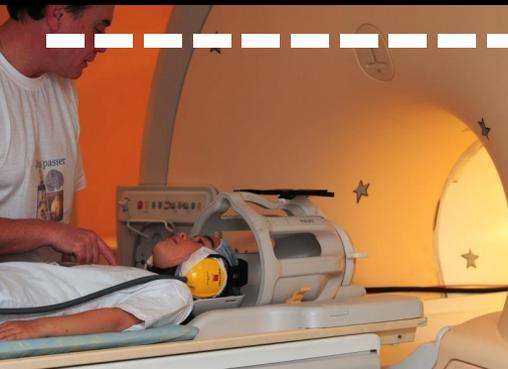


Colloque FNAME 2017, Paris, 5 Octobre.

# Comment le cerveau apprend ? **Allers-retours du labo à l'école.**

Olivier Houdé, Sorbonne Paris Cité,  
CNRS

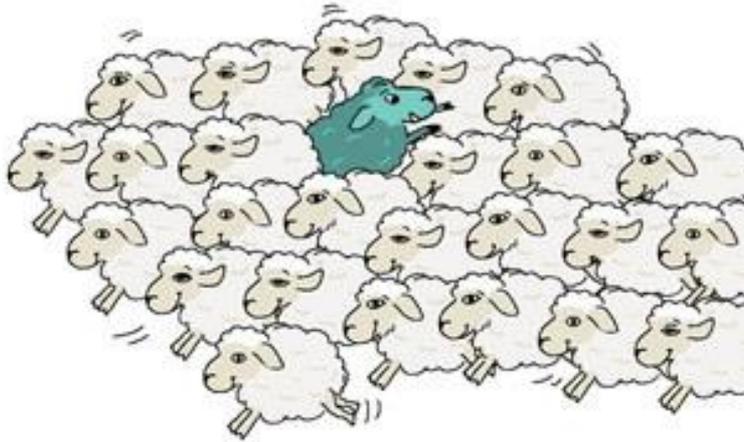


# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILLIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



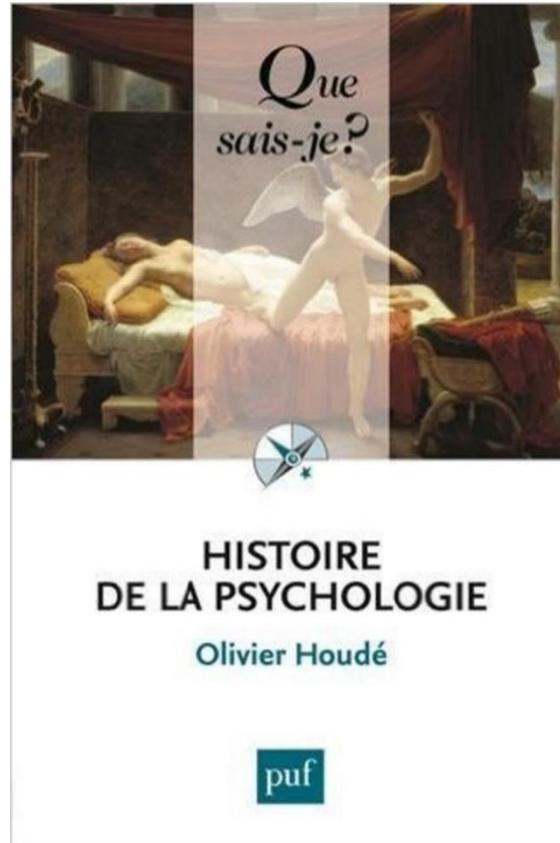
[MANIFESTES LE POMMIER!]



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**

**Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école**

---

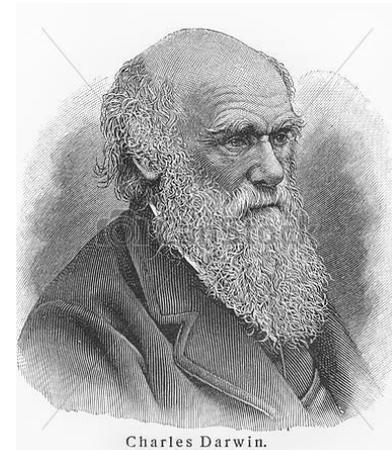
# **HISTOIRE DE LA PSYCHOLOGIE**

**Platon, Aristote, Descartes, Locke, Kant... et Piaget**



# **ET DE LA BIOLOGIE**

**Darwin**



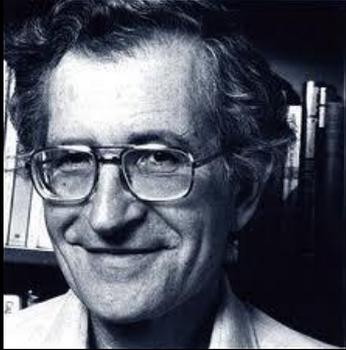
Charles Darwin.

© Can Stock Photo - csp12263403

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

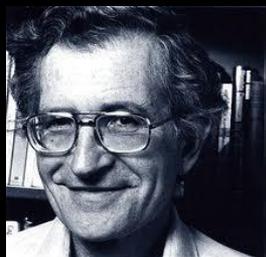
---



**En 1975, Jean Piaget et Noam Chomsky se rencontrèrent dans l'abbaye de Royaumont près de Paris en présence de nombreux chercheurs.**

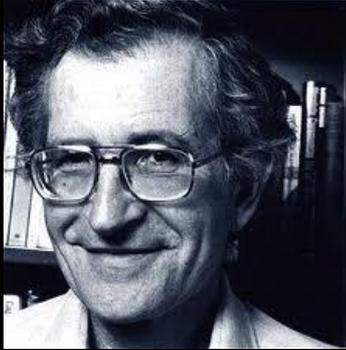


**Un célèbre et vif débat a opposé la conception **innéiste** (Chomsky) et la conception **constructiviste** (Piaget) du développement.**



**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
**Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école**

---



**Aujourd'hui, cette opposition n'a plus de sens.**

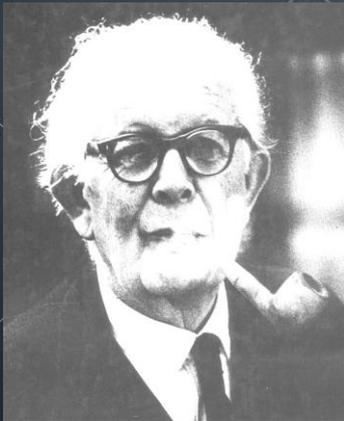
**Les découvertes scientifiques des dernières décennies montrent que le cerveau humain est extraordinairement équipé dès le début de la vie, mais qu'il doit encore relever de sérieux défis neurocognitifs, tout au long du développement, pour apprendre à devenir un fin stratège.**

**C'est le « néoconstructivisme ».**



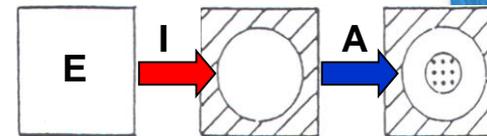
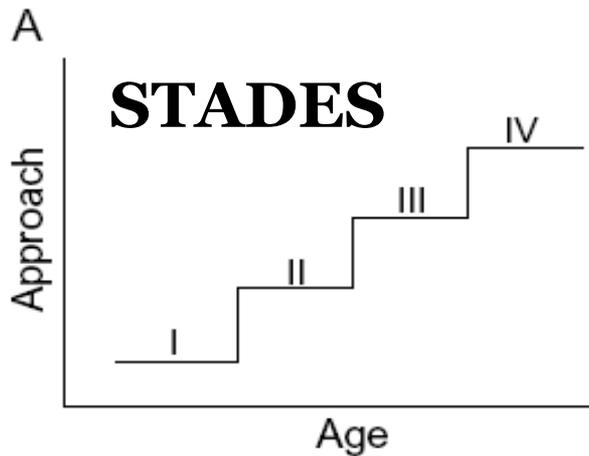
# Qu'est-ce que le progrès ?

