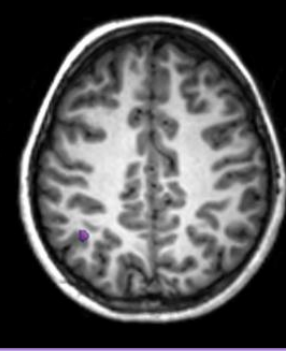




LaPsyDÉ

Laboratoire de
Psychologie du
Développement et de
l'Éducation de
l'enfant



Variations neuro-anatomiques chez des élèves présentant des performances numériques différentes : une étude en VBM

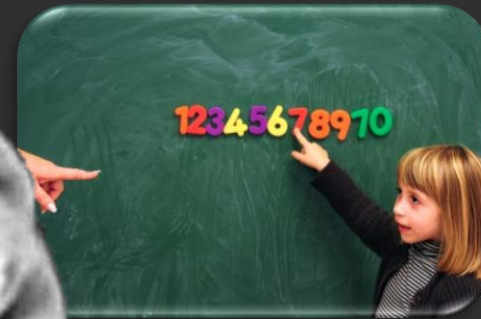
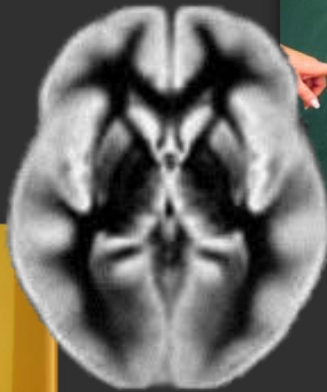
Colloque Méthodologie de recherche en neuroéducation et retombées éducatives
4-5 Juin 2012

Amélie LUBIN

Maître de Conférences en Psychologie du développement
Université Paris Descartes
amelie.lubin@parisdescartes.fr

Lubin Amélie
Rossi Sandrine
Simon Gregory
Lanoë Céline
Leroux Gaëlle
Poirel Nicolas
Pineau Arlette
Houdé Olivier

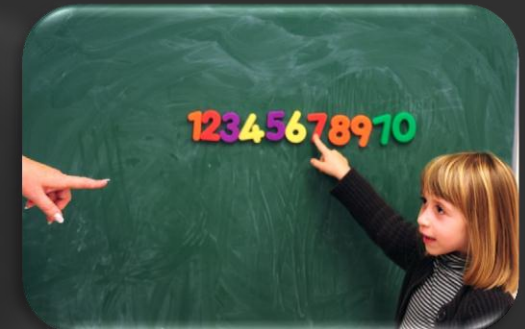
Les apprentissages scolaires
- **apprentissages en maths** -
peuvent-ils modifier la
structure cérébrale
des élèves?



Peut-on observer des
variations neuro-anatomiques
(volume de Substance Grise : SG)
chez des élèves (sans difficulté scolaire)
se différenciant par leur niveau de performances dans une
tâche évaluant la maîtrise du **lien quantité/symbole**?

Introduction (1) Les apprentissages numériques : le lien quantité/symbole

Plusieurs représentations du nombre



/sept/
orale

analogique

7
écrite



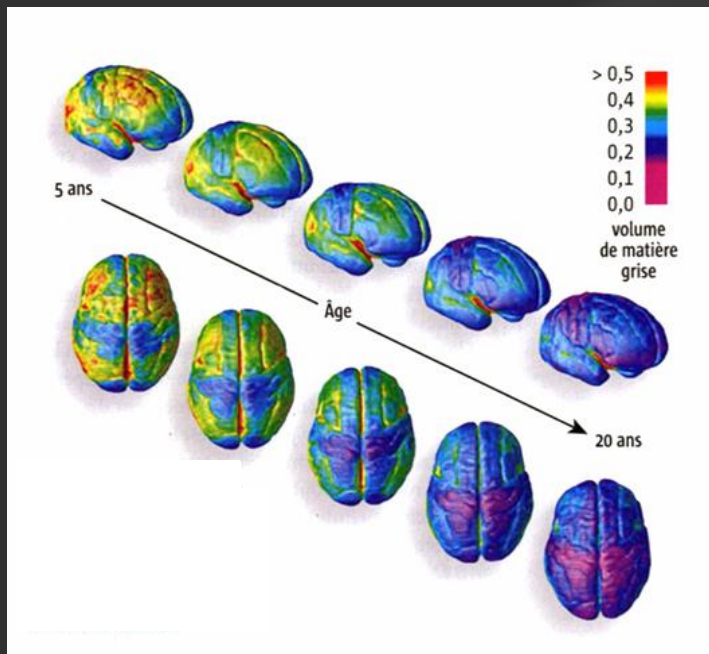
Apprendre le lien entre représentation analogique/symbole (oral et écrit)

