



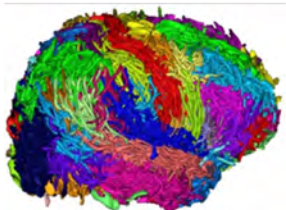
Effets et apports du numérique pour les apprentissages de l'enfant et de l'adolescent

Grégoire Borst

gregoire.borst@parisdescartes.fr

Ce qu'il faut retenir

- Le cerveau continue à se développer jusqu'à 25 ans
- A tous les âges le cerveau est plastique et peut se reconfigurer après des apprentissages
- Le numérique a des effets sur le cerveau de l'enfant et de l'adolescent en développement
- Des interventions pédagogiques ciblées sur tablette produisent des effets sur le cerveau et les apprentissages scolaires
- Le numérique ouvre des opportunités nouvelles de recherche collaborative entre la classe et le laboratoire (lea.fr – Nathan)





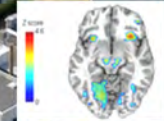
Labo Sorbonne (Binet)



Neurospin
(Saclay)



Cyceron (Caen)



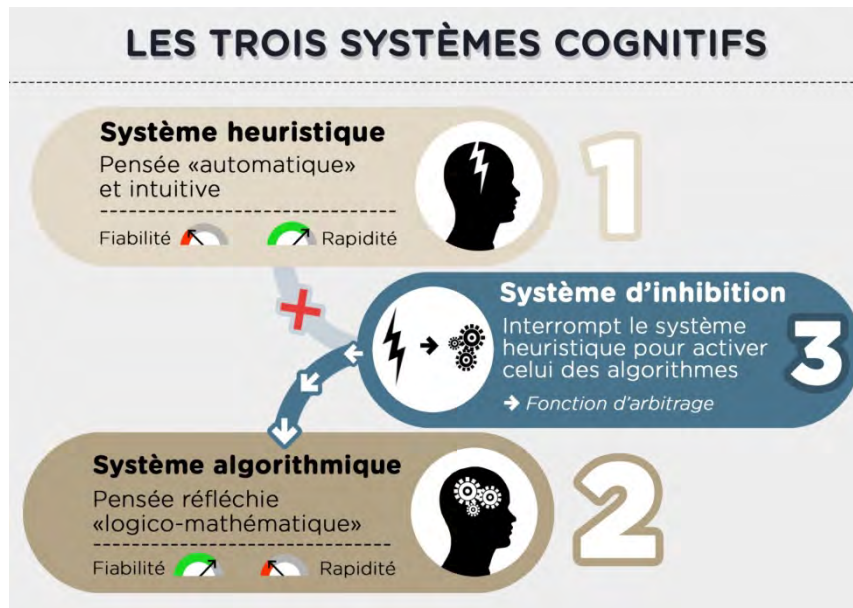
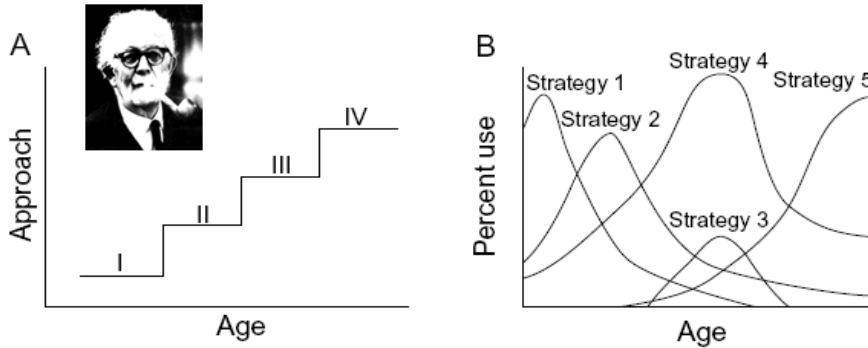


L'imagerie cérébrale chez l'enfant et l'adolescent



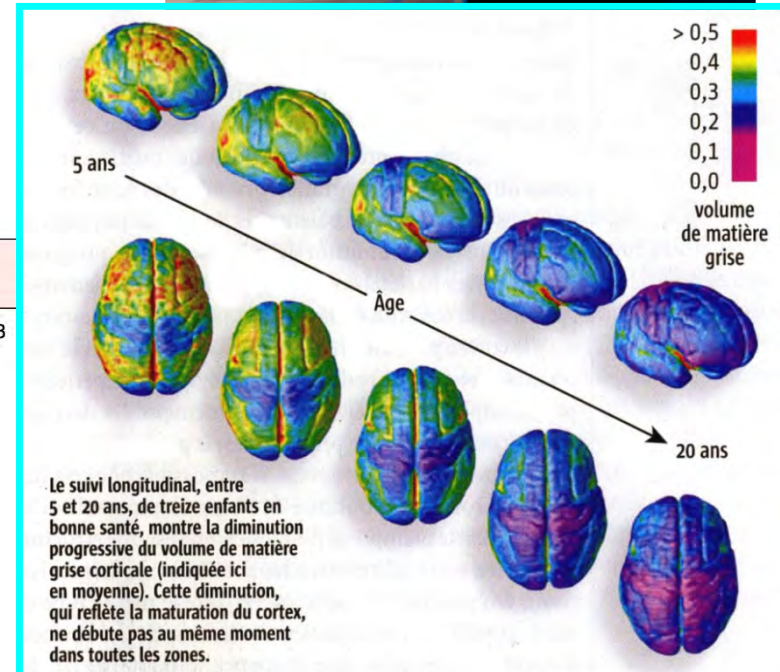
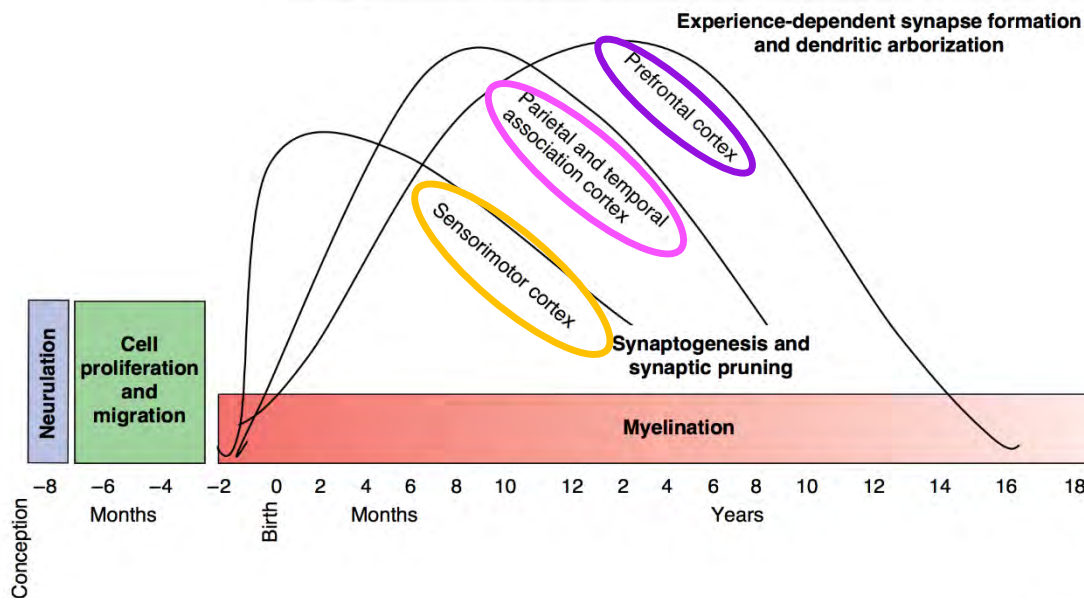
Comment le cerveau de l'enfant et de l'adolescent bouge, travaille, apprend : maturation, plasticité, vicariance (flexibilité) ?

Développement cognitif et numérique ?

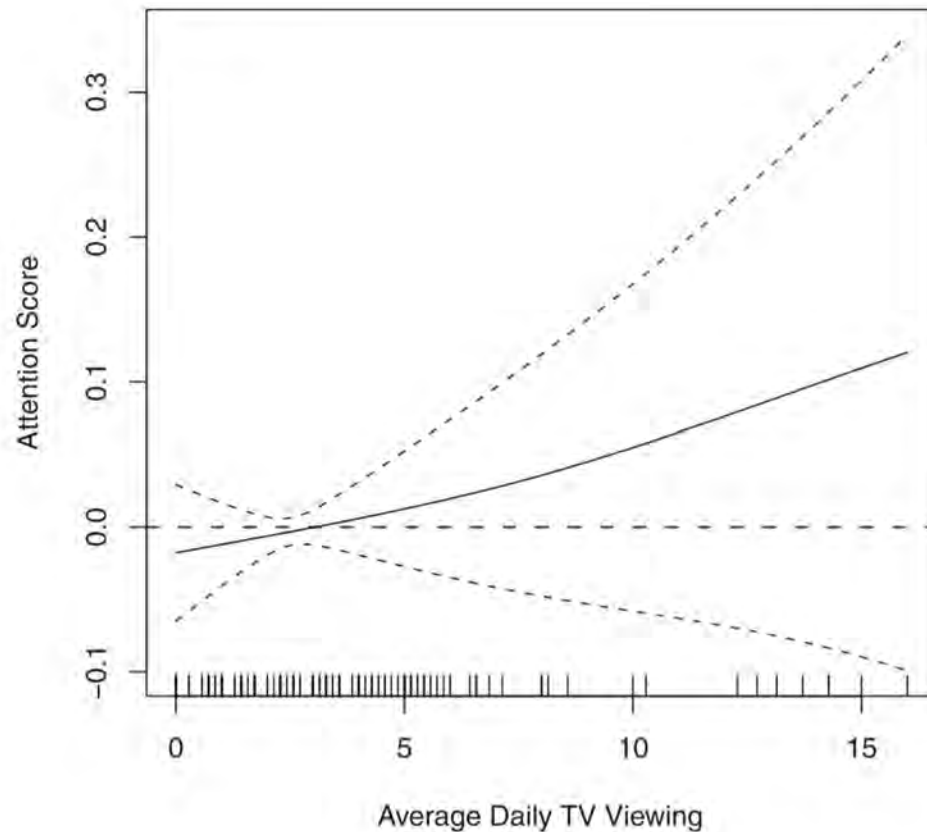


Maturation cérébrale et numérique ?

Developmental course of human brain development

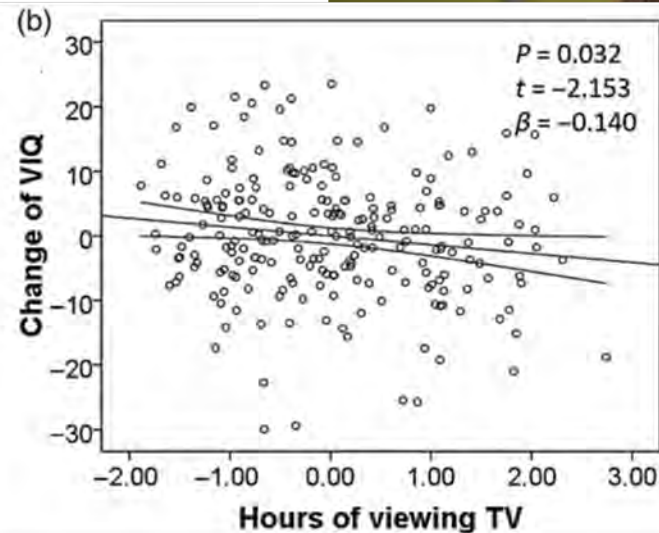
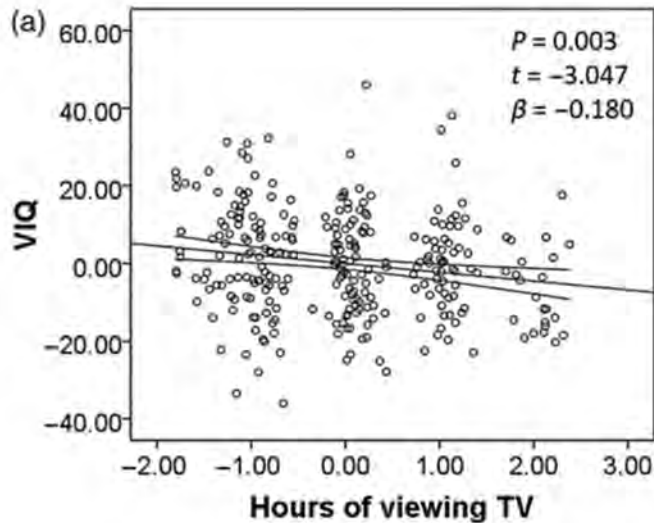
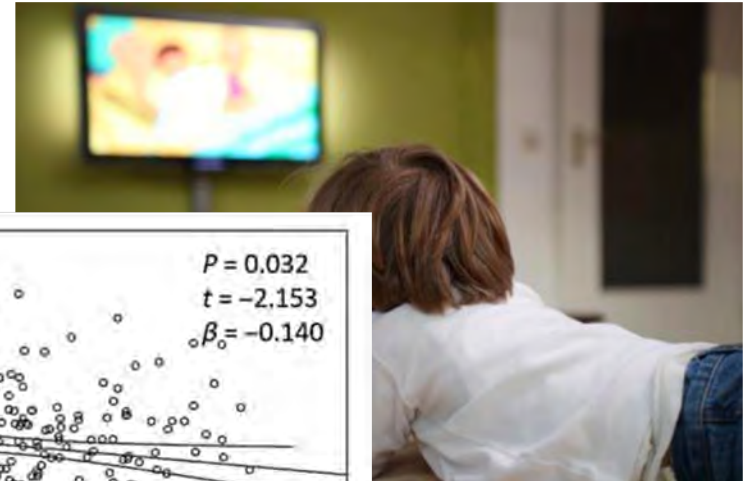