Temps du développement cognitif



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



**Inhibition** : capacité exécutive à résister aux heuristiques (*les bloquer*) pour **activer** les algorithmes.

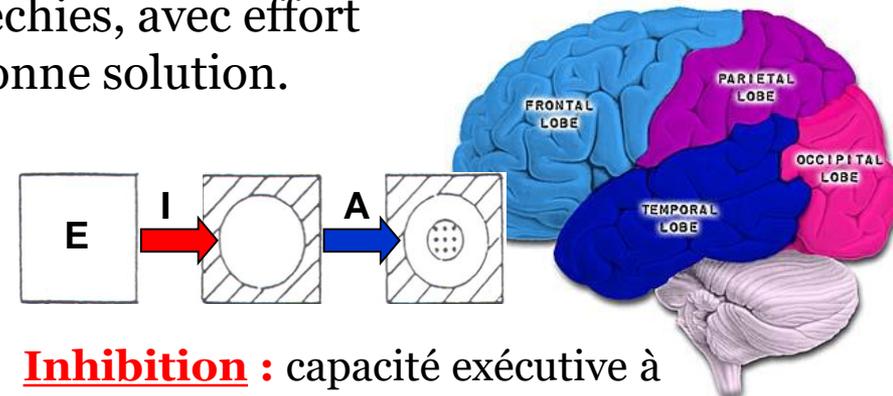
# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives

## 2 types de STRATEGIES

**Heuristiques** : strategies très rapides, très efficaces – donc économiques pour le cerveau – qui marchent très bien, *très souvent, mais pas toujours*.

**Algorithmes** : strategies plus lentes et réfléchies, avec effort cognitif, mais qui conduisent *toujours* à la bonne solution.



**Inhibition** : capacité exécutive à résister aux heuristiques (*les bloquer*) pour **activer** les algorithmes.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

### LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

---

#### Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1



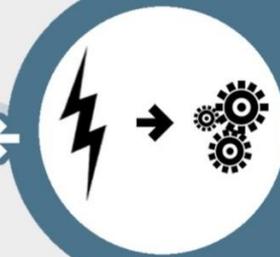
Kahneman, D. (2012).  
Les deux vitesses de la pensée.  
Flammarion.  
- Prix Nobel (2002)

#### Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage

3



#### Système algorithmique

Pensée réfléchi  
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 



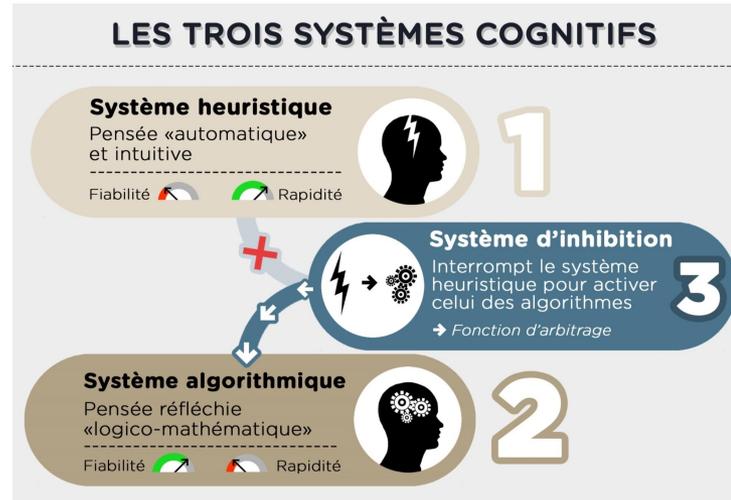
2



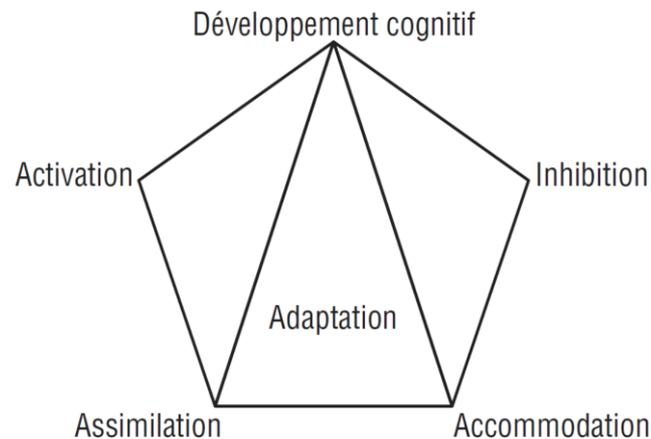
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



**Métacognition**  
/automatisation

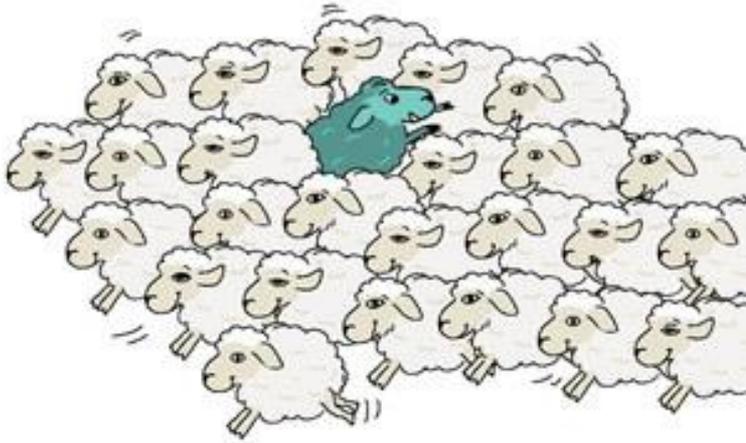


# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



[ MANIFESTES LE POMMIER ! ]



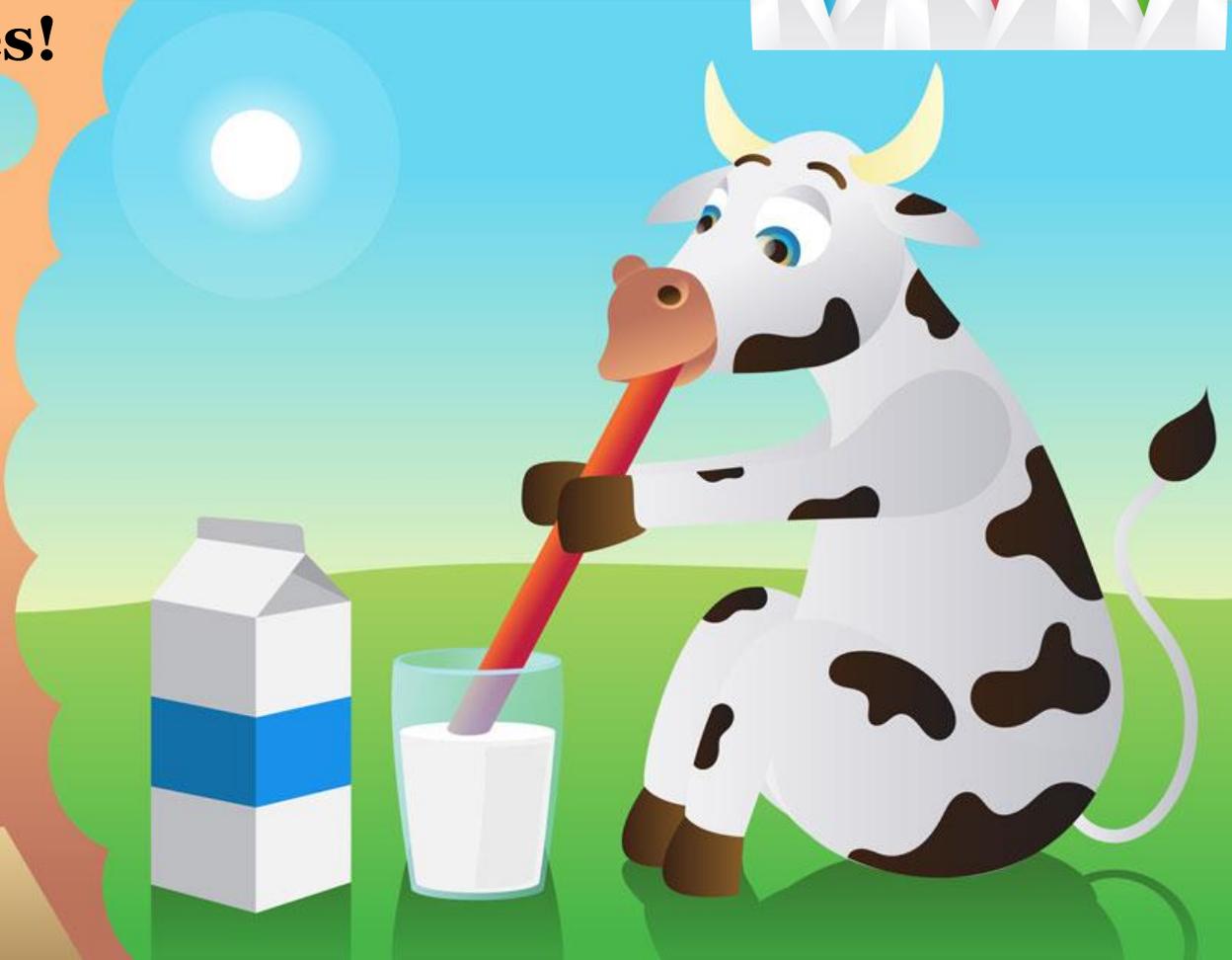
**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

