

La dyscalculie développementale

Marie-Pascale Noël

Université Catholique de Louvain
Belgique

Collège de France
12 février 2008



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - Facteurs cognitifs généraux
 - Facteurs cognitifs spécifiquement numériques
 - Contribution génétique
 - Bases neurobiologiques
- Conclusion



- **Définition**
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques



Définition (DSM)

- « *trouble des compétences numériques et des habiletés arithmétiques qui se manifeste chez des enfants d'intelligence normale qui ne présentent pas de déficits neurologiques acquis* » Temple 1992
- Critères du DSM IV
 - aptitudes arithmétiques
 - < au niveau escompté compte-tenu de l'âge de la personne, de son intelligence et d'un enseignement approprié à son niveau
 - Interfèrent de manière significative avec les activités de la vie courante ou la réussite scolaire
 - Ne sont pas la résultante d'un déficit sensoriel

- **Définition**
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques



Illustration

- Femme de 33 ans, intelligence normale
- Additions simples: 15% d'erreurs
 $1+4=4$, $3+5=9$
- Multiplications simples: 39% d'erreurs
 $5 \times 5 = 35$; $7 \times 4 = 21$, $0 \times 5 = 5$
- Divisions: impossibles
- Calcul sur les doigts
- Pas de diplôme de primaire
- => difficultés de gestion de l'argent

- => difficultés persistantes

Plan

- **Définition**
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

ce qu'ils en disent ...

Modérateur : Comment les gens enfants se sentent-ils dans le cours de math quand ils perdent le fil ?

Enfant 1 : C'est horrible.

Modérateur : Horrible ? Pourquoi donc ?

Enfant 1 : Je ne sais pas.

Enfant 3 (chuchote) : Il le sait.

Modérateur : Allez, essaye de me dire.

Enfant 1 : Tu te sens stupide.

Enfant 5 : Je me sens exclu parfois.

Enfant 2 : Oui !

Enfant 5 : Quand je ne sais pas quelque chose, je voudrais être quelqu'un d'intelligent et je m'en veux.

Enfant 4 : J'ai envie de pleurer et je voudrais être à la maison avec maman et je voudrais ne plus avoir à faire aucune math.



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

- Définition
- **Prévalence**
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Prévalence & comorbidité

- Lewis et al.(94): 1056 enfants anglais, 9-10 ans
 - 1,3% difficultés en math (NS < 85)
 - 3,9% difficultés en lecture
 - 2,3% difficultés en math et lecture
- Barbaresi (2005): 5718 enfants de 6 à 19 ans
 - > 5.9 % de dyscalculie (score en math < QI)
 - 43% d'entre eux sont également dyslexiques
 - Ratio garçon:fille = 2:1
 - 50% d'entre eux n'ont pas été détectés à l'école
- Gross-Tsur, Manor & Shalev (1996): 3029 enfants israéliens, 10 ans
 - 6,5 % (< moyenne des enfants 2 ans plus jeunes, QI > 80)
 - 1,1:1 filles:garçons
 - 26% des enfants dyscalculiques rencontrent les critères d'ADHD (Q Connors)



- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés persistantes

- Shalev, Manor et al. (1998, J. Pediatr)
 - Follow-up de 3 ans de 123 enfants dyscalculiques (DC)
 - DC < pc 5
 - 47% dyscalculie persistante
 - 95% présentent un score < 25 pc
 - DC Persistant vs. « non-persistants »
 - Plus de problèmes d'attention, d'anxiété
 - Pas de \neq de QI
 - 46% vs 28% des frères/soeurs ont reçu une remédiation en math
- Shalev & al. (2005, Dvptal Med & Child Neurolol).
 - suivi de 6 ans
 - Parmi les 104 DC
 - 40 % : score < pc 5 test standardisé
 - 95% : score < pc 25



Les difficultés rencontrées



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés rencontrées:

Calculs simples

Objets < Doigts < verbal < mental

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



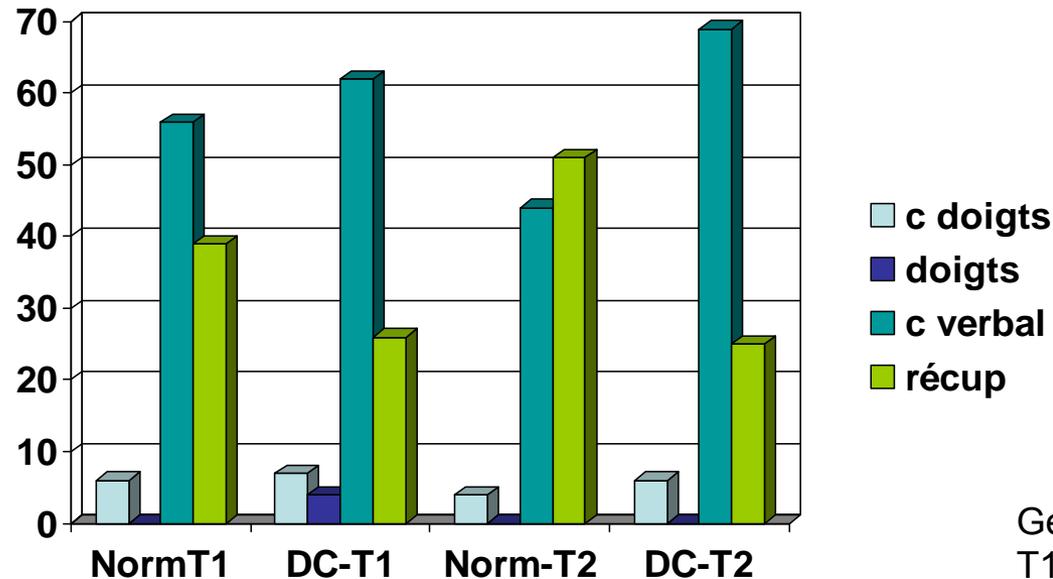
- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés rencontrées

Calculs simples: 3+4; 8+2 ...

- Plus d'erreurs, TR plus longs, stratégies immatures (comptage sur les doigts), moins de récupération en mémoire à long terme

% utilisation des stratégies



Geary & Brown, 1991
T1: 6-7 ans
T2: 10 mois + tard

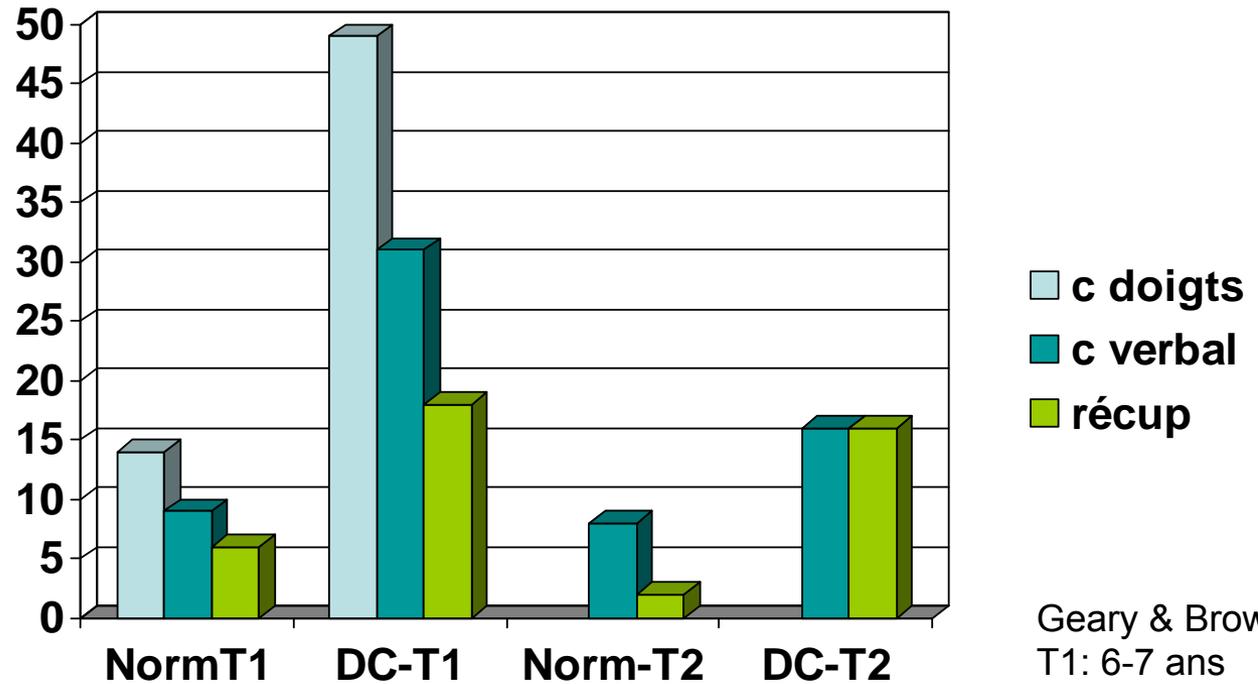


Plan

- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés rencontrées

% d'erreurs, par stratégie



Geary & Brown, 1991
T1: 6-7 ans
T2: 10 mois + tard



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

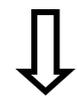
Dyscalculies des FA: 2 ss-types (Geary, 93)

Suivi de dyscalculiques après remédiation

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • - algorithmes évoluent <ul style="list-style-type: none"> + Récupération - Comptage + Vitesse de réponse | <ul style="list-style-type: none"> • - pas d'évolution <ul style="list-style-type: none"> - Des stratégies - De la vitesse |
|--|--|