Trouble de l'attention et télévision



**... uniquement si plus de
7h / jour
(enfants entre 1 et 3 ans,
testés à 7 ans)**

QI verbal et télévision

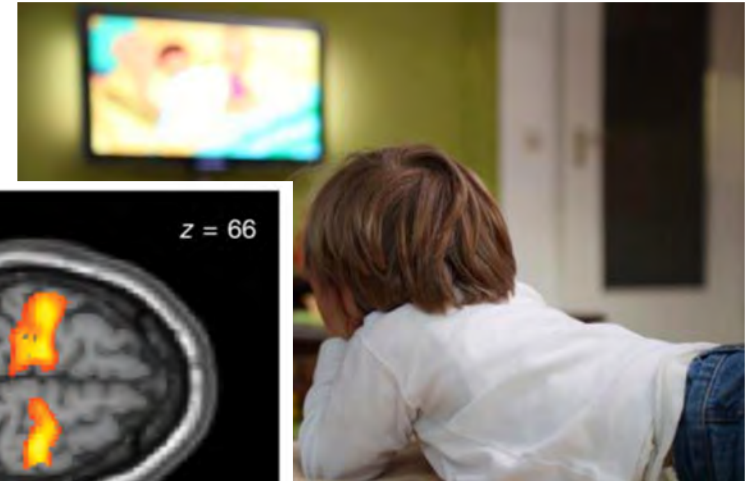
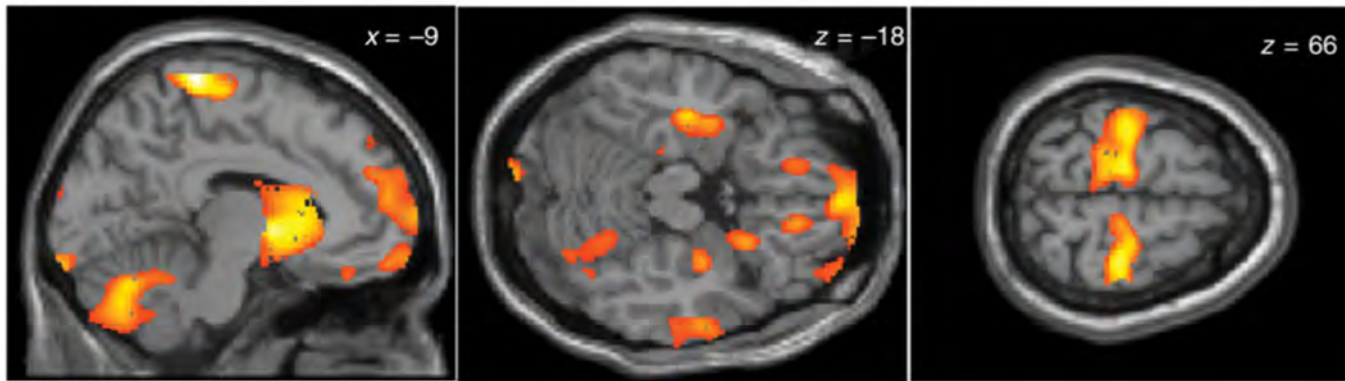


QI verbal, cerveau et télévision



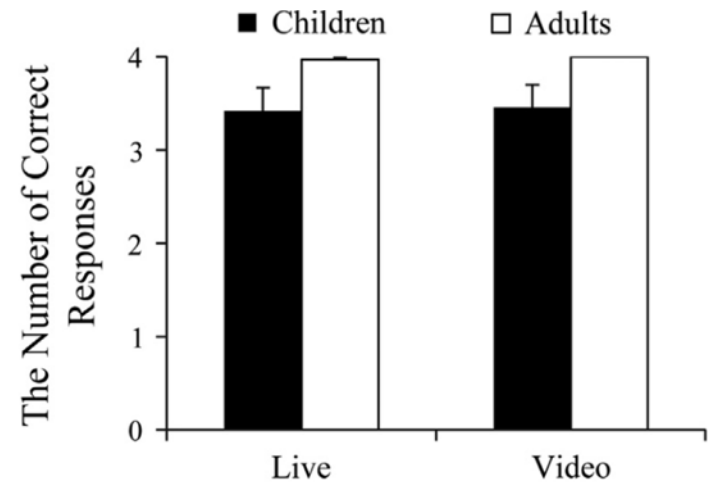
Lien entre le nombre d'heures devant la télévision et le volume cérébral

QI verbal, cerveau et télévision



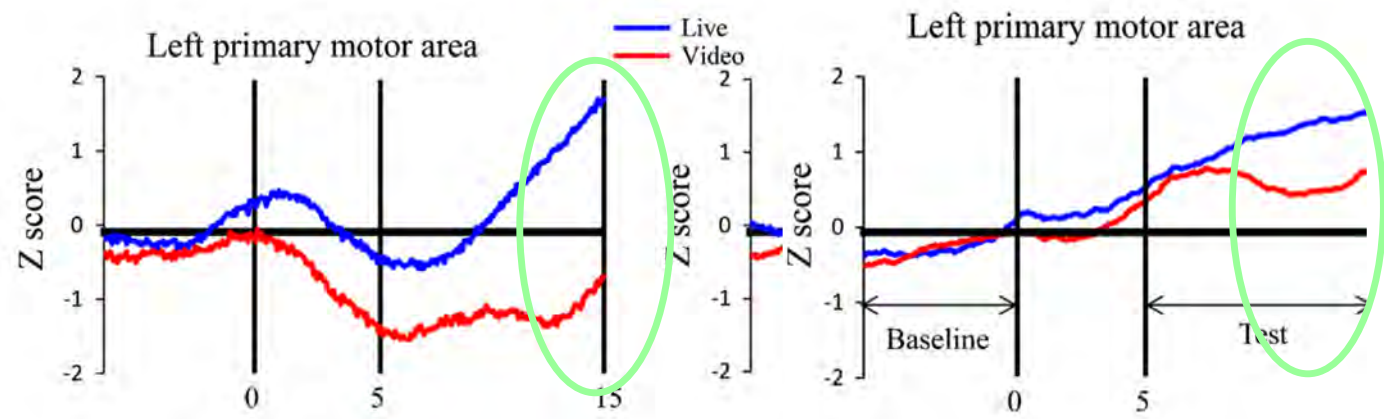
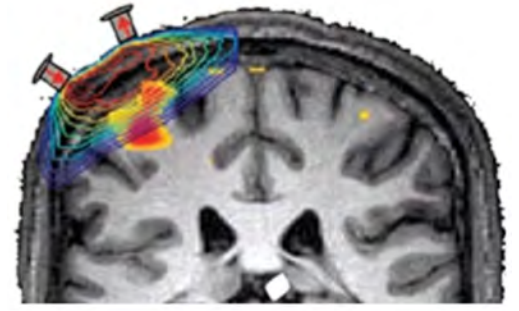
Lien entre le nombre d'heures devant la télévision et le volume cérébral – résultats longitudinaux

Apprentissage de règles en présentiel et en vidéo

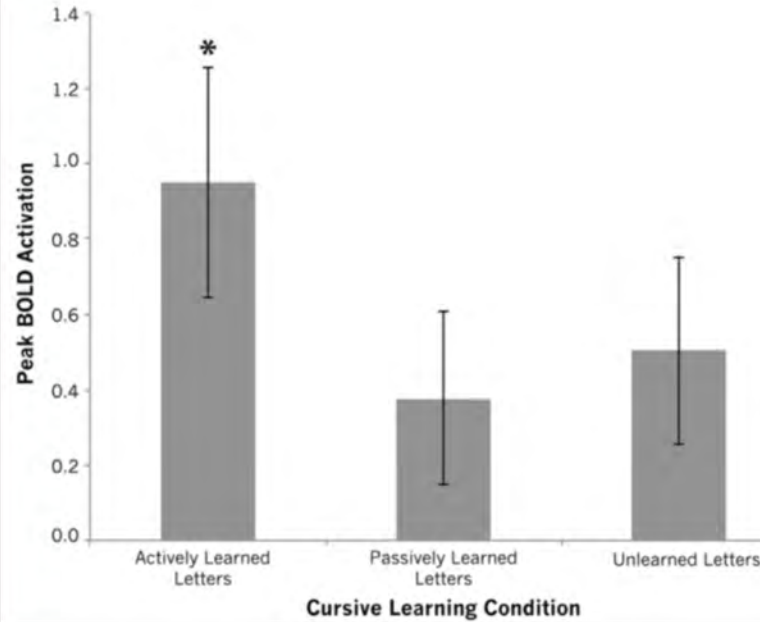


Enfants de 6 ans
Apprentissage d'une règle logique,
via un écran ou en situation « réelle »

Apprentissage de règles en présentiel et en vidéo



Reconnaissance des lettres après observation ou apprentissage actif

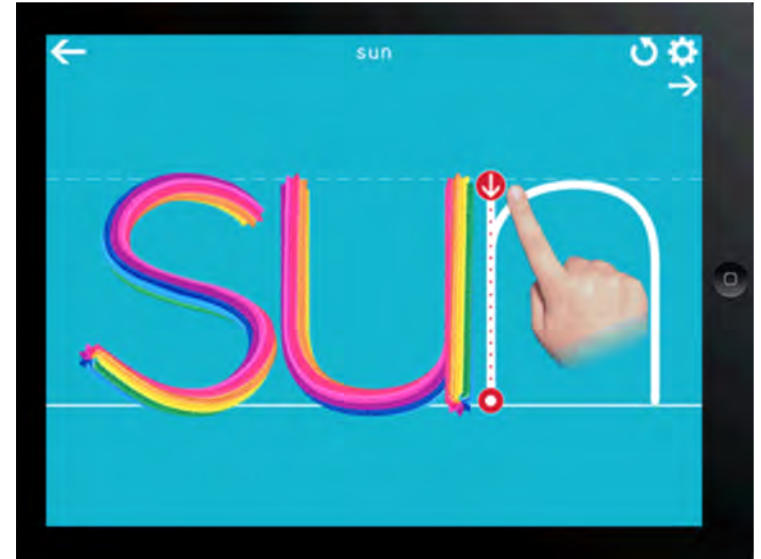


Group 1	<i>v m s a</i> <i>b l q y</i>
Group 2	<i>u r x e</i> <i>k d g j</i>
Group 3	<i>w n o i</i> <i>h t p z</i>

Enfants de 7 ans

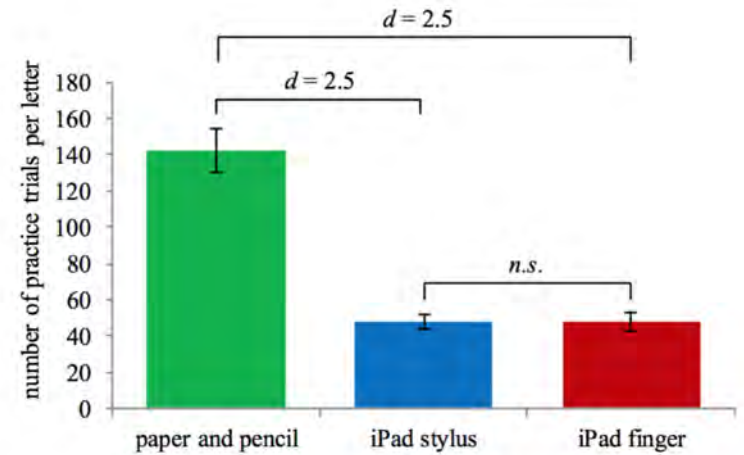
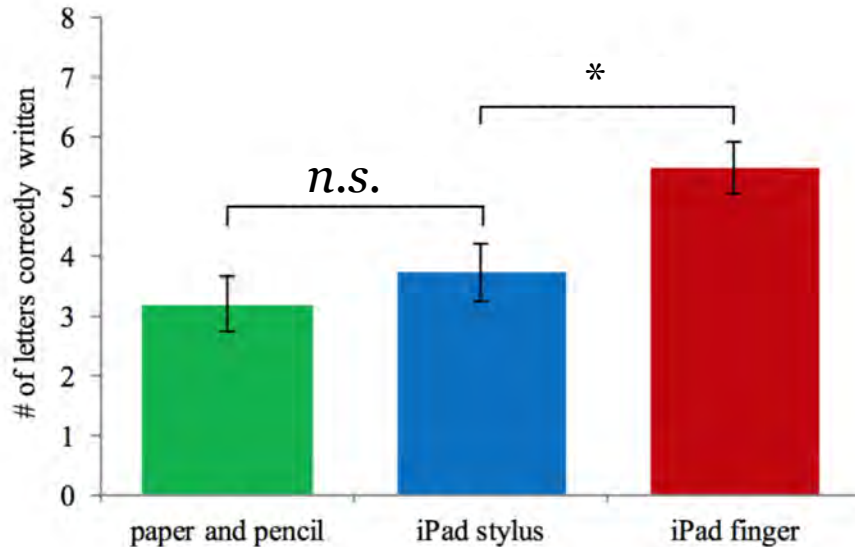
Kersey & James, 2013