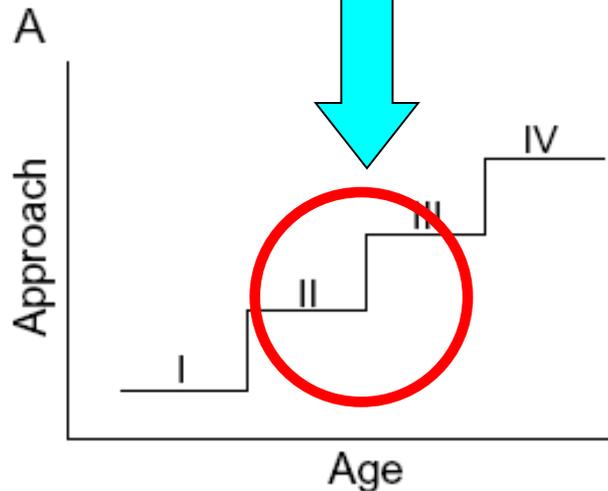
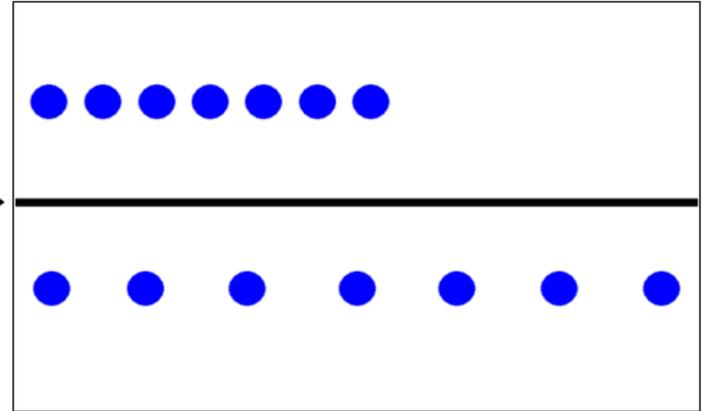
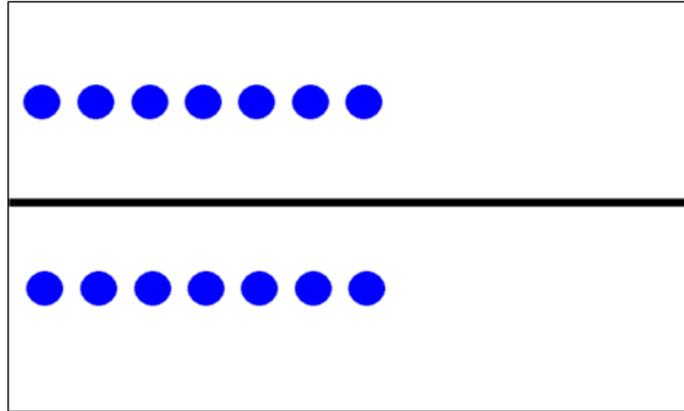
-----



## **Blocking our brain: how we can avoid repetitive mistakes!**



# Le nombre



1 un



2 deux



3 trois



4 quatre



5 cinq



6 six



7 sept



8 huit



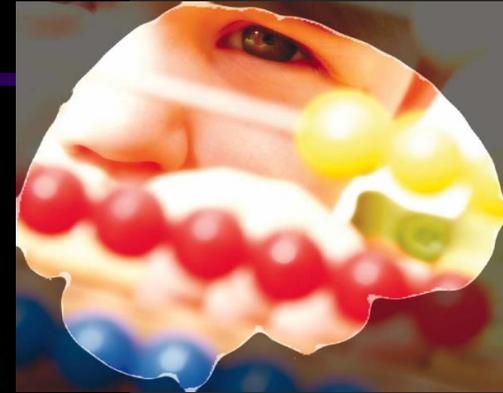
9 neuf



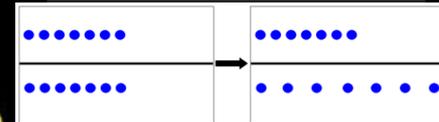
10 dix



Compte les animaux



Heuristique /  
algorithme

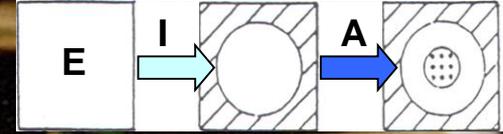
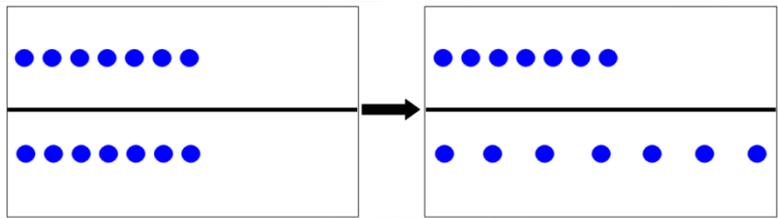
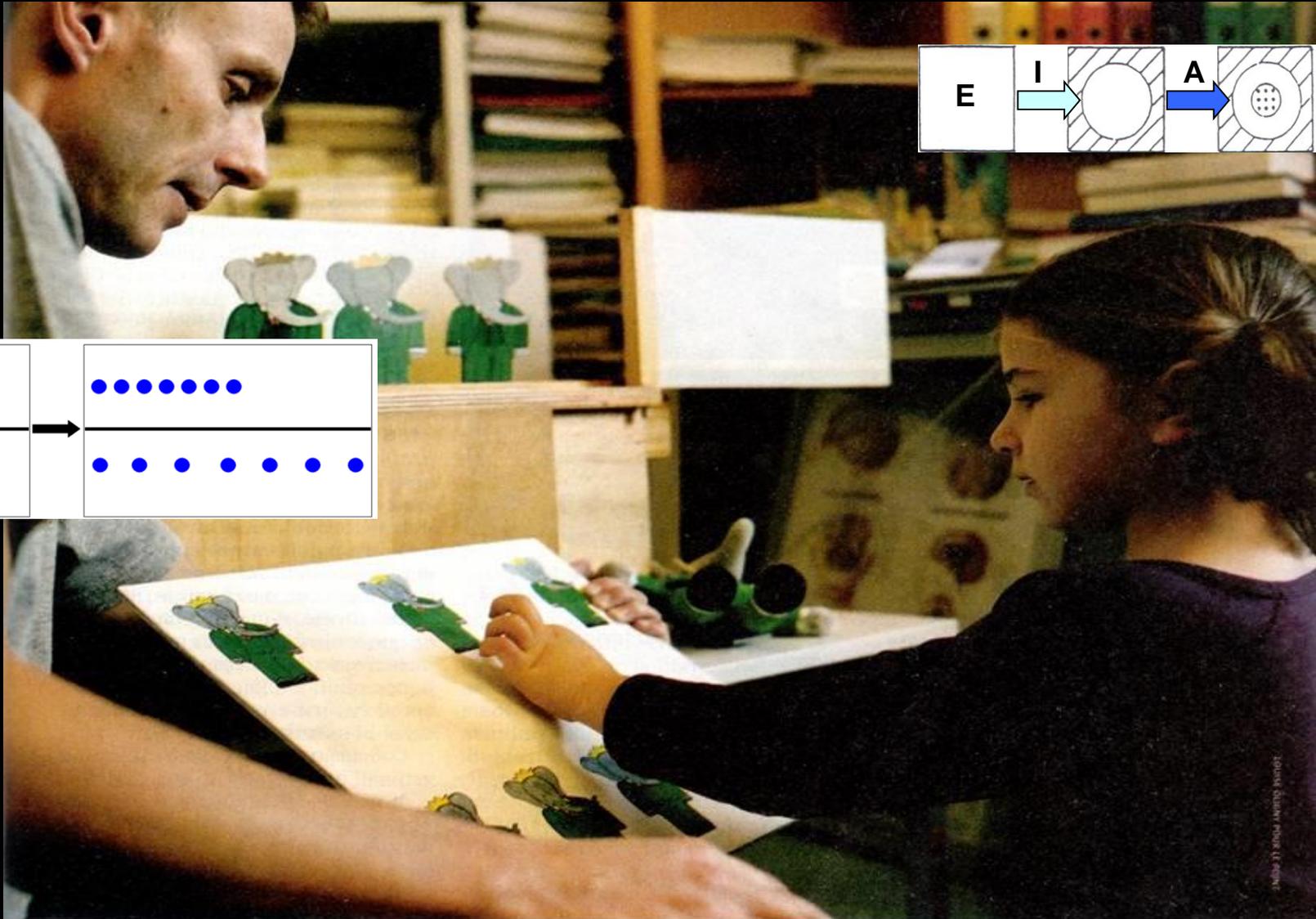