Retard de développement



Développement anormal



- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Transcodage

– Lecture et écriture de nombres arabes

- Nombres à 1 chiffres: 6 ans: 98%
- Nombres à 2 chiffres: 6 ans: 51%, 7 ans: 96%
- Nombres à 3 chiffres: 7 ans: 77%, 8 ans: 96%



European Research Training Network



- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés rencontrées

- **Lecture et écriture des nombres** (Temple 1989)
 - Paul a 11 ans
 - Lecture des nombres arabes: 40% d 'erreurs
 - Ecriture sous dictée: 50% d 'erreurs

Lecture NA

1 => neuf

85 => quatre-vingt-deux

34 => septante-six

153 => cent vingt-trois

Dictée de NA

Deux => 3

Neuf => 8

Nonante-neuf => 91

Sept cent onze => 511



- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Difficultés rencontrées

Lecture ou écriture des nombres (Sullivan et al., 1996)

- CM a 13 ans
- Ecriture de NA sous dictée: 46% d 'erreurs
- Ecriture de NA à partir de nombres verbaux écrits: 55% d 'erreurs

Écriture de NA

/neuf mille neuf cent trentel => 9.9030

/cinquante mille nonantel => 50.90

/soixante-six mille cent cinql => 66.15

/cinq cent mille unl => 5.0061

- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

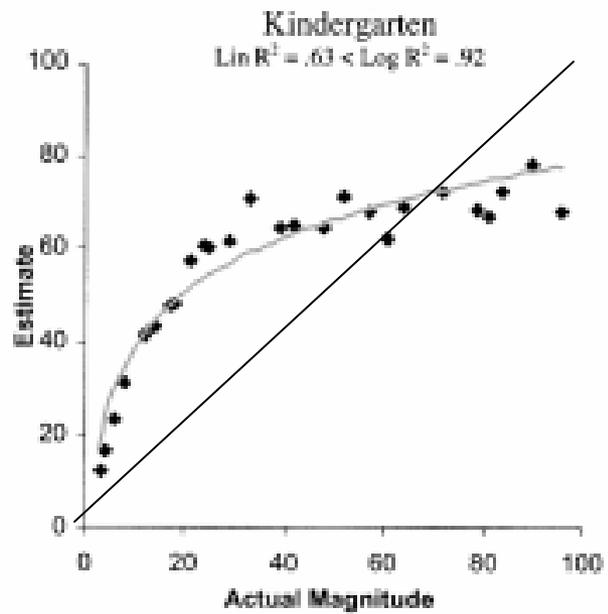
Représentation des nombres sur une ligne numérique



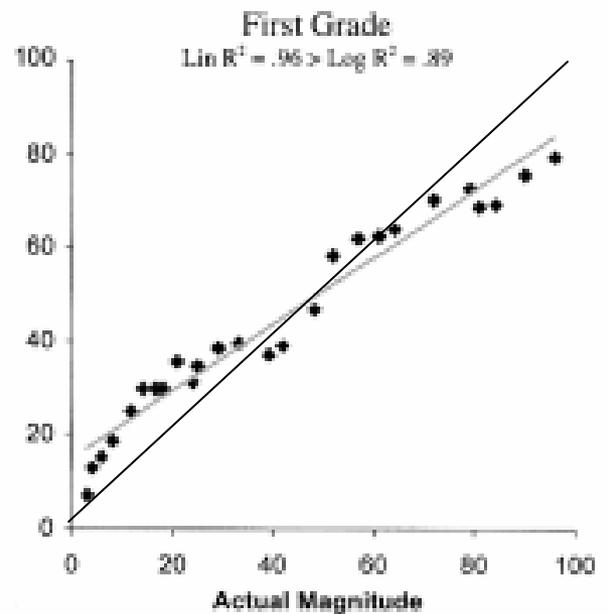
Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

5,8 ans



6,8 ans



Booth & Siegler, 2006

Plan

- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

- Populations (1^{ière} et 2^{ième}), IQ =
 - 19 enfants DC: QI > 80, score math < pc 11 en 1^{ière} et 2^{ième}
 - 43 enfants faibles: QI > 80, score math pc11-25
 - 50 enfants sans difficulté: math pc 26-74



European Research Training Network



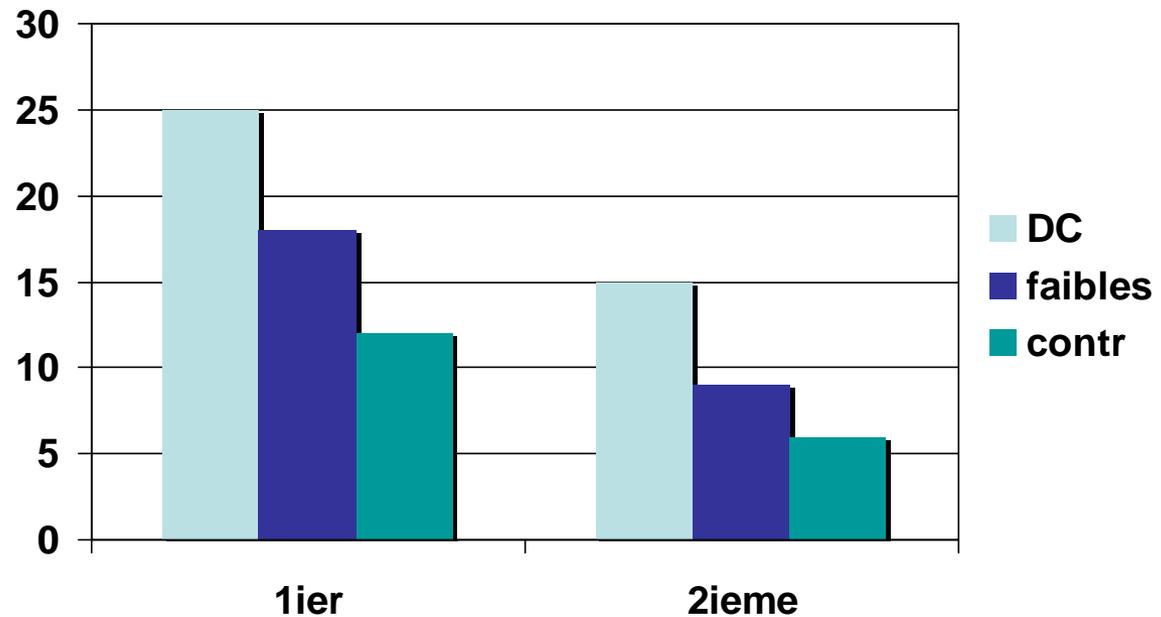
Geary, Hoard et col. (sous presse), Devlpt Neuropsych

Plan

- Définition
- Prévalence
- **Difficultés**
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Représentation des nombres sur une ligne numérique

- erreur: distance position réelle et choisie



European Research Training Network

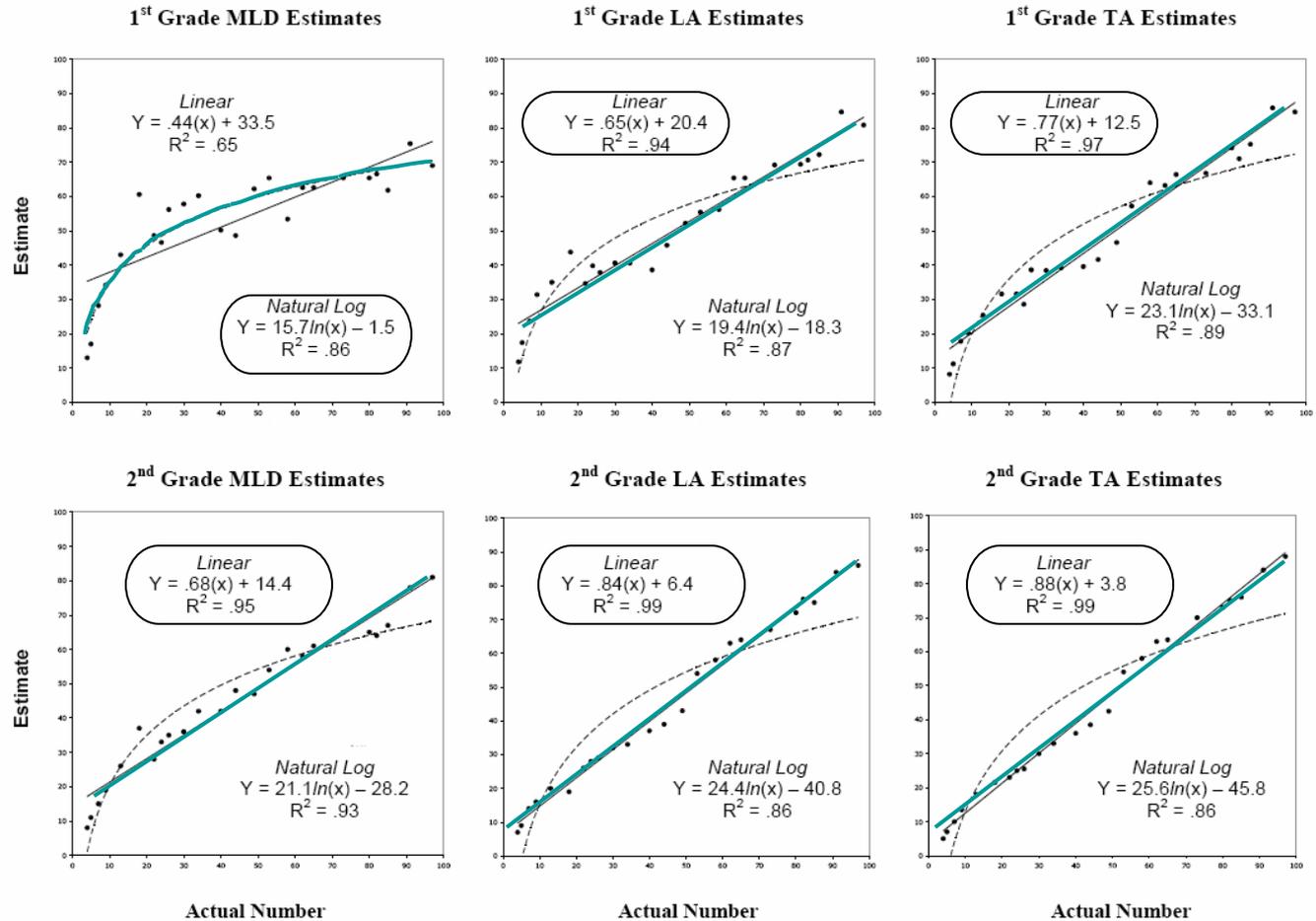


Geary, Hoard et col. (sous presse), Devlpt Neuropsych

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Représentation des nombres sur une ligne numérique



