



Les nombres et le cerveau

André Knops

Chargé de recherche CNRS

Laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant (LaPsyDÉ)

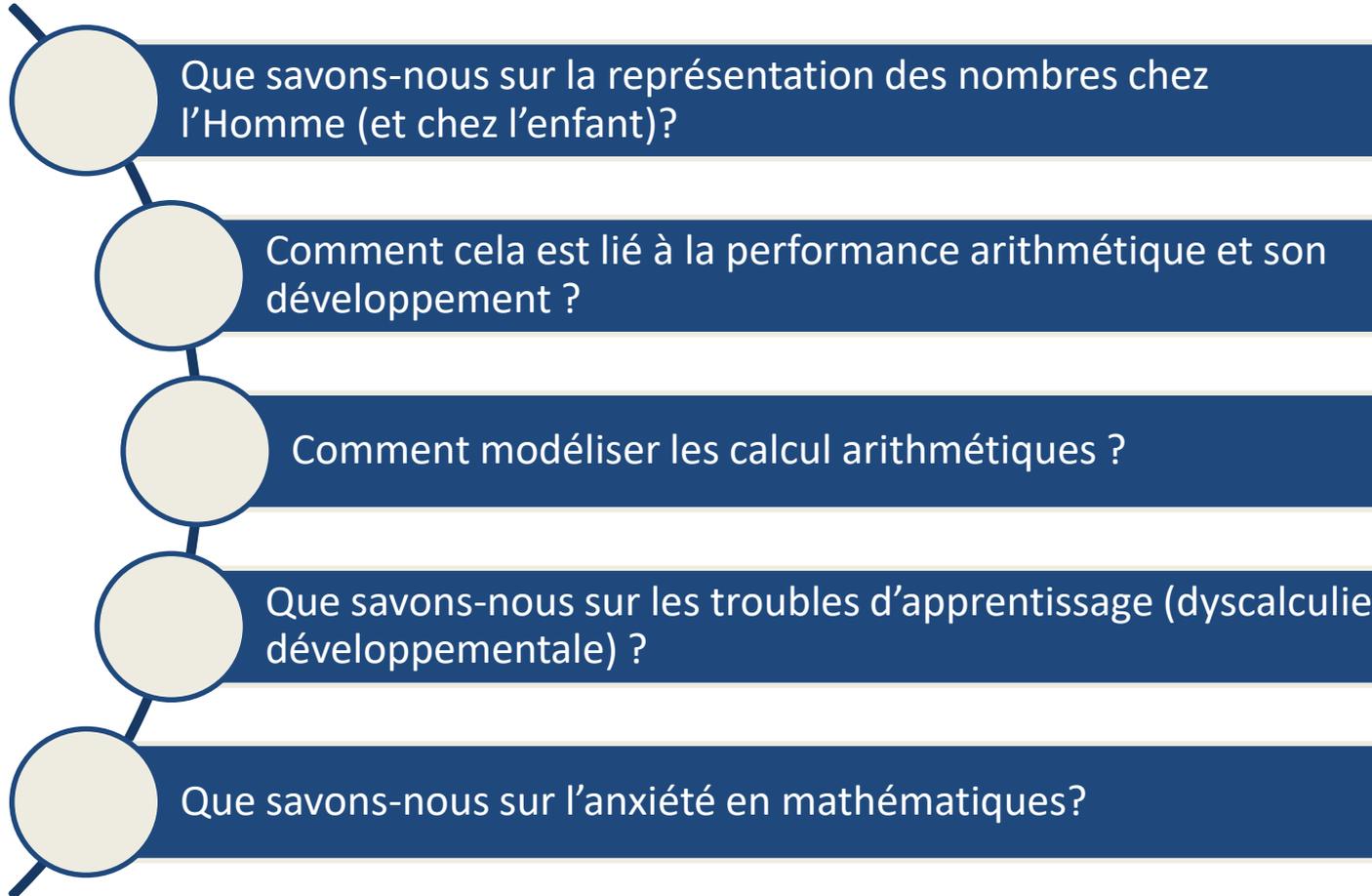
Andre.knops@u-paris.fr



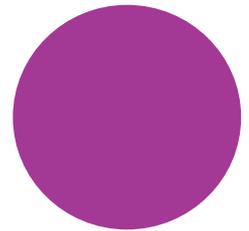
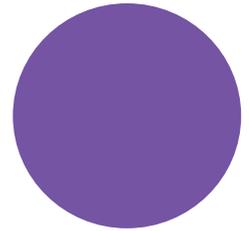
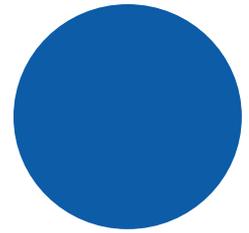
Toulon, 14 Janvier 2020



Programme

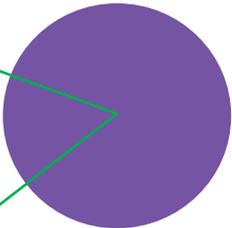
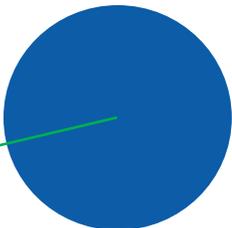
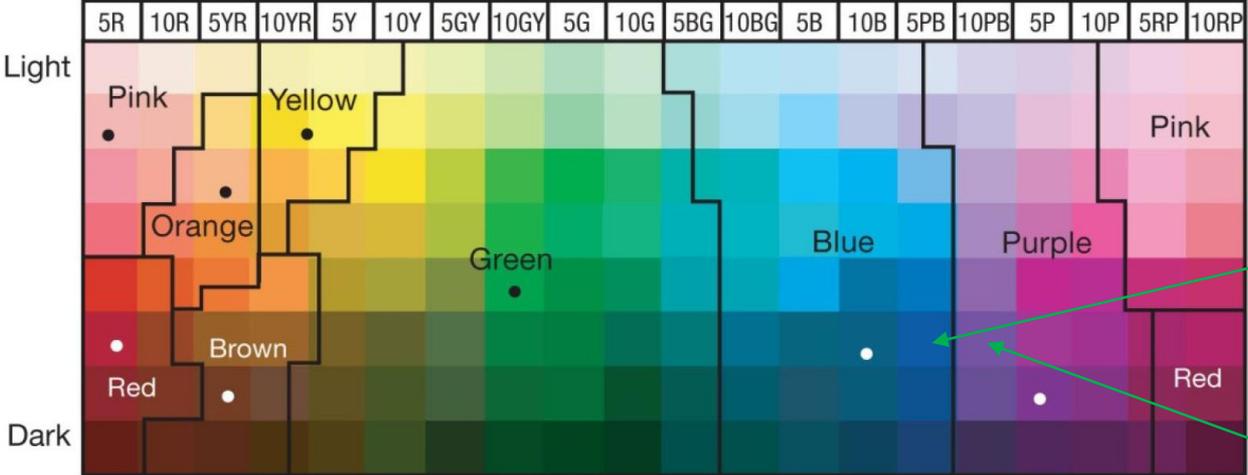


Quelle est la couleur ?

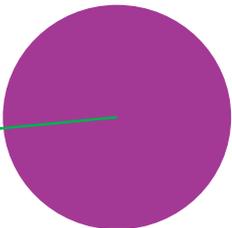
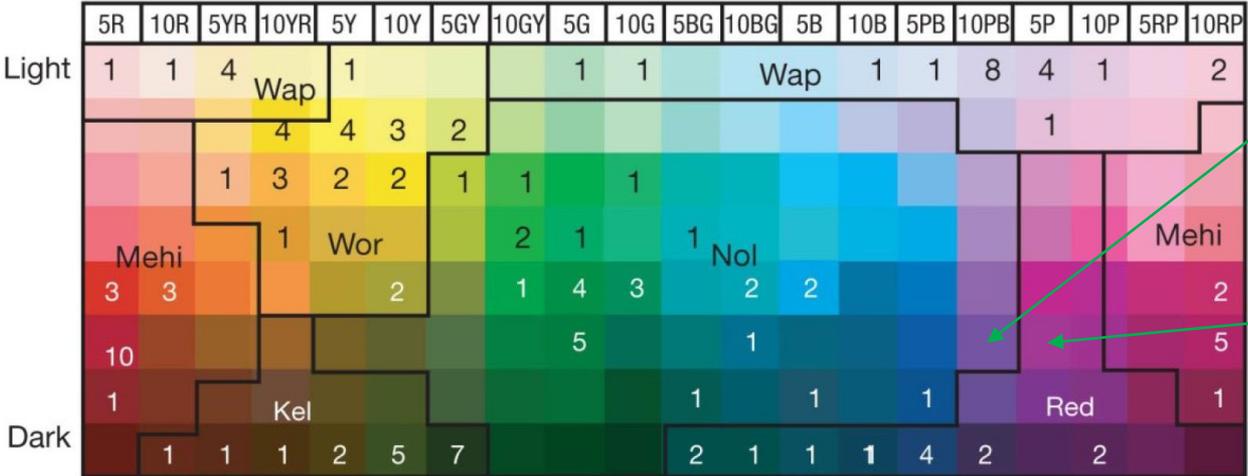


Représentation des nombres

A English naming



B Berinmo naming



Représentation des nombres

- L'Homme a tendance de catégoriser son environnement
- Pour les couleurs (dimension continue) nous construisons des catégories et des noms qui les décrivent
 - Pour les couleurs ces catégories varient entre les cultures (arbitraires)
 - Les catégories mentales (= linguistiques) s'étendent sur un ensemble de longueurs d'onde physiques (zone/périmètre)



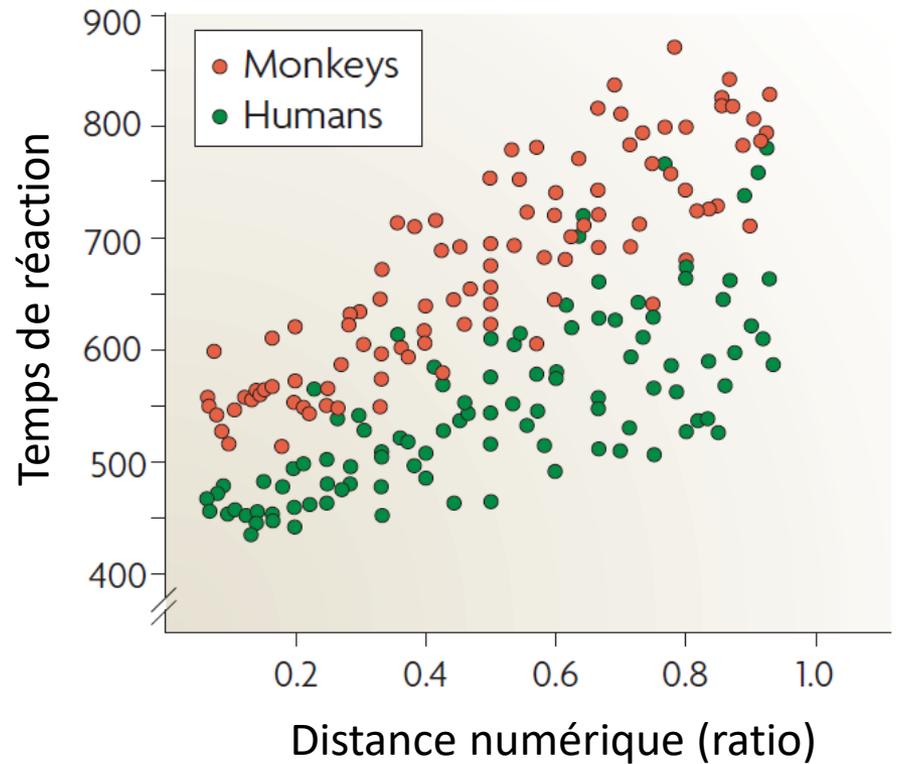
Représentation des nombres

```
Python Shell
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7 (r27:82525, Jul  4 2010, 07:43:08) [MSC v.1500 64 bit (AMD64)] on win
32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> 4>3
True
>>> 4>1
True
>>>
```



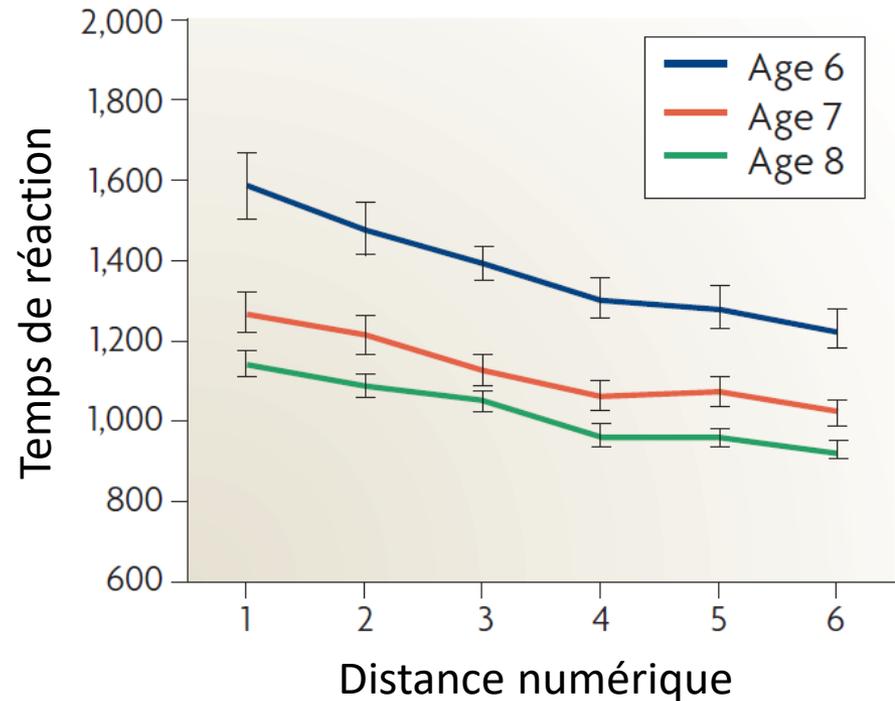
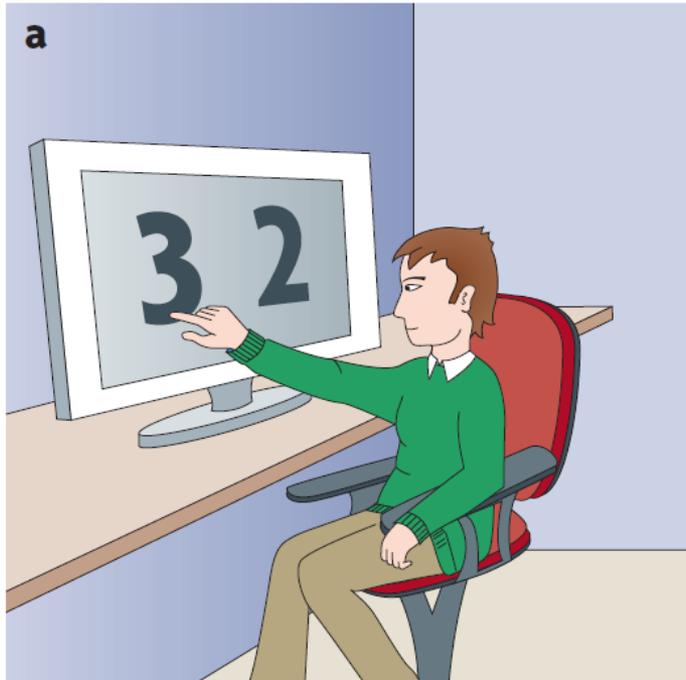
Représentation des nombres

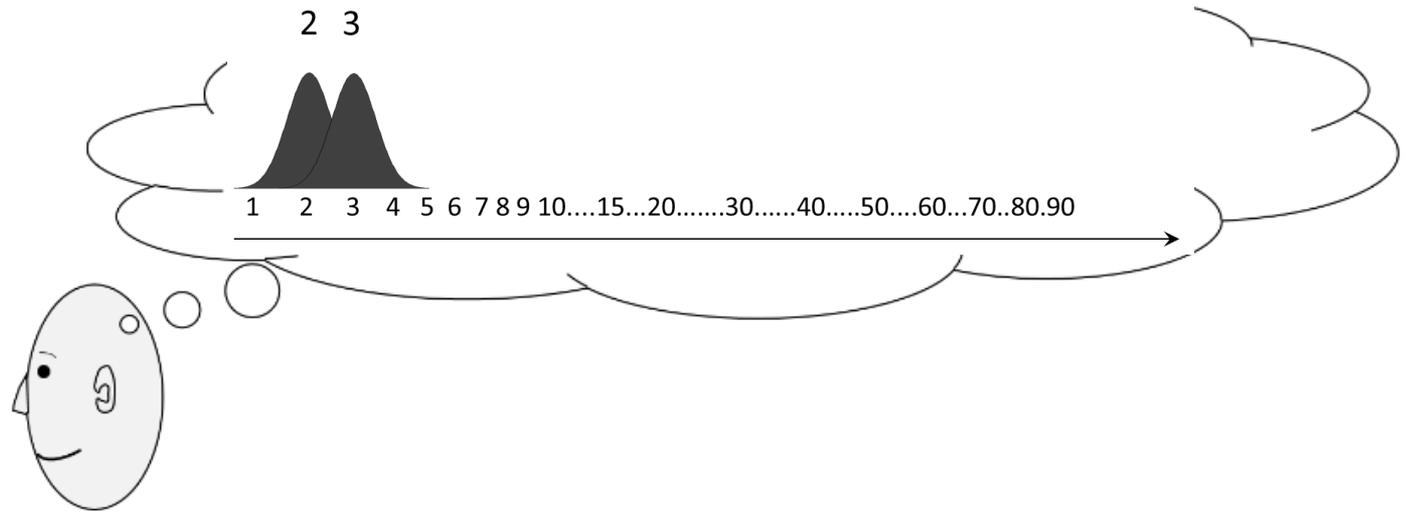
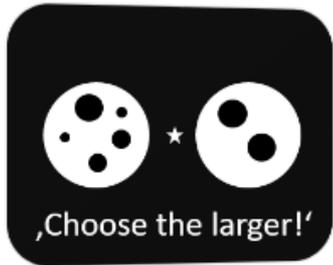
- La performance (temps de réaction; taux d'erreurs) varie avec la distance entre les nombres: plus la distance est grande, plus la décision est rapide & précise



Représentation des nombres

- La performance (temps de réaction; taux d'erreurs) varie avec la distance entre les nombres: plus la distance est grande, plus la décision est rapide & précise
- C'est aussi vrai pour les chiffres Arabes





Ligne mentale numérique (LMN)

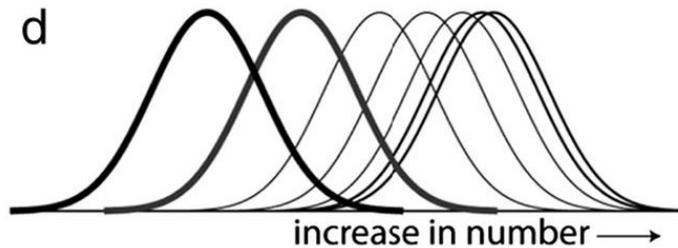
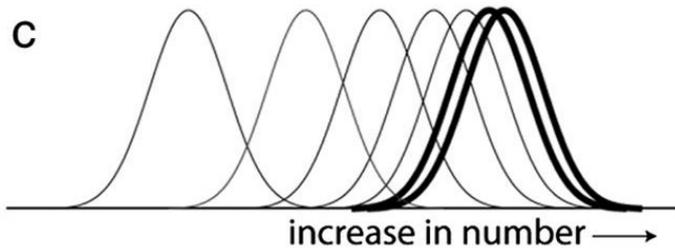
- Présentation d'une nombre de points active une position sur cette représentation
- Activation avec du bruit (Gaussienne)
- Orienté dans l'espace de gauche a droite
- Comprimé (logarithmique)

Représentation des nombres

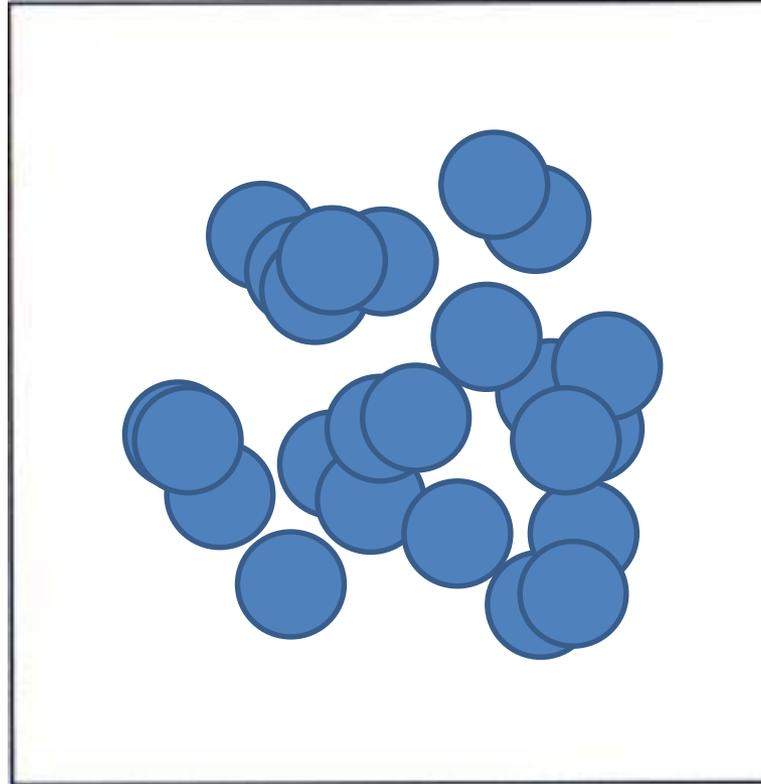
L'effet de distance / effet de ratio s'explique par la représentation spatiale et le bruit.