« Longueur  
= nombre »

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

-----



O. Houdé testant une enfant sur sa capacité à tomber ou non dans le piège cher à Piaget « longueur égale nombre » ; au second plan, son théâtre de Babar ■

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

### LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

---

#### Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

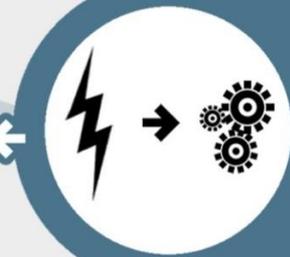


Kahneman, D. (2012).  
Les deux vitesses de la pensée.  
Flammarion.  
- Prix Nobel (2002)

#### Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage



3

#### Système algorithmique

Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

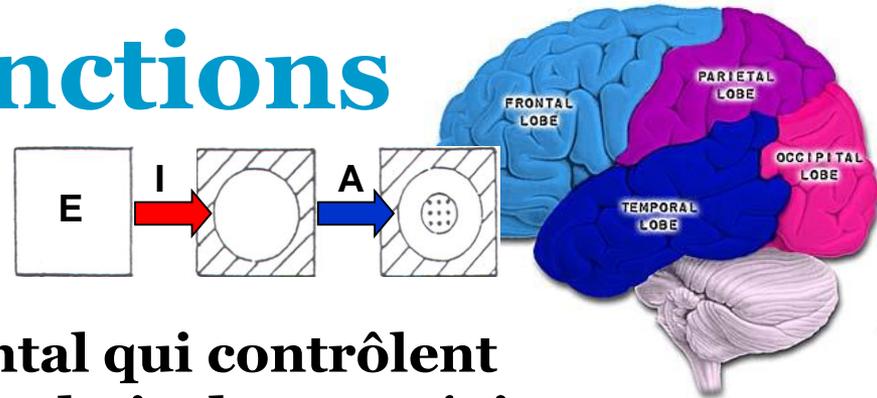
Fiabilité  Rapidité 



2



# Systeme 3 : Fonctions Exécutives



Fonctions du cortex préfrontal qui contrôlent l'exécution des conduites, le choix des stratégies, la prise de décision. **Les principales FE sont :**

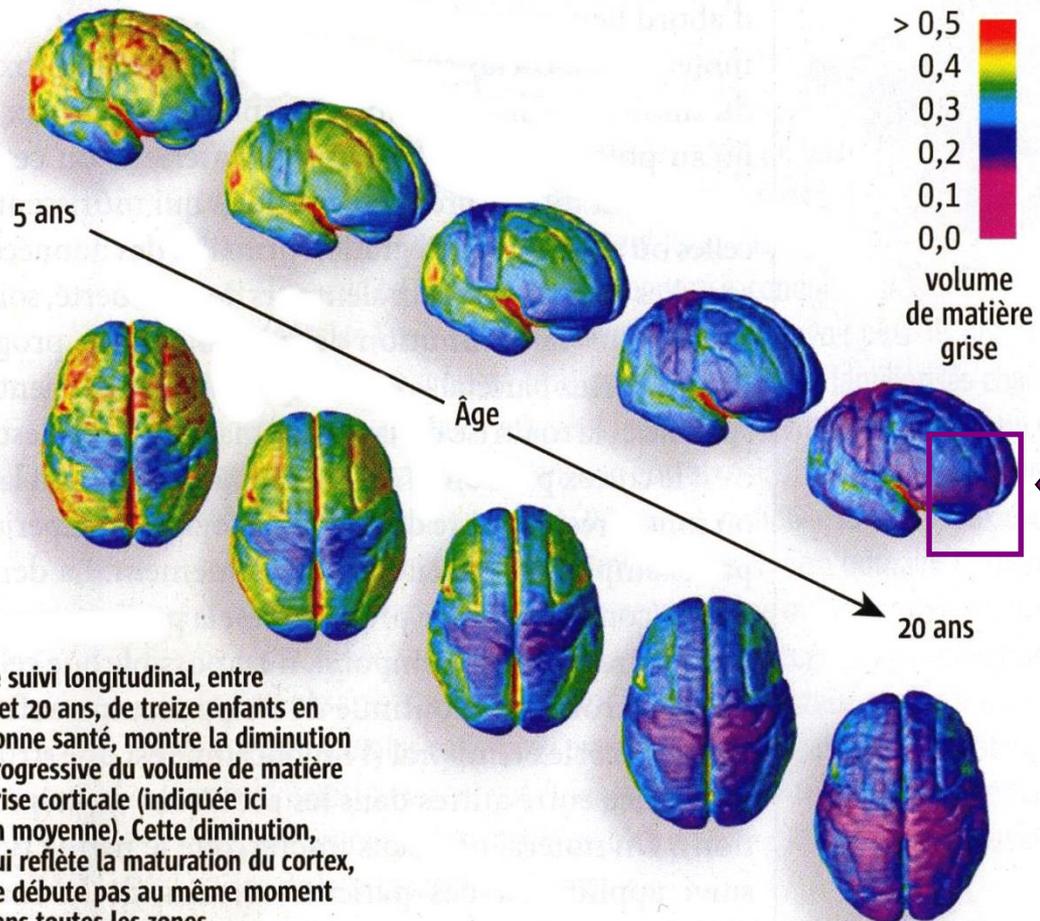
→ **l'inhibition (I)** (résister aux habitudes ou automatismes, aux tentations, distractions ou interférences, etc.);

→ **le switching ou flexibilité** [s'ajuster au changement : **Inhibition (I)/Activation (A)**];

→ **la mémoire de travail** (maintenir et manipuler mentalement des informations et/ou instructions).



# Maturation cérébrale



Le suivi longitudinal, entre 5 et 20 ans, de treize enfants en bonne santé, montre la diminution progressive du volume de matière grise corticale (indiquée ici en moyenne). Cette diminution, qui reflète la maturation du cortex, ne débute pas au même moment dans toutes les zones.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

SORBONNE



Laboratoire de Psychologie du Développement  
et de l'Éducation de l'enfant (**LaPsyDÉ**)  
UMR CNRS 8240



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



## Historique et contexte institutionnel



Depuis 1889 (date de création du laboratoire)



**Théodule Ribot**  
(1839-1916)



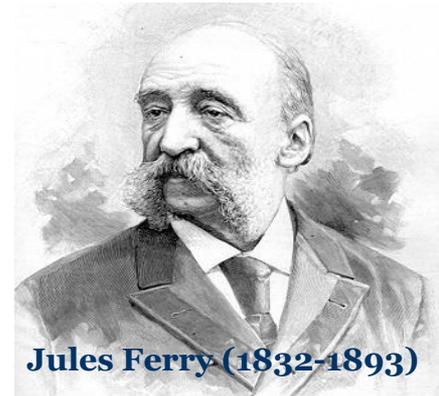
**Alfred Binet**  
(1857-1911)



**Henri Piéron**  
(1881-1964)



**Jean Piaget**  
(1896-1980)



**Jules Ferry (1832-1893)**



UNIVERSITÉ  
**PARIS**  
**DESCARTES**

**Historiquement** : ce laboratoire de la Sorbonne fut toujours, depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, un laboratoire de psychologie scientifique : Ribot, Binet (Piaget), Piéron, ... Oléron (Unité CNRS de Psychologie génétique).





UNIVERSITÉ  
**PARIS**  
**DESCARTES**

# Visite des Recteurs de Paris et Ile-de-France, 3 Avril 2017



## Historique et contexte institutionnel



Jean-Paul Viart  
présente

# Un siècle d'école

toute l'histoire de l'école, de Jules Ferry à nos jours

Avec des documents  
et des fac-similés exceptionnels

LAROUSSE



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



LaPsyDÉ

# aujourd'hui



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

**UMR CNRS 8240**, Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant (LaPsyDÉ), dir: O. Houdé

---



**Particularités** : Pluridisciplinarité = appartenance à deux instituts du CNRS, sciences biologiques (INSB) et sciences humaines et sociales (INSHS), ainsi qu'à l'École des Neurosciences de Paris (ENP).