Apprentissage sur tablette : l'écriture

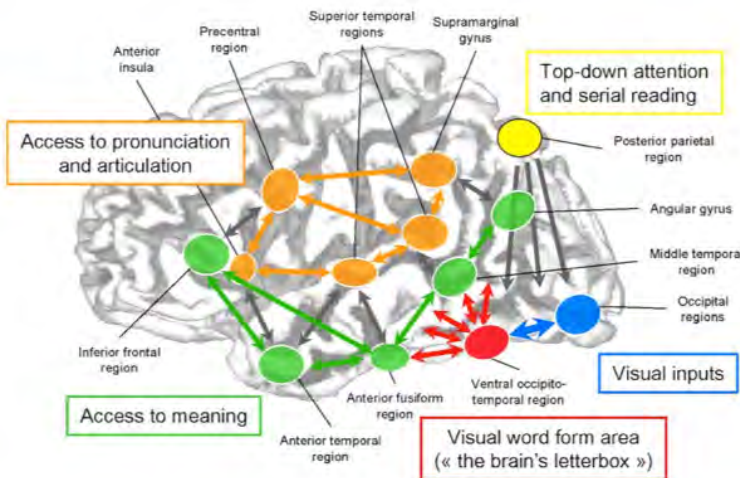
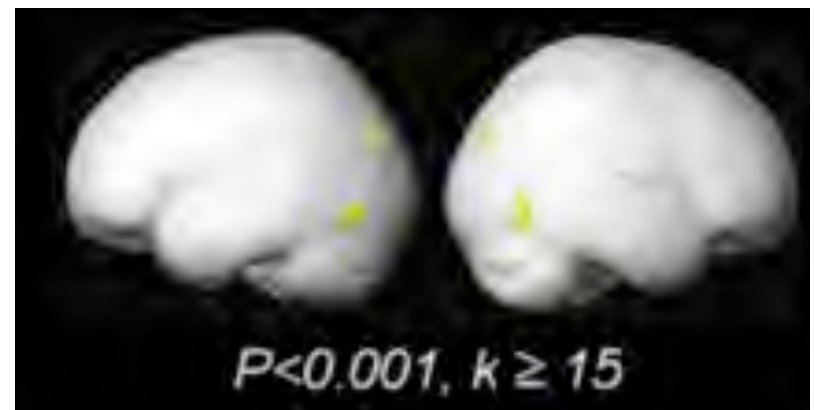
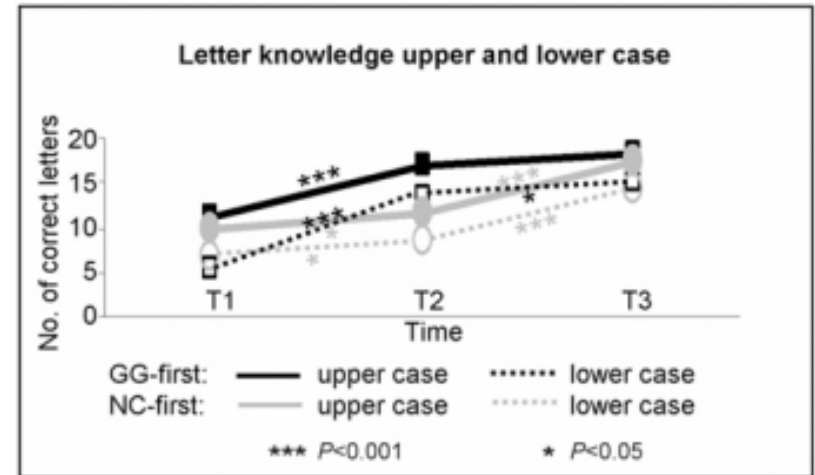
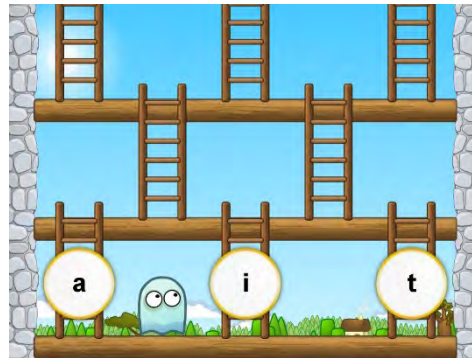


Apprendre à écrire des lettres majuscules via une tablette avec stylet, tablette « au doigt » ou papier/crayon (niveaux initiaux en écriture équivalents)

Apprentissage sur tablette : l'écriture



Apprentissage sur tablette : la lecture



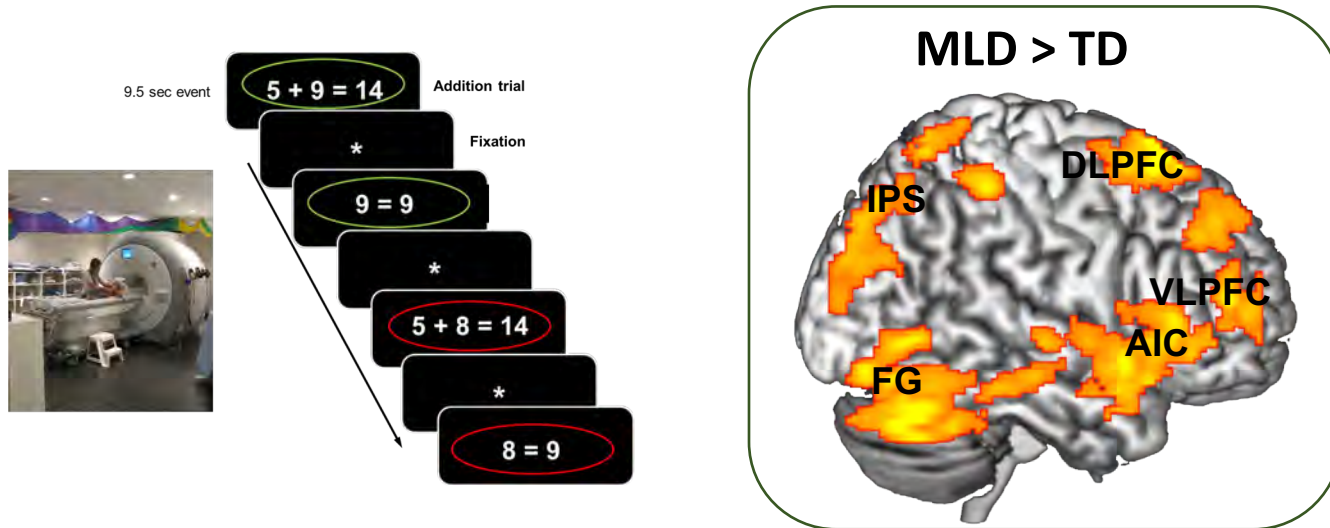
Brem et al. (2010)

Apprentissage sur tablette : les maths



Learning Difficulties Specific to Mathematics (MLD)

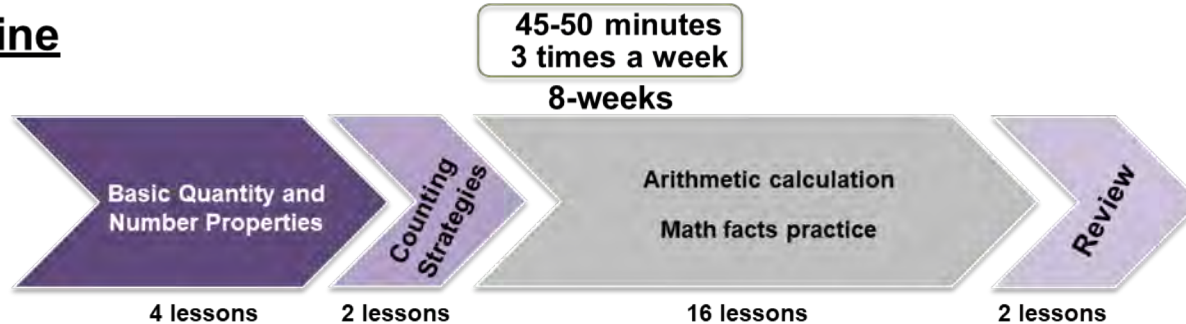
Typical Development (TD)



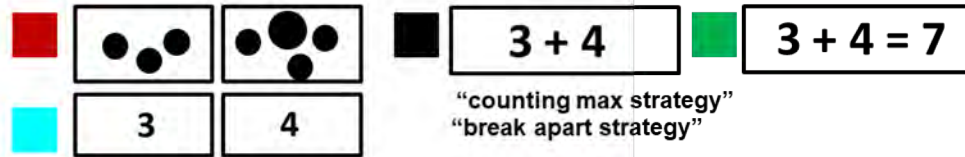
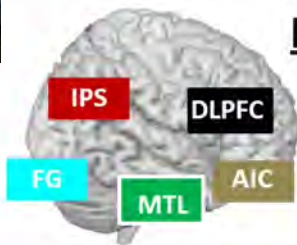
Iuculano et al. (2015)

Apprentissage sur tablette : les maths

Timeline



Neurocognitive components

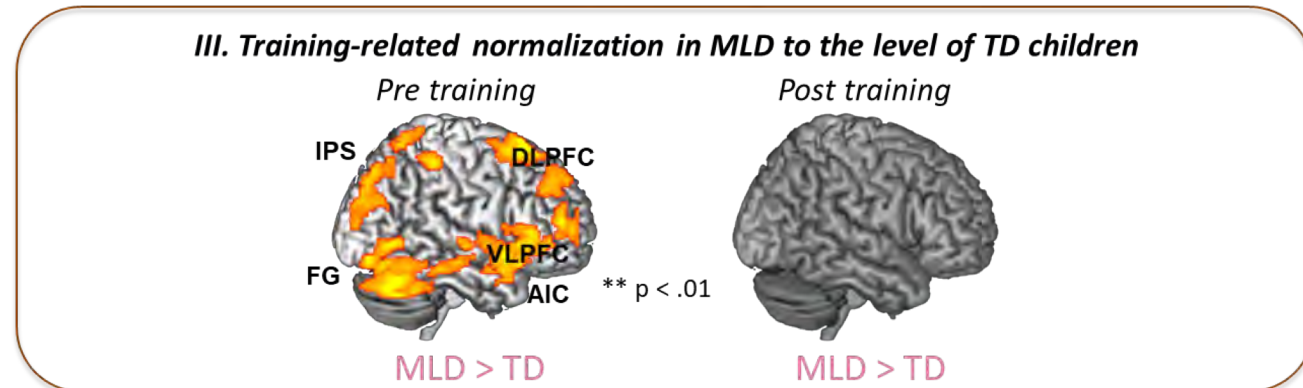
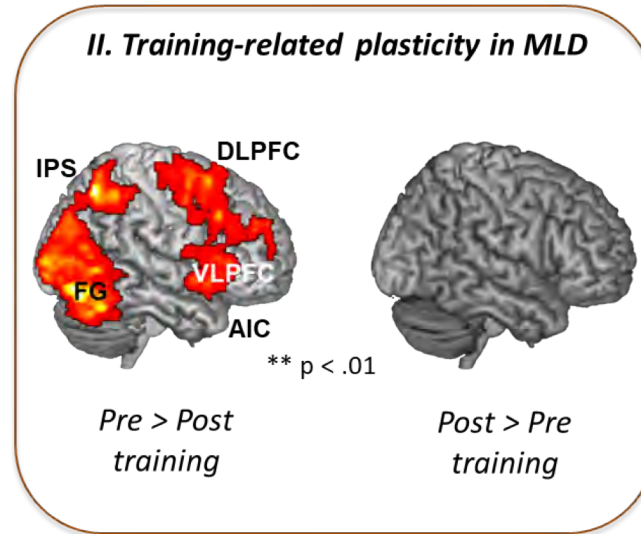
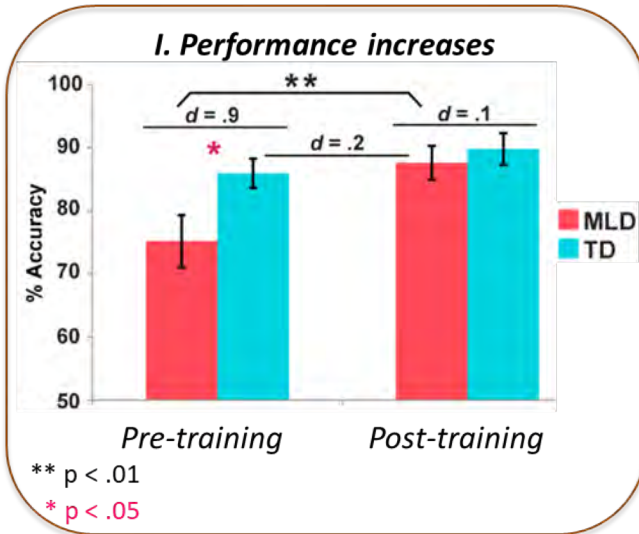


Educational and social components

- One-on-one tutoring
- Gaming
- Reward (i.e. stickers)