European Research Training Network



NUMERACY AND BRAIN DEVELOPMENT

Geary, Hoard et col. (sous presse), Devlpt Neuropsych

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- **Hypothèses causales**
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Hypothèses causales: facteurs cognitifs généraux



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteur cognitif général: l'intelligence

- Pas de problèmes d'intelligence = 1 des critères du DSM
- Gross-Tsur & al. (96) : enfants DC doivent avoir un QI > 80
 - QI des DC: 98.2
 - QI de Performance : 102.4
 - QI Verbal (sans arith): 94.8



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail

- Boucle phonologique



European Research Training Network

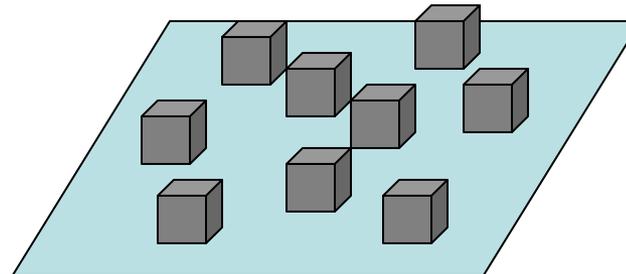


Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail

- Boucle phonologique
 - 6 - 9 - 1 - 4 - 7 - 2
 - Résultats mitigés (liés au niveau de lecture)
- Calepin visuo-spatial
 - Résultats peu clairs

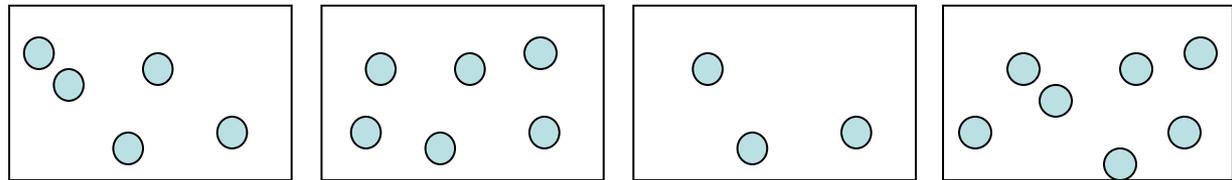


Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail

- Administrateur central

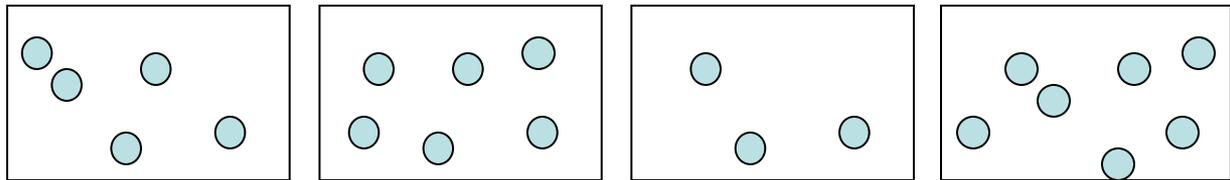


Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail

- Administrateur central



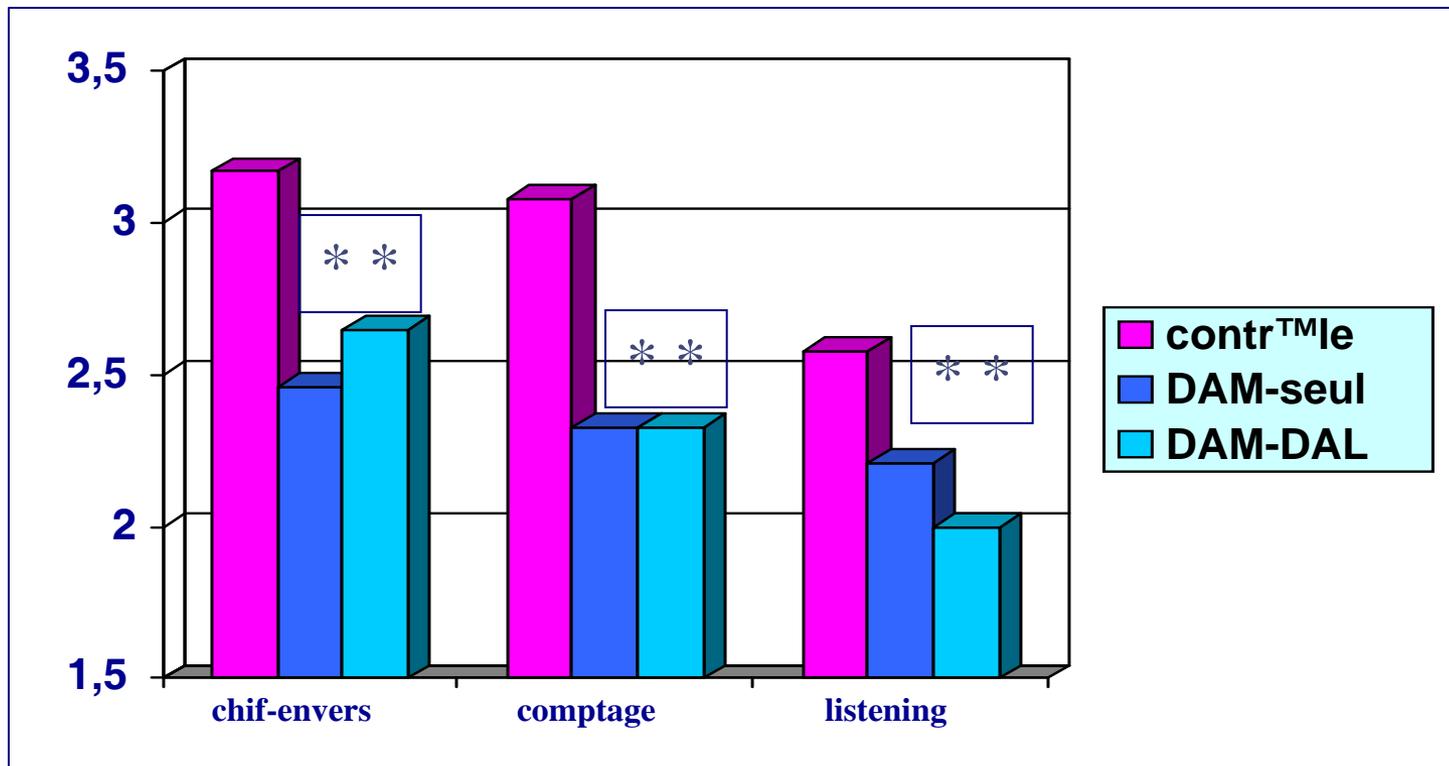
les pantalons sont en fer
on met des fleurs dans des pots

le chocolat a bon goût
les tortues fabriquent des coeurs
les pompiers éteignent le feu

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail



European Research Training Network



Noël & Verstraete
24 controles de 8 ans
24 DC: 12 DC-DL

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteurs cognitifs généraux: la mémoire de travail

- Sujets bon ou mauvais dans la résolution de problèmes

Tâches mnésiques	faibles	forts	?
Chiffres avant	5,26	5,85	*
Mots avant	3,96	4,08	ns
Chiffres rebours	3,48	4,11	*
Mots rebours	3,52	3,93	*
Empan de comptage	35,69	38,23	*
Empan de phrases	18,74	22,23	*
Empan d'animaux	7,52	10,27	*



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Lien possible entre faiblesse de mémoire de travail et dyscalculie

- Un calcul rapide = récupération de la réponse en MLT
- Comment se constituent les FA en MLT ?
 - coactivation en MdeT du problème et de la réponse
 - $4 + 3 = (5,6,) 7$



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

conditions de cette coactivation

- capacité de la mémoire de travail
- vitesse de comptage
$$5 + 3 = 1,2,3,4,5,6,7,8$$
$$5 + 3 = 1...2...3...4...5...6...7...8$$
- maturité de la stratégie de comptage
$$5 + 3 = 1,2,3,4,5,6,7,8$$
$$5 + 3 = 6,7,8$$
- enfants DC: capacités de MdeT plus faibles, comptage plus lent, stratégies moins matures => moins de coactivation
problème-réponse => difficulté de récupérer la réponse en MLT