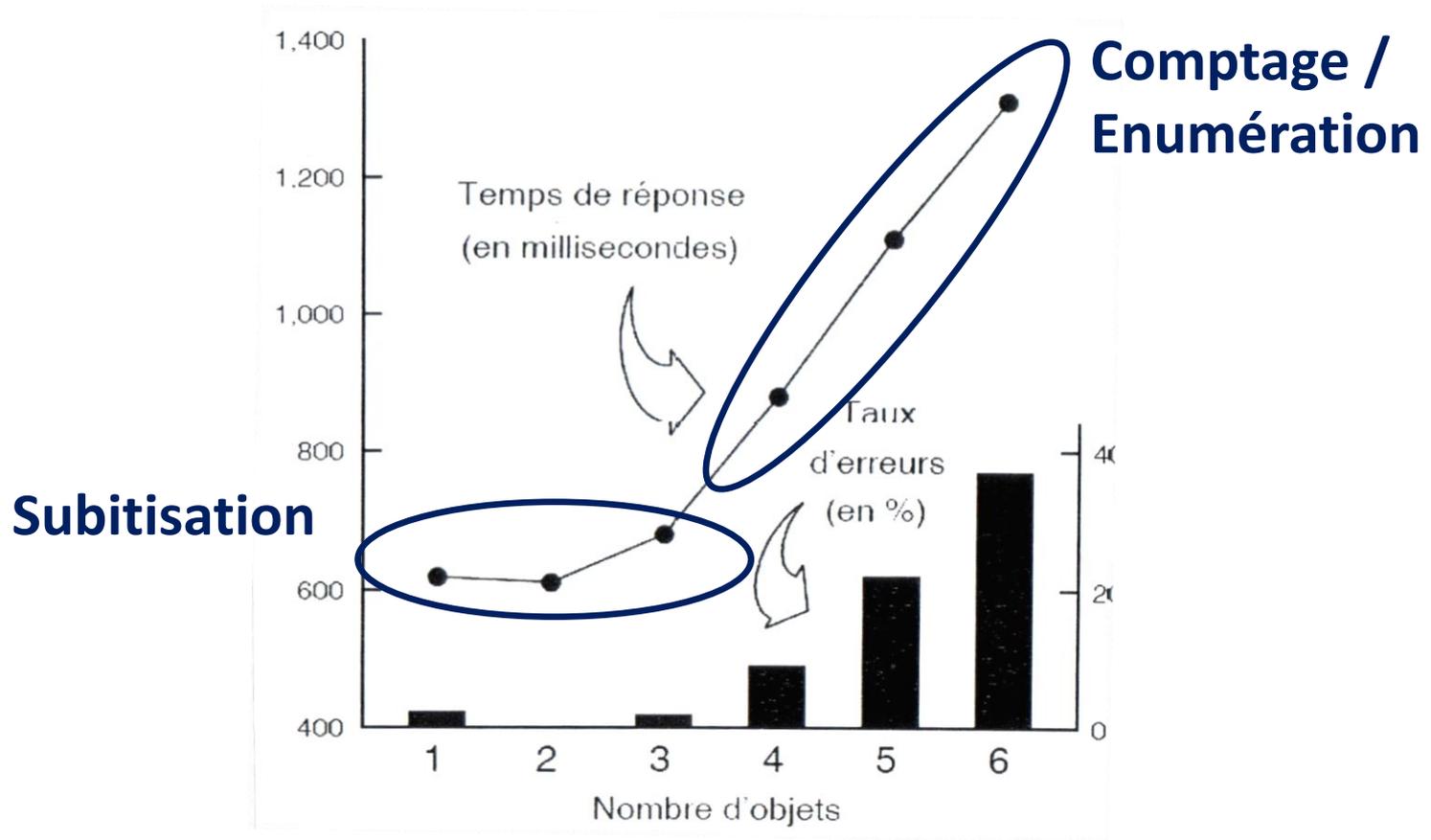
L'effet de taille est une conséquence de la compression logarithmique.



Dites à voix haute combien vous voyez de points le plus rapidement possible!



Les intuitions numériques « sens du nombre »



(Mandler & Shebo, 1982; Trick & Pylyshyn, 1994)

Facteurs de développement numérique

1. Les intuitions numériques

Deux capacités de représentation des nombres non-symboliques (i.e. ensembles d'objets)

- La Subitisation
 - Perception immédiate et exacte des petites quantités (<4)
- L'Estimation
 - Représentation approximative des quantités au-delà du domaine de la subitisation (>4)

Représentation des nombres

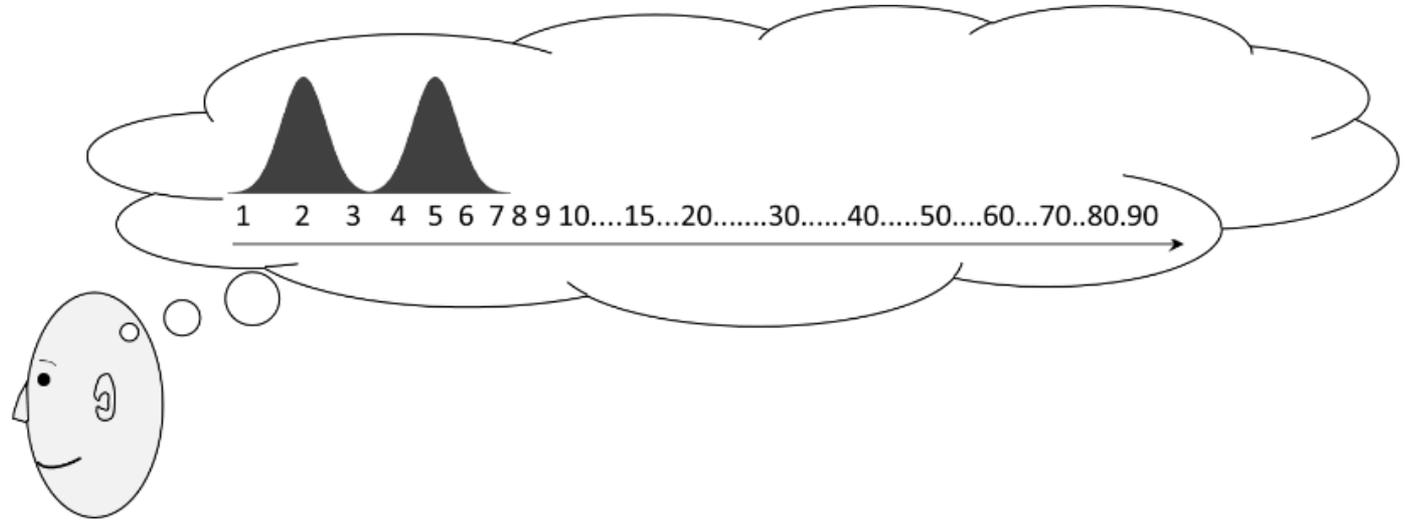
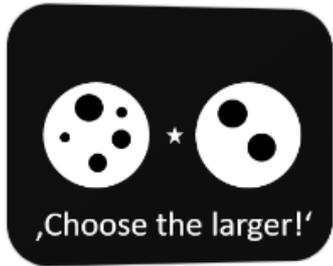
SNARC effect



Tâche: décision de parité (pair/impair)

1^{er} bloque: pair – droite & impair - gauche

2^{eme} bloque: pair – gauche & impair - droite



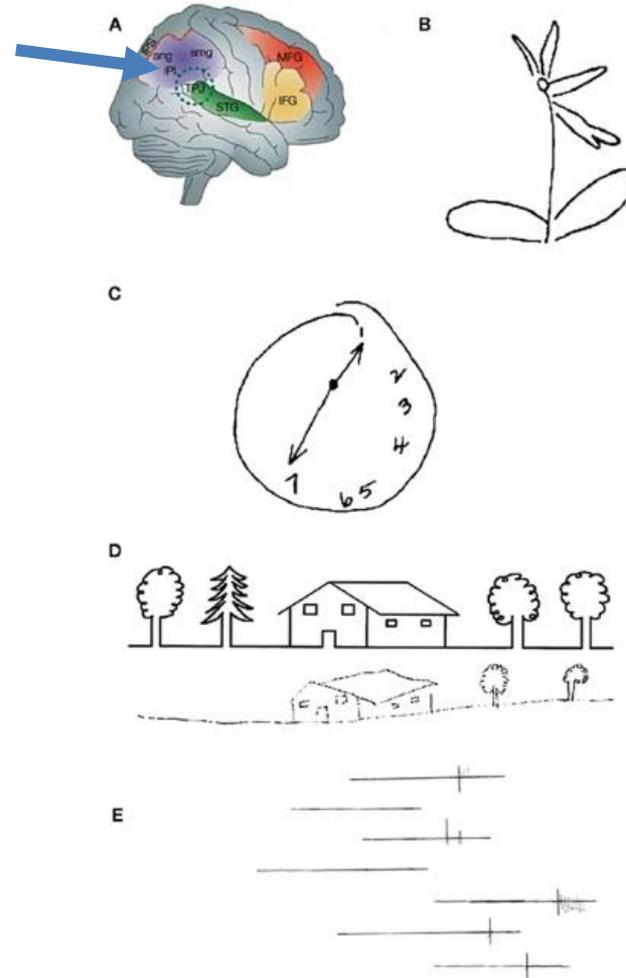
Ligne mentale numérique

- Présentation d'une nombre de points active une position sur cette représentation
- Activation avec du bruit (Gaussienne)
- Orienté dans l'espace de gauche a droite
- Comprimé (logarithmique)

Représentation des nombres

- L'idée d'une représentation spatiale est renforcée par des cas neurologiques
- Des patients qui se présentaient à la clinique avec négligence visuo-spatiale montraient une négligence représentationnelle

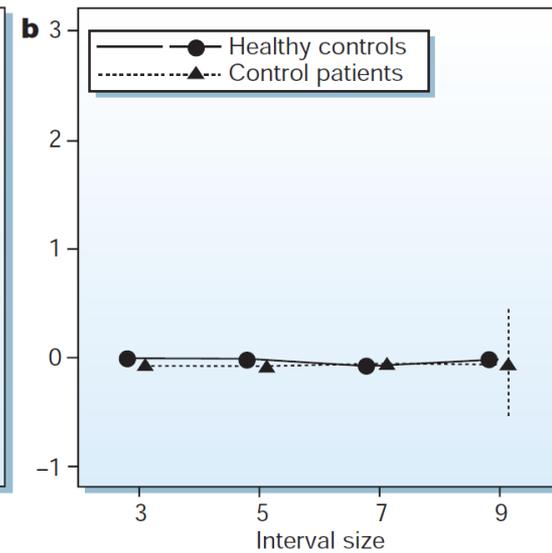
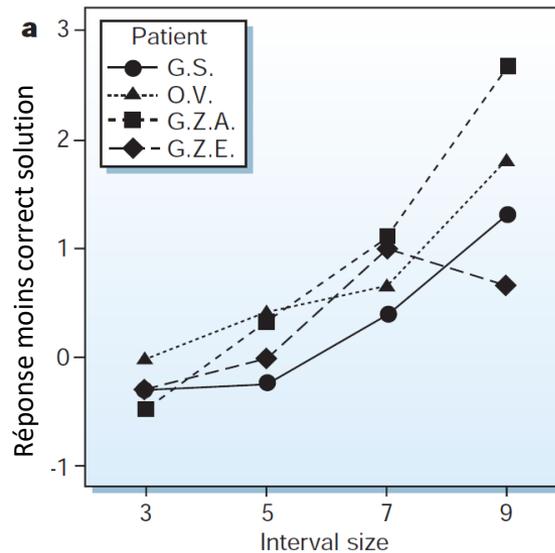
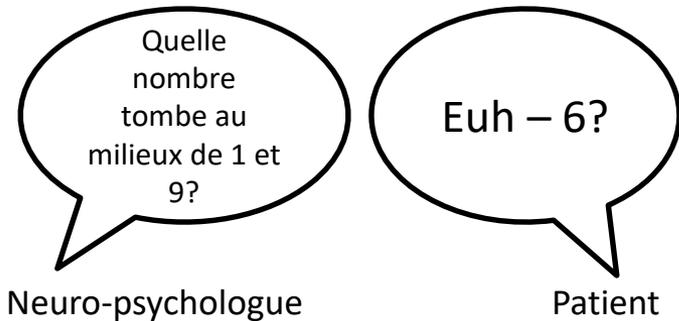
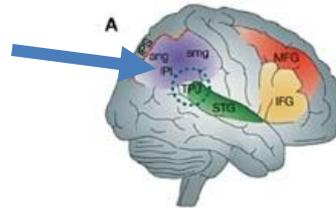
Une lésion dans des aires (temporo-) pariétale droite est à l'origine de ce trouble.



Représentation des nombres

- L'idée d'une représentation spatiale est fortifiée par des cas neurologiques
- Des patient qui se présentaient à la clinique avec négligence visuo-spatiale montraient une négligence représentationnelle

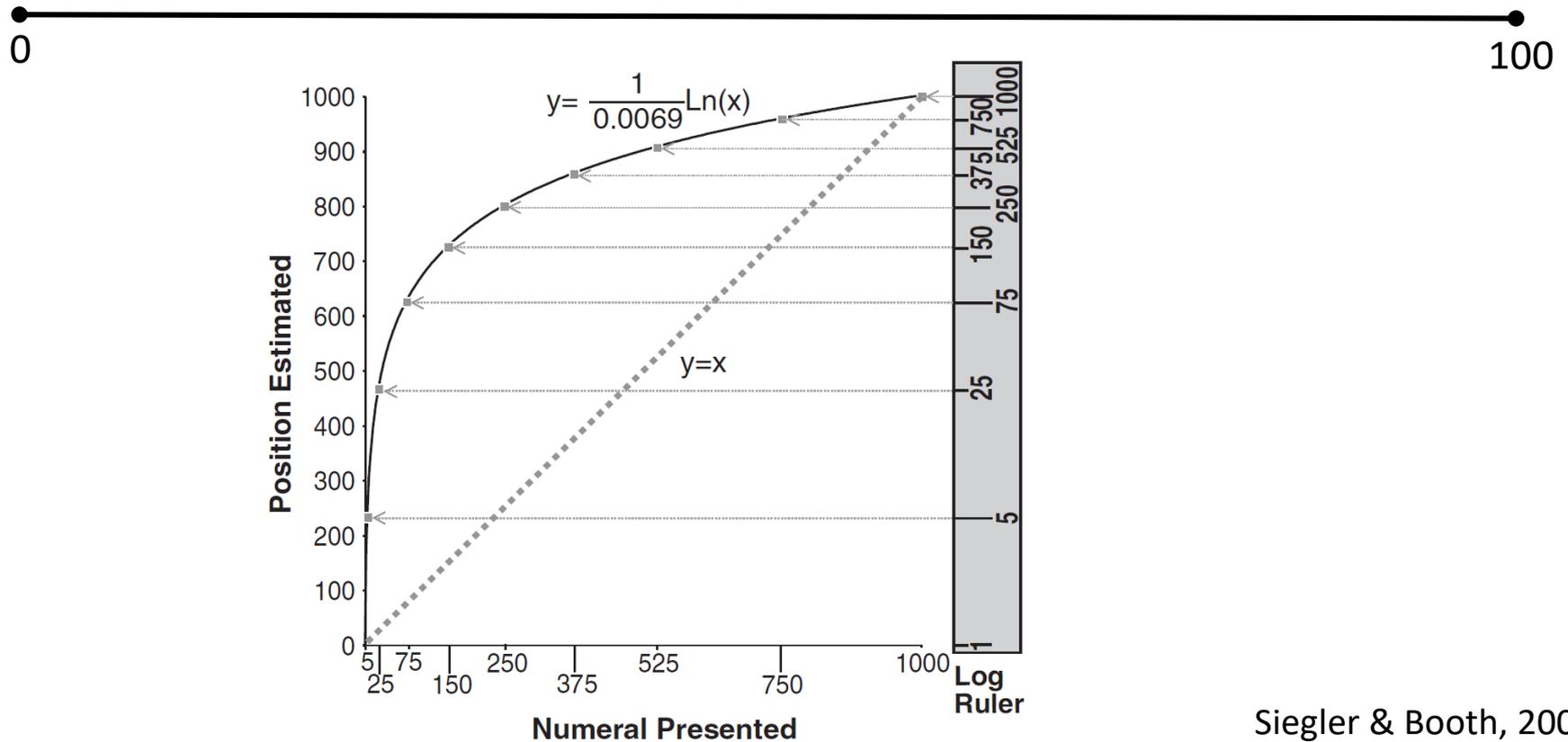
Une lésion dans des aires (temporo-)pariétale droite est a l'origine de ce trouble.



La représentation mentale des numéros

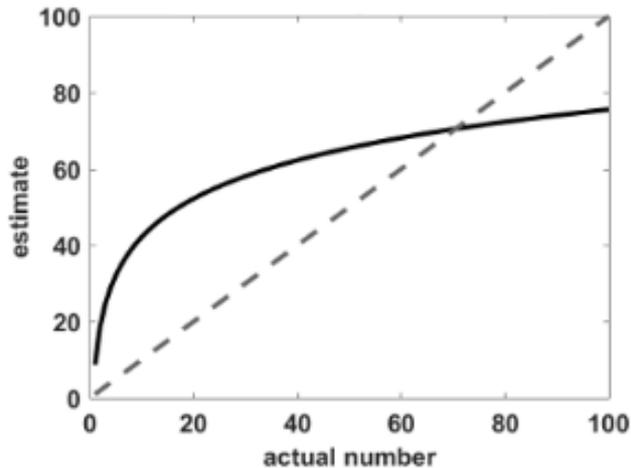
➤ Tâche: Place le numéro sur la ligne numérique!

64

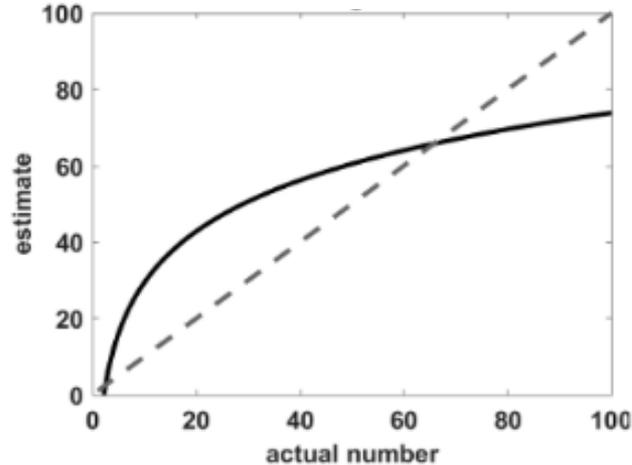


A travers les âges le « mapping » (ou la représentation même) devient linéaire dans le périmètre des nombres connus.