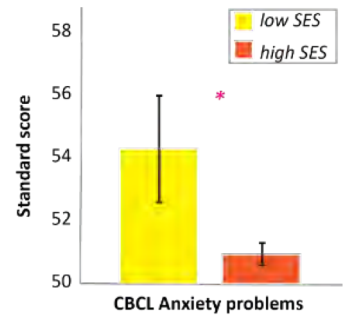
Apprentissage sur tablette : les maths



Stress, Mathématiques et niveau socio-économique

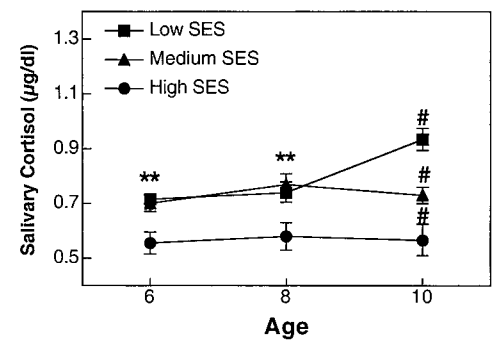


Elevated levels of stress/anxiety in children with low-SES



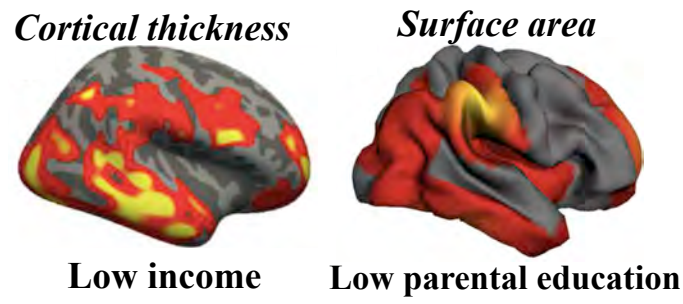
Iuculano, Preliminary data

Elevated cortisol levels in children with low-SES



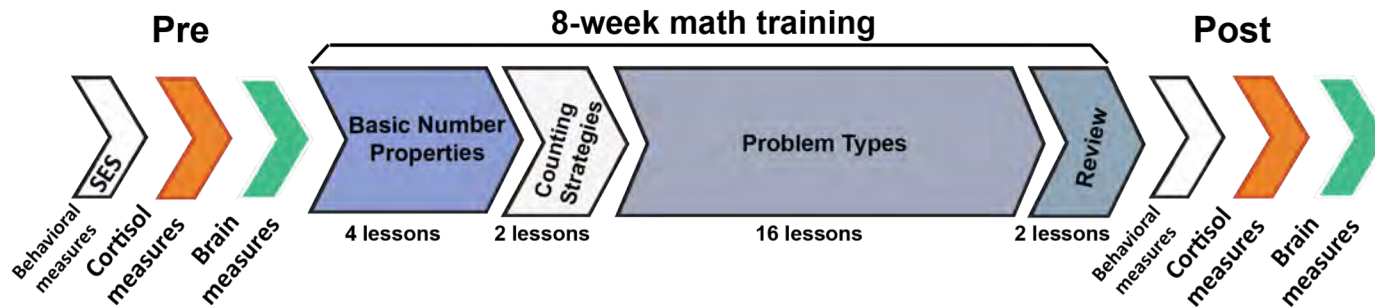
Lupien et al, 2000, Biological Psychiatry

Brain structures varying with SES

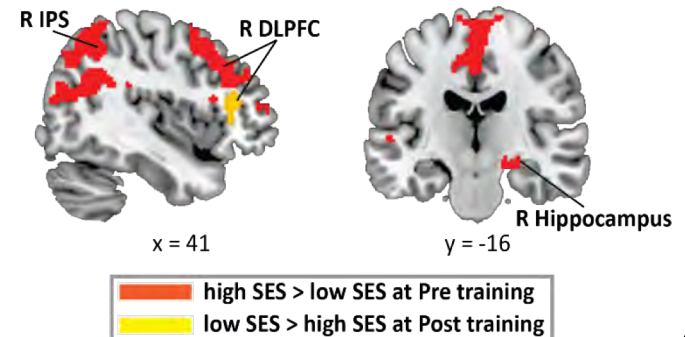
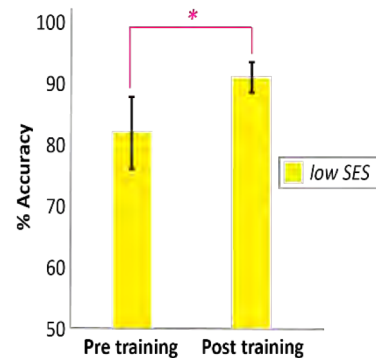
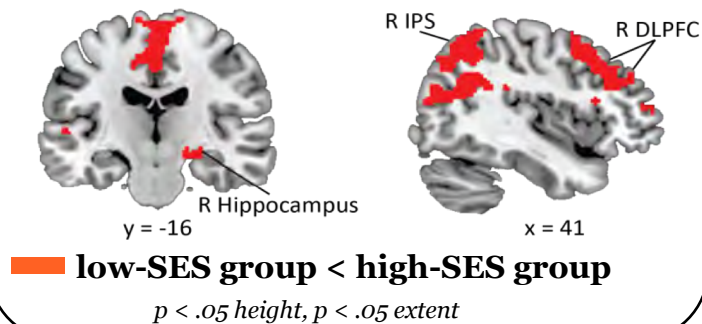


Farah, 2017, Neuron

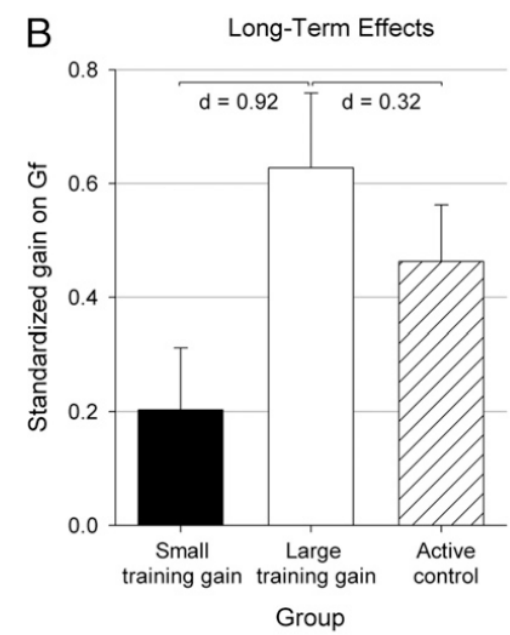
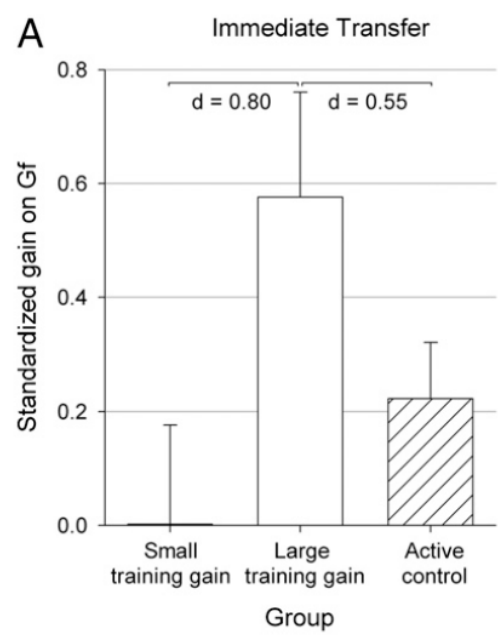
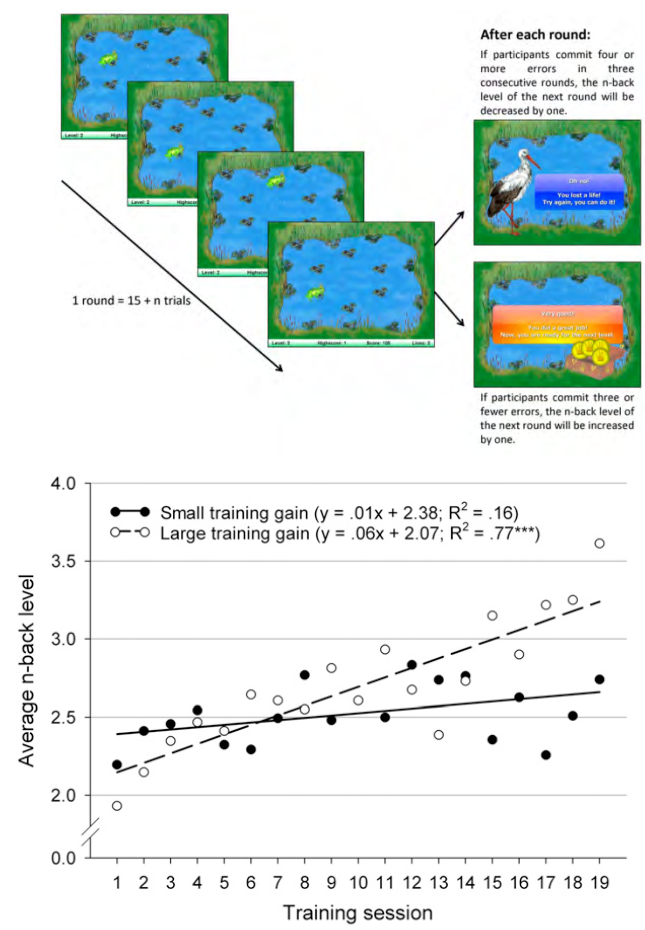
Stress, Mathématiques et niveau socio-économique



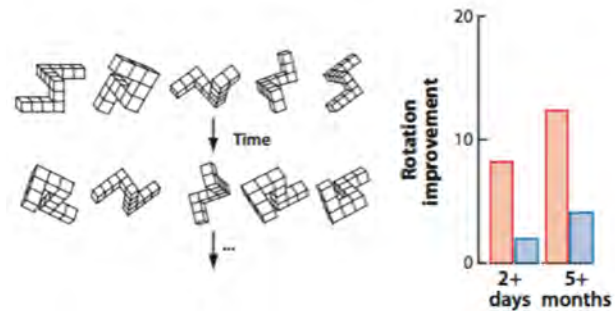
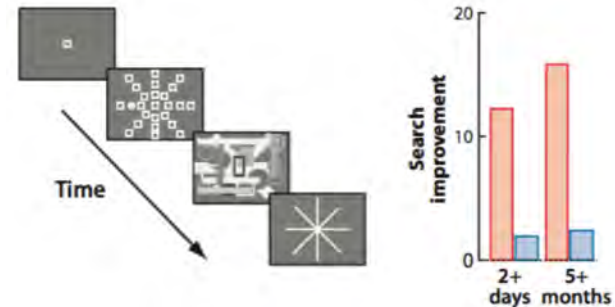
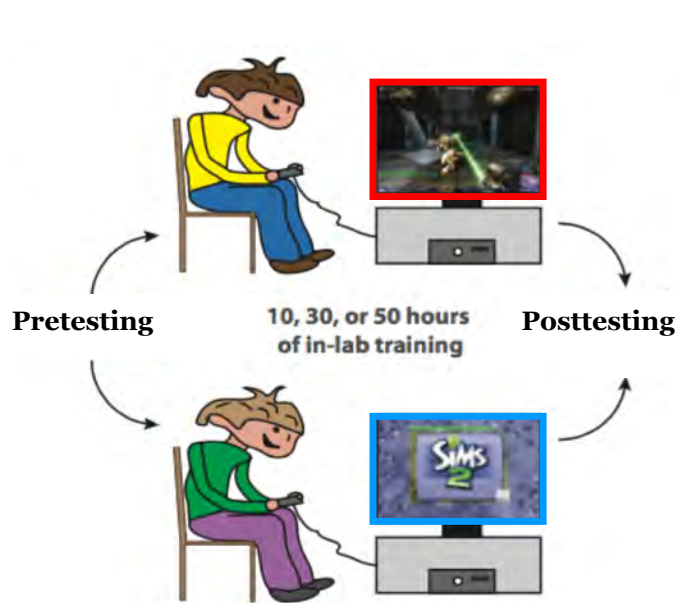
8 year -olds from low-SES



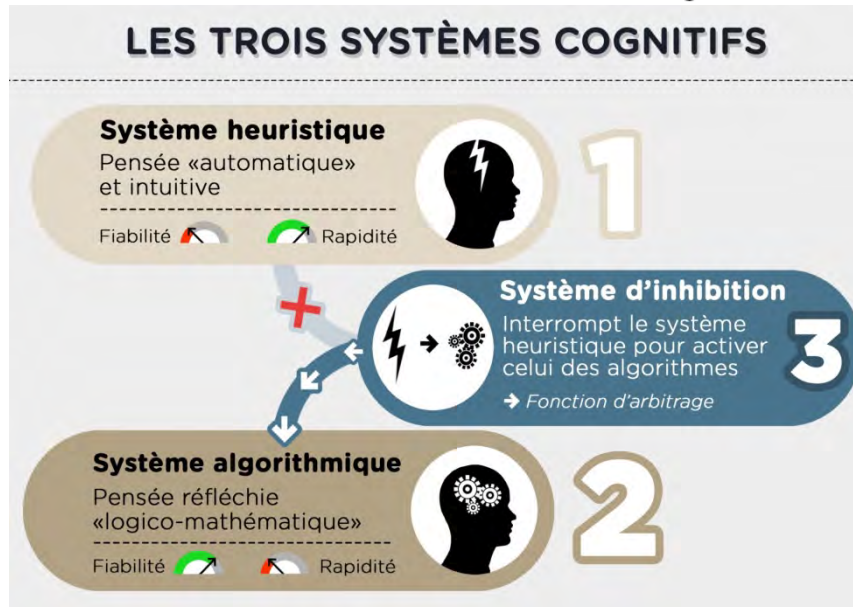
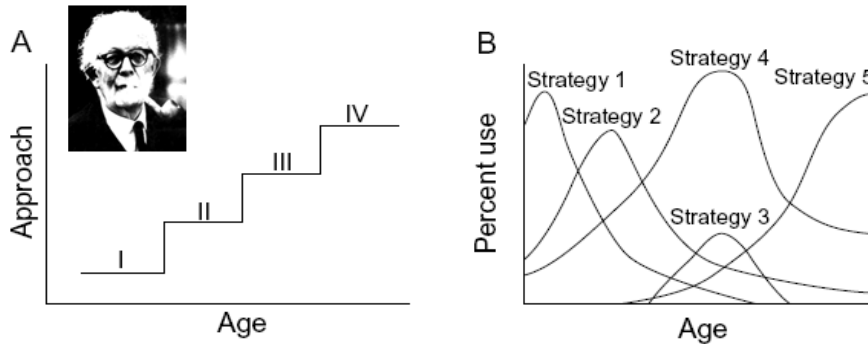
Apprentissage en ligne : la mémoire de travail



Jeux vidéo et capacités cognitives



Résistance cognitive et numérique ?