=> **objectif important de l'école primaire**

=> **Nécessaire pour apprendre les mathématiques**

Introduction (2) La neuroplasticité

Maturation cérébrale



Diminution du volume de SG avec le développement

Casey et al., 2005; Gotgay et al., 2004; Shaw et al., 2008

Apprentissage, expertise

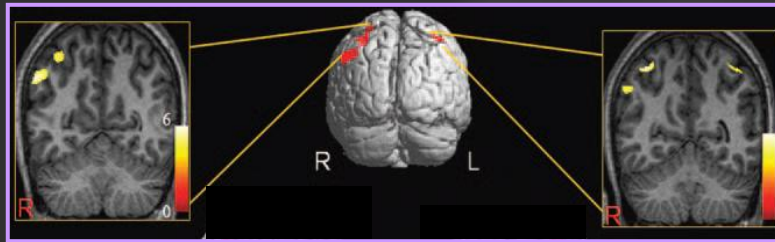


Augmentation du volume de SG chez l'adulte

Draganski et al., 2004; Gaser et al., 2003

Introduction (3) Variations neuro-anatomiques et cognition numérique

Adultes **mathématiciens** vs. **non-mathématiciens**



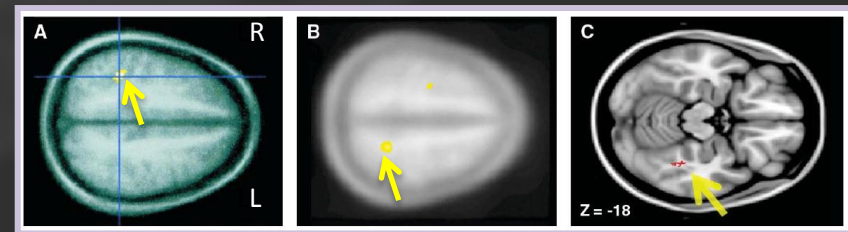
Gain de SG dans les régions pariétales

Aydin et al., 2007

Enfants **dyscalculiques** vs. **sains**



Perte de SG dans les régions pariétales



Isaacs et al., 2001; Rotzer et al., 2008; Rykhlevskaia et al., 2009



Variations du volume de SG
chez des élèves de 10 ans
se différenciant par leur niveau de performances
dans une tâche évaluant
la maîtrise du **lien quantité/symbole**



Echantillon d'élèves et constitution des groupes

22 élèves de 10 ans ($10 \text{ ans} \pm 7 \text{ mois}$, 11 filles, 19 droitiers)
recrutés à **Caen** (France) par le biais de l'Inspection d'Académie du Calvados.

Evaluation de la maitrise du lien quantité/symbole

2 épreuves du ZAREKI-R (Von Aster et al., 2006) :
Batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant

- ✓ Positionnement de nombres sur une échelle verticale
- ✓ Estimation visuelle de quantités



Constitution des 2 groupes

Calcul d'un **score composite**
(Z-score positionnement + Z-score estimation)

Groupe d'élèves **Faibles** (n=10)

Groupe d'élèves **Forts** (n=12)

Acquisition en IRM

IRM 3 Tesla (Achieva, Philips Medical system)
au centre d'imagerie biomédicale
Cyceron à Caen (France)
www.cyceron.fr