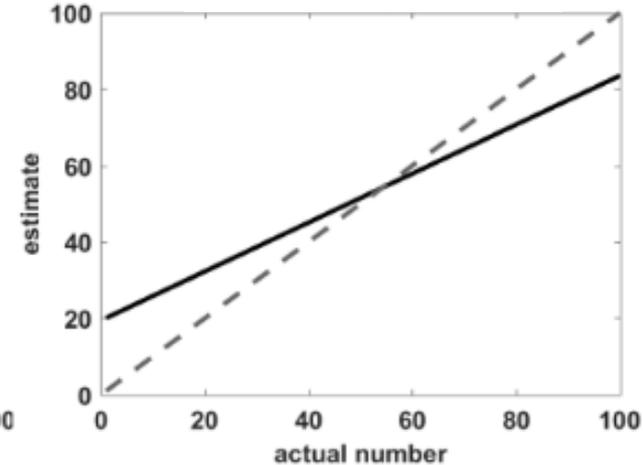
École maternelle



CP



CE1



Représentation des nombres

- Selon l'idée de la ligne mental numérique il n'y a qu'une seule représentation de la cardinalité.
- Si c'est le cas, la distance entre les numéros est le seul prédicteur de la performance (temps de réaction, taux d'erreur).

$$\begin{array}{c} 76 \\ \checkmark \checkmark \\ 21 \end{array} = \begin{array}{c} ((7-2) * 10) [50] \\ + \\ (6-1) [+5] \end{array}$$

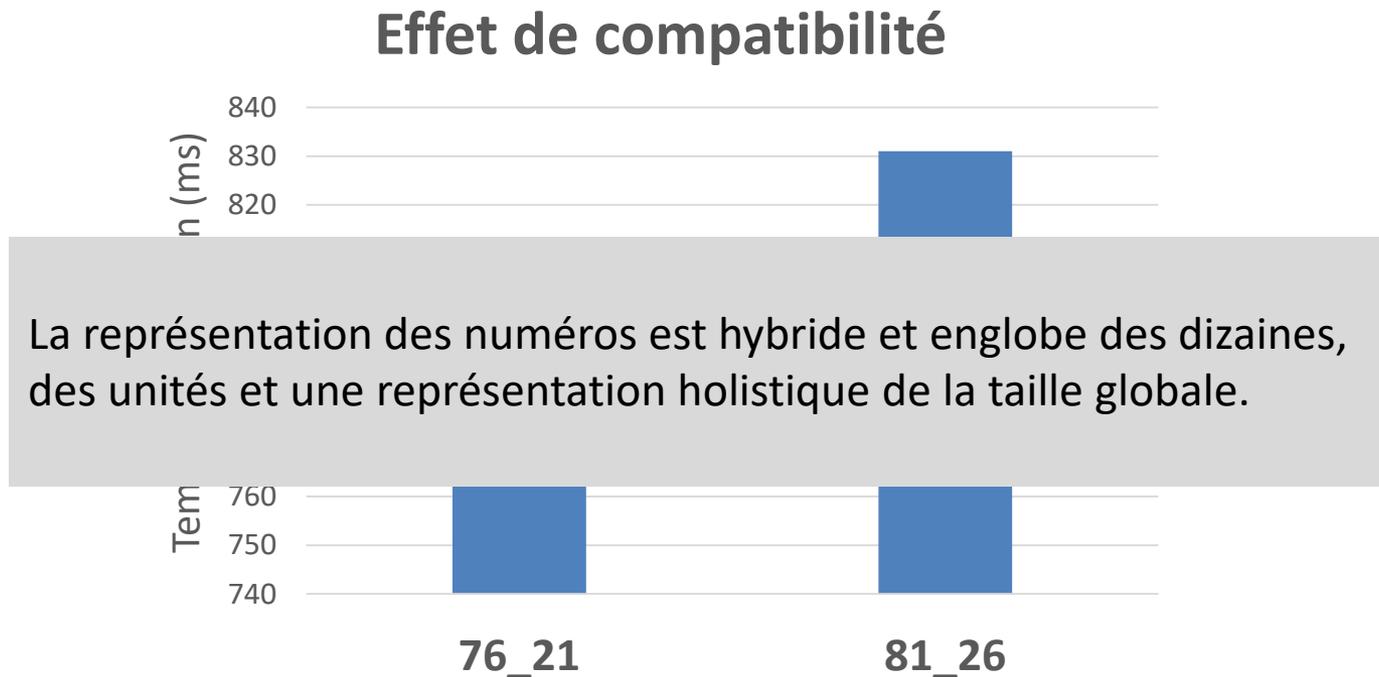
compatible

$$\begin{array}{c} 81 \\ \checkmark \wedge \\ 26 \end{array} = \begin{array}{c} ((8-2) * 10) [60] \\ + \\ (1-6) [-5] \end{array}$$

incompatible

Représentation des nombres

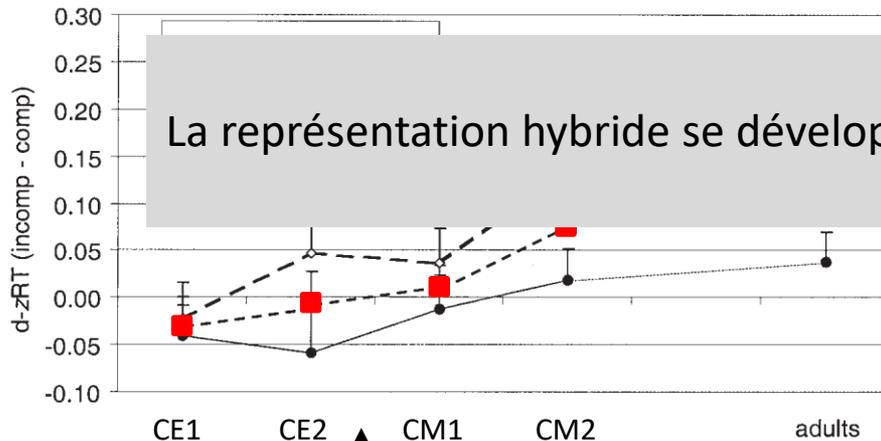
- Selon l'idée de la ligne mentale numérique il n'y a qu'une seule représentation de la cardinalité.
- Si c'est le cas, la distance entre les numéros est le seul prédicteur de la performance (temps de réaction, taux d'erreur).



Représentation des nombres

- Selon l'idée de la ligne mental numérique il n'y a qu'une seule représentation de la cardinalité.
- Si c'est le cas, la distance entre les numéros est le seul prédicteur de la performance (temps de réaction, taux d'erreur).

Effet de compabilité (TR)



La représentation hybride se développe pendant les premières années d'école.

Programme Autriche:
nombres jusqu'à 100

Représentation des nombres

La représentation des numéros à deux chiffres

➤ Une source d'incertitude : différences entre nombres et numéraux:

$DU = \{D\} \times 10^1 + \{U\} \times 10^0$	Nombre	Numéral
$(0 \times 10^1 +) 1 \times 10^0$	1	Un; une
$(0 \times 10^1 +) 2 \times 10^0$	2	Deux
$(0 \times 10^1 +) 3 \times 10^0$	3	Trois
$(0 \times 10^1 +) 4 \times 10^0$	4	Quatre
$(0 \times 10^1 +) 5 \times 10^0$	5	Cinq
$(0 \times 10^1 +) 6 \times 10^0$	6	Six

$DU = \{D\} \times 10^1 + \{U\} \times 10^0$	Nombre	Numéral
$2 \times 10^1 + 2 \times 10^0$	22	Vingt-deux
$2 \times 10^1 + 3 \times 10^0$	23	Vingt-trois
...
$3 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	30	Trente
...
$4 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	40	Quarante

Conséquence: erreurs de transcodage:

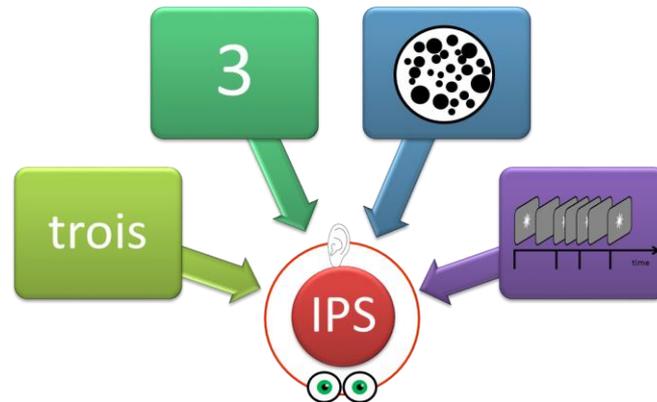
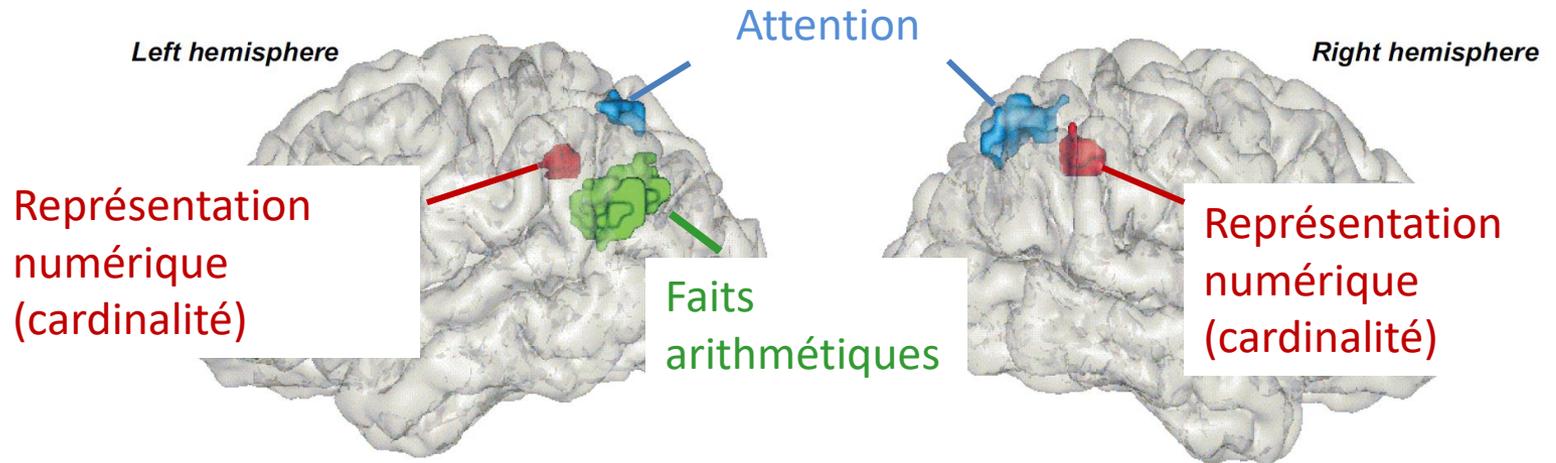
erreurs syntaxiques : „soixante-dix huit“ → 6018

$1 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	10	Dix
$1 \times 10^1 + 1 \times 10^0$	11	Onze
$1 \times 10^1 + 2 \times 10^0$	12	douze
$1 \times 10^1 + 3 \times 10^0$	13	Treize
$1 \times 10^1 + 4 \times 10^0$	14	Quatorze
$1 \times 10^1 + 5 \times 10^0$	15	Quinze
$1 \times 10^1 + 6 \times 10^0$	16	Seize
$1 \times 10^1 + 7 \times 10^0$	17	Dix-sept
$1 \times 10^1 + 8 \times 10^0$	18	Dix-huit
$1 \times 10^1 + 9 \times 10^0$	19	Dix-neuf
$2 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	20	Vingt
$2 \times 10^1 + 1 \times 10^0$	21	Vingt et un/une

$6 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	60	Soixante
...
$7 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	70	Soixante-dix
$7 \times 10^1 + 1 \times 10^0$	71	Soixante et onze
$7 \times 10^1 + 2 \times 10^0$	72	Soixante-douze
...
$8 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	80	Quatre-vingt
$8 \times 10^1 + 1 \times 10^0$	81	Quatre-vingt-un
...
$9 \times 10^1 + 0 \times 10^0$	90	Quatre-vingt-dix
...
...

Représentation des nombres

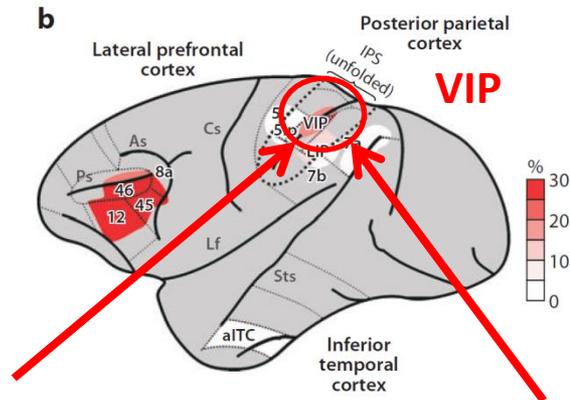
- Le cortex pariétal est clé pour la représentation de quantités numériques, y inclus
 - Nombres symboliques (chiffres)
 - Nombre d'éléments dans un ensemble
 - Longueurs
 - Taille
- Quelque soit la modalité (visuel, auditif, ...)



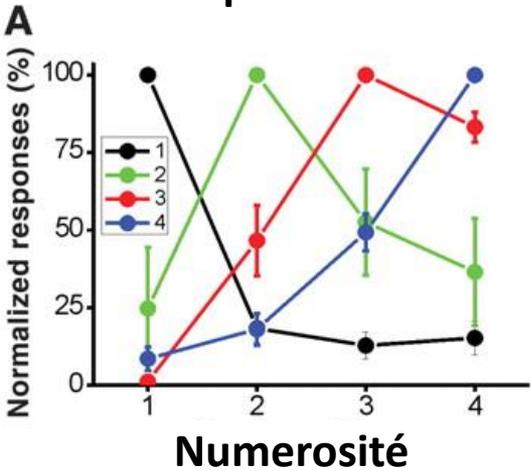
Implémentation neurale

Electrophysiologie chez le singe

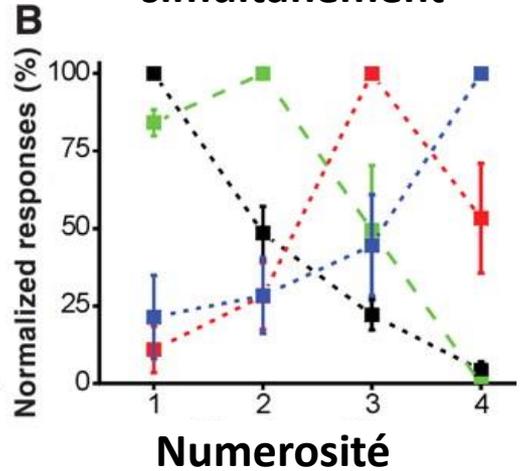
Codage de position



séquentiel

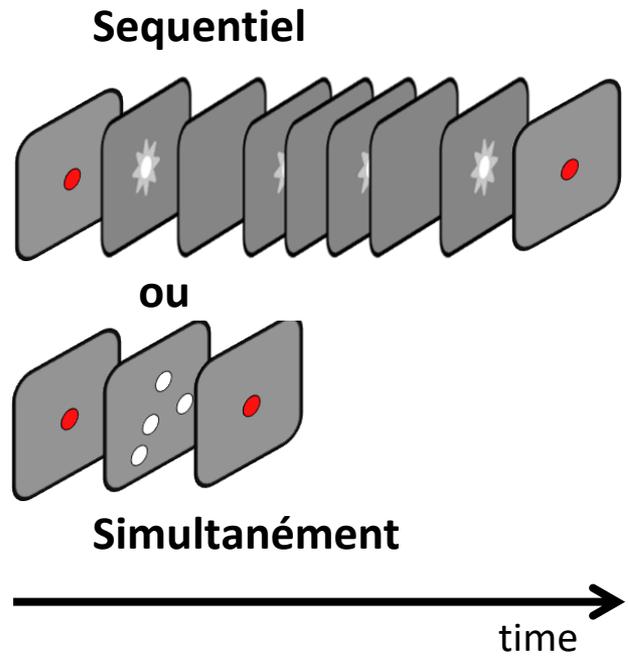


simultanément



Mécanismes d'énumération

Stimuli



Numerosités:

5, 7, 11, 16

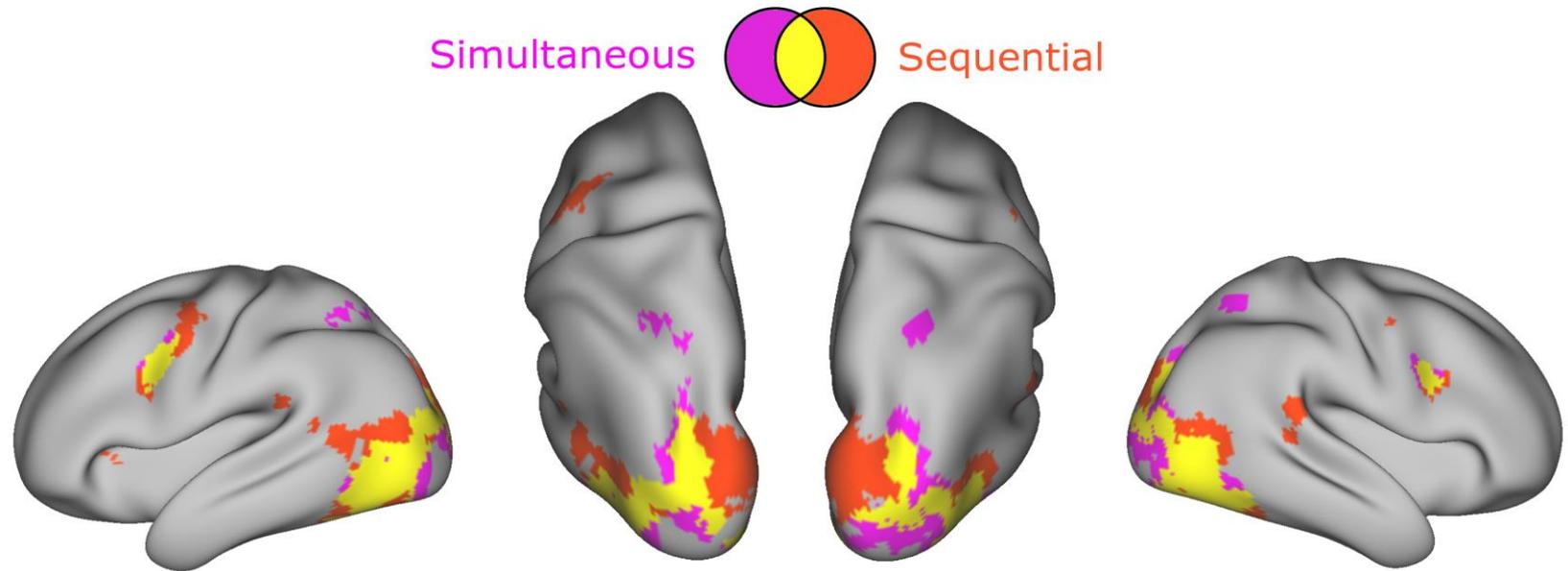
Tâche:

Comparaison de nombres (33%)

Mécanismes d'énumération

résultats MGL

A



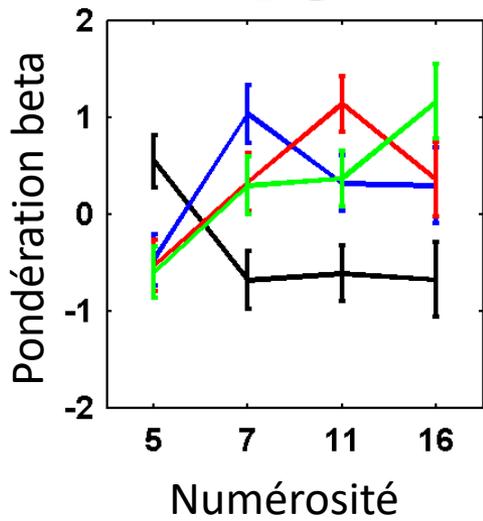
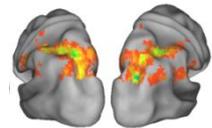
FDR-corrected $p < .05$

- Recouvrement d'activité uniquement dans les aires visuelles.
- Pas d'activité pariétale pour les numérosités séquentielles

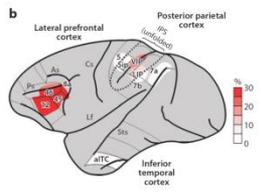
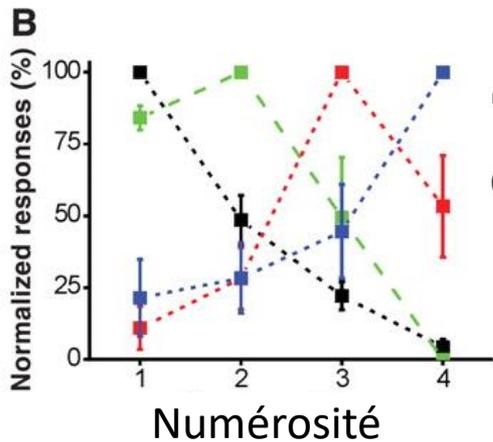
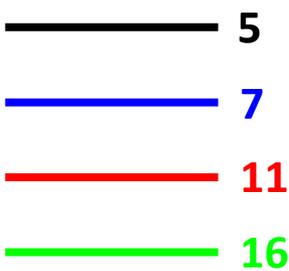
Mécanismes d'énumération

sélectivité au niveau d'un voxel

Pariétal ROI (sim)



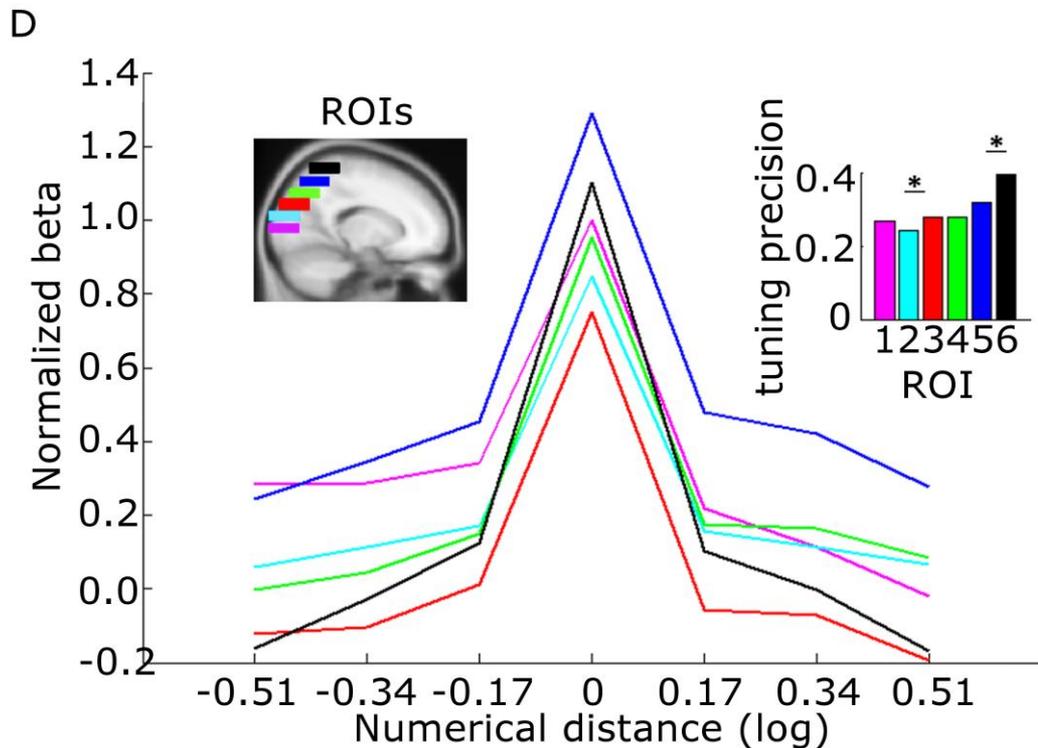
numérosité préféré



Nieder et al. (Science, 2006)

Mécanismes d'énumération

sélectivité au niveau d'un voxel



Le long d'un gradient occipital → pariétal, sélectivité pour numérosité augment

Pour résumer, nos résultats suggèrent l'existence des mécanismes de perception dédiés aux nombres dans le cortex pariétal.