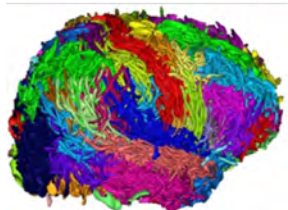


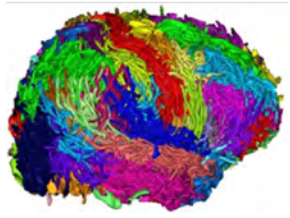
Résistance cognitive et contrôle de soi

- <https://www.youtube.com/watch?v=Yo4WF3cSd9Q>

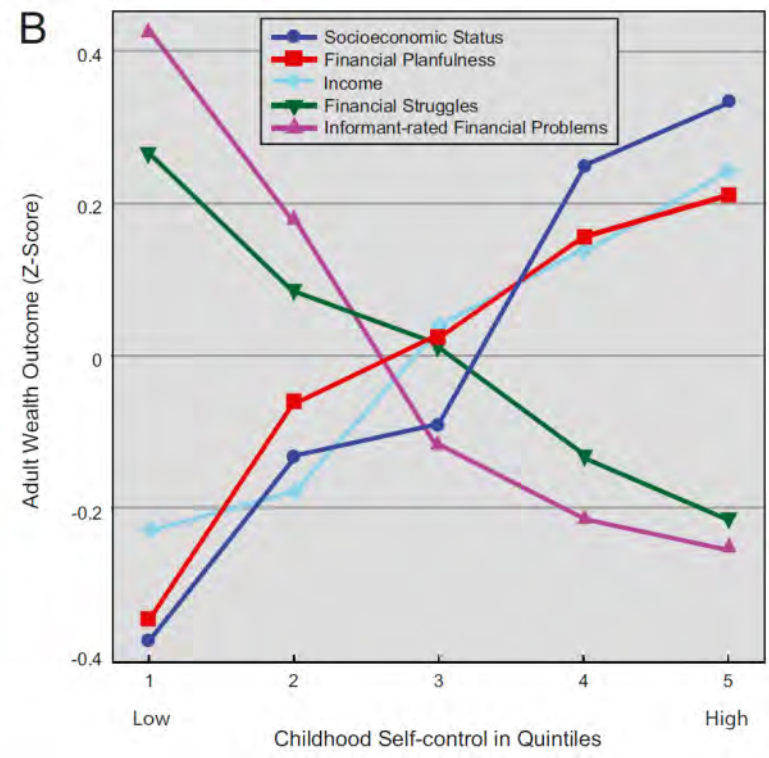
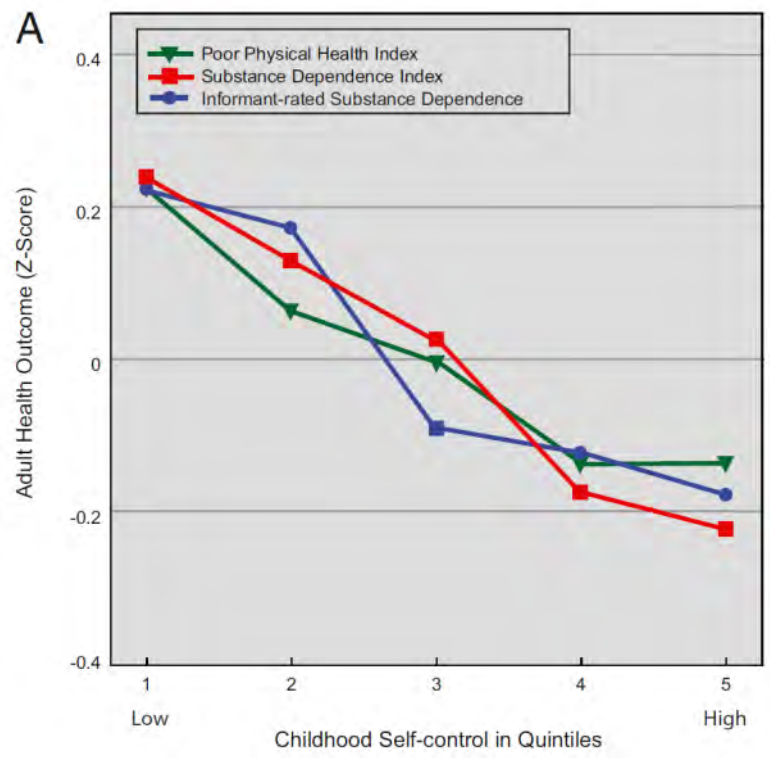


Contrôle de soi, impulsivité et apprentissage





Contrôle de soi, impulsivité et apprentissage

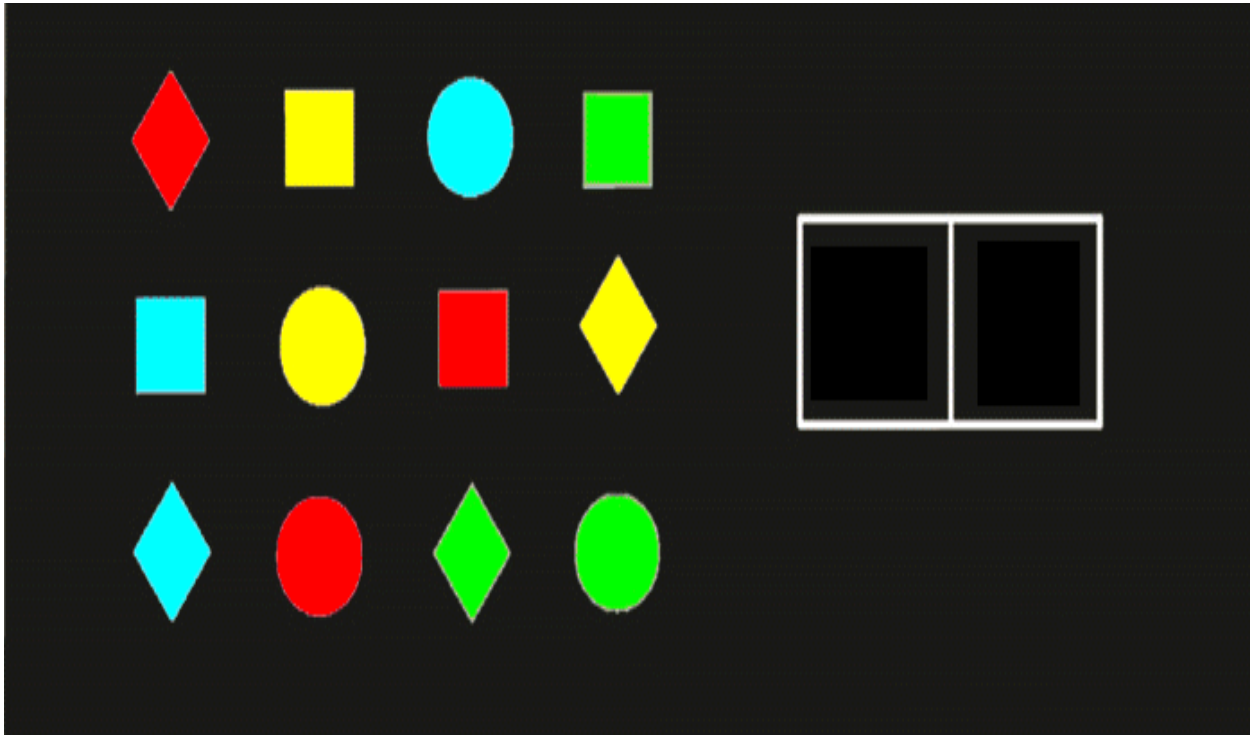


Moffitt et al. (2011)

Le raisonnement

- Un stylo et une gomme coûtent 1,10 euros, le stylo coûte un euro de plus que la gomme. Combien coûte la gomme ?
- Une banane et un ananas coûtent 2,90 euros. L'ananas coute 2 euros. Combien coûte la banane ?
- 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 ?

Le raisonnement



**S'il n'y a pas de carré rouge à gauche,
alors il y a un cercle jaune à droite**

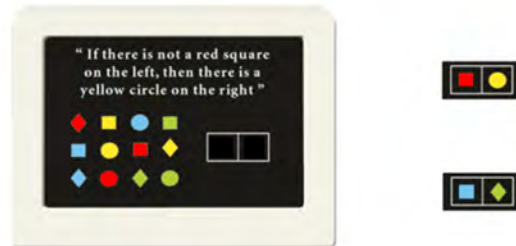
Le raisonnement

« Quatre cartes comportant un chiffre sur une face et une lettre sur l'autre, sont disposées à plat sur une table. Une seule face de chaque carte est visible. Les faces visibles sont les suivantes : A, 7, 3, D. Quelle(s) carte(s) devez-vous retourner pour déterminer la véracité de la règle suivante : Si une carte a un A sur une face, alors elle porte un 3 sur l'autre face. Il ne faut pas retourner de carte inutilement, ni oublier d'en retourner une. »

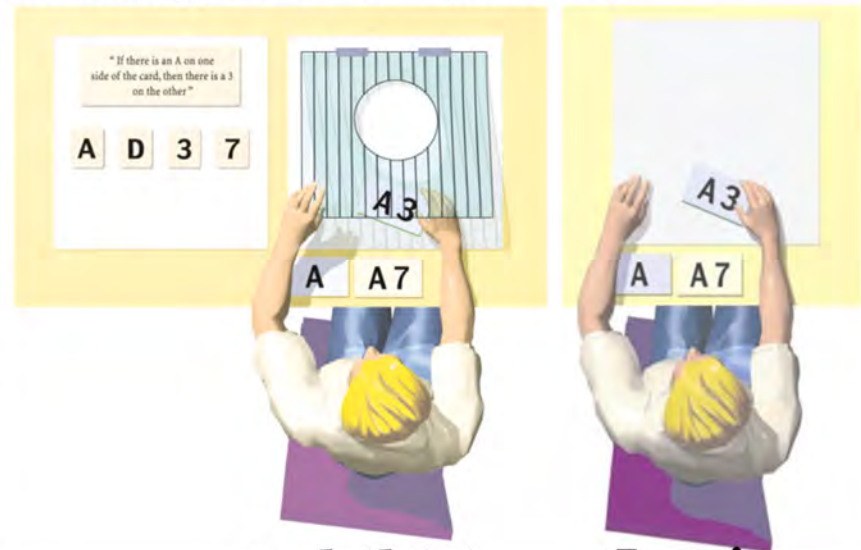


Pédagogie expérimentale

Pré- & Post-tests



Phase d'apprentissage hors caméra



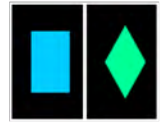
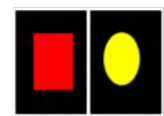
Inhibition Logique

Pédagogie expérimentale

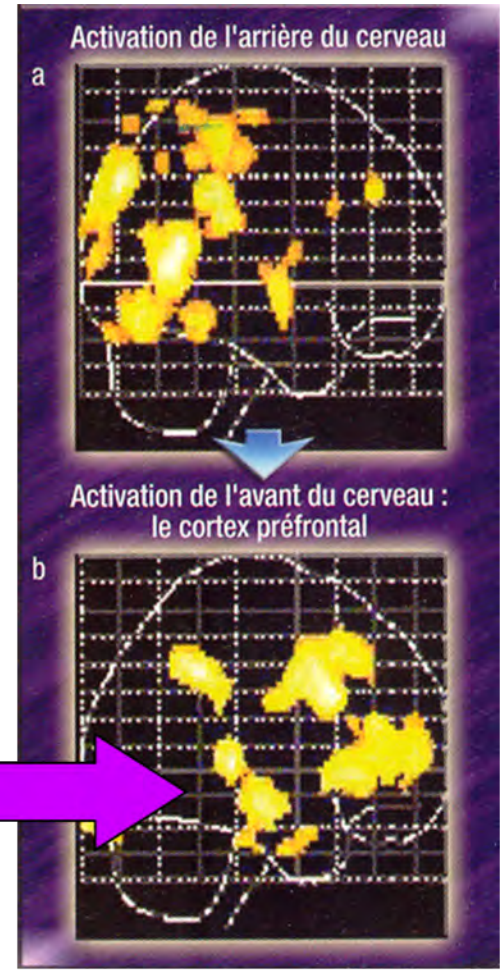
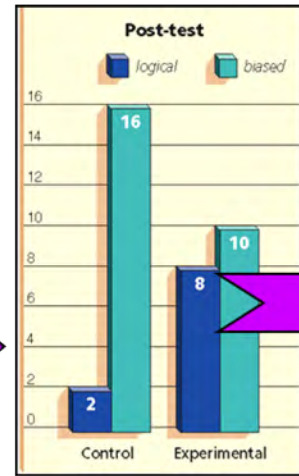
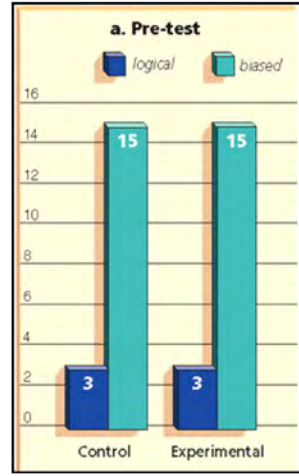
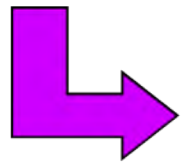
Pré- & Post-tests