European Research Training Network

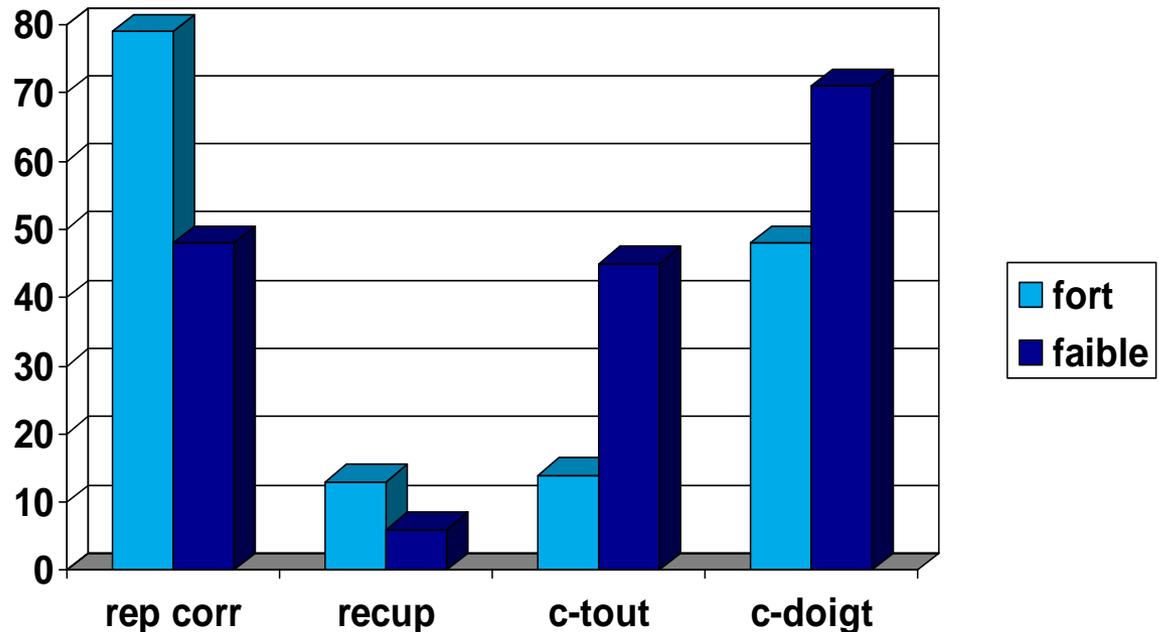


Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Mémoire de travail et développement du calcul

- Test des capacités de MdeT (BP & AC) chez des enfants en début de CP
- stratégies d'addition 4 mois plus tard



European Research Training Network



Plan

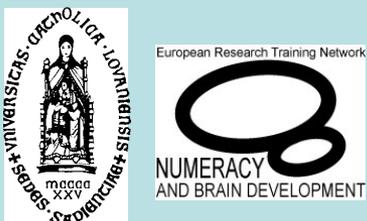
- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Mémoire de travail et développement du comptage

80 enfants de 4-5 ans

	AC-	AC+	<i>p</i>
Age	59	59	<i>ns</i>
Matrices	12,8	14,2	<i>ns</i>
Comptage (stable & conventio)	13,3	22,7	<i>.001</i>
Fluence numérique	25,1	39,1	<i>.001</i>
Niveau d'élaboration	2,09	5,39	<i>.001</i>
% succès			
C- borne supérieure	57 %	92 %	<i>.0001</i>
C-borne inférieure	27 %	58 %	<i>.005</i>
C-bornes inf & sup	20 %	53 %	<i>.003</i>
C-rebours	9 %	28 %	<i>.03</i>
C-x pas	7 %	25 %	<i>.03</i>
Additions	1,7	3,2	<i>.02</i>

Noël, soumis



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Faibles capacités de MdeT: risque de dyscalculie ?

• Faibles capacités de M de T =>

- Vocabulaire numérique plus réduit
- Chaîne numérique plus restreinte
- Moins bon niveau d'élaboration de la chaîne numérique verbale
- Stratégies de comptage en addition moins matures
- Moins bonnes capacités de monitorer son comptage lors de calculs
- Plus d'erreurs de calcul
- Utilisation de supports externes (comptage sur les doigts)

⇒ **mauvaises conditions pour établir, en MLT, des associations entre termes d'un problème (4 & 5) et solution (9)**



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteur cognitif général: l'inhibition

- DC est souvent ($\pm 1/4$) associée à l'ADHD (problèmes d'inhibition)
- Le problème de faits arithmétiques chez les enfants DC (TR lents, plus d'erreurs) pourrait provenir d'une difficulté à gérer l'interférence dans le réseau des FA



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * **fact cog généraux**
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteur cognitif général: l'inhibition

*Pierre et Jean habitent rue Emile Durant
Jean et Emile habitent rue Paul Edouard
Paul et Pierre habitent rue Emile Horta*

3 x 8 = 24 inhiber 16, 32, 18 ...



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

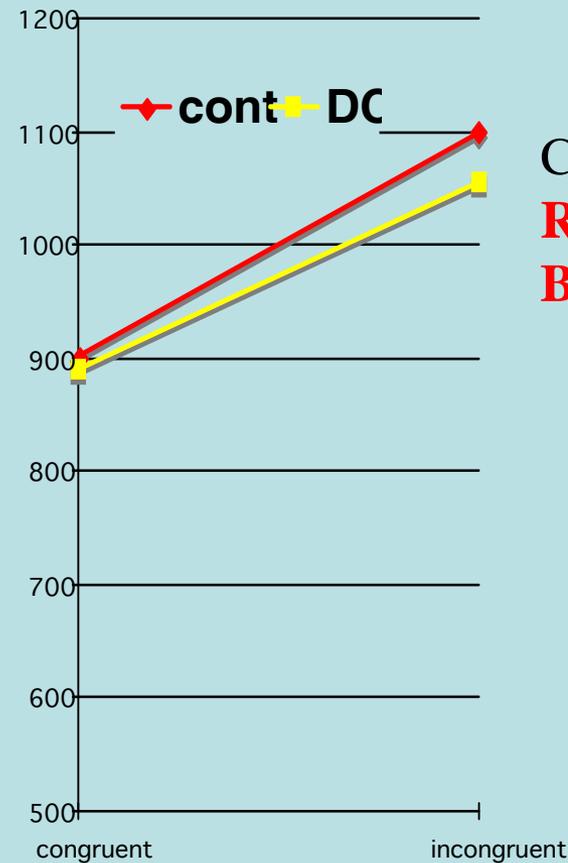
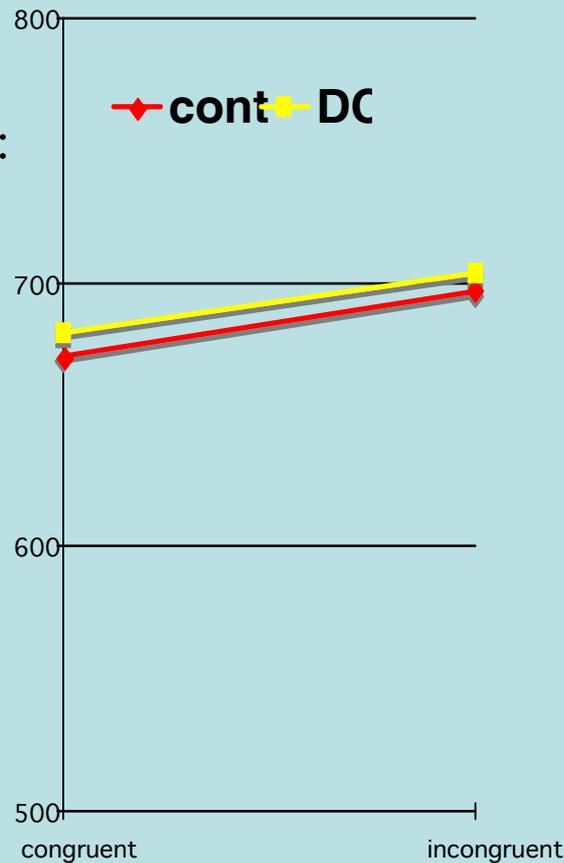
Facteur cognitif général: l'inhibition

- **DC** : 10 ans, n=20; QI $98,4 \pm 7$; <pc15 math; >pc50 lecture
- **Contrôles**: 10 ans., n=20; QI= 101 ± 9 ; >pc 50 math & lecture

Flankers letters:

DDDDDDDD

GGGDGGG



Color Stroop

Rouge

Bleu



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- **Hypothèses causales**
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Hypothèses causales: facteurs cognitifs numériques



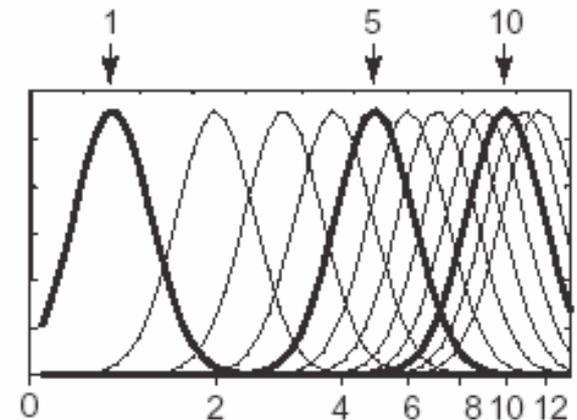
Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Numerical factors: number sense

- sens inné du nombre
 - Les bébés, les animaux : 2 vs. 3; 8 vs. 16
- dyscalculie = déficit du sens du nombre (Butterworth, 2005)

(b) Logarithmic model with fixed variability



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteur numérique: le sens du nombre

- Populations (8-9 ans), IQ =
 - 18 enfants contrôles
 - 10 enfants DL (< pc25 en lecture)
 - 10 enfants DC (< -3ET en FA)
 - 11 enfants DL et DC