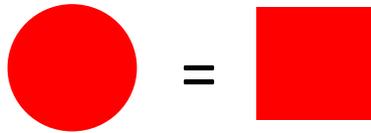
Mécanismes d'énumération

La compréhension des nombres – est-elle présente qu'à partir de 6/7 ans (stade des opérations concrètes) avec la conservation (spatiale) ?

Conservations

physiques :

quantité de la matière (7-8 ans)



quantité de poids (8-9 ans) :



quantité de volume (11-12 ans) :



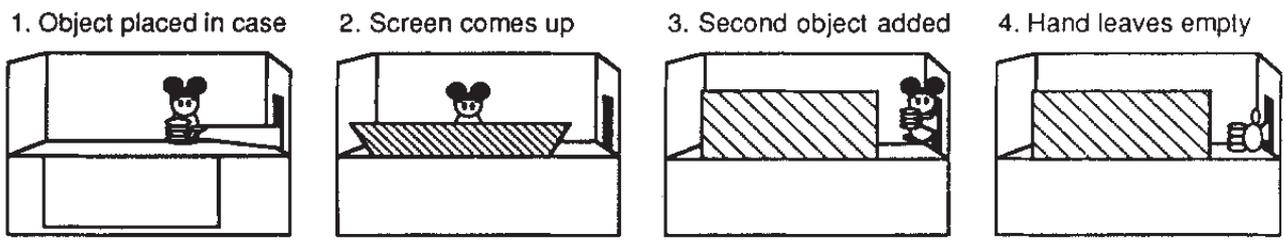
spatiales :

quantités numériques (7 ans) :

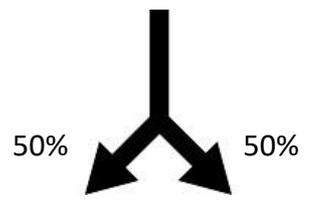


Mécanismes d'énumération

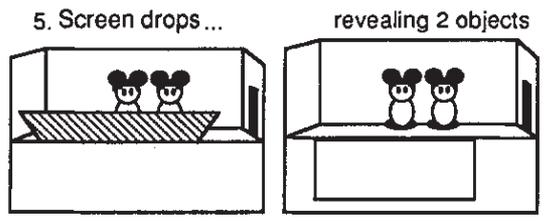
La compréhension des nombres – est-elle présente qu'à partir de 6/7 ans (stade des opérations concrètes) avec la conservation (spatiale) ?



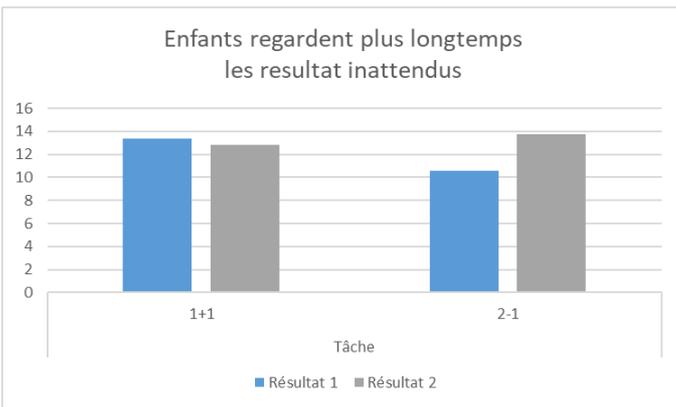
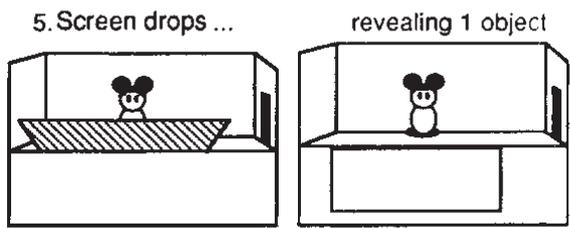
addition



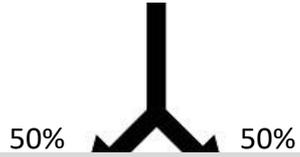
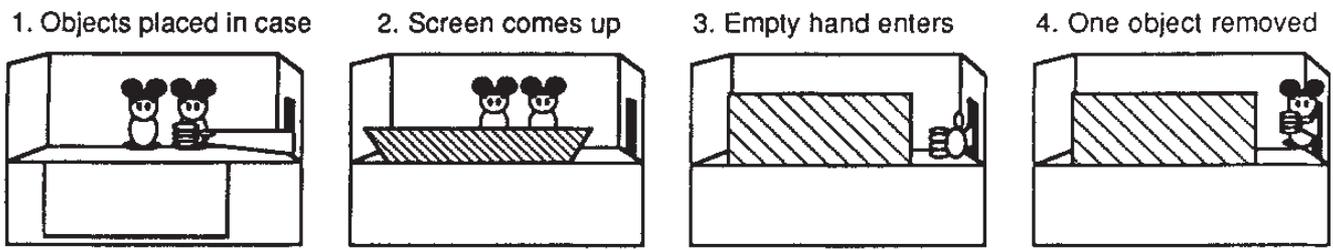
Then either : possible outcome



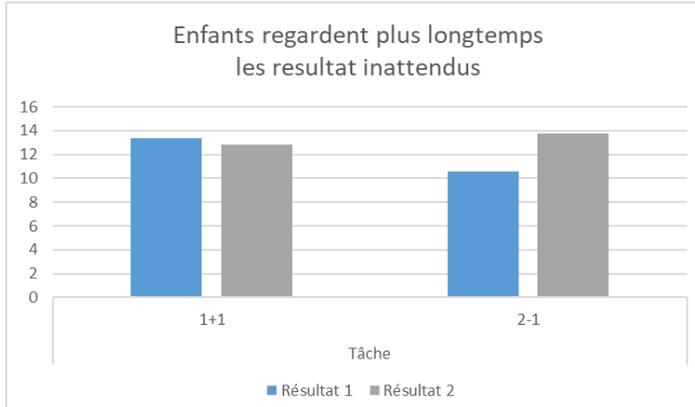
or : impossible outcome



Mécanismes d'énumération



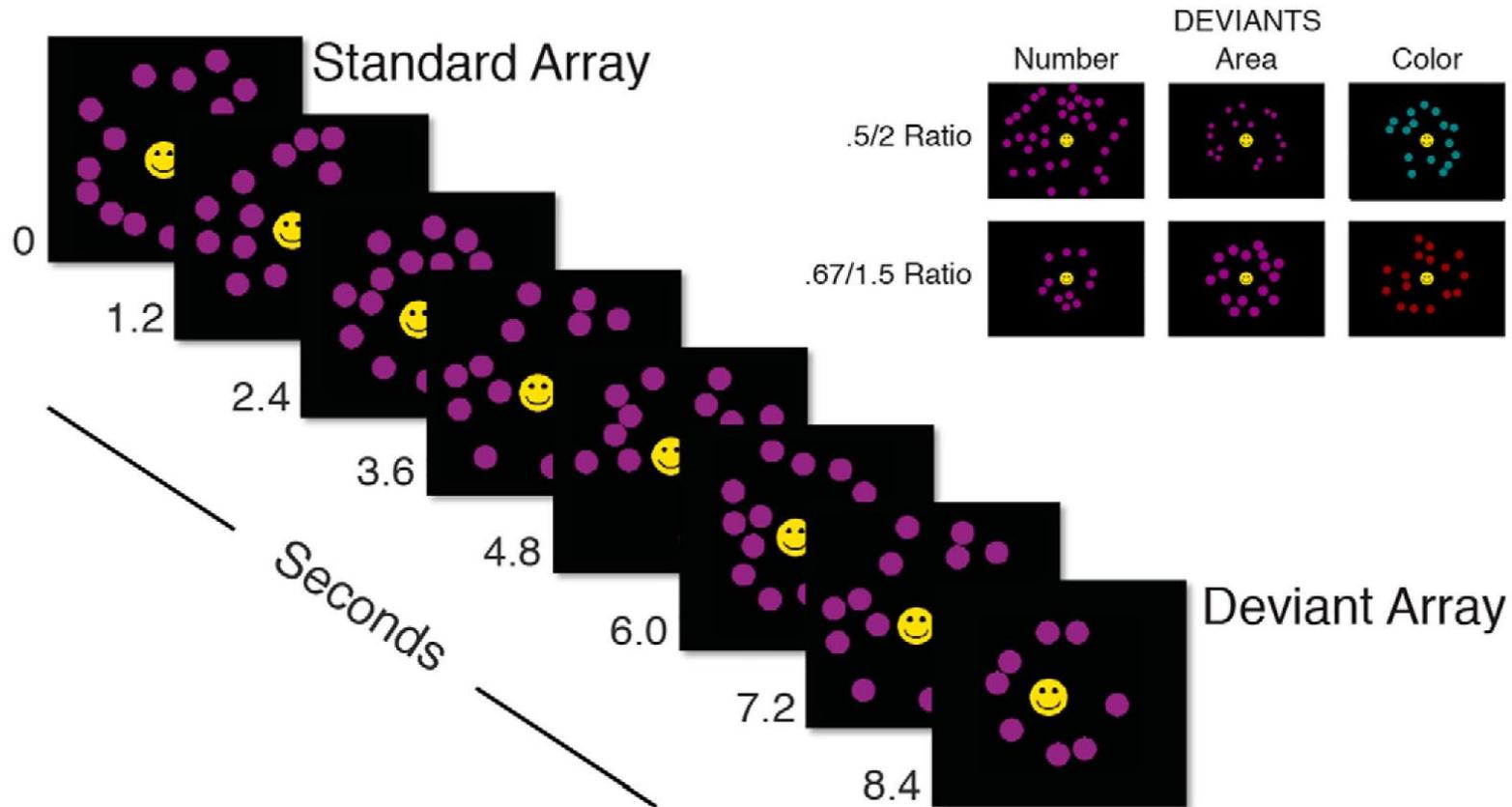
Enfants de quatre et cinq mois ont à la fois des représentations précises du nombre et permanence de l'objet



Mécanismes d'énumération

Le cortex pariétal se montre susceptible aux changements des nombres déjà avant l'acquisition des mots de nombre.

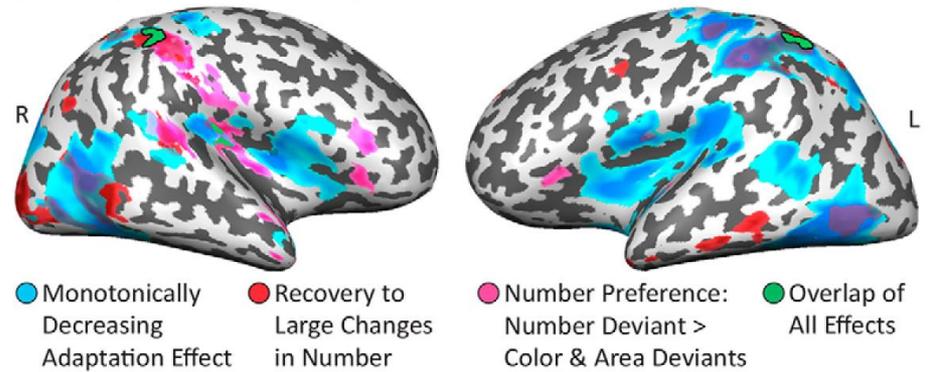
- Participants: 43 enfants typiques (âge: 3.6 – 6.99 ans)
- Tâche ,passive' : regarder les nouages des points;
- Tâche ,active' : reporter les changements du smiley
- Déviantes définis par couleur, area, ou nombre (4 ratios)



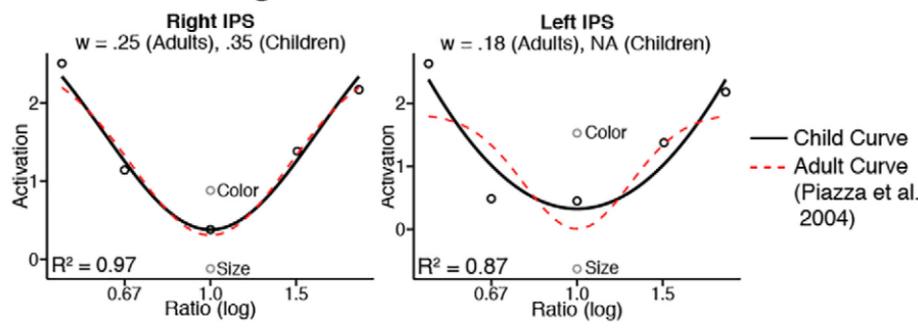
Mécanismes d'énumération

Le cortex pariétal se montre susceptible aux changements des nombres déjà avant l'acquisition des mots de nombre.

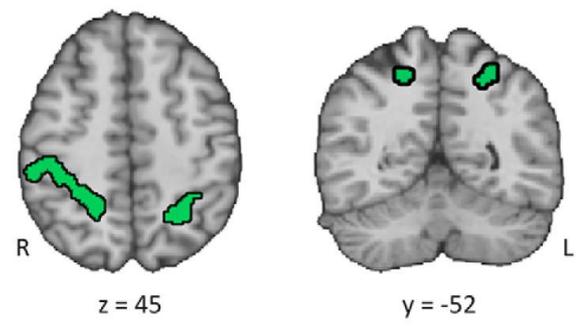
A Whole-Brain Number Effects



B Neural Tuning



B IPS ROIs



- Les déviations numériques conduisent à une reprise d'activité qui évolue avec un rapport entre standard et déviant

→ le cortex pariétal reflète la quantité numérique

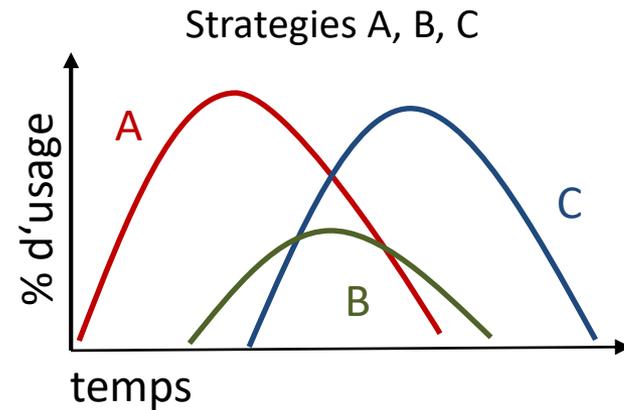
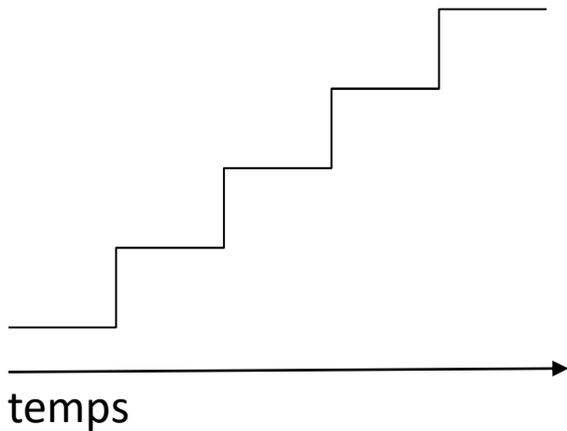
Résumé intermédiaire

Nombres

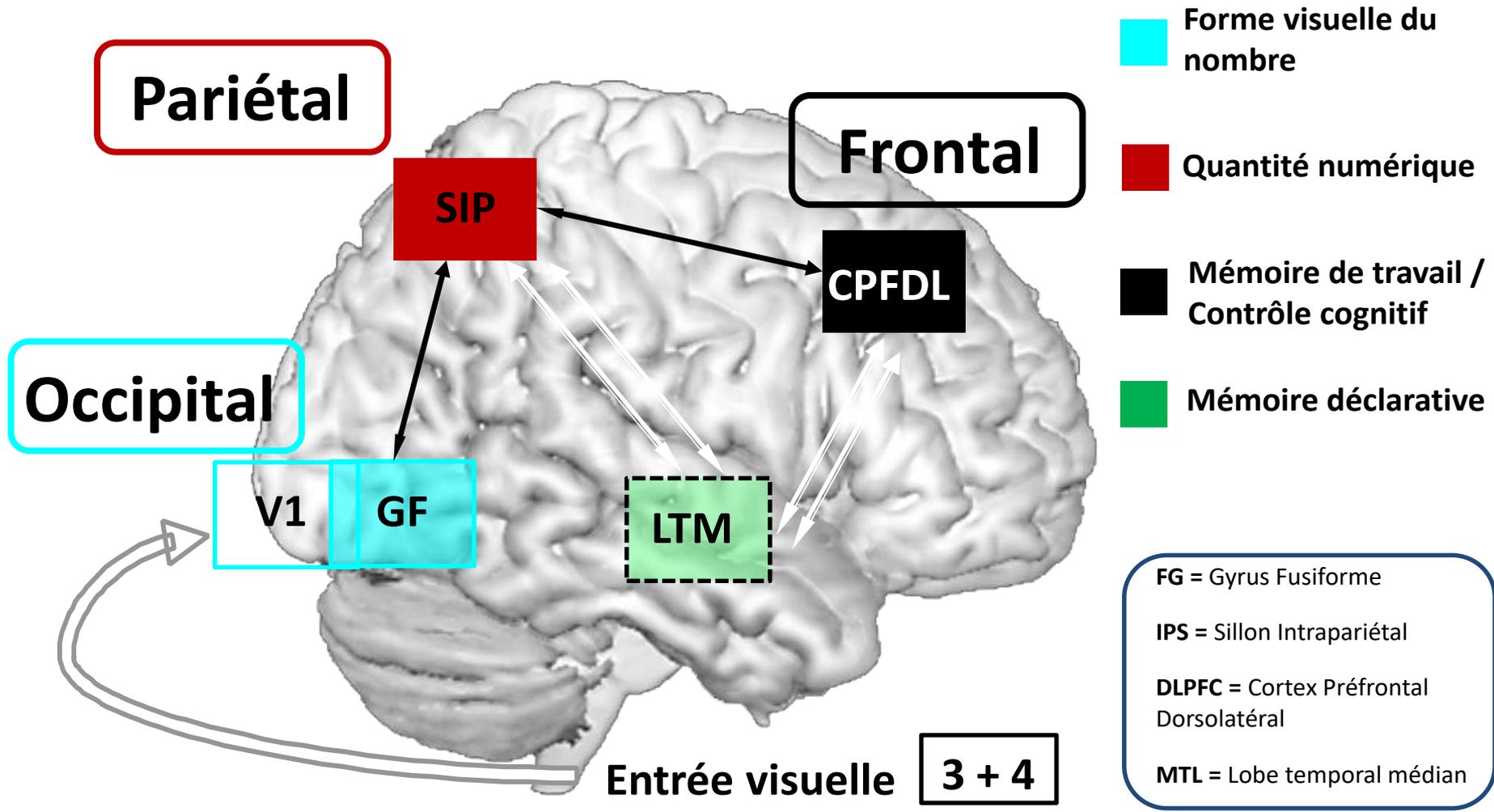
- Ligne mentale numérique
 - Gauche à droite
 - Spatiale
 - Comprimé
 - De-composée (unité, dizaine, ...)
- Mots nombre conduisent à des erreurs de transcoding
- Capacités numériques présent des âge de nourrisson
- Aires pariétales clé pour représenter les quantités numériques

Développement selon Piaget

1. La période de l'intelligence sensorimotrice (de la naissance à 2 ans), divisée en 6 stades.
2. La période de l'intelligence préopératoire (de 2 à 6 ans), divisée en 2 stades.
3. La période des opérations concrètes ou de l'intelligence opératoire (de 6 à 10 ans).
4. La période des opérations formelles (de 10 à 16 ans).