Erreur



Réponse logique



De l'école à l'université

En classe



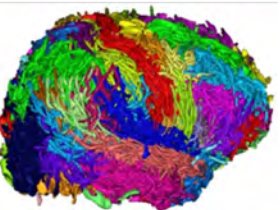
ministère
éducation
nationale



Enseigner les sciences à l'école
maternelle et élémentaire

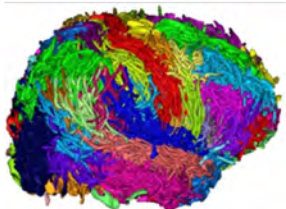


INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

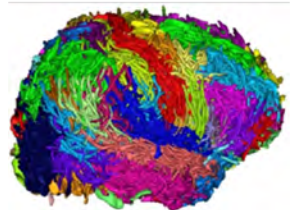


Situations scolaires et résistance aux automatismes

- Jean a 10 billes. Il en a 5 de plus de Pierre. Combien de billes a Pierre ? (Lubin et al., 2013)
- $7/5$ vs $7/4$ (Rossi et al., en révision)
- 1,5 vs 1,432 (Roell et al., 2017, 2018)
- b/d (Ahr et al. 2016, 2017)
- Je les mange^s (Lanoe et al., 2016)

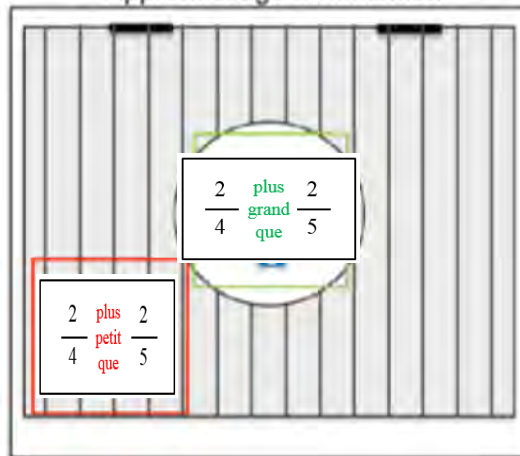


Comparaison de fraction



$$\frac{7}{4} ? \frac{7}{3}$$

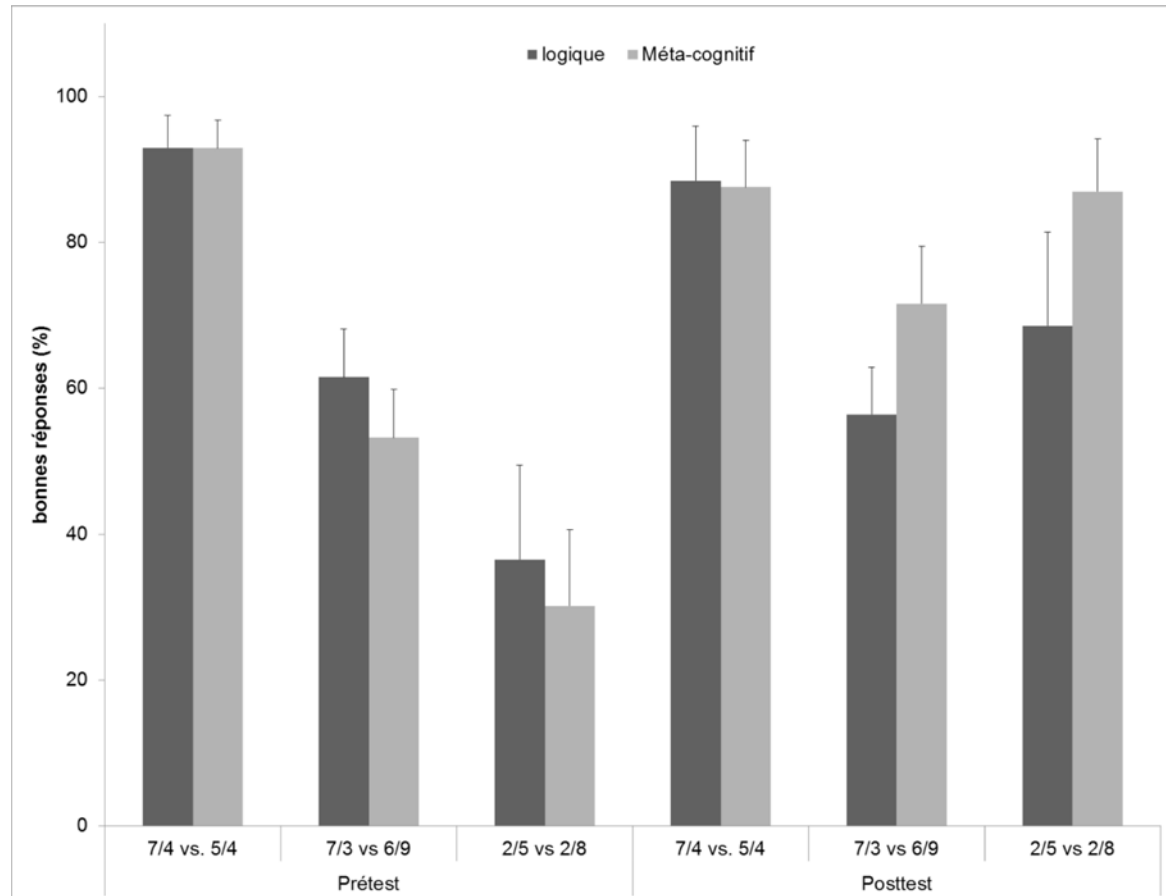
Apprentissage à l'inhibition



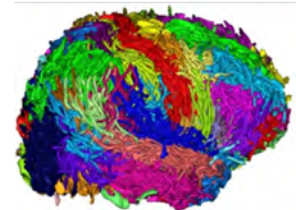
Apprentissage classique

$\frac{7}{3}$ est plus grand que $\frac{7}{4}$ car 2,33 est plus grand que 1,75

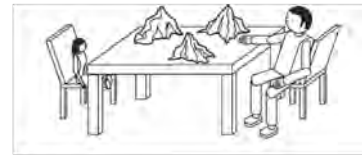
Comparaison de fraction



Letang, Roell,..., Borst, (en prep)

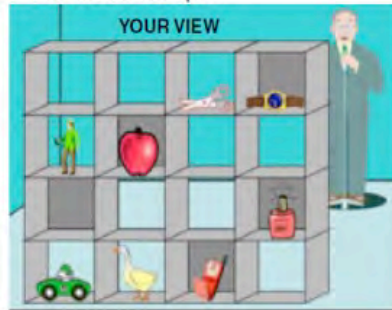


Prise de perspective

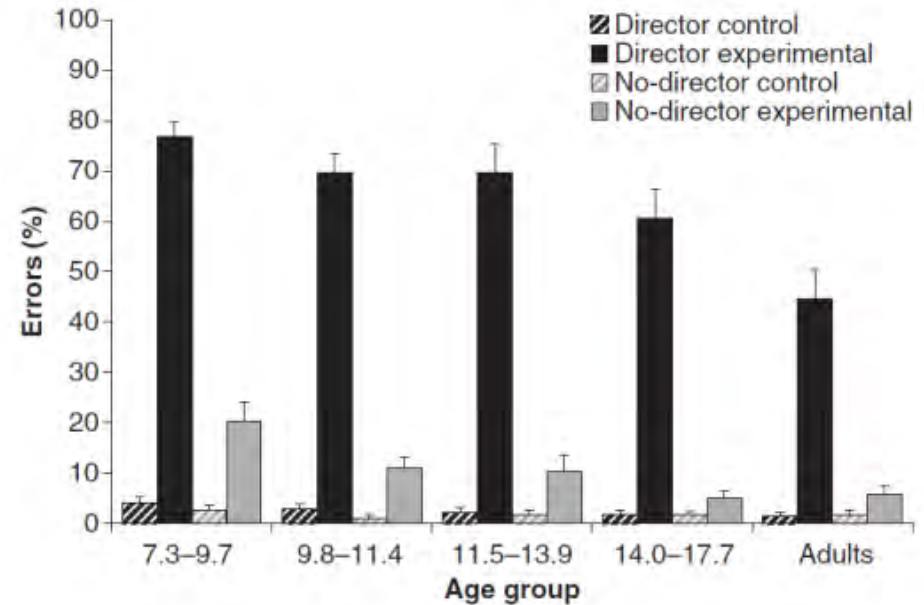
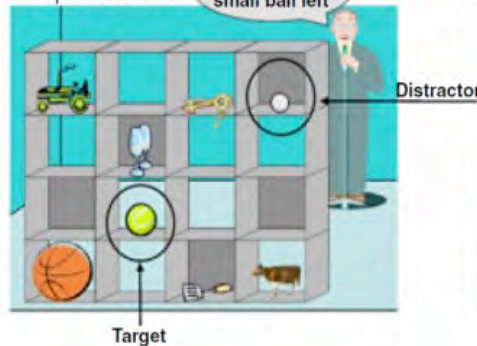


Piaget & Inhelder (1956)

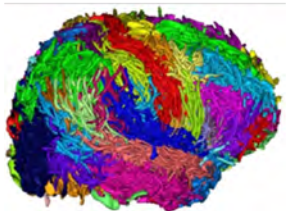
(a) Instructions example 1



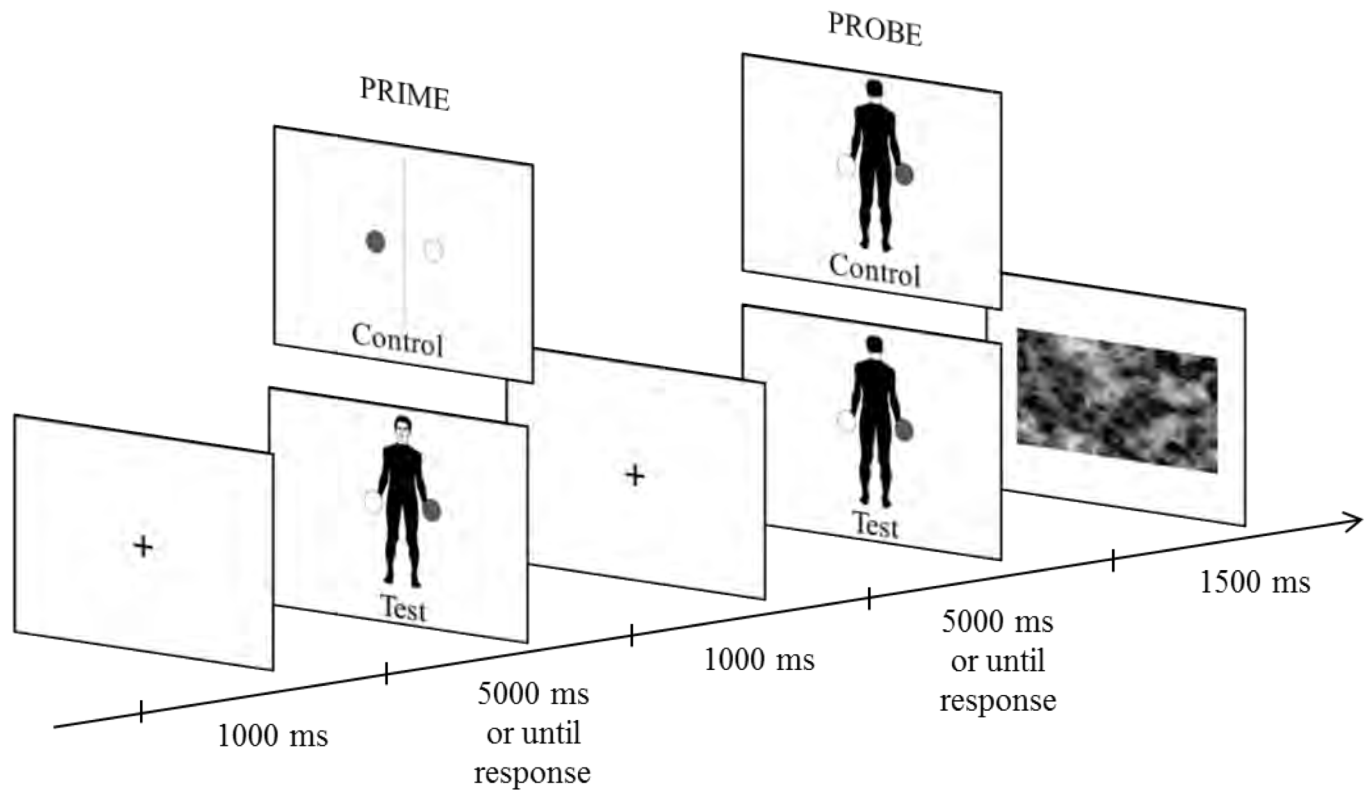
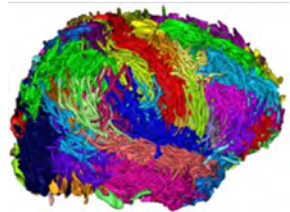
(c) Experimental trial