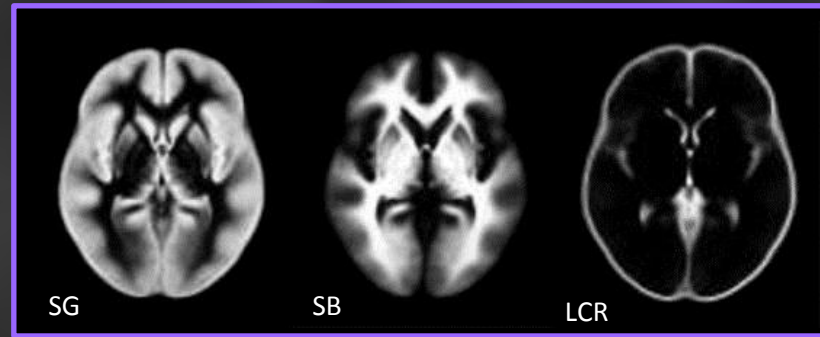


22 scans anatomiques

Traitement des données anatomiques

avec **SPM5** : la méthode **VBM** (Ashburner & Friston, 2000)

1. Normalisation spatiale des images anatomiques sur un *template* enfant
2. Segmentation en 3 types de tissus :



3. Lissage spatial
4. Analyse statistique voxel par voxel sur les cartes de SG
⇒ Comparaison des 2 groupes d'enfants (Fort/Faible)
 - correction par le volume intracrânien total
 - âge en co-variable
 - two-sample t-tests, $p < .001$ non-corrigé

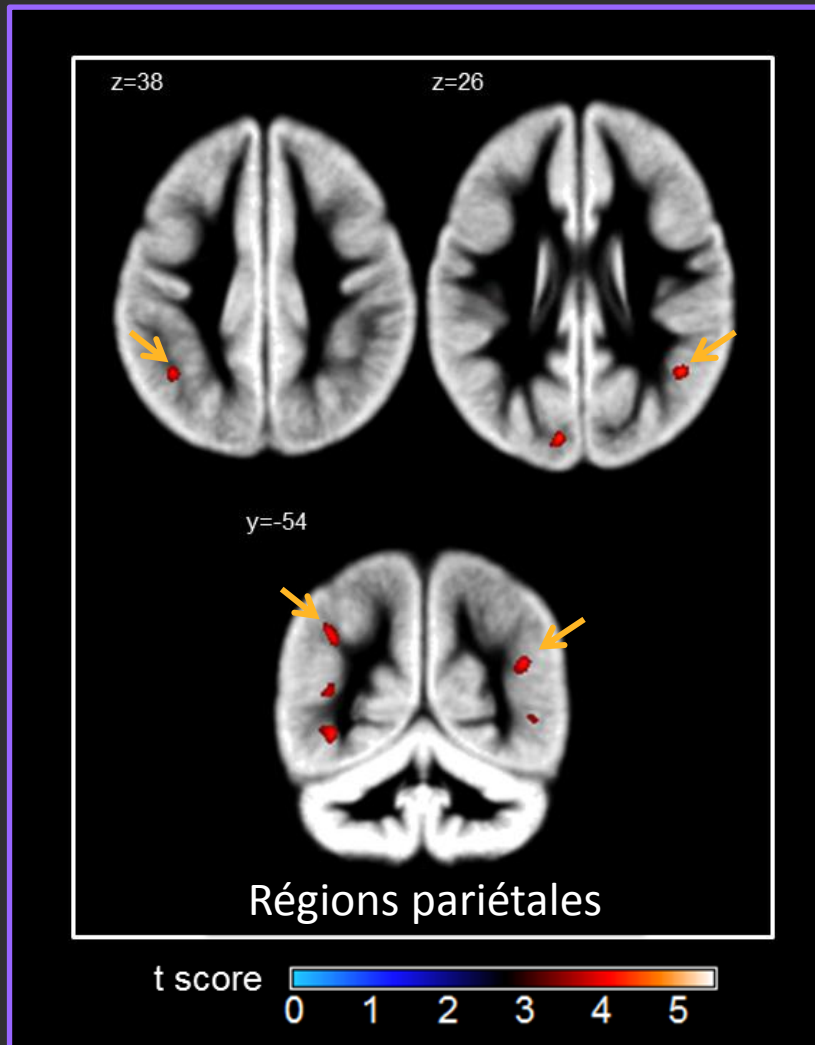
Faibles > Forts

Régions cérébrales avec volume de SG + important chez les élèves du groupe « faible »

Résultats et discussion (1)

Forts > Faibles

Régions cérébrales avec volume de SG + important chez les élèves du groupe « fort »