Le cerveau du jeune mathématicien



Luculano, 2016, *Progress in Brain Research*

Luculano & Menon (In press), *The Stevens's Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, 4th Ed.

Arithmetic capacities

3. L'acquisition des stratégies arithmétiques

$$4 + 7 =$$

Mode

- Doigts
- A haute voix
- Mental

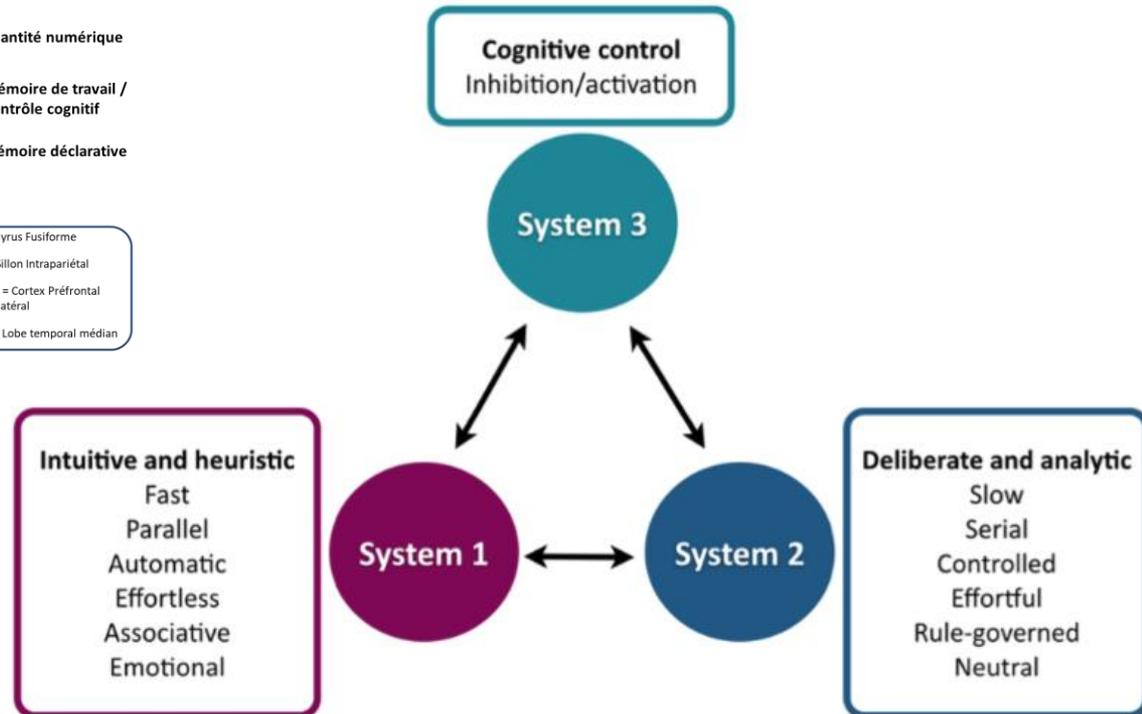
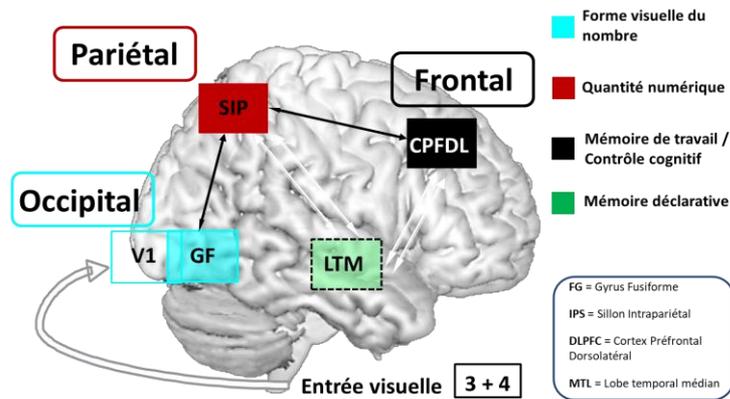
Algorithme

- Count All
- Count On
 - Pas d'ordre
 - Plus grand en premier
- Décomposition
- Récupération en Mémoire

On peut notamment distinguer les **stratégies de récupération en mémoire**, des **stratégies procédurales**

Les stratégies de calculs et leurs développement

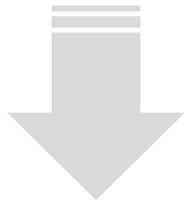
- Calculs mental est un processus complexe
- Plusieurs systèmes cognitifs y contribuent
 - Perception des informations
 - Compréhension des nombres (sens du nombre)
 - Stratégies & planification & contrôle
 - Mémoire de travail (court terme)
 - Mémoire associative (long terme)



Les stratégies de calculs et leurs développement

- Certaines types de problèmes peuvent entrainer les mauvaises intuitions/heuristiques

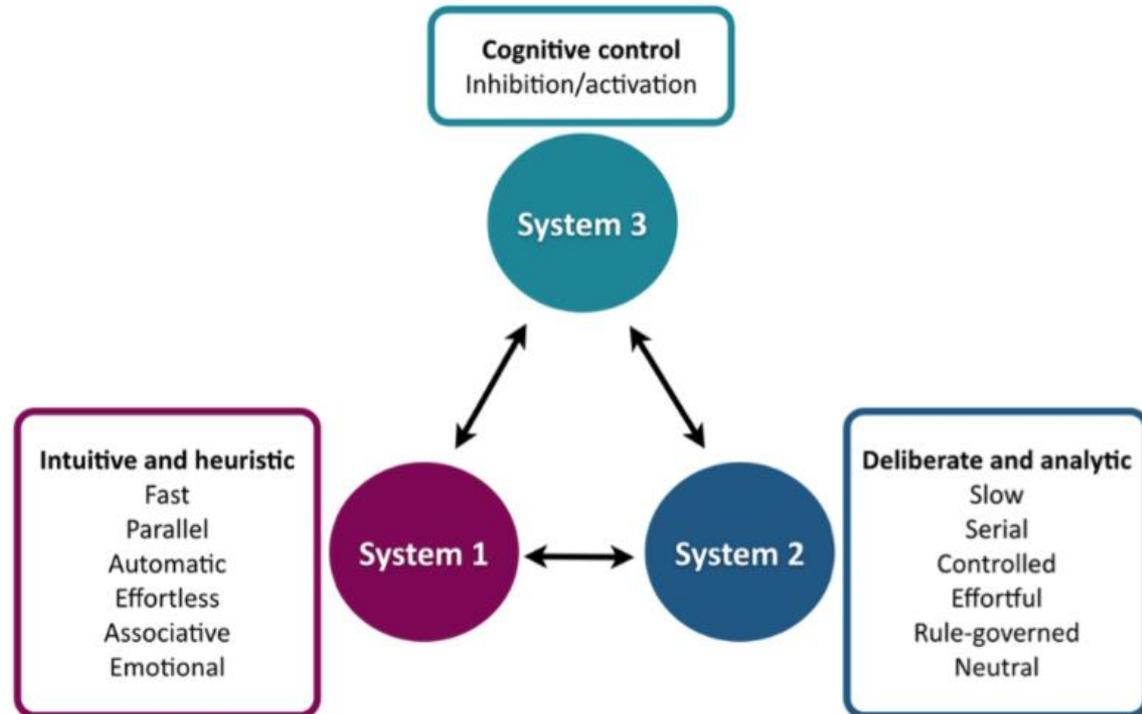
Pierre a 20 billes. Il en a 5 de plus que Paul. Combien de billes a Paul ?



Heuristique

« plus » → addition
« moins » → soustraction

Marie a 10 billes. Julie en a 10 de plus que Marie. Combien de billes a Julie ?



Les stratégies de calculs et leurs développement

- Certains types de problèmes peuvent entrainer les mauvaises intuitions/heuristiques

Pierre a 20 billes. Il en a 5 de plus que Paul. Combien de billes a Paul ?

Marie a 10 billes. Julie en a 10 de plus que Marie. Combien de billes a Julie ?

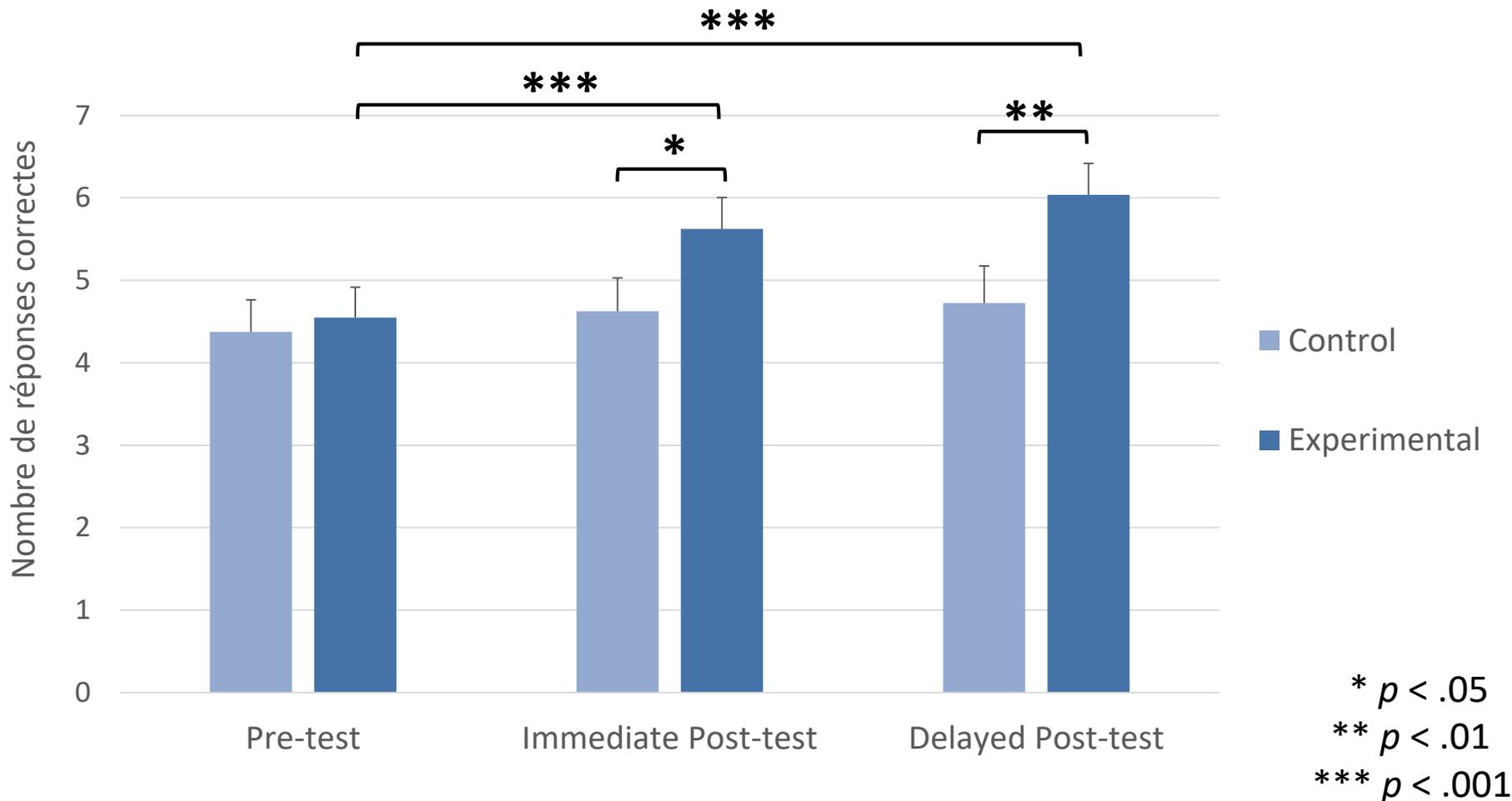
Montrer & nommer explicitement le piège & algorithme de solution



Montrer l'algorithme de solution

Les stratégies de calculs et leurs développement

Nombre de réponses correctes dans les éléments incongruents aux pré et post-tests pour les groupes expérimentaux et témoins

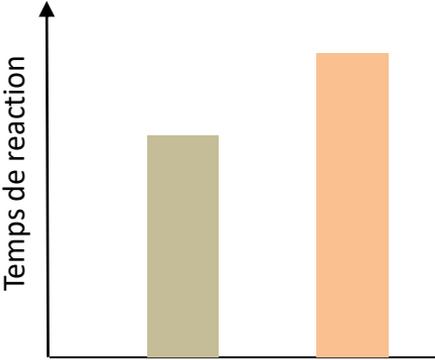
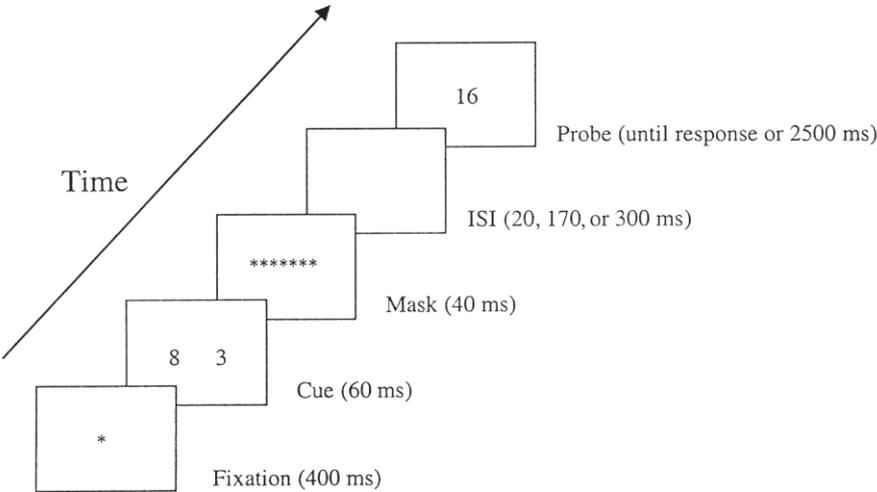


Les stratégies de calculs et leurs développement

- Certaines types de problèmes peuvent entrainer les mauvaises intuitions/heuristiques
- Pour corriger certains problèmes (pas de problèmes de maths en soi)
 - Identifier les mauvaises stratégies
 - Démontrer les pièges
 - Entrainer un approche métacognitif
basé sur la capacité d'inhiber les heuristiques fausse

Interacting Neighbors Model

Galfano et collègues ont montré que la présentation de deux chiffres active leur produit et ceux des chiffres voisins



Neutral probes : 8_3 → 26

incongruent probes : 8_3 → 16 (8_2)

Mécanismes de mémoire

Interacting Neighbors Model

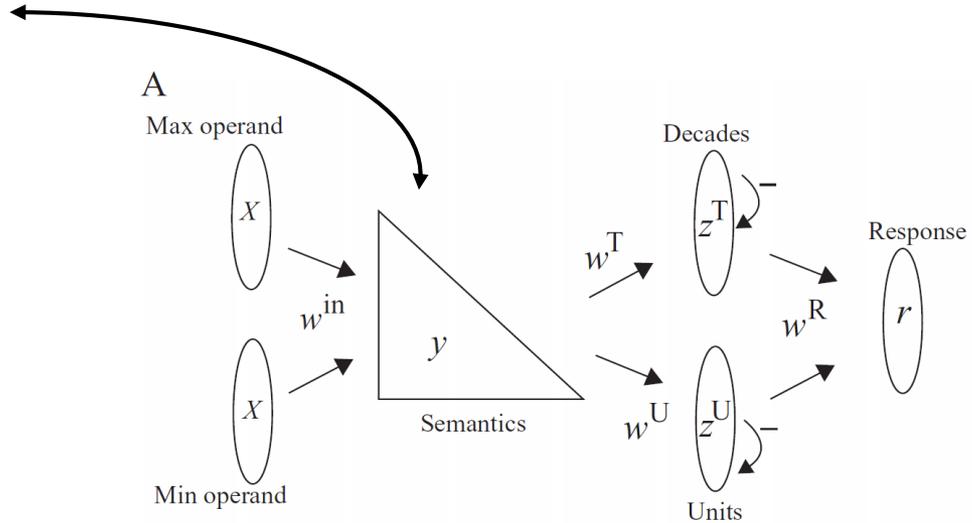
Principe de collaboration et interférence

Si les problèmes voisins convergent sur le même dizaine/unité → collaboration

Exemple: $7 \times 3 = 21$ & $7 \times 4 = 28$ versus $8 \times 2 = 16$ $8 \times 3 = 24$ & $8 \times 4 = 32$

Table de multiplication

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2	2	4								
3	3	6	9							
4	4	8	12	16						
5	5	10	15	20	25					
6	6	12	18	24	30	36				
7	7	14	21	28	35	42	49			
8	8	16	24	32	40	48	56	64		
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100



Mécanismes de mémoire

Interacting Neighbors Model

Principe de collaboration et interférence

Si les problèmes voisins convergent sur le même dizaine/unité → collaboration

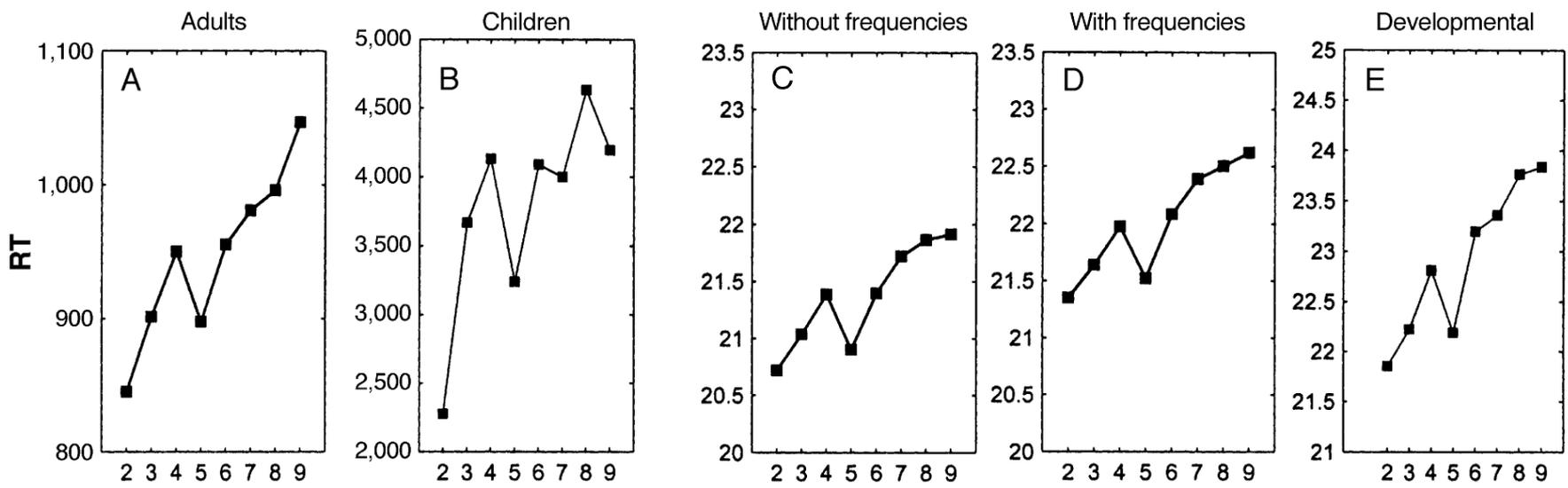
Exemple: $7 \times 3 = 21$ & $7 \times 4 = 28$ versus $8 \times 3 = 16$ $8 \times 3 = 24$ & $8 \times 4 = 32$