Dumontheil, Apperly, & Blakemore, *Dev Sci* (2010)

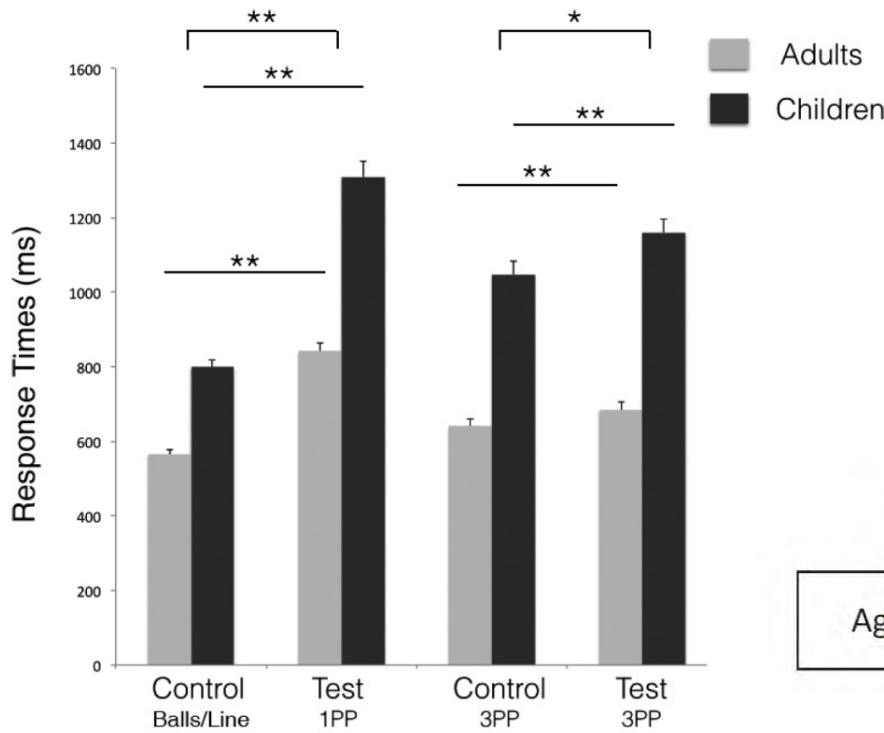


Prise de perspective

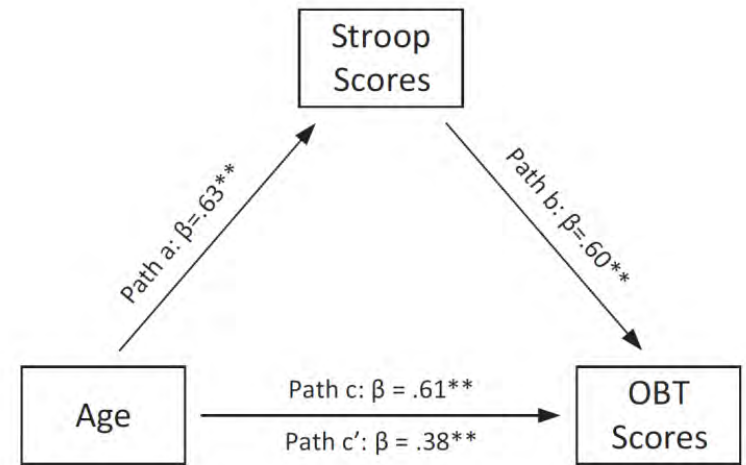


Aïte, Berthoz, et al., *Child Development* (2016)

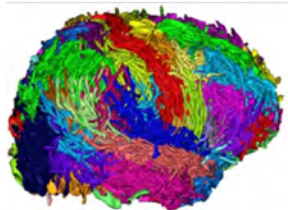
Prise de perspective



Primes Probes

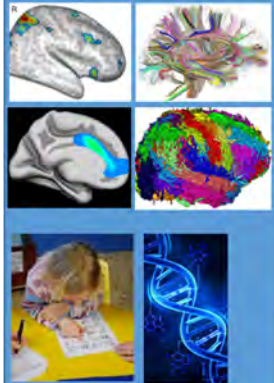


Aïte, Berthoz, et al., *Child Development* (2016)



Entraîner la résistance cognitive ?

Pretest



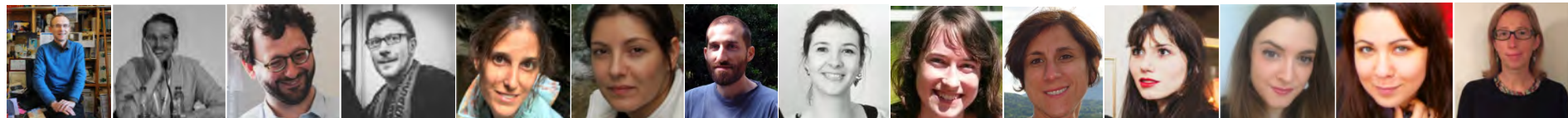
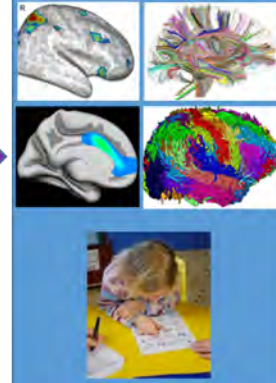
Training:

5 weeks, 5 days/week, 15 mn/day

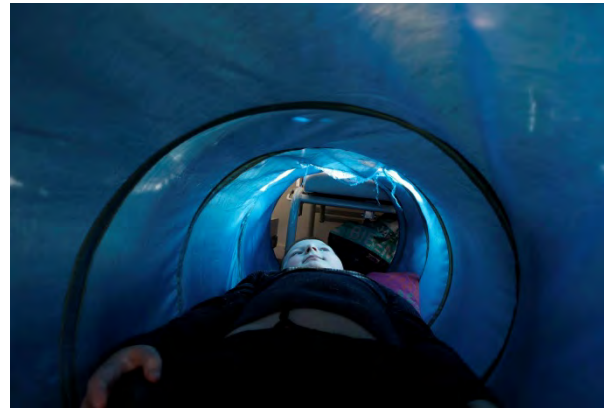


Control group: Trivia type questions
Inhibitory Control group: Stroop & SST
Working Memory group : N-back & Dot Matrix
Mindfulness group: Mindfulness classes

Posttest

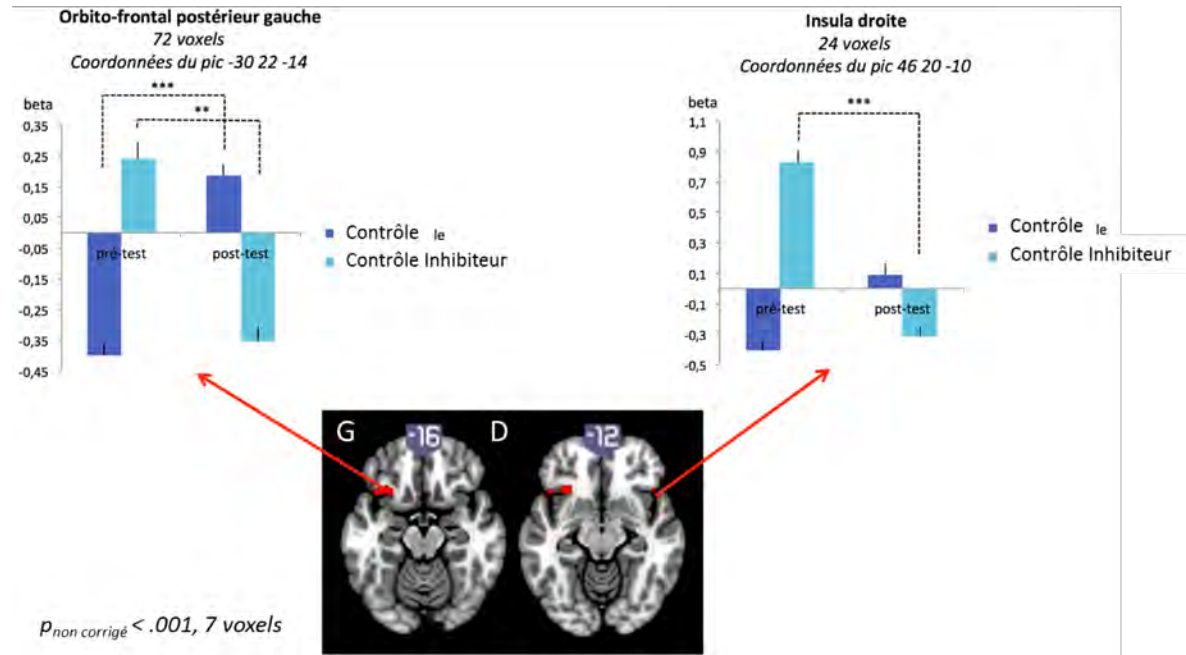
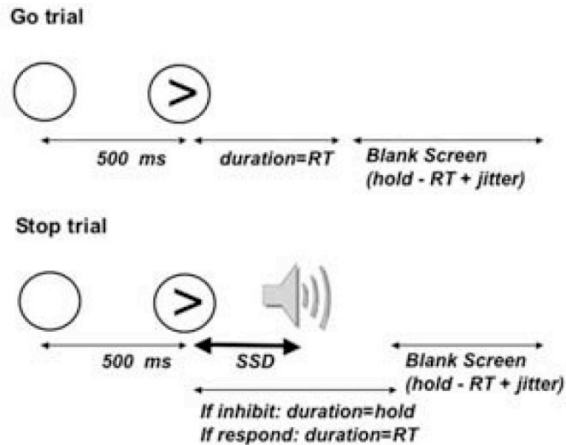


Entraîner la résistance cognitive ?



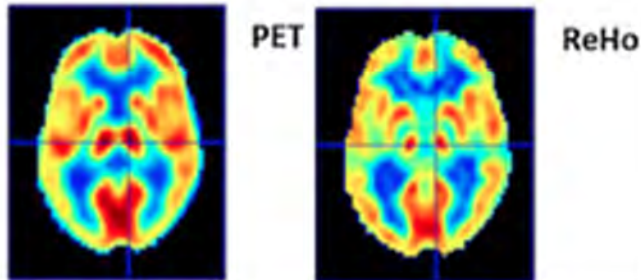
Borst, Cachia, Houdé... in preparation

Entraînement, SST et IRMf



Entraînement, rs-fMRI, ReHo

Assessing brain metabolism from spatial regional coherence (ReHo) of BOLD signal fluctuations at rest (Aiello, Cachia, 2015)

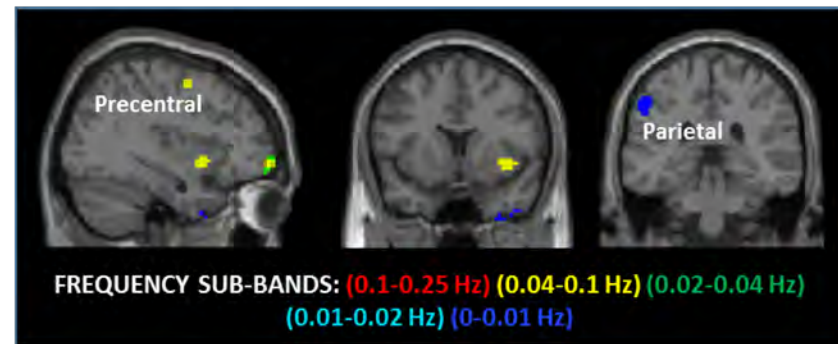


Regional Homogeneity (ReHo) : Kendal coefficient of spatio-temporal coherence

$$W = \frac{\sum(R_i)^2 - n(\bar{R})^2}{\frac{1}{12} K^2 (n^3 - n)}$$



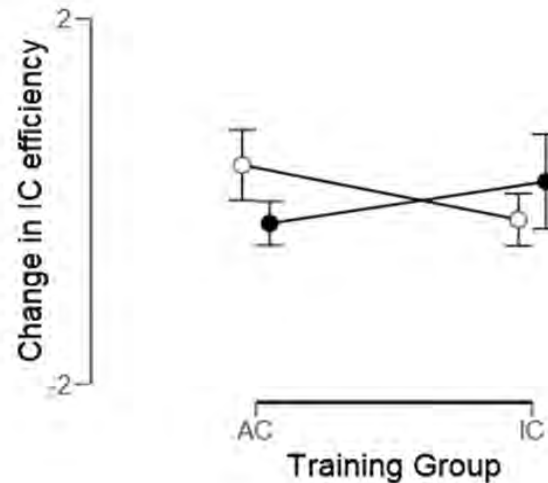
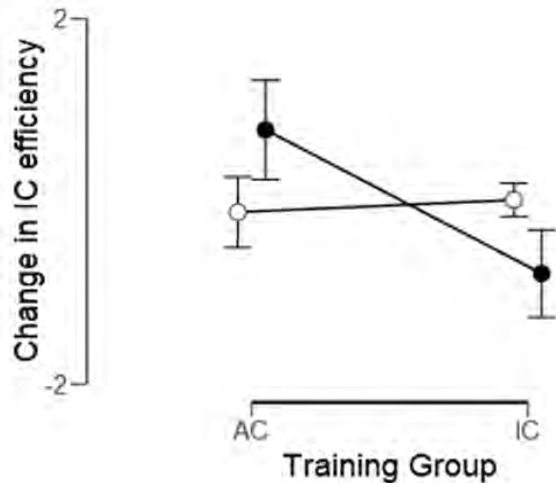
ReHo changes after cognitive training
Inhibition < Active Control



Entraîner la résistance cognitive chez l'enfant et l'adolescent ?