**5 membres IUF** : 4 juniors et 1 senior (le directeur).

**25 Membres** : 14 titulaires (5 PR, 4 MC, 1 DR CNRS, 1 CR CNRS, 3 IATS dont 1 IGR, 10 doctorants (tous contrats), 1 postdoc ANR.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

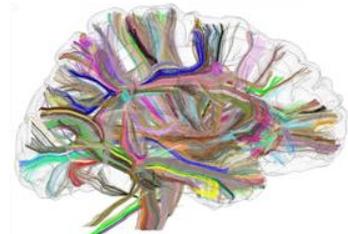
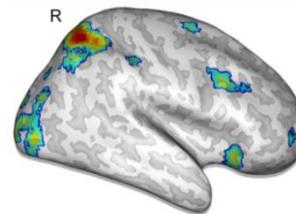
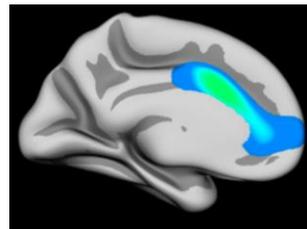
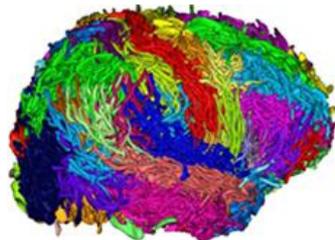
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

**UMR CNRS 8240**, Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant (LaPsyDÉ), dir: O. Houdé

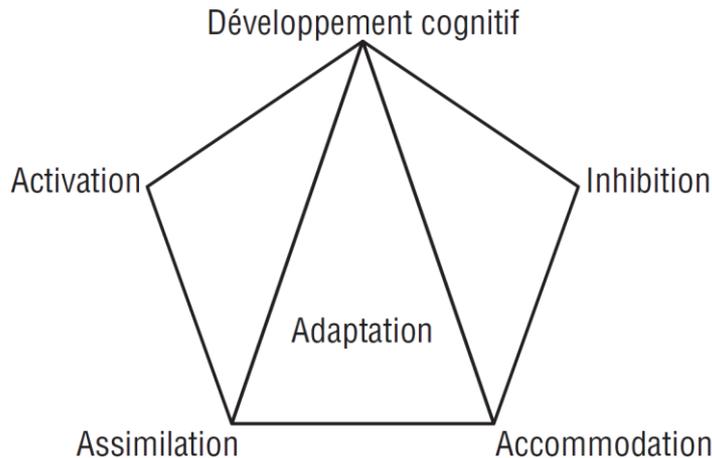
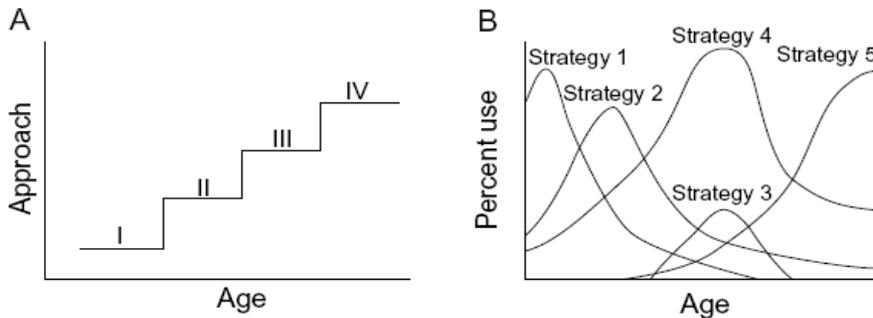
---

**Usage de technologies innovantes en psychologie de l'enfant et sciences cognitives de l'éducation** : génétique, imagerie cérébrale (IRM<sub>3</sub>T), EEG haute densité (EEG-hd, 256 canaux), mesures cognitives et comportementales sur ordinateur.



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



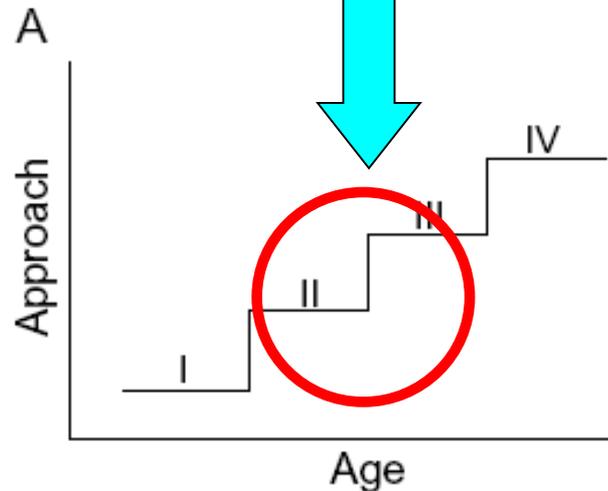
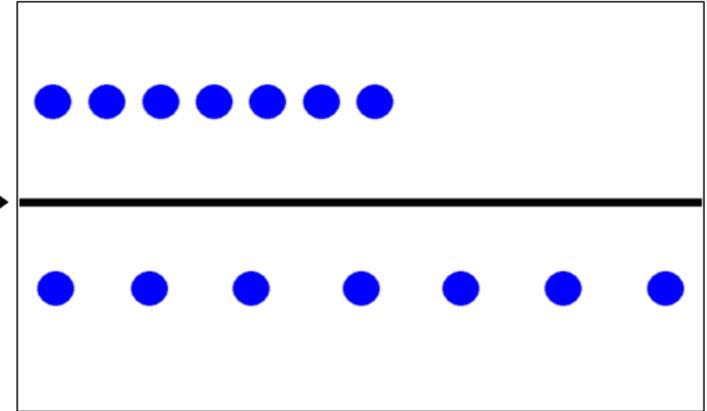
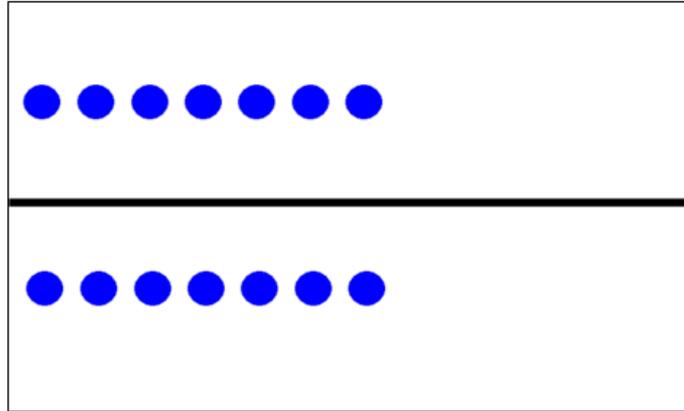
Raisonnement