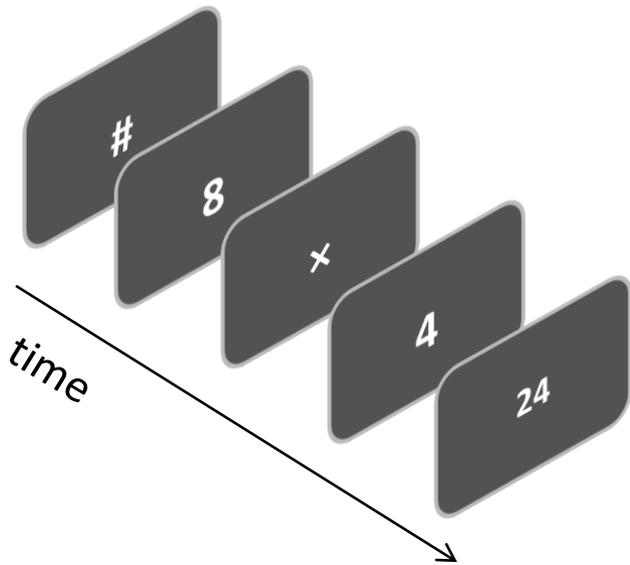
Les simulations correspondent aux données expérimentales



Data

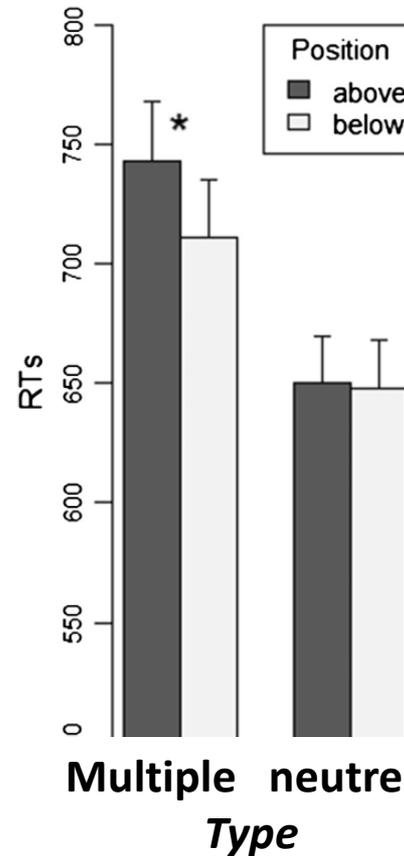
Simulations





Réponse (e.g. $8 \times 4 = 32$)

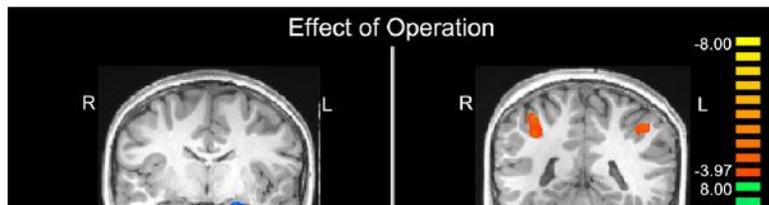
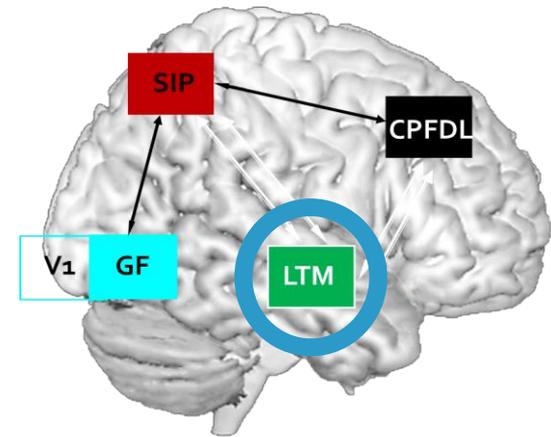
	<i>Position</i>	
<i>Type</i>	au-dessous	au-dessus
Neutral	[35; 39]	[25; 29]
Multiple	[36; 40]	[24; 28]



Ces résultats montrent que

- La représentation des faits arithmétiques est lié au LMN
- La compression de la LMN fait grandir l'effet en fonction de la quantité

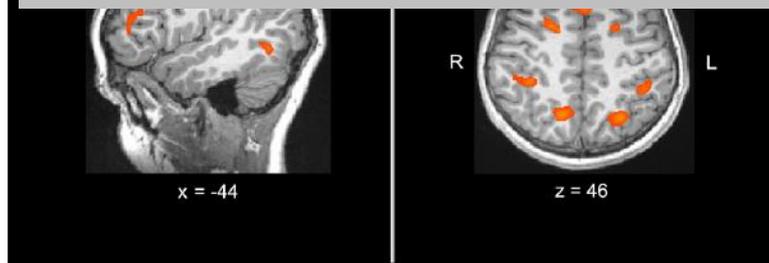
L'acquisition des stratégies arithmétiques



Le changement des réseaux activés suggère un changement de stratégies :

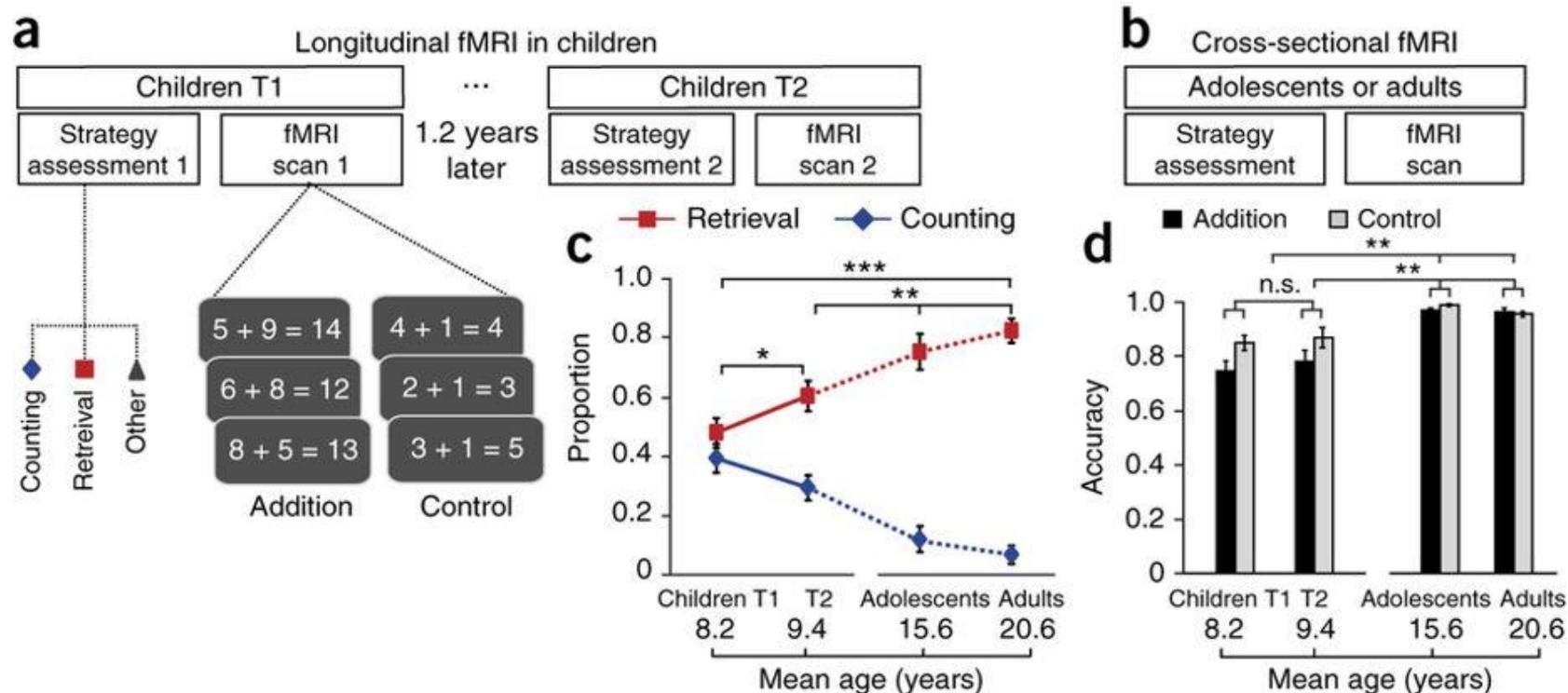
Les stratégies procédurales sont utilisé pour les grandes problèmes.

Les résultats des petites problèmes font appels a le mémoire long terme.



L'acquisition des stratégies arithmétiques

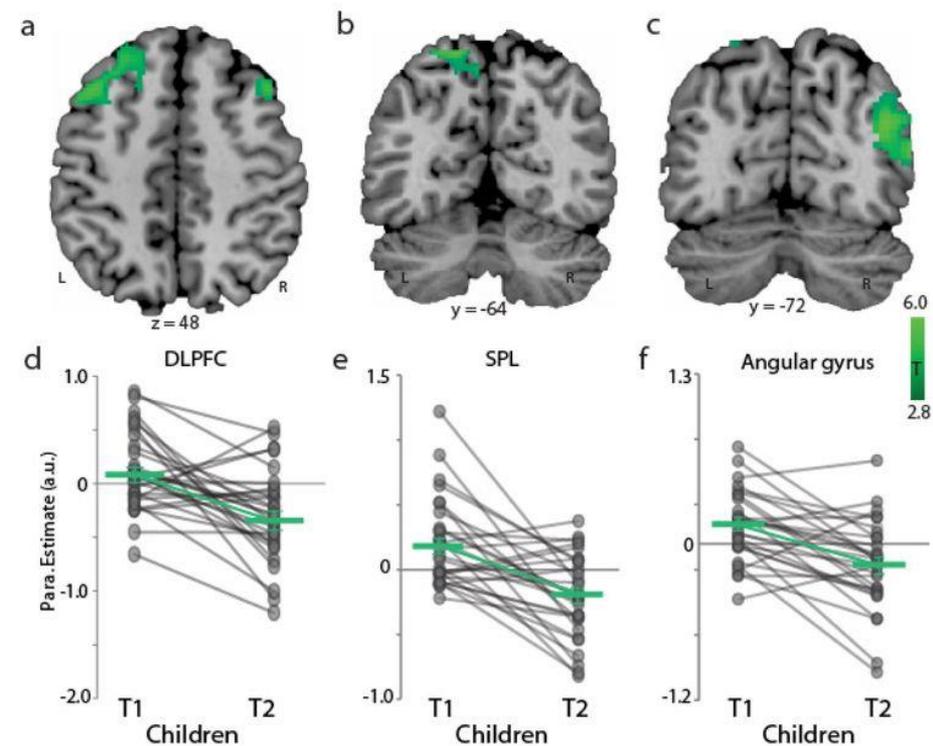
Entraînement cognitive a pour conséquence des changements d'activations des réseaux



- Rapport de stratégie « comptage » baisse pendant entraînement
- Précision augmente
- Pas de différence entre t1 et t2 pour les enfants

L'acquisition des stratégies arithmétiques

Changements longitudinales (t1 → t2)
en PFC & PC pendant des addition

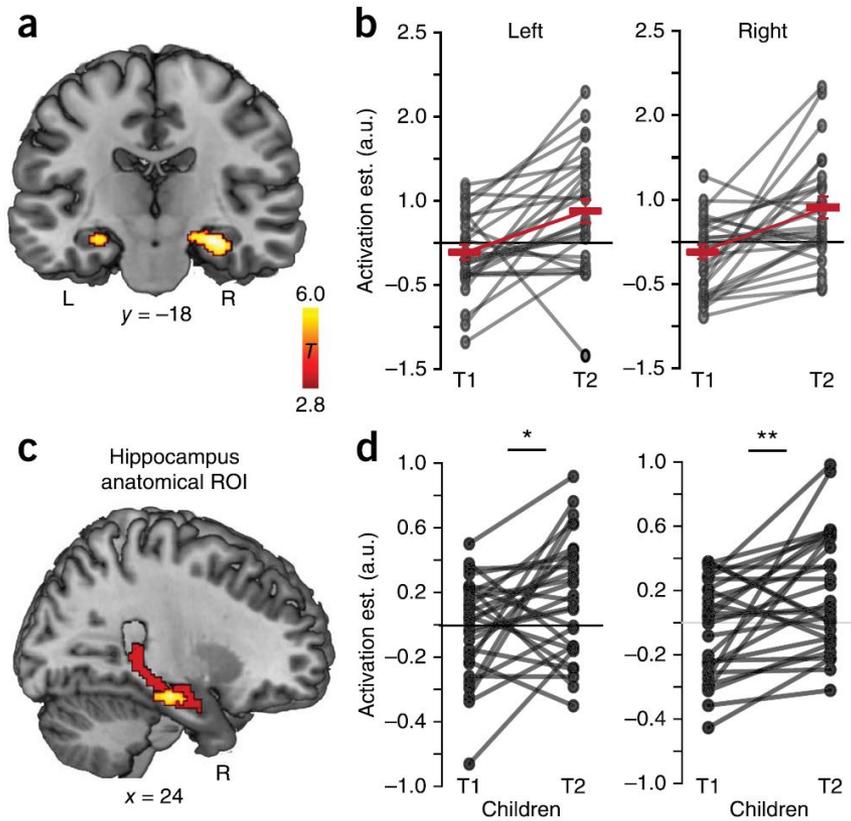


- Réseau fronto-pariétal actif pendant addition
- L'activation diminue en PFC et PC entre t1 à t2
- Le changement de stratégie (comptage → récupération) entraîne une diminution de l'activation

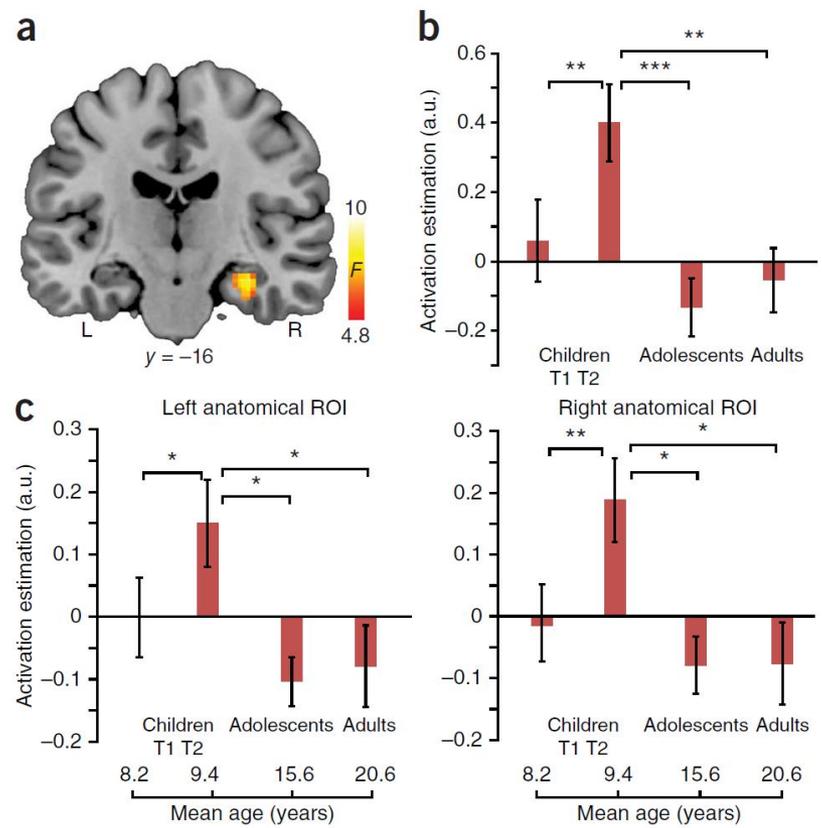
L'acquisition des stratégies arithmétiques

Rôle du hippocampe pendant développement:

Changement enfants



Changement a travers les âges



- Hippocampe (HC) montre une augmentation de l'activité de t1 à t2 chez les enfants (8-9 ans)
- L'activité HC pour l'addition diminue à l'adolescence et à l'âge adulte
- La consolidation de la mémoire entraîne une augmentation transitoire de l'activité HC au milieu de l'enfance qui précède changements comportementaux

Résumé intermédiaire

Nombres

- Ligne mentale numérique
 - Gauche à droite
 - Spatiale
 - Comprimé
 - De-composée (unité, dizaine, ...)
- Mots nombre conduisent à des erreurs de transcodage
- Capacités numériques présent des âge de nourrisson
- Aires pariétales clé pour représenter les quantités numériques

Calculs

- Progression de procédure : procédures --> récupération de faits
- Réseaux activés pas les stratégies différent (pariétale → HC)
- Stratégies progressent d'une manière non-linéaire
- Certains erreurs conséquences des associations → approche métacognitif pour améliorer
- Mémorisations des faits arithmétiques réflexion du système du nombre & associé au LMN

Troubles d'apprentissage

Dyscalculie développementale (DD)

- Définition & diagnostique (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; DSM-5*)
 - Trouble d'apprentissage spécifique qui empêche l'apprentissage des compétences mathématiques de base
 - Symptômes
 - Troubles mathématiques
 - Trouble de compréhension de
 - Temps
 - Faits qui sont reliés aux nombres/dates
 - Comportement inapproprié (e.g. payer le croissant avec une note de 100€)
 - QI normale
 - Commence en enfance et persiste à l'âge adulte
 - Prévalence: 3 – 6% de la population (DD touche à un enfant par classe de 20 enfants)
 - Comorbidités:
 - Dyslexia (prévalence jointe: 4-7 %)
 - TDA/H

Troubles d'apprentissage

Dyscalculie développementale (DD)

- Définition & diagnostique (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; DSM-5*)

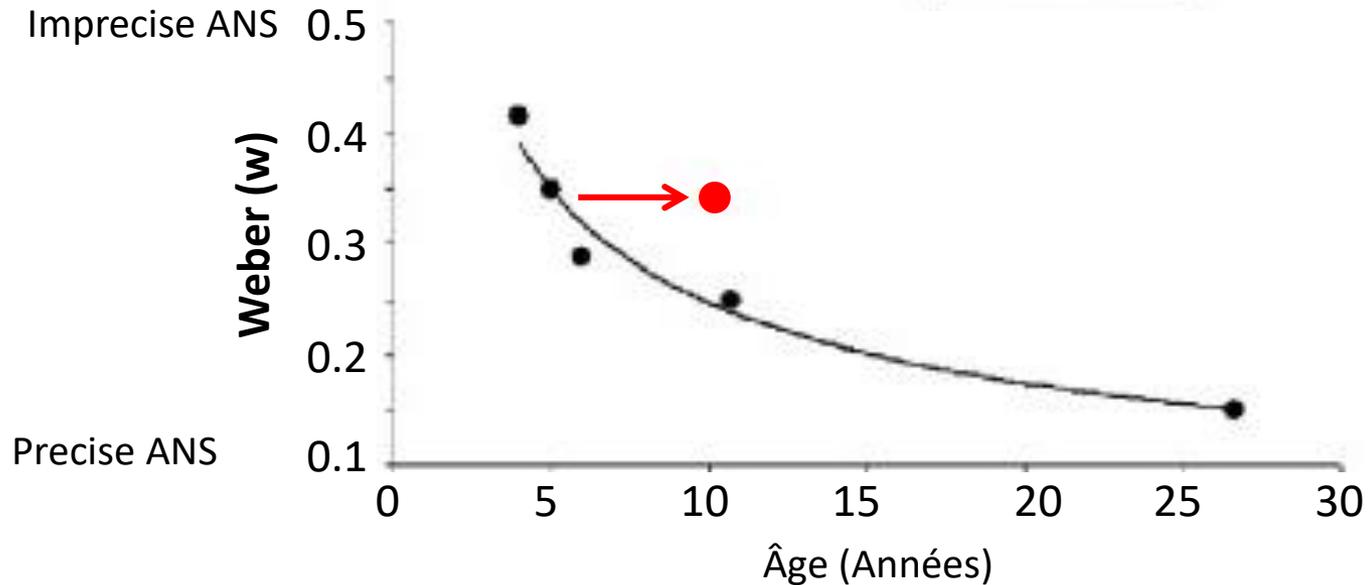
“A person must meet the following **four criteria** to be diagnosed with dyscalculia.