Régions pariétales

Cœur du système analogique
triple code de Dehaene

SIP : sens du nombre
(Houdé et al., 2010)

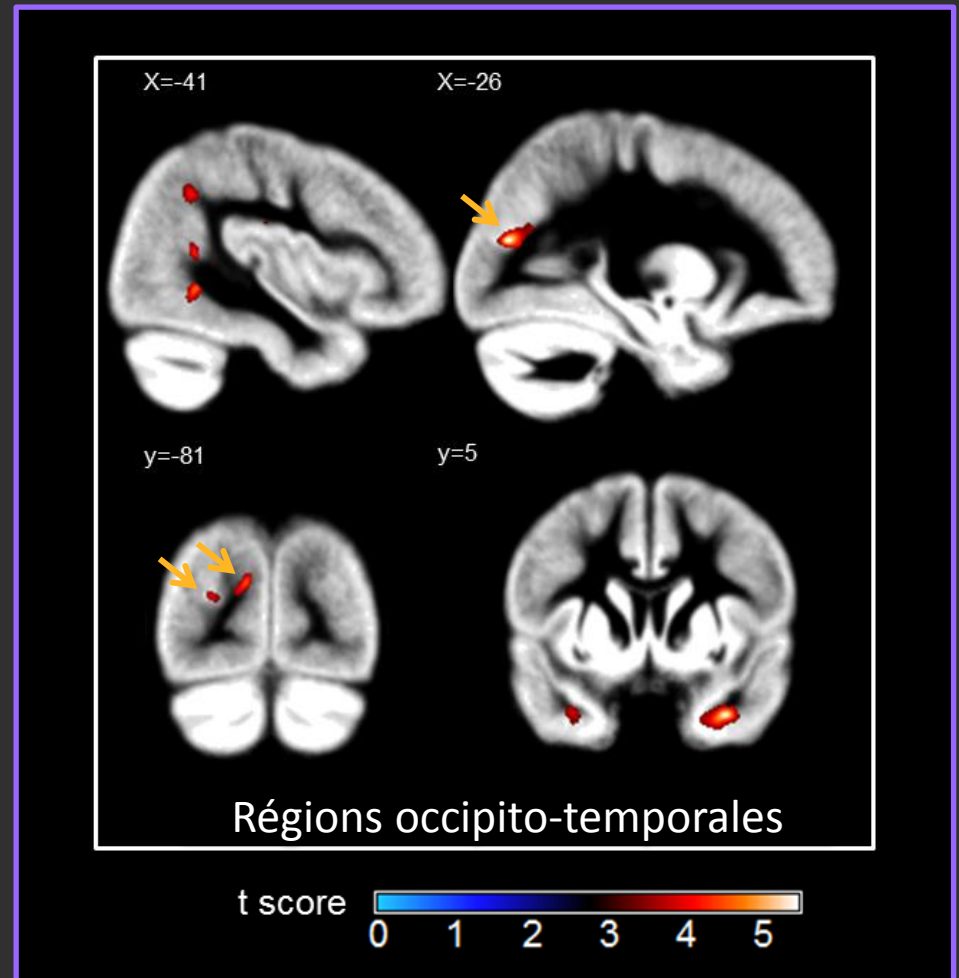
Gyrus angulaire : lien symbole/ quantité
(Grabner et al., 2009)