European Research Training Network

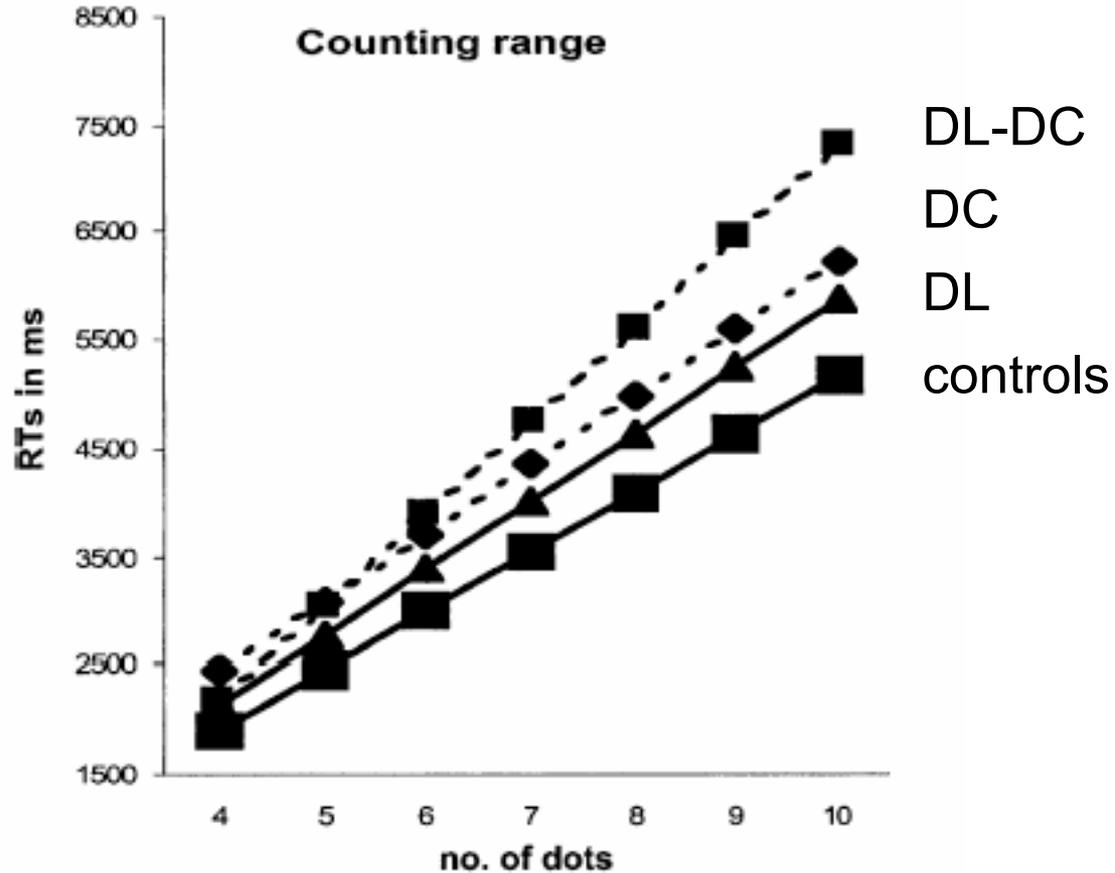


Landerl, Bevan & Butterworth (2004) Cognition

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

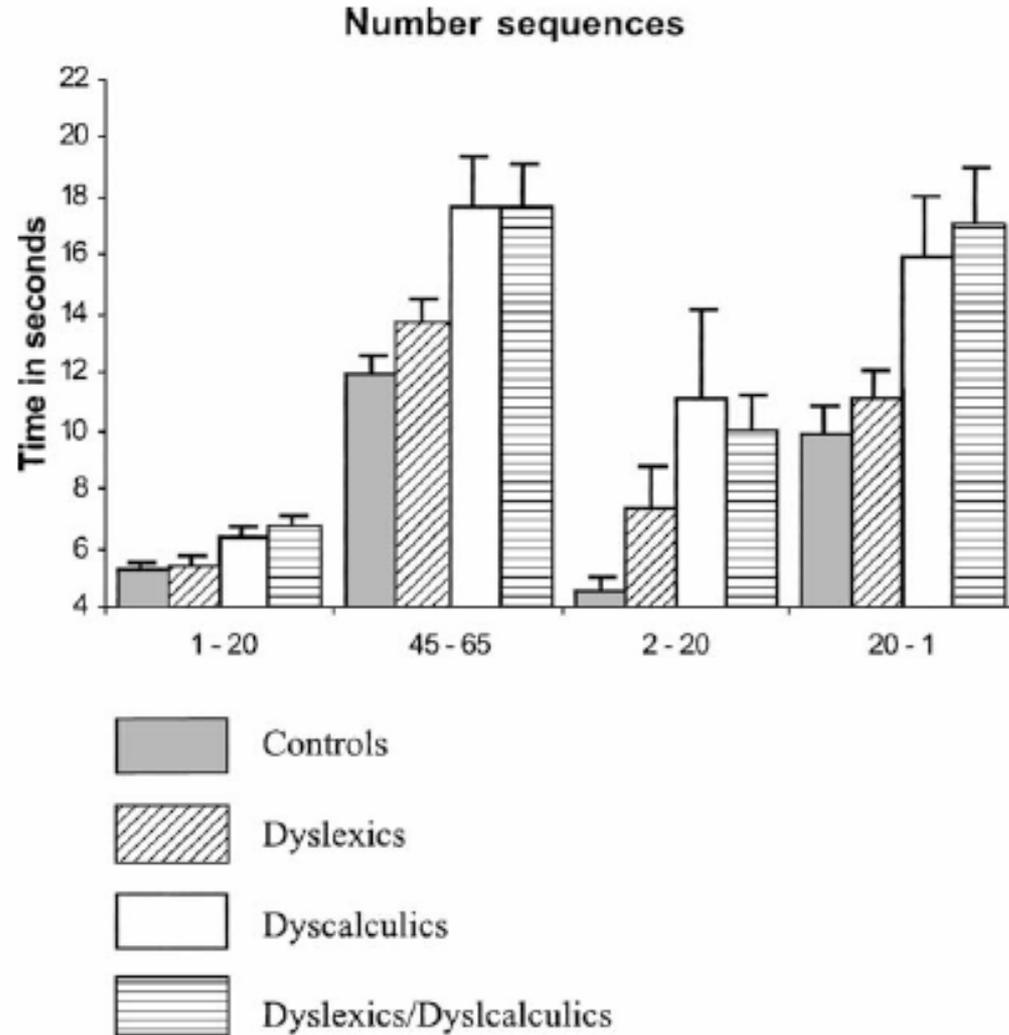
DC et DC-DL sont plus lents pour dénombrer des points



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

DC et DC-DL sont plus lents pour réciter la séquence numérique



European Research Training Network

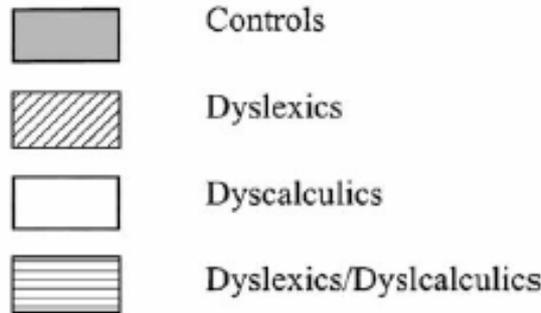
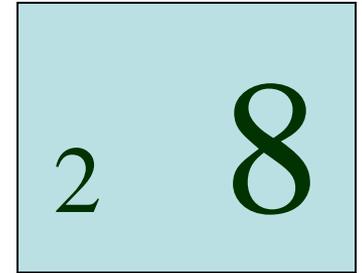
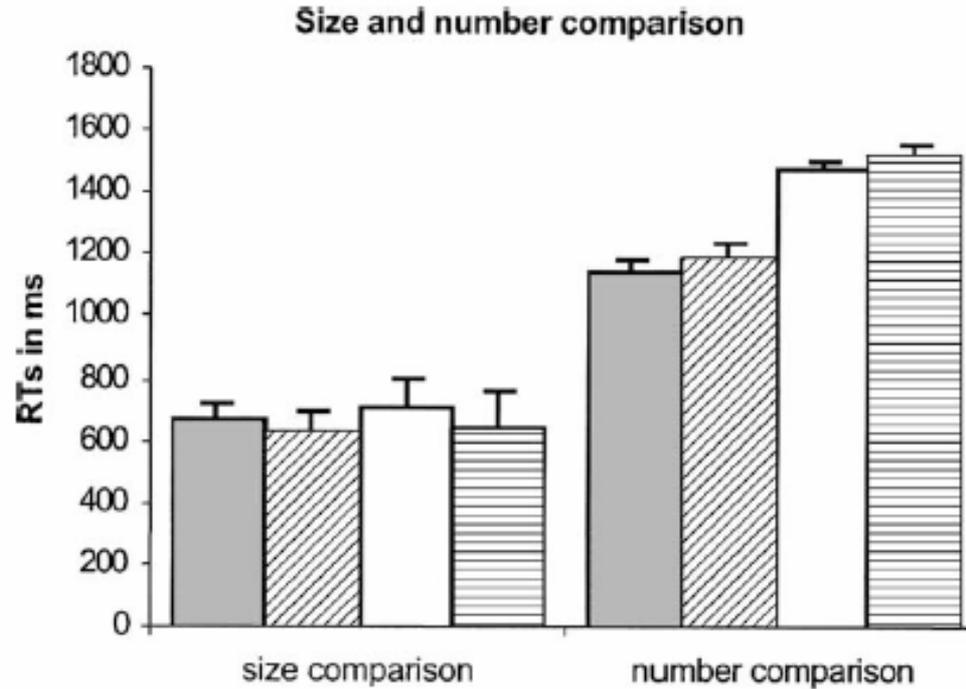


NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

DC et DC-DL sont plus lents pour comparer la magnitude de 2 chiffres arabes, mais pas leur taille physique



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

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

Mais toutes ces tâches requièrent le
traitements de symboles Arabes ou
numéraux verbaux

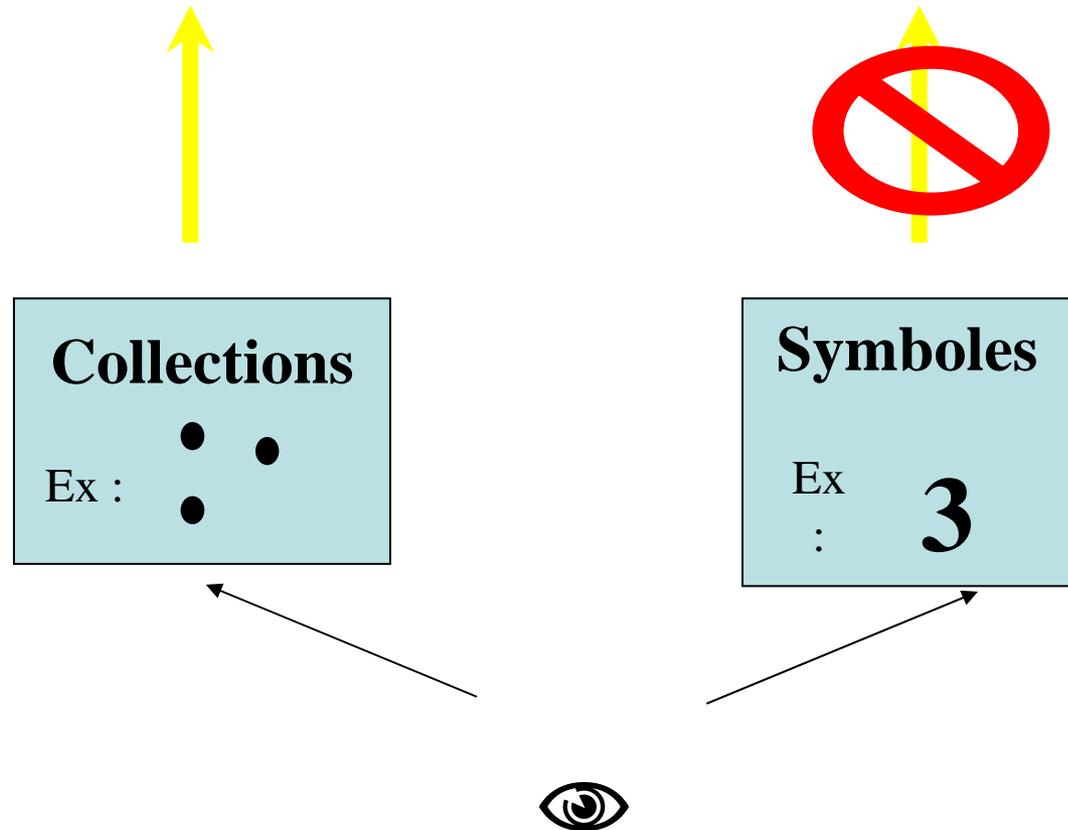


European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Facteur numérique : des symboles à la magnitude

- **population**

- 46 enfants DC : score < pc 15 dans un test de math
- La moitié d'entre eux sont aussi DL
- 47 enfants contrôles
- Pairés sur
 - age (8 ans),
 - Niveau intellectuel (WISC),
 - Classe (2ième primaire, donc CE1)



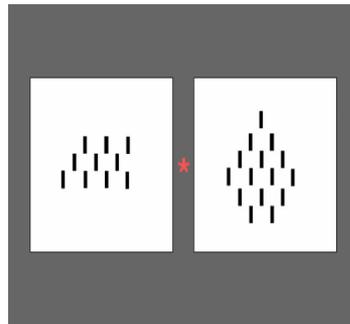
Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

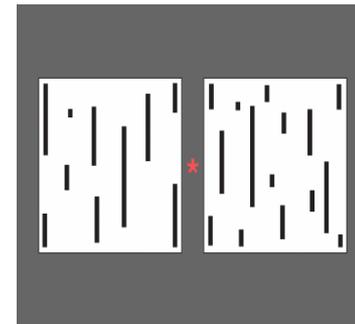
- Traitement des quantités à partir de symboles

2 5

- Traitement des quantités à partir de collections



Easy Condition

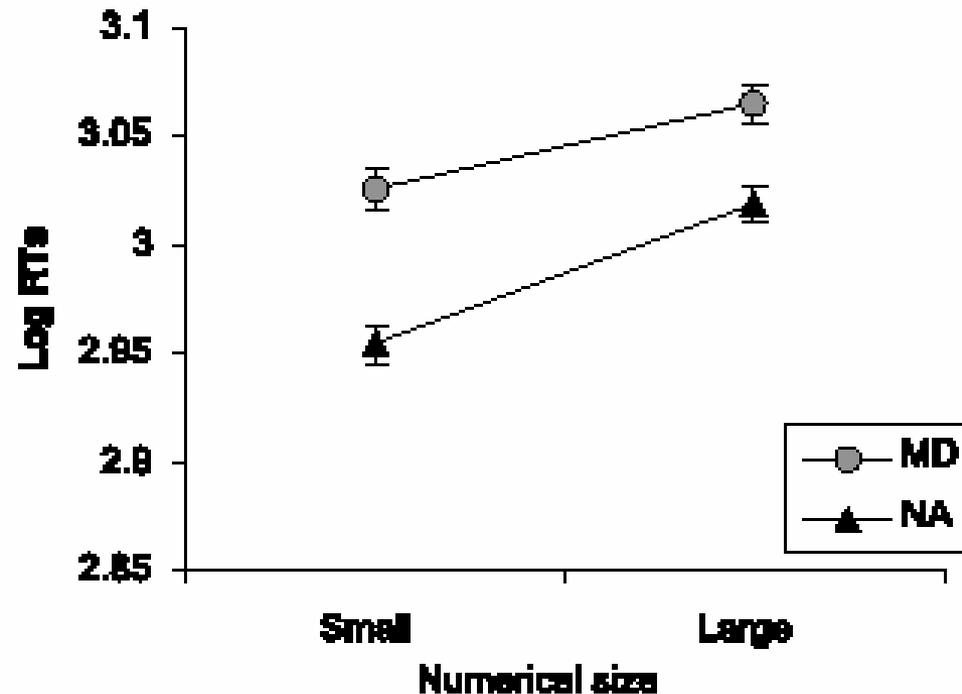


Difficult Condition

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Comparaison de chiffres Arabes