- **Difficulties with understanding number concepts**, number facts or calculation, or with mathematical reasoning (e.g., applying math concepts or solving math problems) despite targeted help.
- Academic skills that are substantially **below what is expected** for the child's age and cause problems in school, work or everyday activities.
- Difficulties **start during school-age** even if some people don't experience significant problems until adulthood.
- Learning difficulties are **not due to other conditions**, such as intellectual disability, vision or hearing problems, a neurological condition (e.g., pediatric stroke), adverse conditions such as economic or environmental disadvantage, lack of instruction, or difficulties in speaking/understanding the language.”

Troubles d'apprentissage

1. Hypothèse d'un "Core deficit"

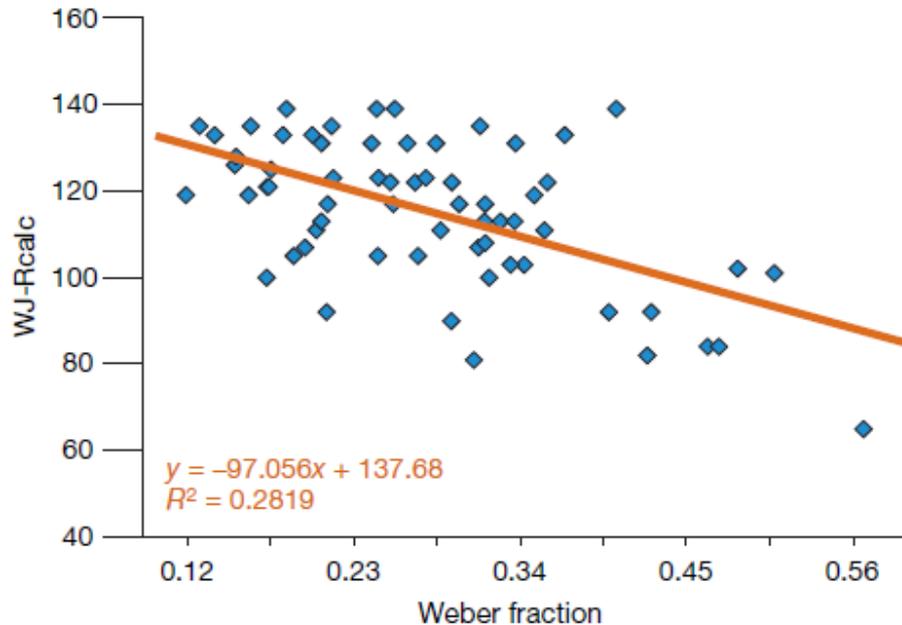
- ANS represent la fondation pour les capacités arithmétiques
- Déficience dans ce module conduit aux troubles d'apprentissage
 - On peut observer un retard développemental des enfants dyscalculiques



Troubles d'apprentissage

1. Hypothèse d'un "Core deficit"

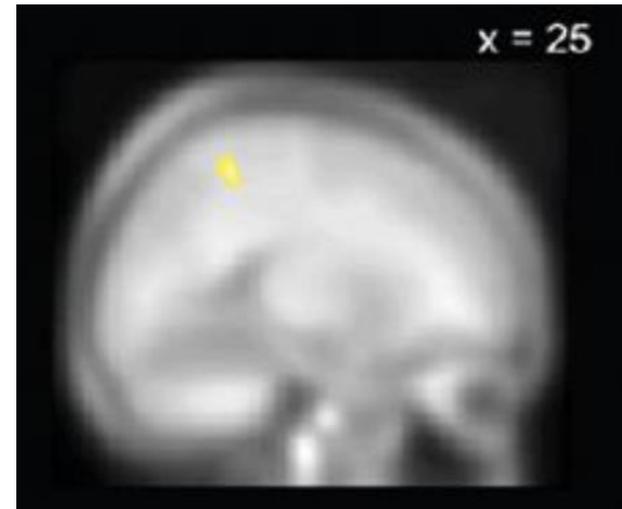
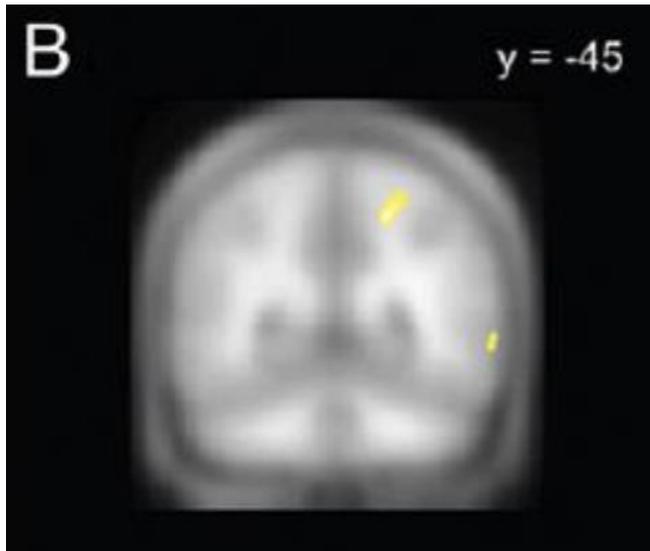
- ANS represent la fondation pour les capacités arithmétiques
- Déficience dans ce module conduit aux troubles d'apprentissage
 - On peut observer un retard développemental des enfants dyscalculiques
 - Précision corrèle avec performance mathématique.



Troubles d'apprentissage

1. Hypothèse d'un "Core deficit"

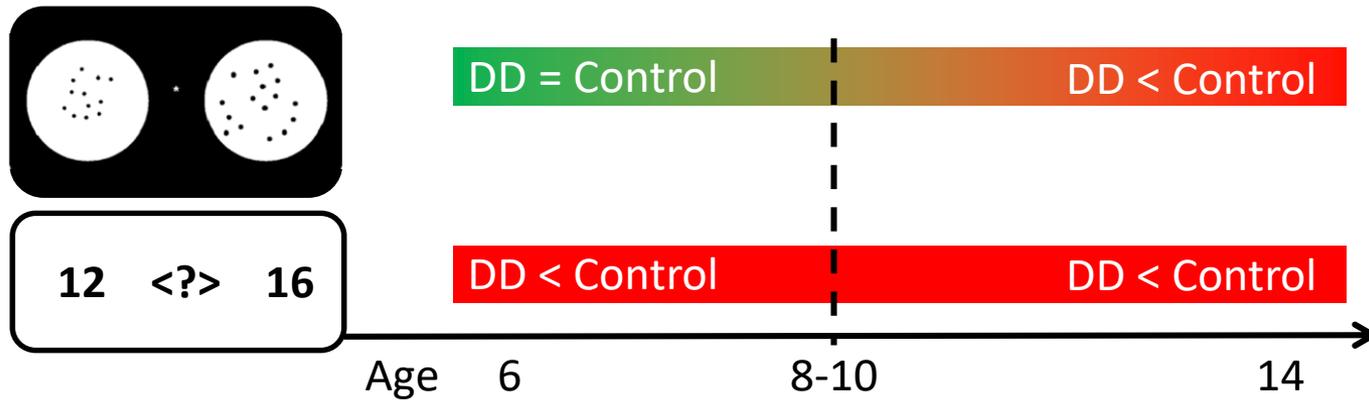
- ANS represent la fondation pour les capacités arithmétiques
- Déficience dans ce module conduit aux troubles d'apprentissage
 - On peut observer
 - Des différences au niveau anatomique
 - 12 enfants DD (âge env. 9 ans)
 - 12 enfants TD du même âge
 - Plus faible volume de matière grise au niveau intra-pariétal chez enfants DD



Troubles d'apprentissage

2. Hypothèse "Access deficit" :

- Dyscalculia trouve son origine dans une déficience de compréhension de nombres symboliques
- ANS déficience apparaît plus tard (Noël & Rousselle, 2011).



Troubles d'apprentissage

- **traitement**

- Core deficit : améliorer les compétences « capacités noyaux »
- Access deficit : améliorer connaissance de chiffres & lien entre chiffre et sémantique (quantité)

- **Pour l'instant il n'y a pas d'essai contrôlé randomisé qui a comparé un approche contre l'autre**

Résumé intermédiaire

Nombres

- Ligne mentale numérique
 - Gauche à droite
 - Spatiale
 - Comprimé
 - De-composée (unité, dizaine, ...)
- Mots nombre conduisent à des erreurs de transcoding
- Capacités numériques présent des âge de nourrisson
- Aires pariétales clé pour représenter les quantités numériques

Calculs

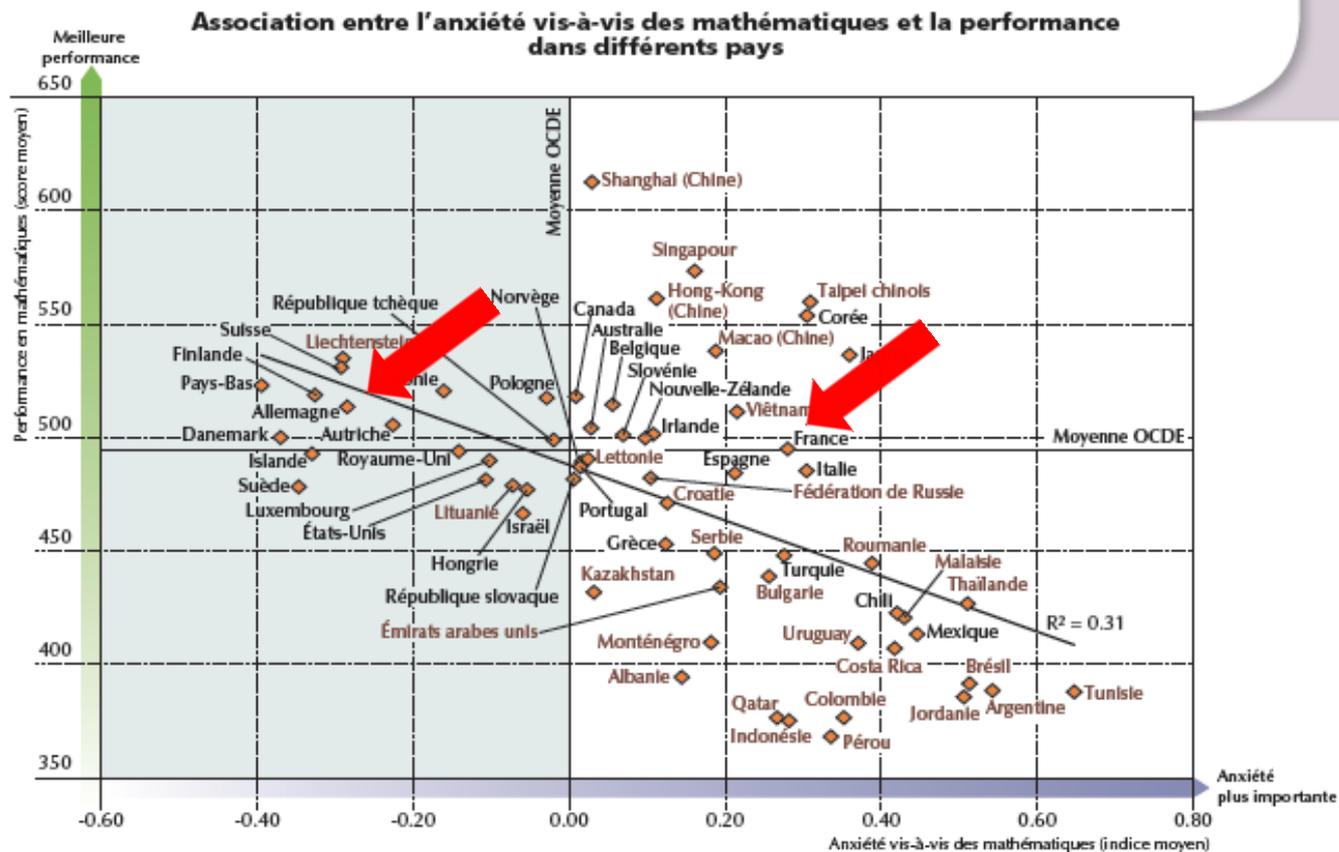
- Progression de procédure : procédures --> récupération de faits
- Réseaux activés pas les stratégies différent (pariétale → HC)
- Stratégies progressent d'une manière non-linéaire
- Certains erreurs conséquences des associations → approche métacognitif pour améliorer
- Mémorisations des faits arithmétiques réflexion du système du nombre & associé au LMN

Troubles d'apprentissage (DD)

- 3-6 % de la population
- Persistant
- Deux hypothèse d'origine (core deficit vs. Access deficit) sont testés actuellement

Rapport de l'OCDE (2015) « Qui a peur du grand méchant Maths? »

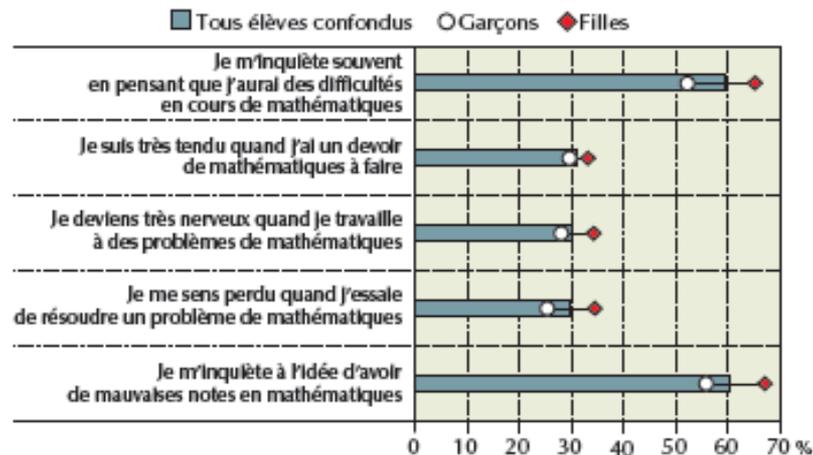
- L'anxiété est associée à de moins bonnes performances



Rapport de l'OCDE (2015) « Qui a peur du grand méchant Maths? »

- L'anxiété est associée à de moins bonnes performances
- Un élève sur trois en moyenne se sent anxieux face aux maths

Comment les élèves expriment-ils leur anxiété vis-à-vis des mathématiques ?
Pourcentage d'élèves des pays de l'OCDE indiquant être « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec les affirmations suivantes :



Remarque : toutes les différences entre les garçons et les filles sont statistiquement significatives.

Source : OCDE, Base de données PISA 2012, tableaux III.4.3a et III.4.3b.

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888932963958>

Stress et cerveau



“Eustress”

Eu = ‘bon’ en grec

Quand le stress est modéré,
il peut être stimulant



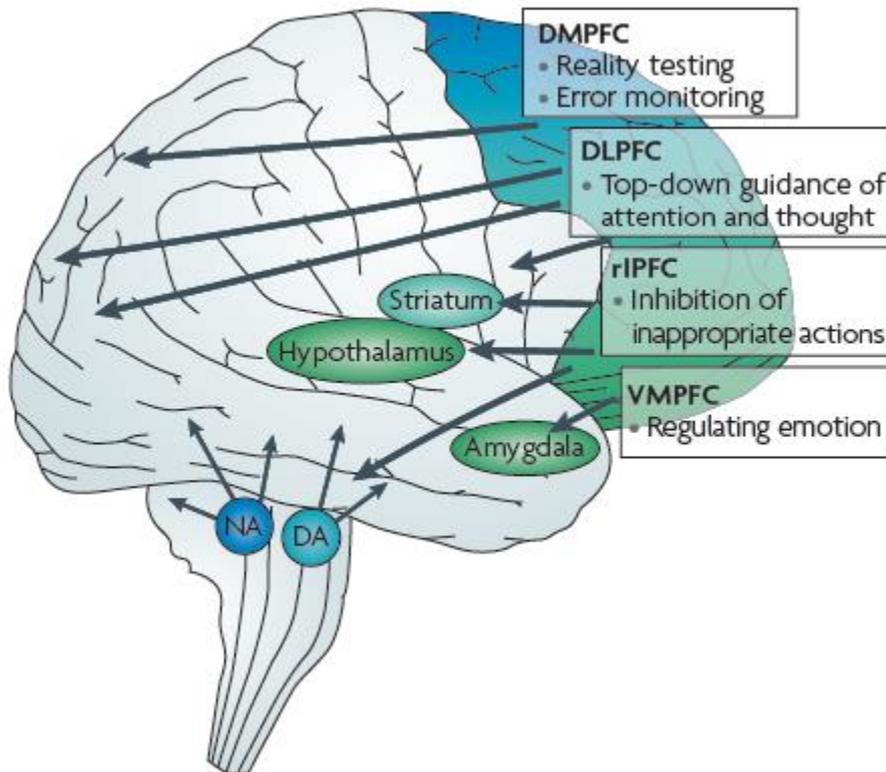
“Distress”

Dis = Réponse excessive,
inadaptée

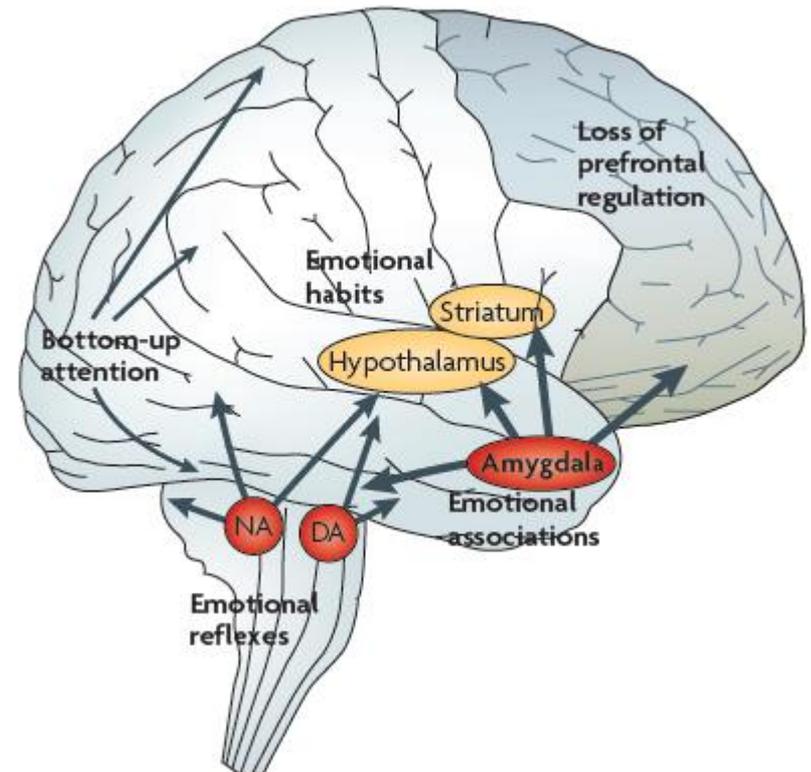
Quand le stress est important
il a des effets délétères

Stress et cerveau

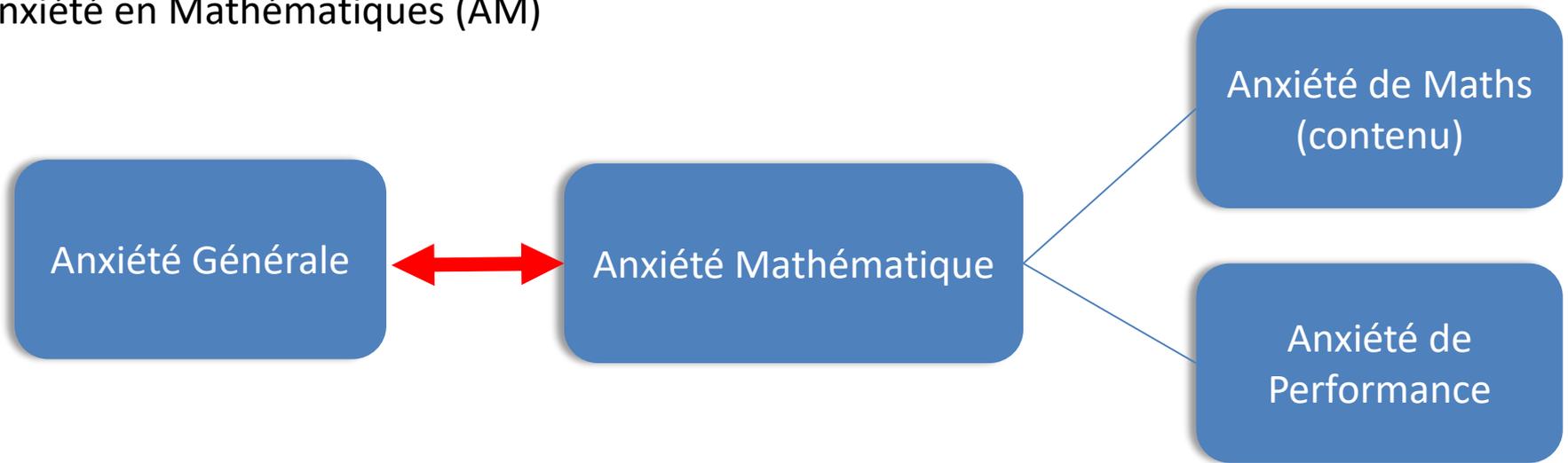
Avant stress



Après stress



L'Anxiété en Mathématiques (AM)



- L'Anxiété Mathématique ne peut être réduite à l'anxiété générale ou à l'anxiété de performance
- L'Anxiété Mathématique peut être différencié en deux composantes
 - Mathématique
 - Performance (test)

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

« ...a feeling of tension, apprehension, or fear that interferes with math performance. » (Ashcraft, 2002)

... même juste LIRE des maths!! (Ashcraft & Ridley, 2015)

Prévalence forte :

Environ 50% des enfants scolarisés aux Etats-Unis (Beilock & Willingham, 2014)

Des conséquences à long terme:

AM chez les enfants a des conséquences sur les choix de carrière, l'emploi, et le succès professionnel

(Hembree, 1990)

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

« ...a feeling of tension, apprehension, or fear that interferes with math performance. » (Ashcraft, 2002)

Qui est-ce que cela touche?