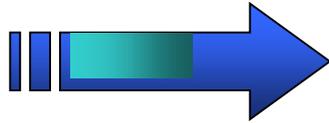
Catégorisation

Nombre

Objet

# Le nombre



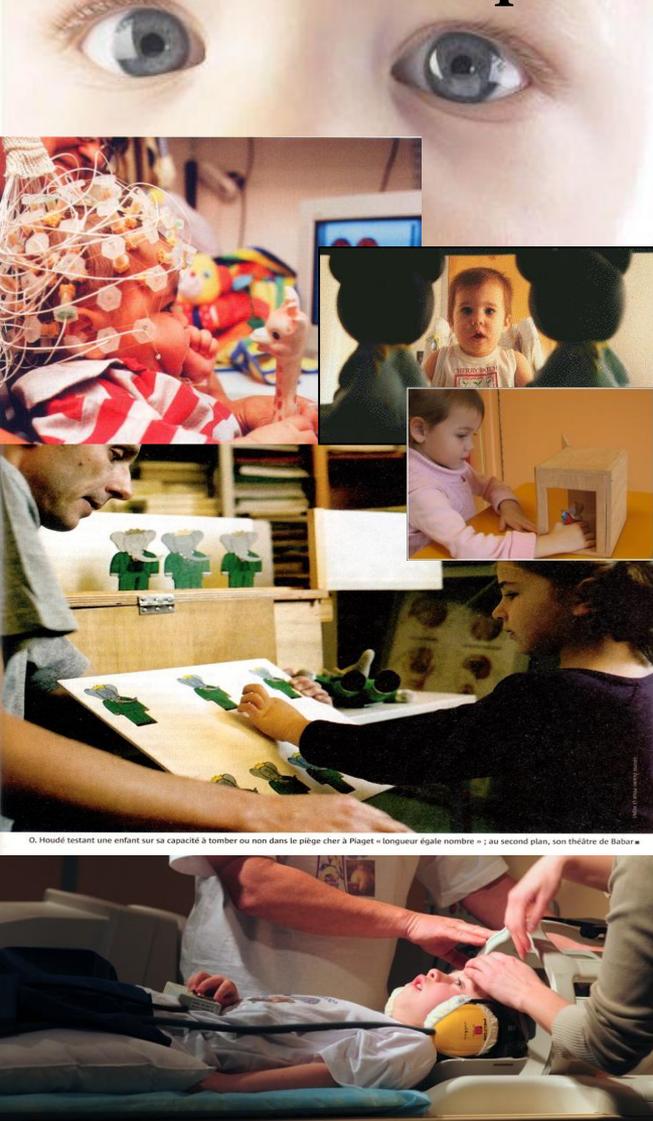
 **Le nombre**



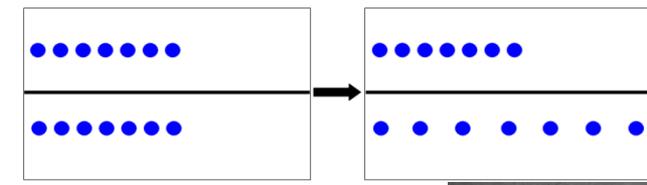
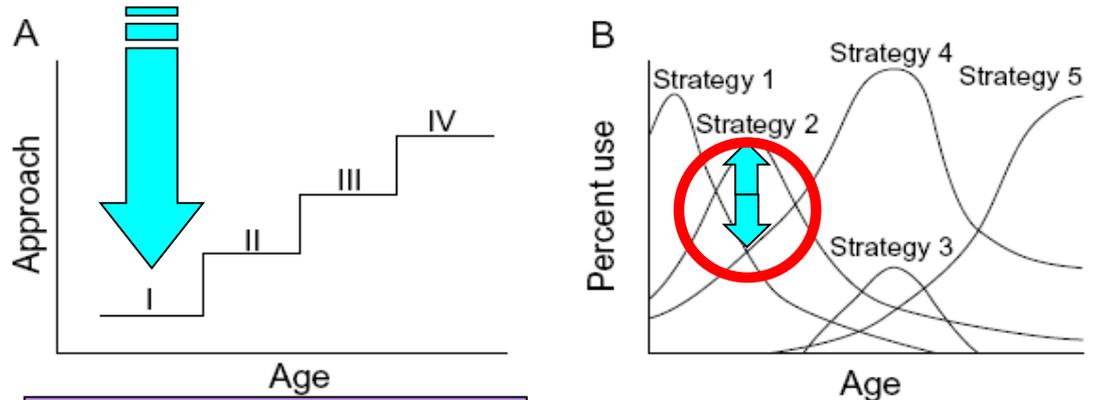
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

### Protomathématiques



### Déjà les bébés détectent l'invariance du nombre par rapport à la longueur



CONDITION	HABITUATION TRIALS	POSTHABITUATION TRIALS
A 2 to 3	●            ● ●            ●	●            ●            ●
B 3 to 2	●            ●            ● ●            ●            ●	●            ●
C 4 to 6	●            ●            ●            ● ●            ●            ●            ●	●            ●            ●            ●            ●            ●
D 6 to 4	●            ●            ●            ●            ●            ● ●            ●            ●            ●            ●            ●	●            ●            ●            ●



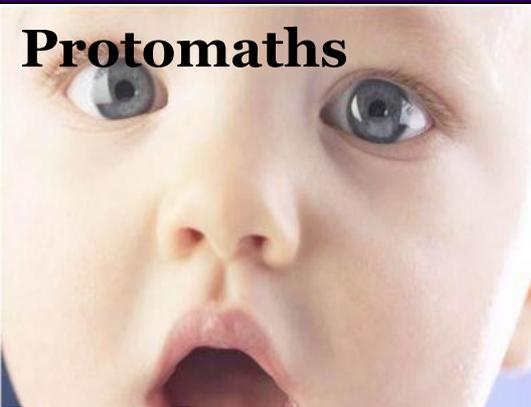
Antell, S. & Keating, D. (1983). *Child Development*.  
 Mehler, J. & Bever, T. (1967). *Science*.

O. Houdé testant une enfant sur sa capacité à tomber ou non dans le piège cher à Piaget « longueur égale nombre » ; au second plan, son théâtre de Babar

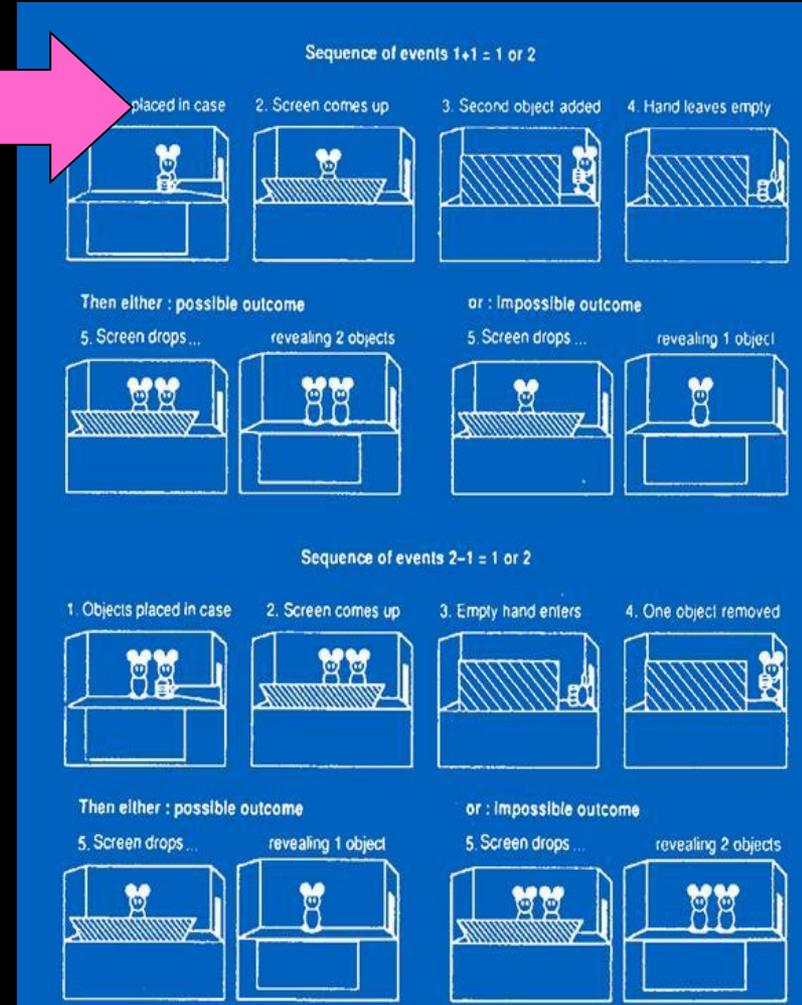
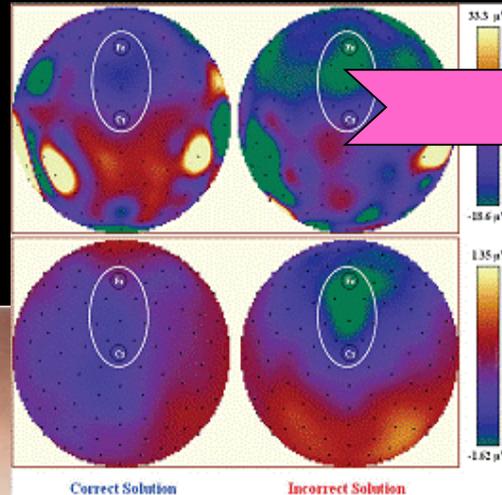
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

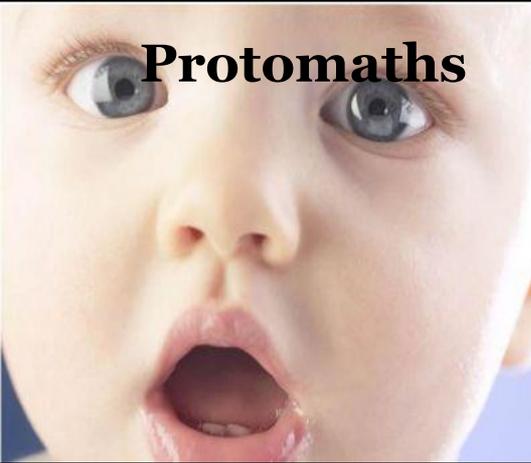


### Arithmétique : $1+1=2$      $1+1=1$ (ou 3)



Wynn, K. (1992). Nature. Wynn, K. (2000). Child Development.  
Berger, A., Tzur, G., & Posner, M. (2006). PNAS.