MD= DC et DC-DL
NA=contrôles



European Research Training Network

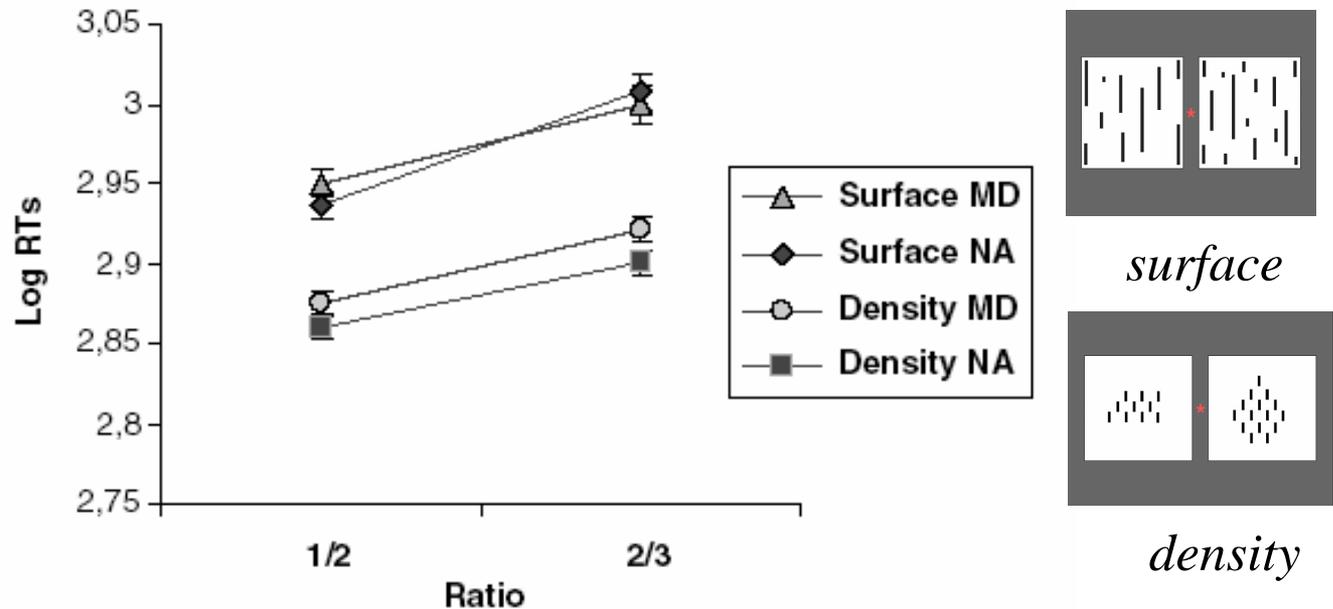


NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

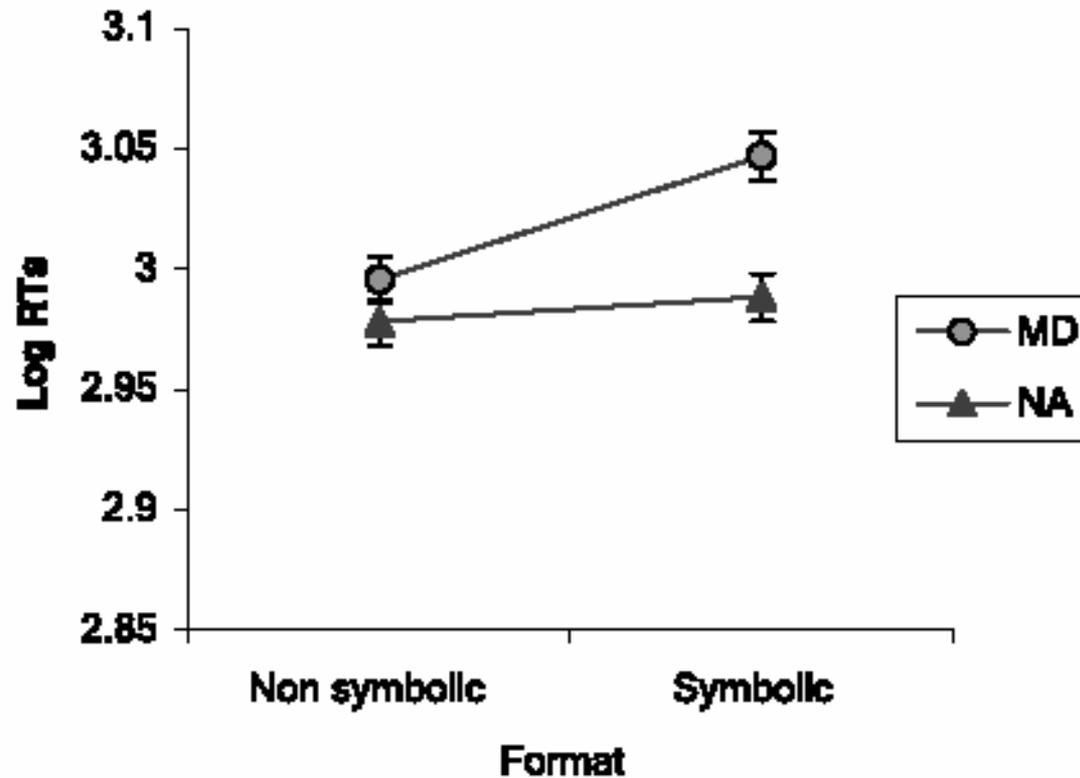
- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Comparaison de collections



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques



European Research Training Network

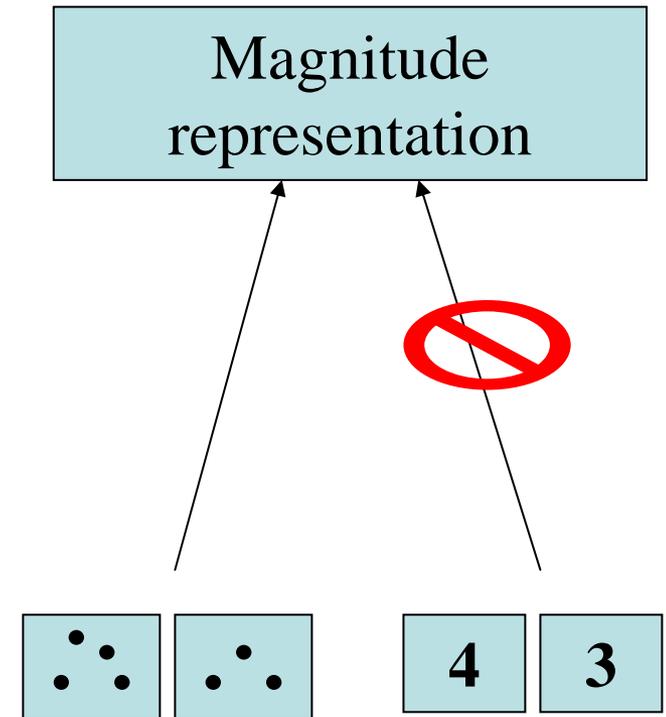


NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * **fact cog numériques**
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Conclusion



- ⇒ La représentation de la magnitude est préservée
 - ⇒ Difficultés à accéder à la représentation de la magnitude à partir de codes symboliques

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- **Hypothèses causales**
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Hypothèses causales: contribution génétique



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * **génétique**
 - * bases neurobiologiques

Contribution génétique: syndromes génétiques

- **Syndrome de Turner** (Rovet & al., 94; Temple & al., 1998; Bruandet & al., 2004)
- **Syndrome de Williams** (Paterson & all, 1999)
- **Syndrome X-Fragile** (Hagerman & al., 1992)
- **Syndrome 22q11** (Simon, 2005)



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * **génétique**
 - * bases neurobiologiques

Contribution génétique: les études de familles

- 31 familles de DC persistants (sur 3 ans)
- 149 membres de familles testés
- Critères de DC :
 - Performance en arithmétique < pc 25
 - QI > 85
 - \neq de plus de 1 DS entre le QI et les scores en math

	% DC
mères	67
pères	41
fratrie	53

⇒ La moitié des membres de la famille présentent des difficultés en math



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * **génétique**
 - * bases neurobiologiques

Contribution génétique: études des jumeaux

- Jumeaux dyscalculiques
 - 58% des jumeaux monozygotes sont DC
 - 39% des jumeaux dizygotes sont DC



European Research Training Network



Alarcon & al. (1997), J. Learn. Disabilities

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- **Hypothèses causales**
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * bases neurobiologiques

Hypothèses causales: bases neurobiologiques



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

Bases Neurobiologiques

- Tâche: écouter et regarder des Si (lettres, nombres, couleurs) et détecter une cible

		CATEGORY		
		numbers	letters	colors
MODALITY	visual	2	B	
	auditory	"Two"	"Be"	"Red"