Enfants dyscalculiques et
les mathématiciens

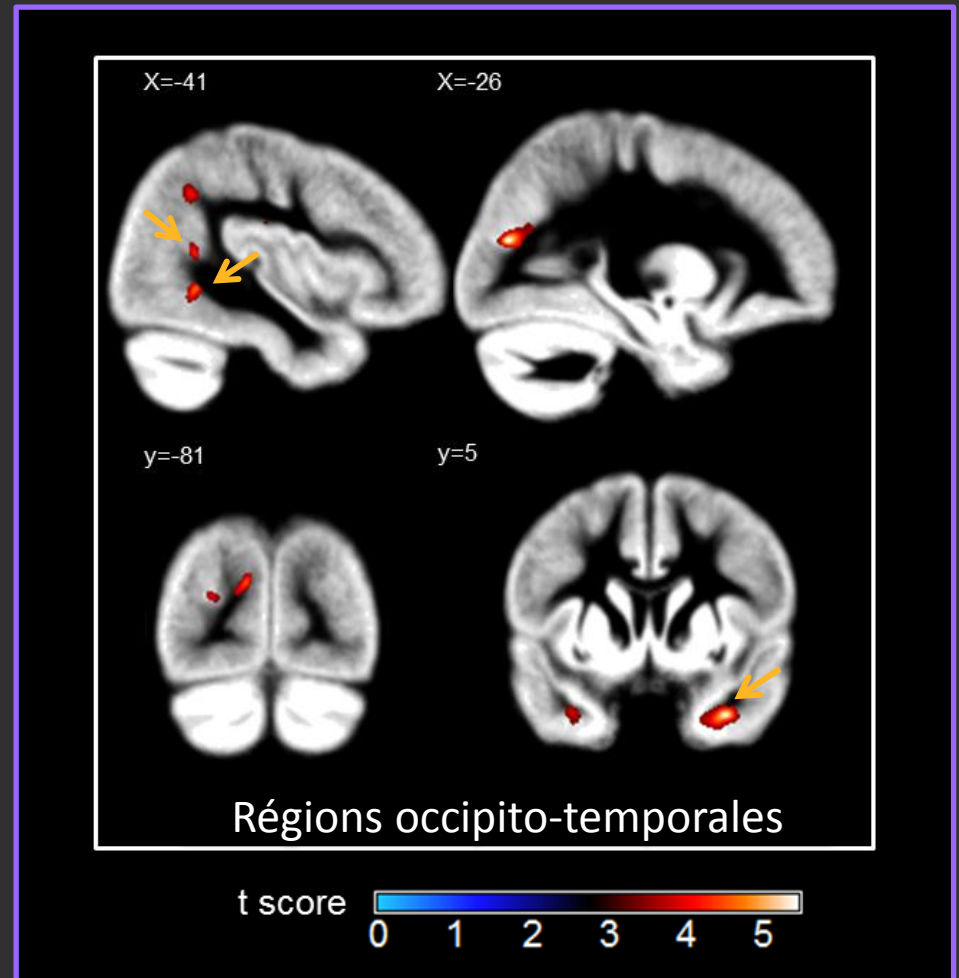
Forts > Faibles

Régions cérébrales avec volume de SG + important chez les élèves du groupe « fort »



Forts > Faibles

Régions cérébrales avec volume de SG + important chez les élèves du groupe « fort »



Résultats et discussion (2)

Forts > Faibles

Régions cérébrales avec volume de SG + important chez les élèves du groupe « fort »

Régions occipito-temporales

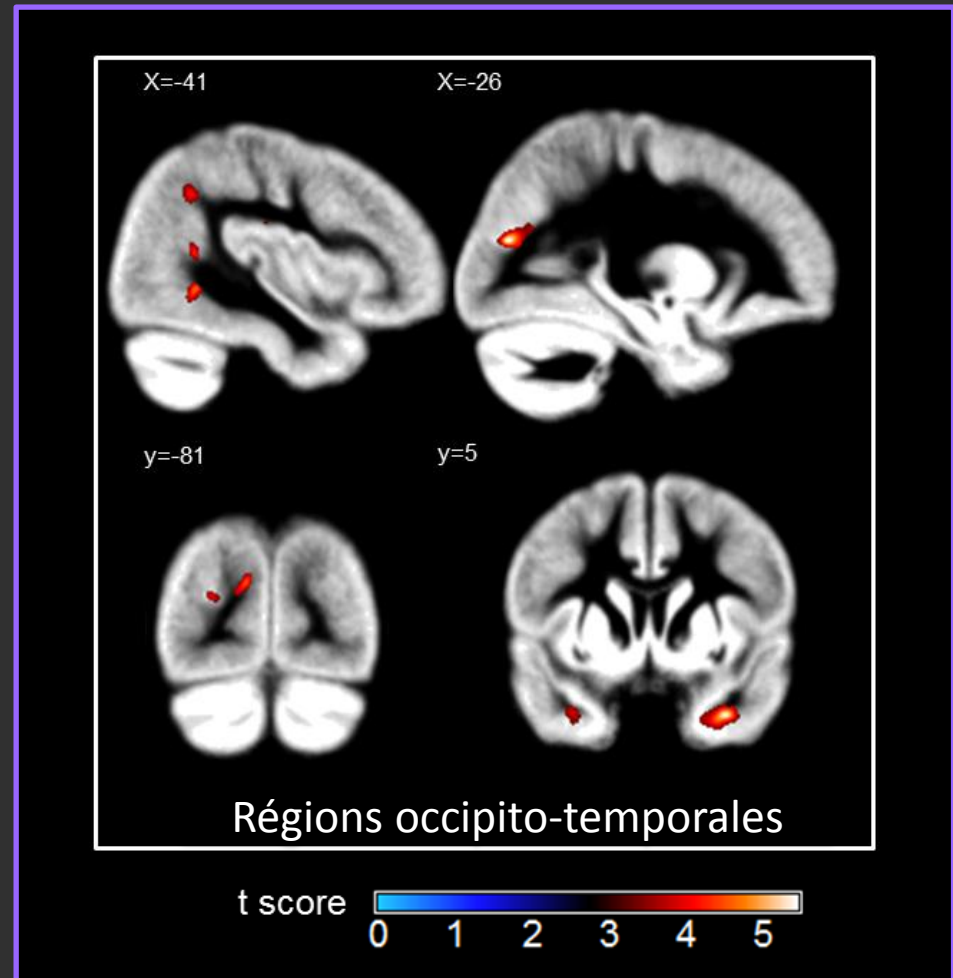
Système verbal du nombre
triple code de Dehaene