- On pensait au départ qu'elle se déclarait « tard » (lycée, niveau de Maths plus élevé)
- En fait, dès le CP ! (Ramirez et al., 2012)
- Les enfants avec des difficultés dans les bases de l'Arithmétique à l'entrée à l'école auraient des prédispositions à l'AM? (Maloney & Beilock, 2012)

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

« ...a feeling of tension, apprehension, or fear that interferes with math performance. » (Ashcraft, 2002)

Le cercle vicieux de l'AM:



- Anxiété Mathématique
- Evitement des situations impliquant des mathématiques
- Développement de croyances négatives sur leurs propres capacités en mathématiques
- Mauvaises performances en Maths

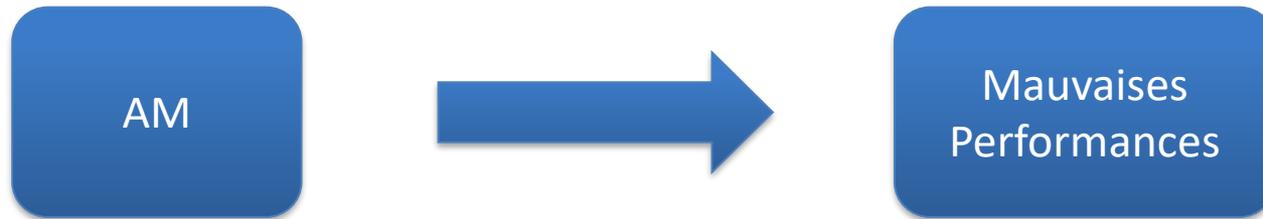
L'Anxiété en Mathématiques (AM)

Deficit Theory



- Les enfants avec des difficultés d'apprentissage en Mathématiques ont des niveaux d'AM plus grands
(Rubinstein & Tannock, 2010)
- Etudes longitudinales des relations AM / Performances
(Ma & Xu, 2004)

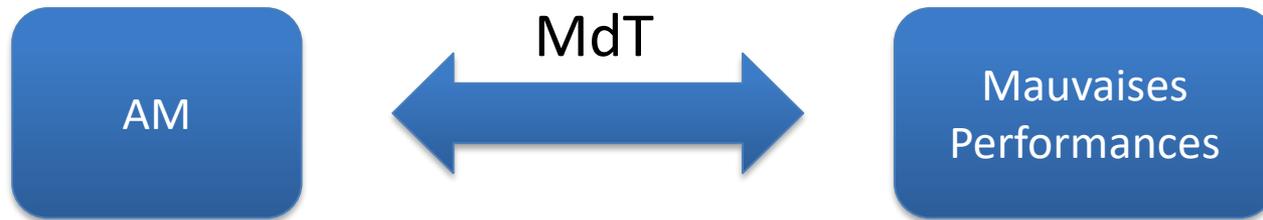
Debilitating Anxiety Model



- AM a pour conséquence différents comportements d'évitement des mathématiques
- Manipulation de l'AM a des conséquences délétères sur les performances (voir plus loin)
- AM a des conséquences sur les ressources cognitives...
 - Biaisent les sélections de stratégies?
 - Impacte la mémoire de travail?

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

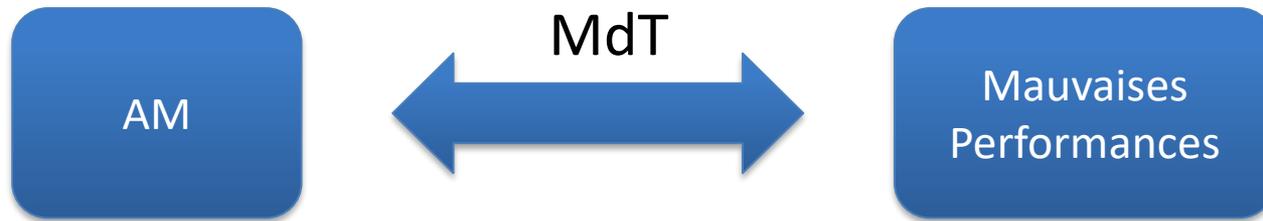
Hypothèse du rôle central de la Mémoire de Travail (MdT)



On sait que la MdT est très importante en Maths

- En particulier lors de l'utilisations de stratégies...
- Quand on augmente le nombre d'étapes dans la résolution d'un problème...
- En Arithmétique (retenues sur des opérations avec nombres à plusieurs chiffres, Gathercole & Pickering, 2000)

Hypothèse du rôle central de la Mémoire de Travail (MdT)



- **AM et MdT?**
 - Ruminations anxieuses / pensées intrusives sur ses propres difficultés en mathématiques
 - Surcharge des ressources en MdT

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

Comment l'évaluer?

- Scale for Early Mathematics Anxiety (SEMA)
Pour les CE1-CE2 (7 à 9 ans)
(Wu et al., 2012)



Not nervous
at all



A little
nervous



Somewhat
nervous



Very
nervous



Very, very
nervous

L'Anxiété en Mathématiques (AM)

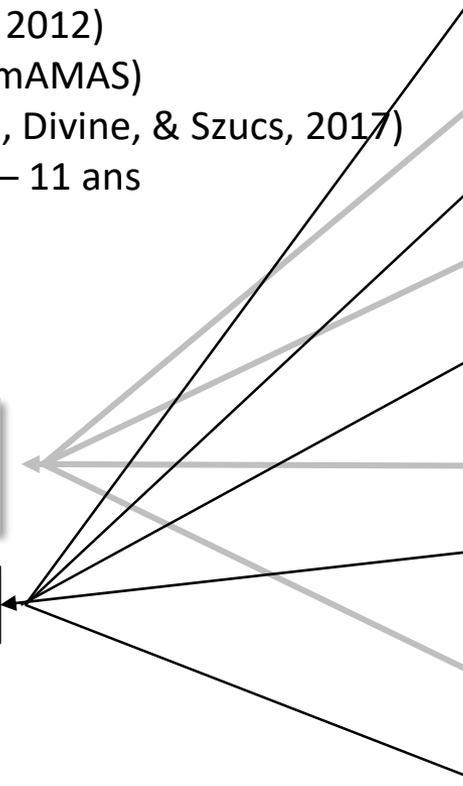
Comment l'évaluer?

- Scale for Early Mathematics Anxiety (SEMA)
Pour les CE1-CE2 (7 à 9 ans)
(Wu et al., 2012)
- modified AMAS (mAMAS)
(Carey, Hill, Divine, & Szucs, 2017)
Pour les 8 – 11 ans

Liés aux tests de maths

Liés aux maths

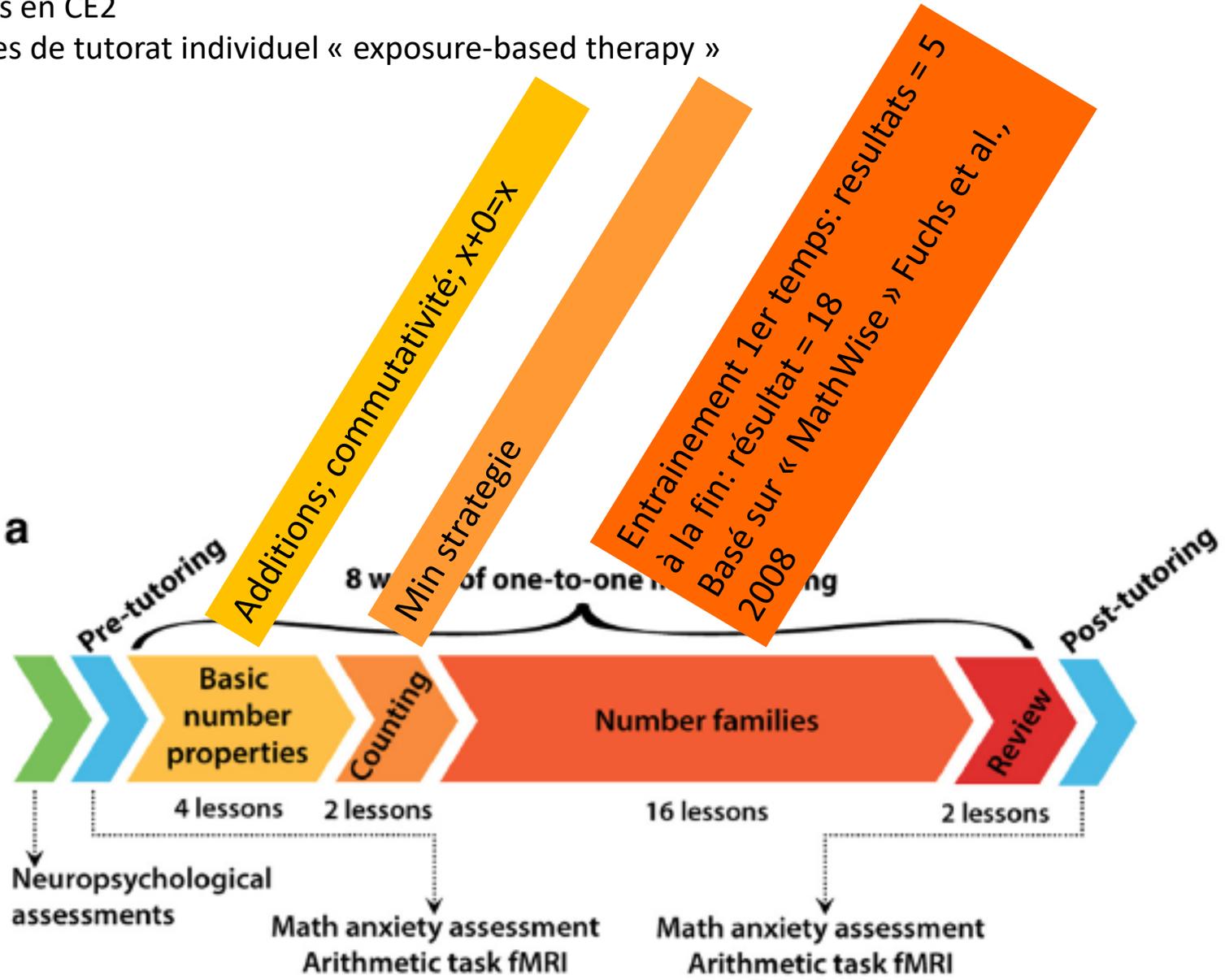
	☺		☹		
	Low anxiety	Some anxiety	Moderate anxiety	Quite a bit of anxiety	High anxiety
1. Having to complete a worksheet by yourself.	1	2	3	4	5
2. Thinking about a maths test the day before you take it.	1	2	3	4	5
3. Watching the teacher work out a maths problem on the board.	1	2	3	4	5
4. Taking a maths test.	1	2	3	4	5
5. Being given maths homework with lots of difficult questions that you have to hand in the next day.	1	2	3	4	5
6. Listening to the teacher talk for a long time in maths.	1	2	3	4	5
7. Listening to another child in your class explain a maths problem.	1	2	3	4	5
8. Finding out you are going to have a surprise maths quiz when you start your maths lesson.	1	2	3	4	5
9. Starting a new topic in maths.	1	2	3	4	5



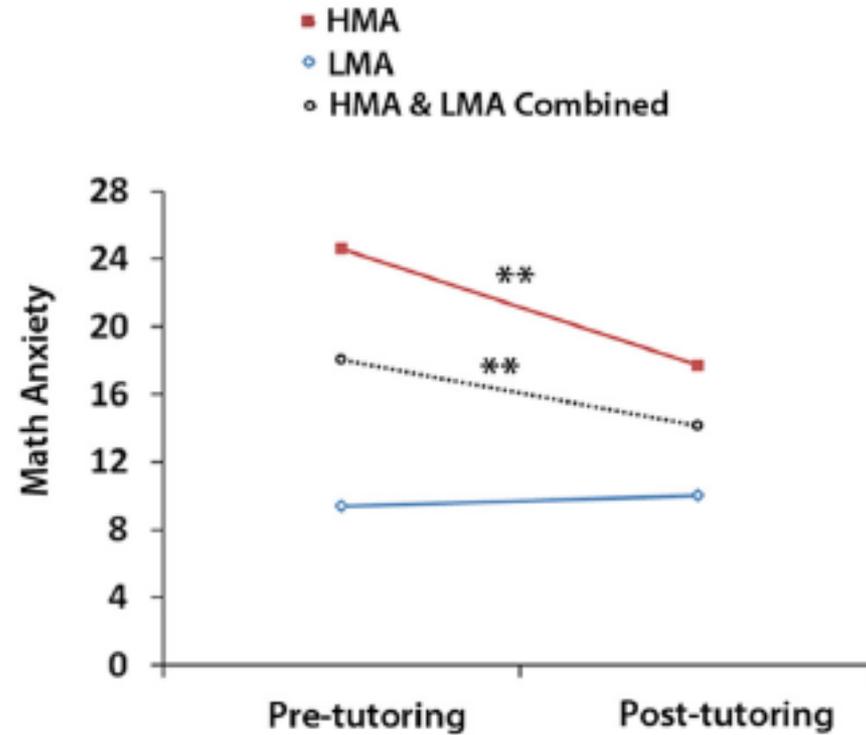
L'Anxiété en Mathématiques (AM)

46 enfants en CE2

8 semaines de tutorat individuel « exposure-based therapy »

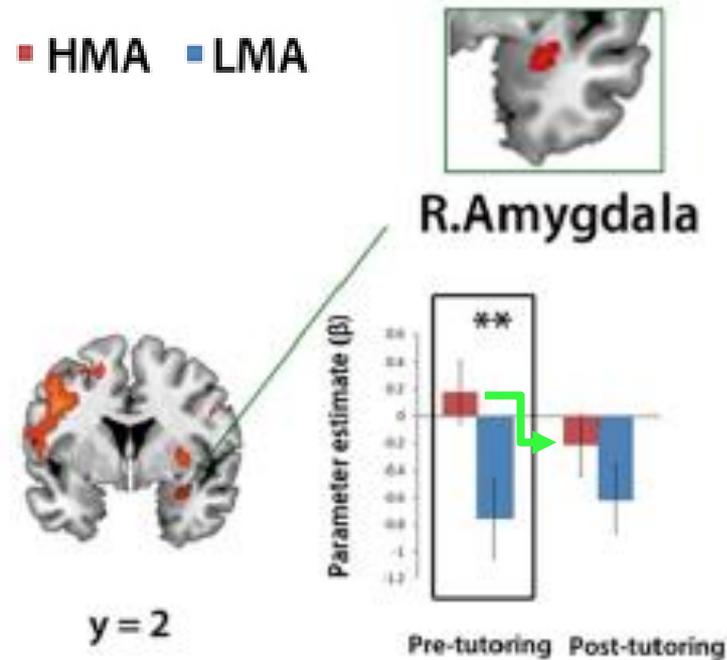


L'Anxiété en Mathématiques (AM)



AM réduite après le tutorat

L'Anxiété en Mathématiques (AM)



- Remédiation de l'activité anormale dans l'amygdale droite
- Résultats similaires dans le pariétal et le préfrontal
- Résultats similaires pour la connectivité de l'amygdale

Résumé intermédiaire

Nombres

- Ligne mentale numérique
 - Gauche à droite
 - Spatiale
 - Comprimé
 - De-composée (unité, dizaine, ...)
- Mots nombre conduisent à des erreurs de transcoding
- Capacités numériques présent des âge de nourrisson
- Aires pariétales clé pour représenter les quantités numériques

Calculs

- Progression de procédure : procédures --> récupération de faits
- Réseaux activés pas les stratégies différent (pariétale → HC)
- Stratégies progressent d'une manière non-linéaire
- Certains erreurs conséquences des associations → approche métacognitif pour améliorer
- Mémorisations des faits arithmétiques réflexion du système du nombre & associé au LMN

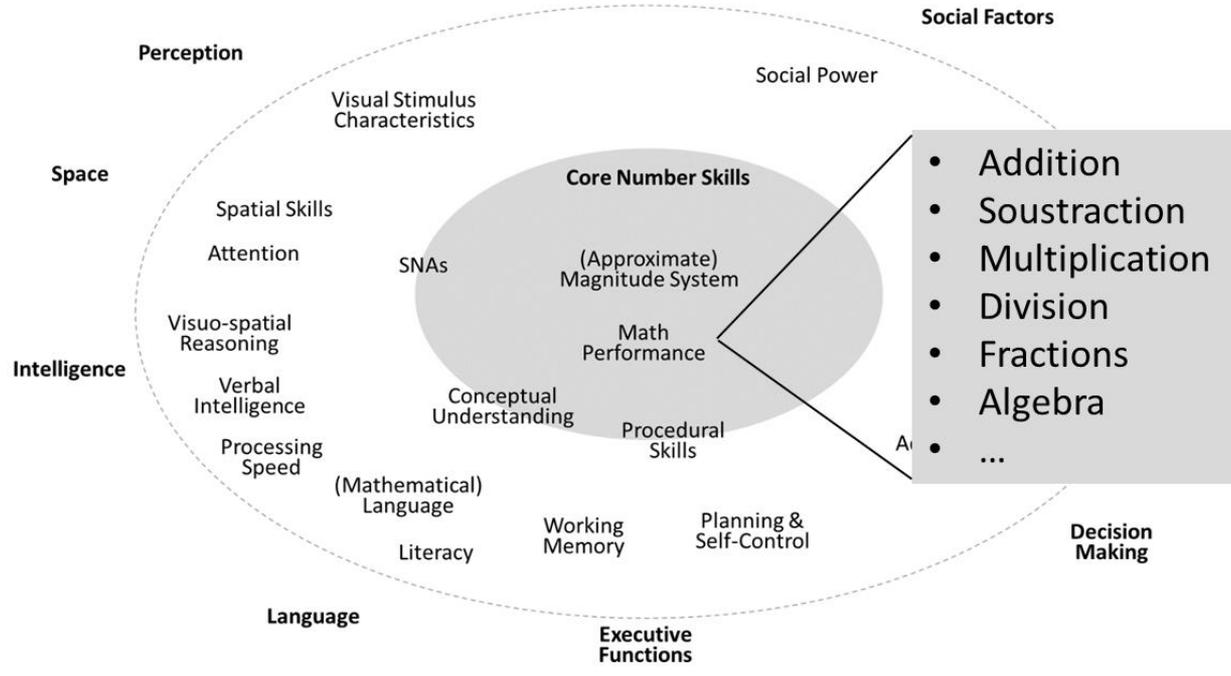
Troubles d'apprentissage (DD)

- 3-6 % de la population
- Persistant
- Deux hypothèse d'origine (core deficit vs. Access deficit) sont testés actuellement

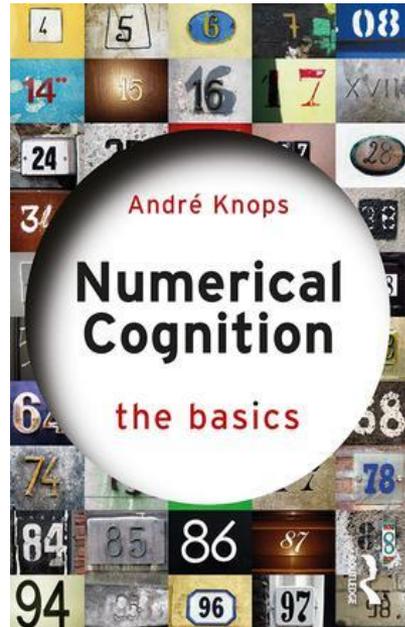
L'Anxiété en Mathématiques (AM)

- Entraîne à un cercle vicieux
- Deux aspects (anxiété de tests & anxiété de maths)
- Remédiation possible; changement visible au niveau cérébrale

Merci de votre attention!



Knops, Göbel & Nuerk (*Journal of Numerical Cognition*, 2017)



André Knops
Paperback – 2019-12-18
Routledge - *The Basics*