European Research Training Network

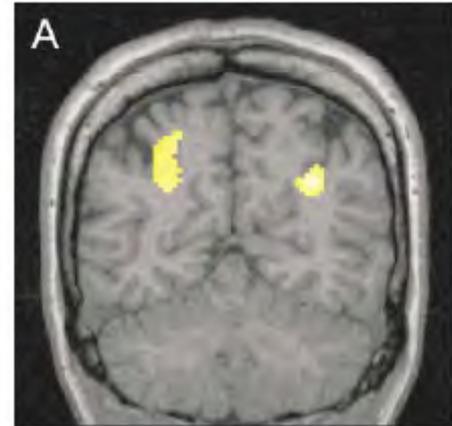


Eger & al. (2003) Neuron

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

- nombres (mots ou chiffres) > lettres et couleurs

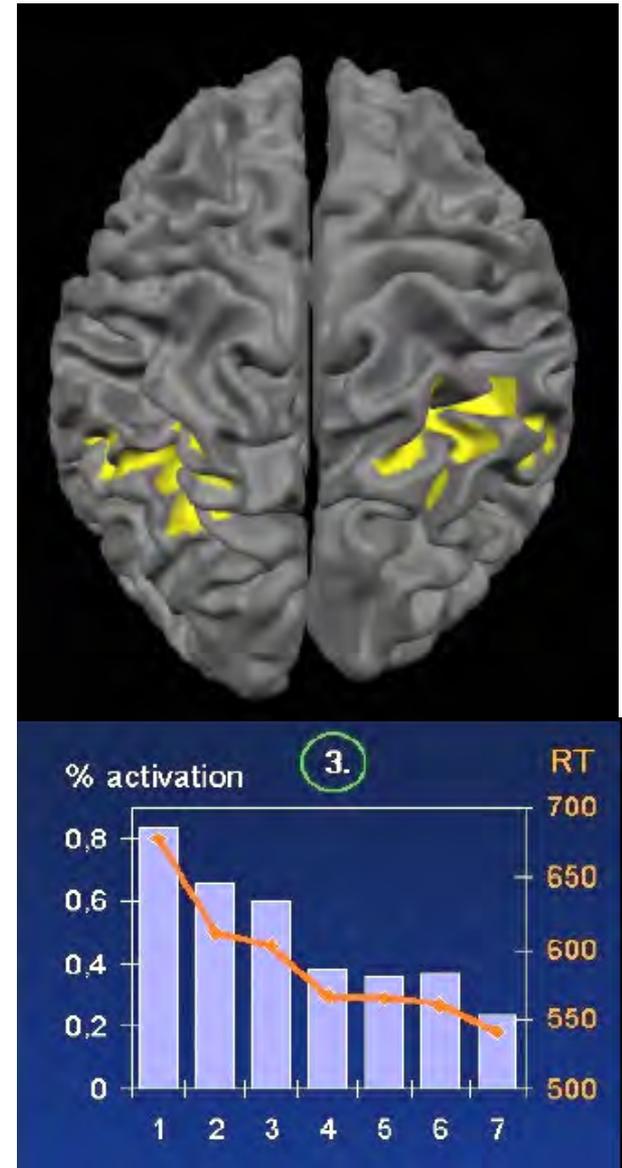


Eger & al. (2003) Neuron

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

- L'activation dans le IPS varie avec la distance entre deux nombres à comparer



Pinel, Dehaene et al. (2001) Neuroimage



European Research Training Network



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

Bases neuroanatomiques

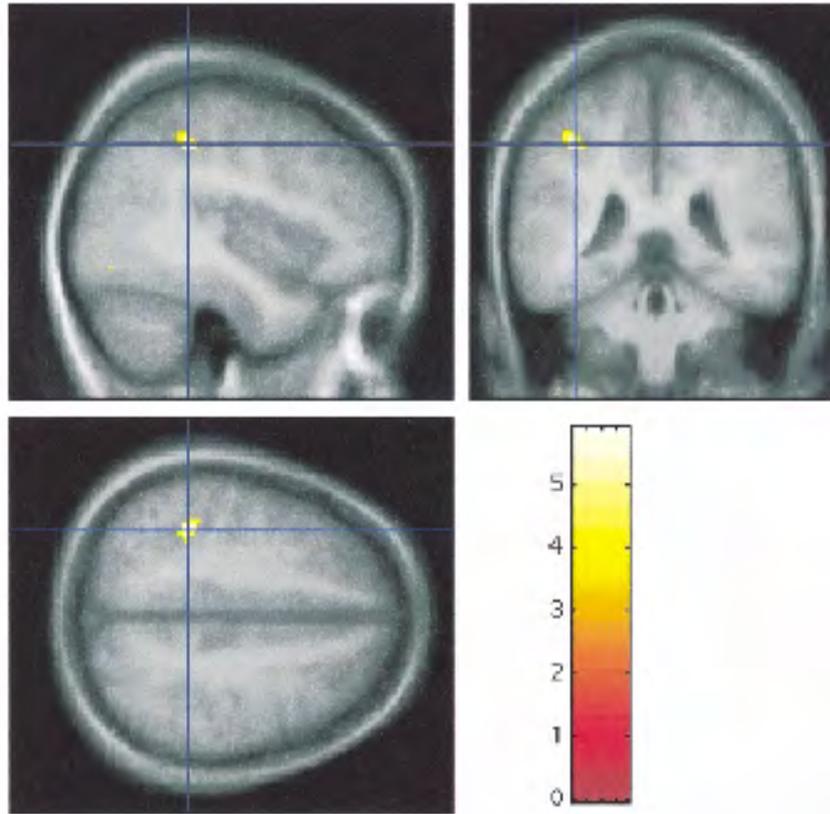
- Adolescents (nés prématurés)
 - Résultats faibles en math par rapport à leur niveau d'intelligence
 - Résultats en math dans la norme
- Résonance magnétique structurale au repos



Isaacs, Edmonds, Lucas & Badian (2001)

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**



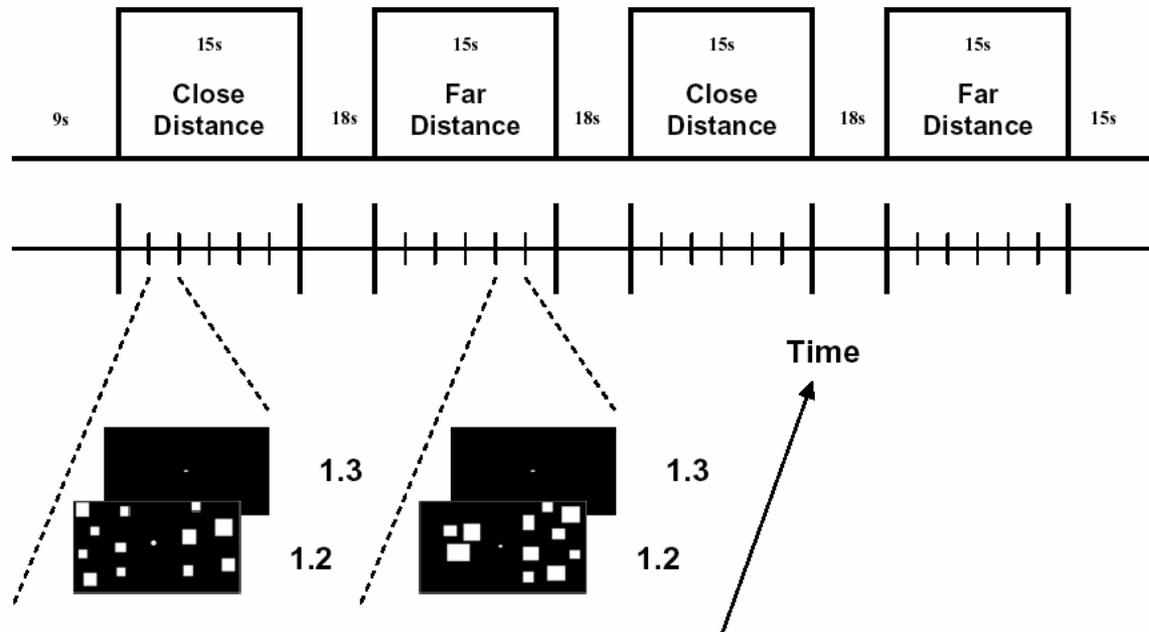
Densité de matière grise plus faible dans le sillon intra- pariétal gauche chez ado pauvres en math

Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

Bases neurofonctionnelles

- 8 enfants DC (score $< 1,5$ SD) et 8 enfants contrôles, âge = (12 ans)
- Comparaison non-symbolique



(Price et al. , 2007- Current Biology)



Plan

- Définition
- Prévalence
- Difficultés
- Hypothèses causales
 - * fact cog généraux
 - * fact cog numériques
 - * génétique
 - * **bases neurobiologiques**

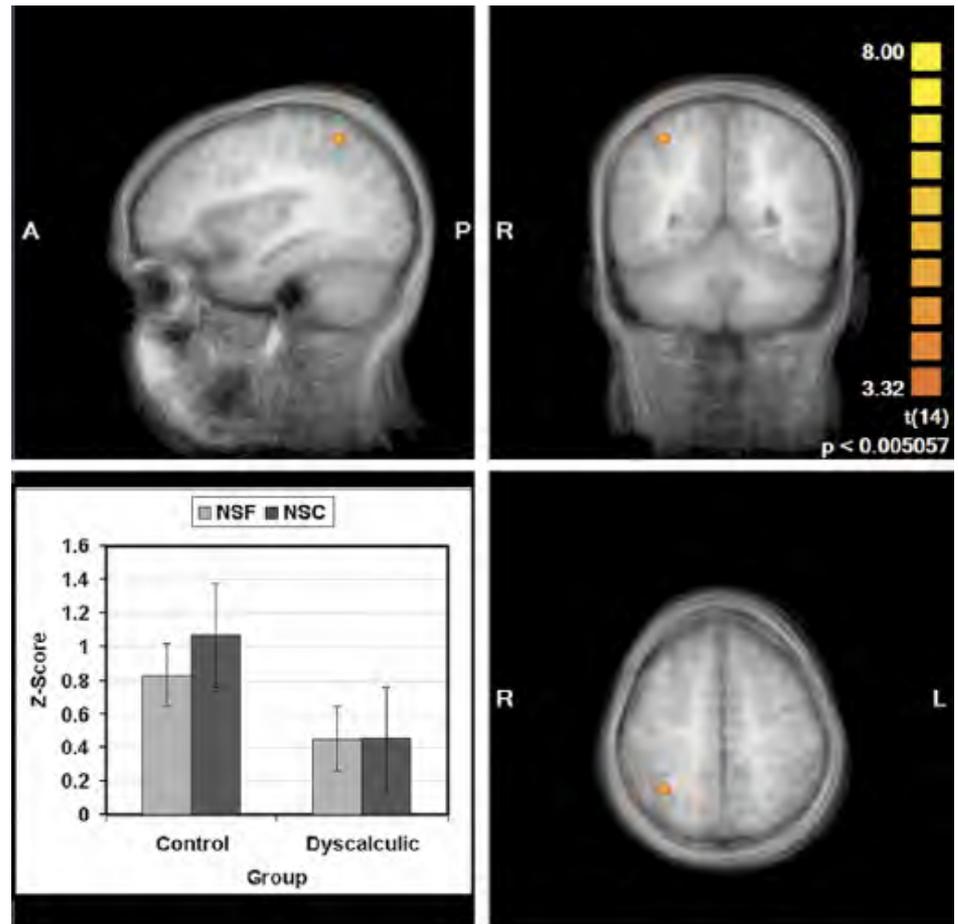


Figure 1. Interaction of group X distance in the right intraparietal sulcus.

- SIP droit présente une activation moins modulée par la distance des collections chez enfants DC que chez les enfants contrôles (NSF=far distance, NSC: close distance)

(Price et al. , 2007- Current Biology)

Conclusion

- Dyscalculie aussi fréquente que la dyslexie
- Trouble persistant
- Causes ?
 - Intelligence, inhibition ? Non
 - Mémoire de travail: administrateur central
 - Sens du nombre ? Non
 - Accès au sens du nombre à partir des symboles
 - Contribution génétique probable
 - Corrélats neuroanatomiques et fonctionnels au niveau du SIP



European Research Training Network



NUMERACY
AND BRAIN DEVELOPMENT

Conclusion perspectives



- Les études actuelles: la cause nécessaire & suffisante de la dyscalculie
- Probablement causalité multiples & interactions de facteurs de risque
- Ce qui est vrai sur un groupe, ne vaut pas pour chaque individu: hétérogénéité très probable !

Merci de votre attention !

« Il y a trois sortes de mathématiciens: ceux qui savent compter et ceux qui ne savent pas »