CHILDREN

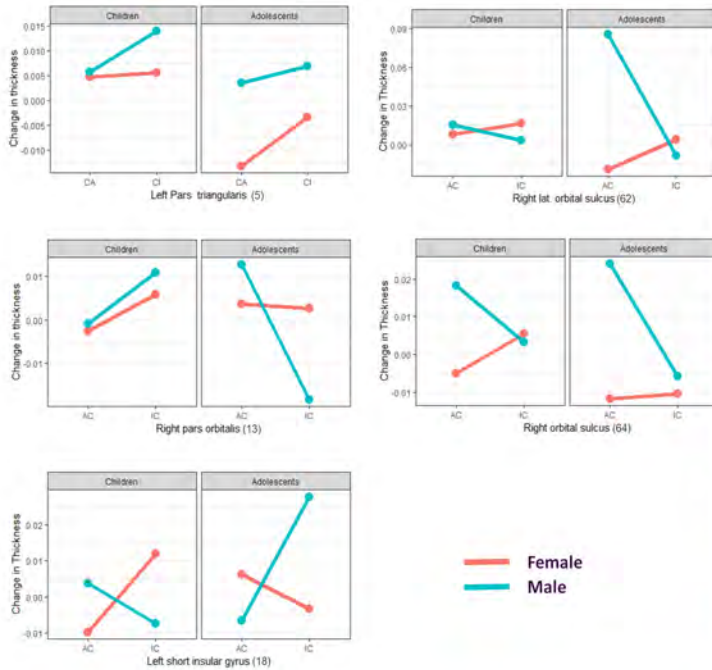
ADOLESCENTS



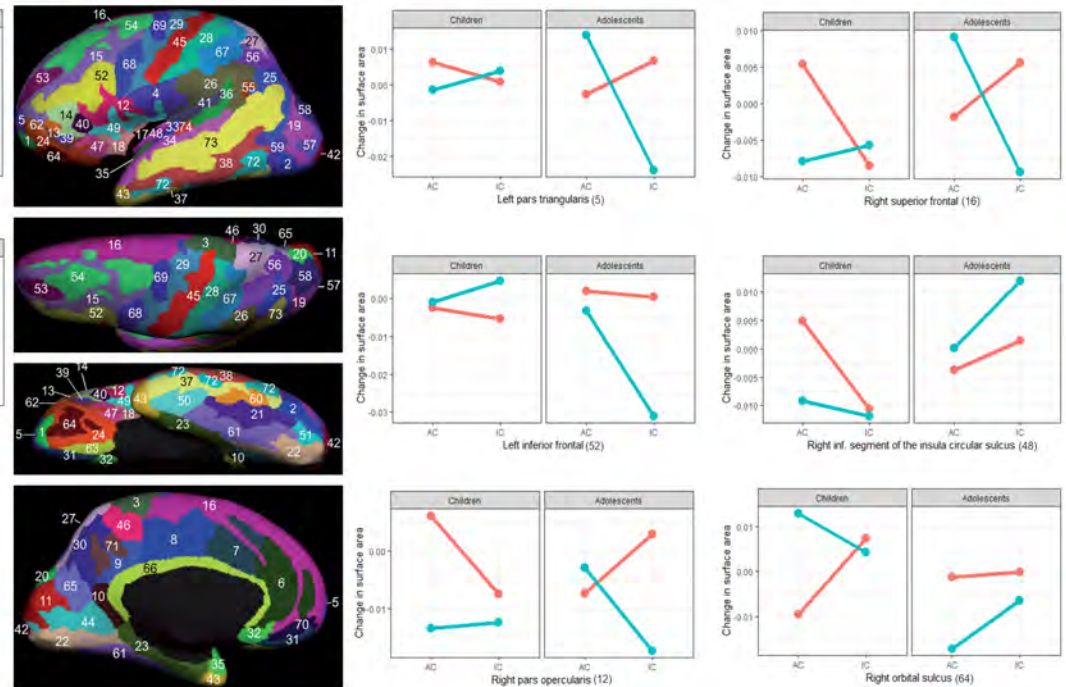
Sex
○ F
● M

Entraîner la résistance cognitive chez l'enfant et l'adolescent ?

CORTICAL THICKNESS



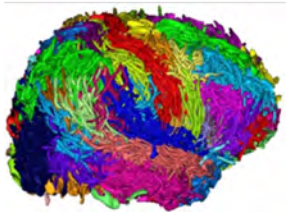
CORTICAL SURFACE AREA



Delalande et al., Developmental Science (submitted)



Chaire Sorbonne Neuroéducation et créativité



Groupes de Formation Action (GFA)



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



Chaire partenariale – Fondation Paris Descartes – **Sorbonne Neuroéducation & Créativité** sous le Haut patronage de la Présidence de la République.

Recherche collaborative en ligne

- Etape 1 : Visioconférence interactive sur le cerveau (160 classes de cycle 1, 2 et 3, 4000 élèves et plus de 800 questions posées en direct)
<https://www.equalx.eu/experience-pedagogique/le-cerveau-comment-ca-marche-ij>
- Etape 2 : Cartographie des erreurs récurrentes observées dans les classes par les professeurs (74 erreurs identifiées)



Recherche collaborative en ligne

- Etape 3 : Entraînement en classe au contrôle inhibiteur (115 classes inscrites, 2800 élèves de cycle 1 et 2)

<http://lea.nathan.fr/travail-collaboratif/lab-pedagogique/pre-test-cycles-2-et-3>



Stroop Animal,
Empan numérique

1.2.3 Soleil, Stroop Jour/Nuit,
Main/Bougie, Stroop Animal,
Go/No-Go, Blanc/Noir,
Jacques a dit, Tri de cartes,
Bata-Clown

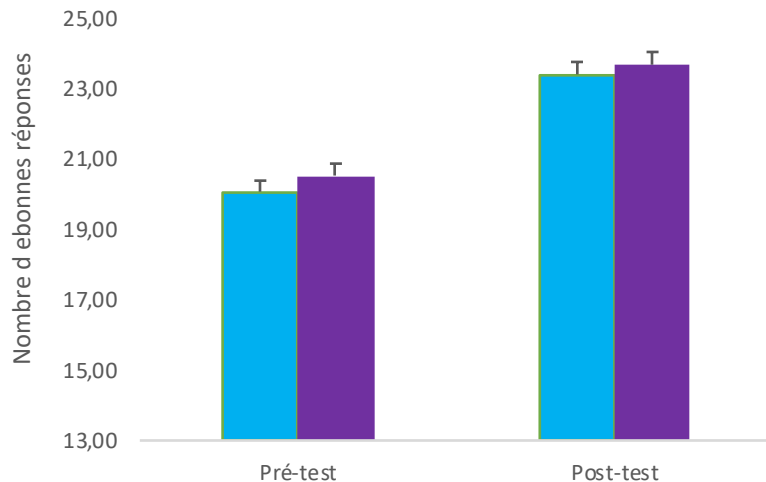
Stroop Animal,
Empan numérique

Recherche collaborative en ligne

- Etape 3 : Entraînement en classe au contrôle inhibiteur (115 classes inscrites, 2800 élèves de cycle 1 et 2)

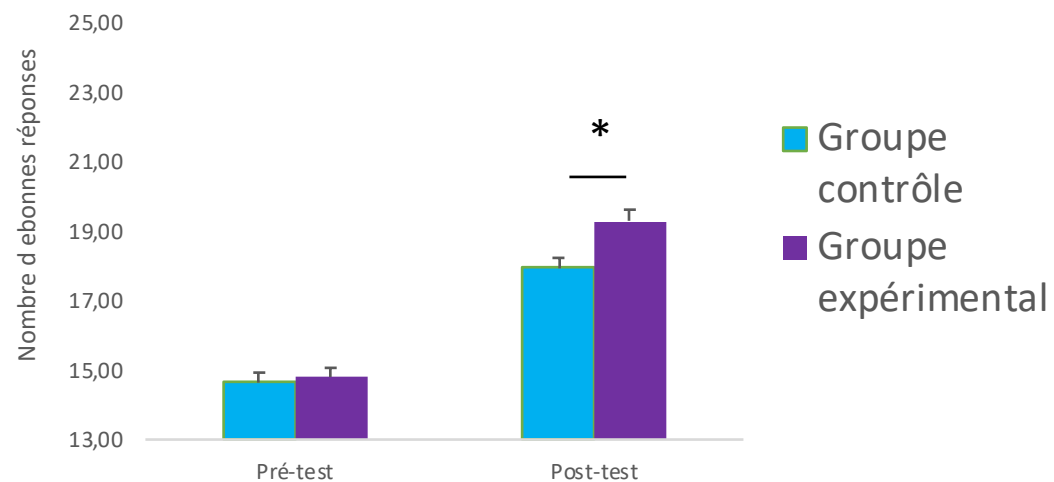
<http://lea.nathan.fr/travail-collaboratif/lab-pedagogique/pre-test-cycles-2-et-3>

Aux items congruents



bleu vert rouge bleu vert

Aux items interférents



rouge bleu vert jaune bleu

Recherche collaborative en ligne

- Etape 4 : Effet d'intervention pédagogique métacognitif sur les erreurs récurrentes observées en classe.

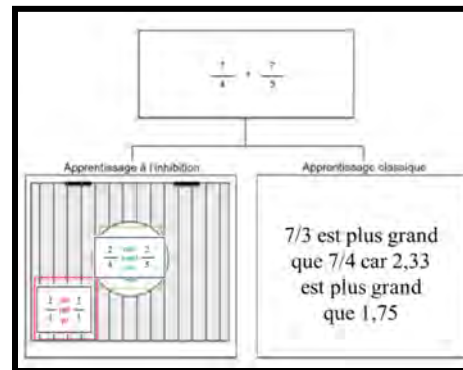
PRE-TEST
1 semaine

CI (4 – 6 semaines)

CA (4 – 6 semaines)

POST-TEST
1 semaine

- $3,1 \times 10 = 3,10$
- $73 - 45 = 75 - 43$
- $1\text{h}15 = 115 \text{ minutes}$
- $7/4 > 7/3$

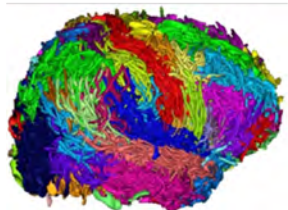


- $3,1 \times 10 = 3,10$
- $73 - 45 = 75 - 43$
- $1\text{h}15 = 115 \text{ minutes}$
- $7/4 > 7/3$

Chaire Sorbonne Neuroéducation et créativité



LaPsyDÉ



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

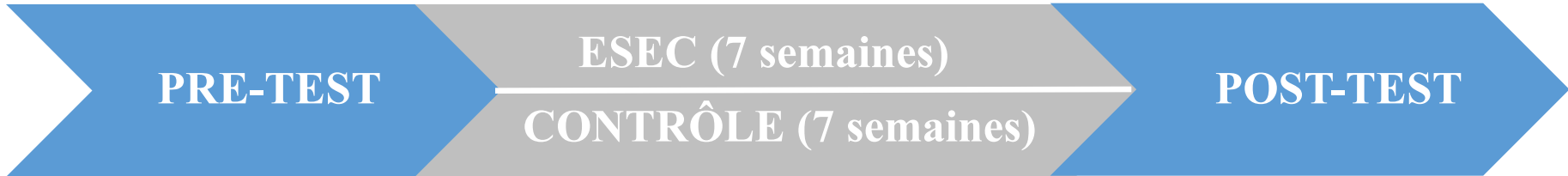


MINISTÈRE
 DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
 DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
 ET DE LA RECHERCHE



Chaire partenariale – Fondation Paris Descartes – **Sorbonne Neuroéducation & Créativité** sous le Haut patronage de la Présidence de la République.

Recherche Collaborative



N = 520 enfants de 6 à 10 ans

Transfert proche

Syllogismes

Tous les éléphants mangent du foin
Tous les mangeurs de foin sont légers
Tous les éléphants sont légers



Transfert lointain



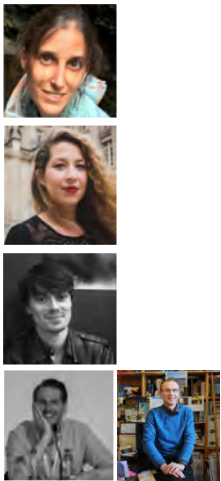
Aïte et al.
(2016)



Evans
(1972)

ROUGE
JAUNE
VERT

Stroop
(1935)

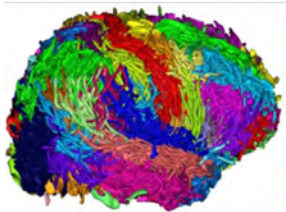


LaPsyDE



Ce qu'il faut retenir

- Le cerveau continue à se développer jusqu'à 25 ans
- A tous les âges le cerveau est plastique et peut se reconfigurer après des apprentissages
- Le numérique a des effets sur le cerveau de l'enfant et de l'adolescent en développement
- Des interventions pédagogiques ciblées sur tablette produisent des effets sur le cerveau et les apprentissages scolaires
- Le numérique ouvre des opportunités nouvelles de recherche collaborative entre la classe et le laboratoire



Pour en savoir plus