## Statistiques au berceau (premières probabilités)



Protomaths

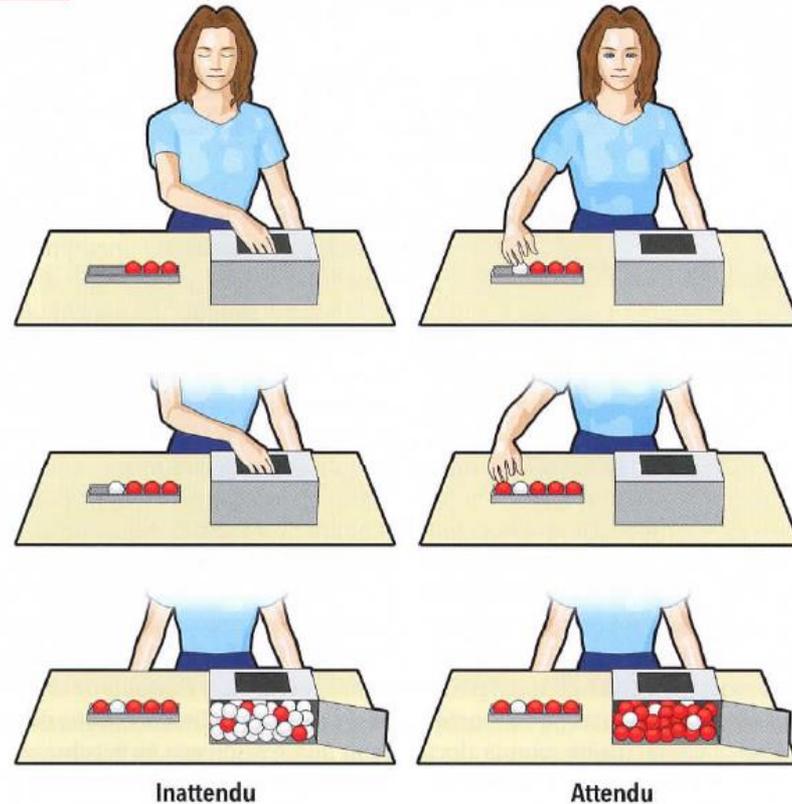


« **Bébé bayésien** »

= qui infère la probabilité des causes à partir des effets observés (ici tirages de balles de ping-pong rouges et blanches).

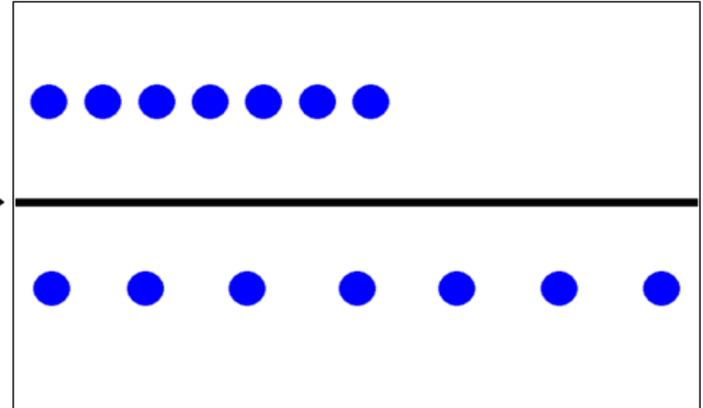
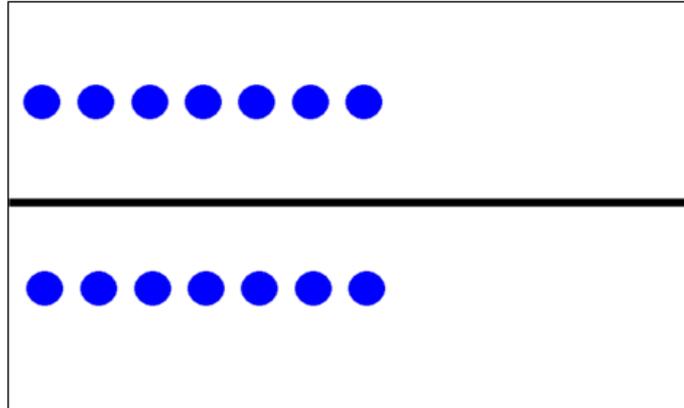
Gopnik, A. (2012). *Science*.  
Xu, F. & Garcia, V. (2008). *PNAS*.

Fig.1 Tester le raisonnement probabiliste du bébé

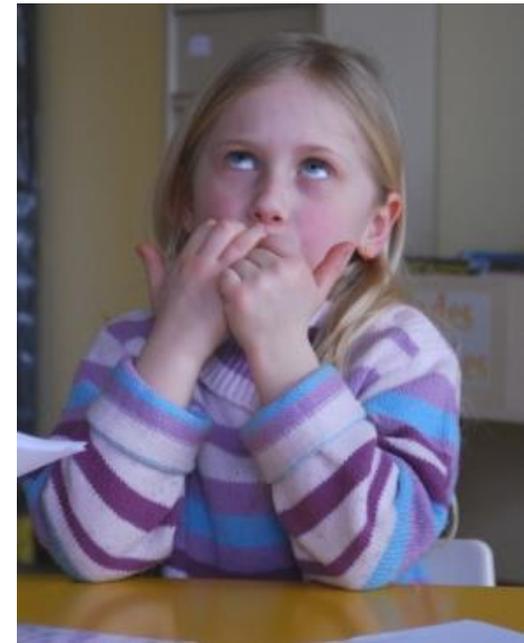
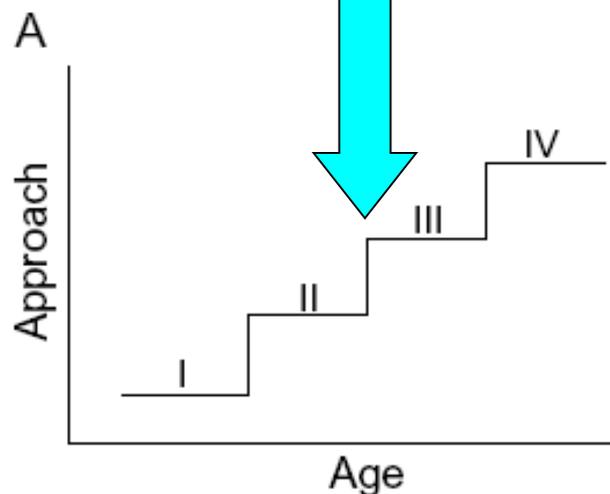


CETTE EXPÉRIENCE montre la sensibilité d'enfants de 8 mois à des motifs statistiques, en d'autres termes, leur capacité à anticiper un événement prévisible. Lorsque l'expérimentatrice sort de la boîte, dont les bébés découvrent ensuite le contenu, une série de balles qui ne correspond pas à ce qui est prévisible (à gauche), ils fixent plus longtemps leur attention que lorsque le résultat correspond au tirage attendu (à droite).

