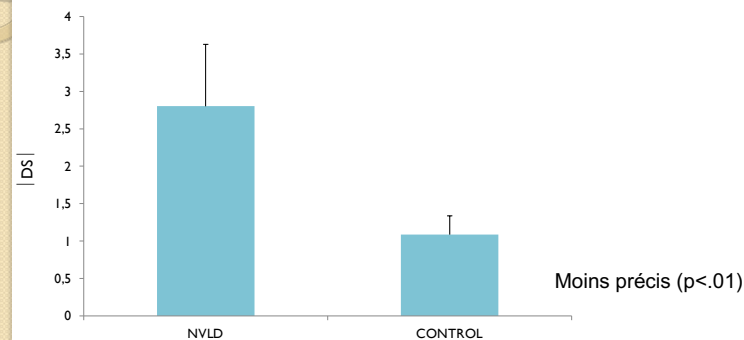
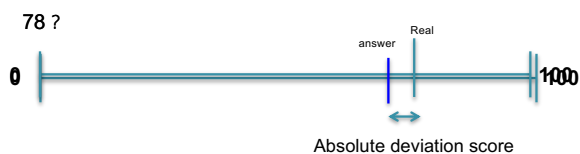
Profil des 2 groupes

	NVLD	Control	t
Vocabulary	13.27 $\pm$ 3.29	14.13 $\pm$ 2.20	-0.75
Similarity	13.55 $\pm$ 3.88	15.73 $\pm$ 1.98	-1.71
Matrix reasoning	7.27 $\pm$ 2.93	12.80 $\pm$ 2.14	-5.56**
Block design	4 $\pm$ 2.49	13.07 $\pm$ 2.68	-8.76**
NEPSY	42.6 $\pm$ 12.59	59.87 $\pm$ 3.38	-5.13**
Rey	16.93 $\pm$ 2.74	33.33 $\pm$ 0.70	-5.79**
Cornoldi	20.7 $\pm$ 4.87	34.67 $\pm$ 4.48	-7.37**

Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël (2015). *Research in Developmental Disabilities*.

Comparaison d'enfants avec dyspraxie visuo-spatiale

- trois tâches
 - 1. positionnement de nombres sur une ligne numérique
 - 2. bissection de nombres
 - 3. comparaison de nombres



Comparaison d'enfants avec dyspraxie visuo-spatiale

- trois tâches
 - 1. positionnement de nombres sur une ligne numérique
 - 2. **bissection de nombres**
 - 3. comparaison de nombres



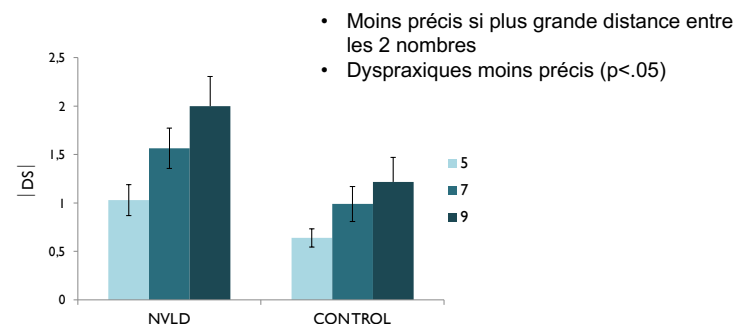
Patients héminégligents, donnent des nombres trop grands (e.g., [11-19]: réponse « 16 », au lieu de 15) comme s'ils négligeaient la portion gauche de l'intervalle ...celle des petits nombres (Zorzi & al., 2002)

Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël (2015). *Research in Developmental Disabilities*

Bissection de nombre



- 5 patients exclus car trop de réponses en dehors de l'[, pour les autres patients, 17% de réponses en dehors vs. 1% chez les contrôles



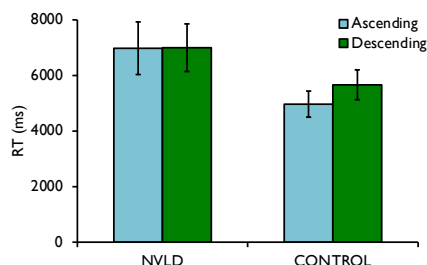
- Moins précis si plus grande distance entre les 2 nombres
- Dyspraxiques moins précis ($p < .05$)

Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël (2015). *Research in Developmental Disabilities*

Bissection de nombre



- Chez les contrôles: effet d'ordre: réponses plus rapides quand ordre ascendant (9-14 versus 14-9) – compatible avec l'orientation GD de la ligne numérique
- Pas d'effet d'ordre chez les patients



Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël (2015). *Research in Developmental Disabilities*

Comparaison d'enfants avec dyspraxie visuo-spatiale

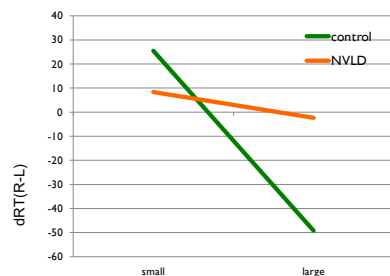
- trois tâches
 - 1. positionnement de nombres sur une ligne numérique
 - 2. bissection de nombres
 - 3. **comparaison de nombres**

Condition 1: si < 5, répondre à G, si > 5, répondre à D
Condition 2: si < 5, répondre à D, si > 5, répondre à G

⇒ Effet SNARC : plus facile de répondre à G pour les petits nombres et à D pour les grands nombres
⇒ (ou différence main D – main G, devrait être positive pour les petits nombres et diminuer jusqu'à être négative pour les grands nombres)



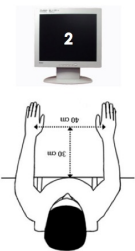
Comparaison de nombre



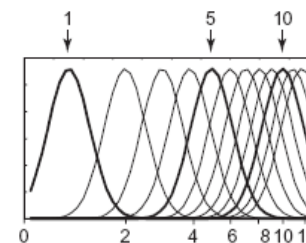
Effet SNARC chez les sujets contrôles ($p < .05$)
Mais pas chez les patients ($p > .1$)

Et, patients moins précis, plus lents

Crollen, Vanderclausen, Allaire, Pollaris, & Noël
(2015). *Research in Developmental Disabilities*



Conclusion



- Patients moins précis dans le positionnement de nombres sur une ligne, dans la bissection de nombres (et plus de réponses aberrantes), dans la comparaison
⇒ **représentation de la magnitude moins précise**
- Pas d'effet d'ordre (ascendant – descendant) dans la bissection de nombres, pas de SNARC dans la comparaison de nombres
⇒ **l'orientation de la ligne numérique mentale apparaît perturbée**

Conclusion

- Impact d'une hypersensibilité l'interférence dans la constitution d'un réseau de faits multiplicatif
- ANS et autres magnitudes
 - Dyscalculie: déficit de la représentation de la magnitude du nombre ...mais aussi du temps
- ANS amodale ?
 - 22q11: pauvre acuité de l'ANS seulement quand mesurée sous forme de collections (traitement spatial)
- Impact d'un trouble spatial
 - Dyspraxie visuo-spatiale => représentation de la magnitude moins précise et la codage spatial semble perturbé



Merci de votre attention !