Voie visuelle ventrale :
reconnaissance & discrimination
visuelle de chiffres
(Rozenberg-Lee et al., 2011)

Lobe temporal : rôle ds le lien
symbole/sens du nombre
(Jefferies et al., 2005)

Pôle temporal antérieur droit :
processus sémantique
(Visser et al. 2010)

Enfants dyscalculiques



Conclusion

1^{ère} étude en VBM
chez des élèves de 10 ans (ss difficulté)
dans le domaine de la cognition numérique



Variation de volume de SG
en fonction
du niveau de performances d'élèves de 10 ans

Régions pariétales



Régions occipito-
temporales

Transcodage entre les systèmes analogique/symbolique

Butterworth et al., 2011

Remerciements



Sandrine ROSSI



Gregory SIMON



Céline LANOE



Gaëlle LEROUX



Nicolas POIREL



Arlette PINEAU



Olivier HOUDE

Et ...

Tous les enfants et leurs parents,
l'Inspection d'Académie du Calvados,
Guy Perchey,
Marie-Renée Turbelin ...



LaPsyDÉ



Olivier HOUDE, Professeur,
directeur du laboratoire

Grégoire BORST, MC
Arnaud CACHIA, MC
Mathieu CASSOTTI, MC
Wim De Neys, chercheur CNRS
Céline LANOE, MC
Amélie LUBIN, MC
Sylvain MOUTIER, Professeur
Arlette PINEAU, MC
Nicolas POIREL, MC
Sandrine ROSSI, MC
Grégory SIMON, MC

Julie VIDAL, IR

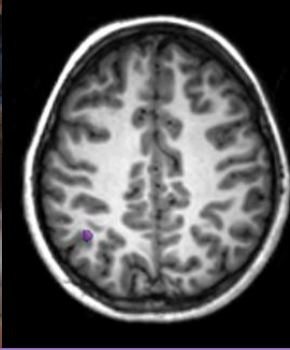
Marianne HABIB, doctorante
Ania AITE, doctorante

Claire PRUVOT, ITA
Mathurin PHOJO, ITA



LaPsyDÉ

Laboratoire de
Psychologie du
Développement et de
l'Éducation de
l'enfant



Variations neuro-anatomiques chez des élèves présentant des performances numériques différentes : une étude en VBM

Colloque Méthodologie de recherche en neuroéducation et retombées éducatives
4-5 Juin 2012

Amélie LUBIN

Maître de Conférences en Psychologie du développement
Université Paris Descartes
amelie.lubin@parisdescartes.fr

Lubin Amélie
Rossi Sandrine
Simon Gregory
Lanoë Céline
Leroux Gaëlle
Poirel Nicolas
Pineau Arlette
Houdé Olivier