# Le nombre



**Paradoxe des compétences précoces et des incompétences tardives**



*L'enfant est-il irrationnel ?*



1 un



### Compte les animaux

2 deux



3 trois



4 quatre



5 cinq



6 six



7 sept



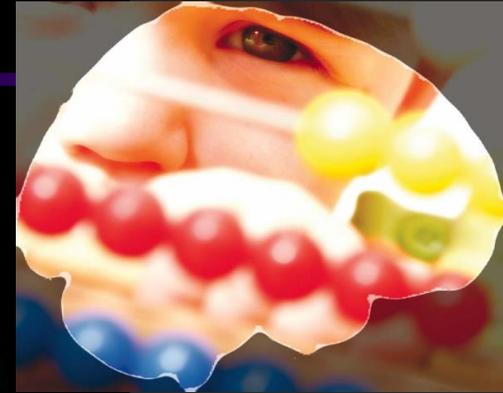
8 huit



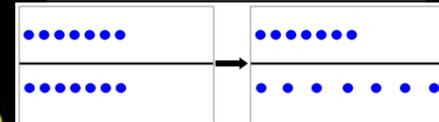
9 neuf



10 dix



### Heuristique / algorithme

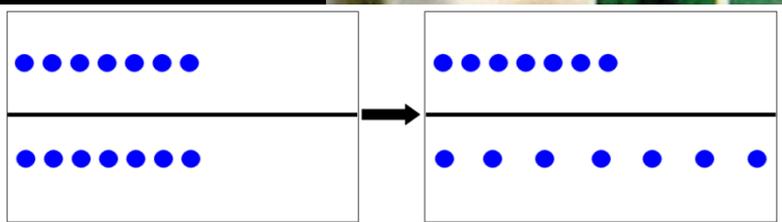
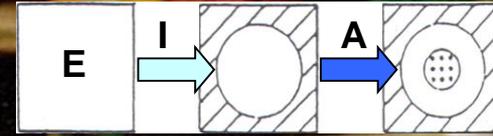
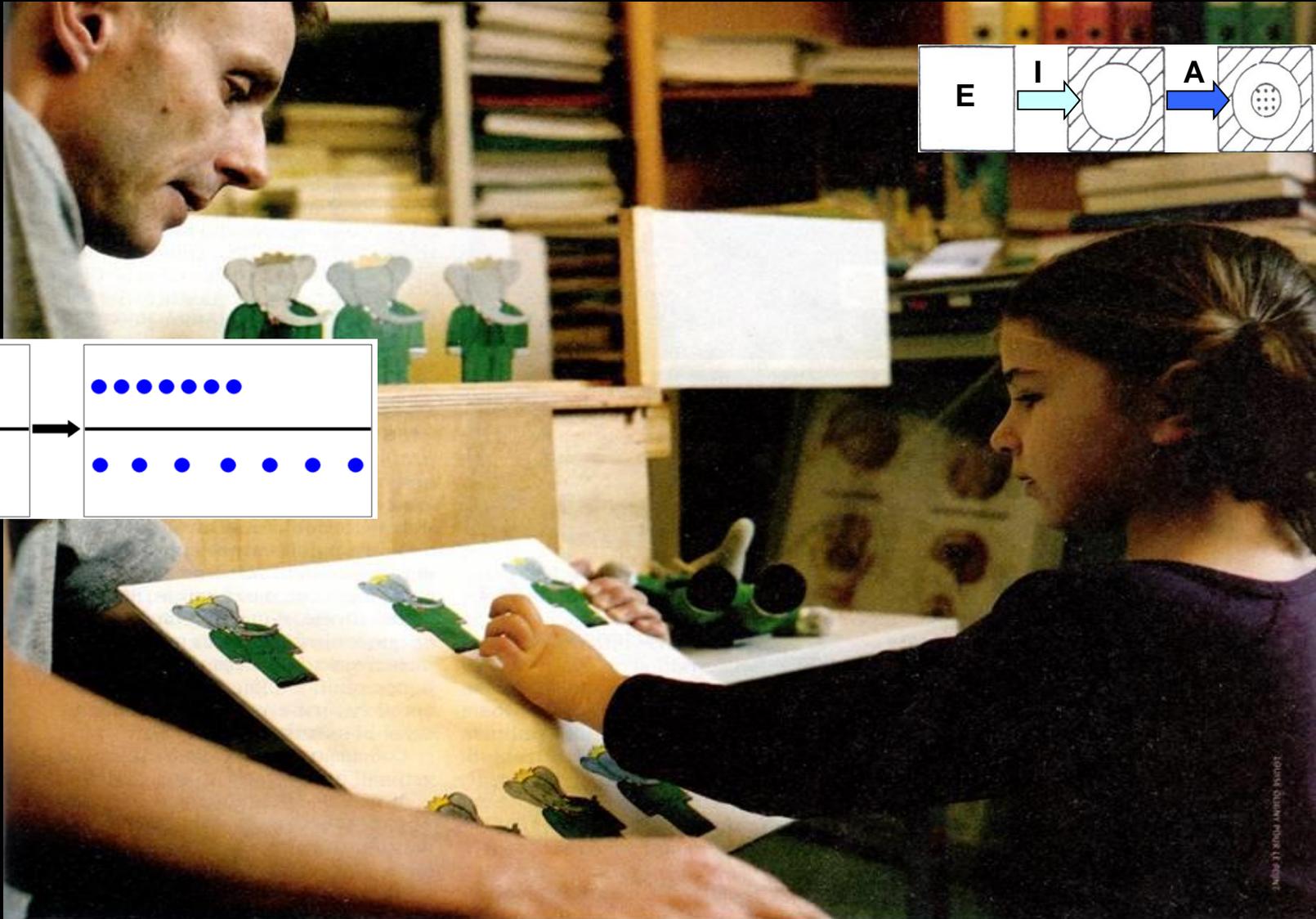


« *Longueur  
= nombre* »

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

-----



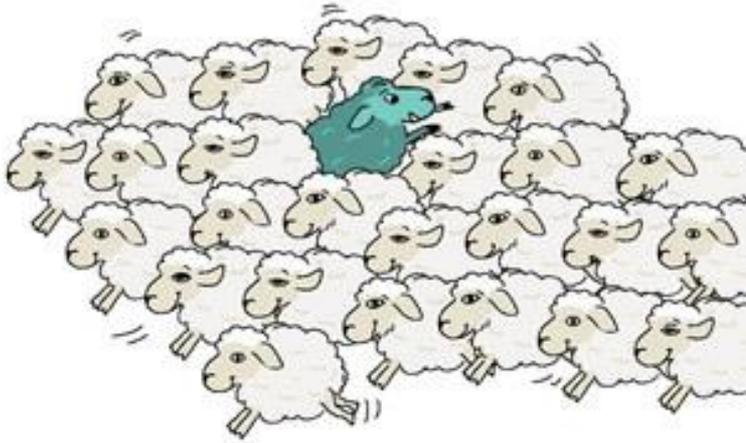
O. Houdé testant une enfant sur sa capacité à tomber ou non dans le piège cher à Piaget « longueur égale nombre » ; au second plan, son théâtre de Babar ■

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILLIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



[ MANIFESTES LE POMMIER ! ]



# LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

## Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité



Rapidité



1

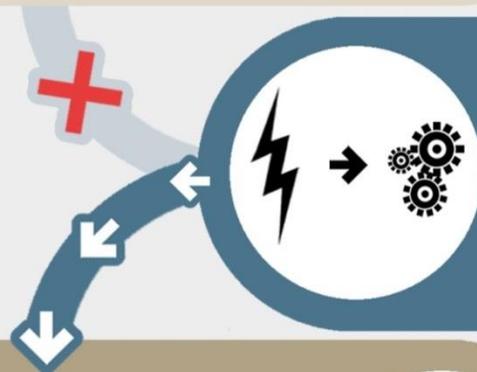


## Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage

3



## Système algorithmique

Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

Fiabilité



Rapidité

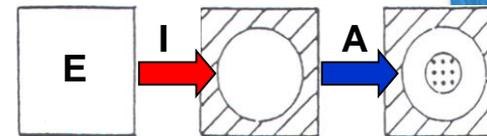
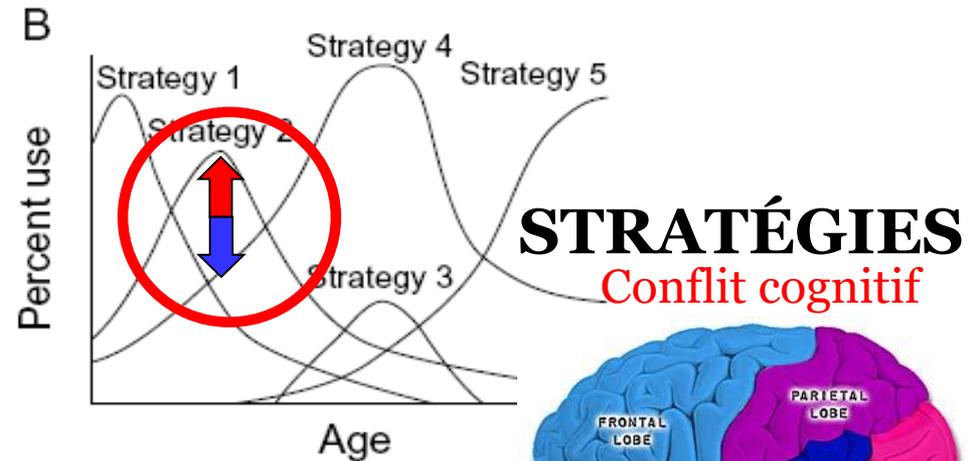


2



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



**Inhibition** : capacité exécutive à résister aux heuristiques (*les bloquer*) pour **activer** les algorithmes.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



# De l'école au labo

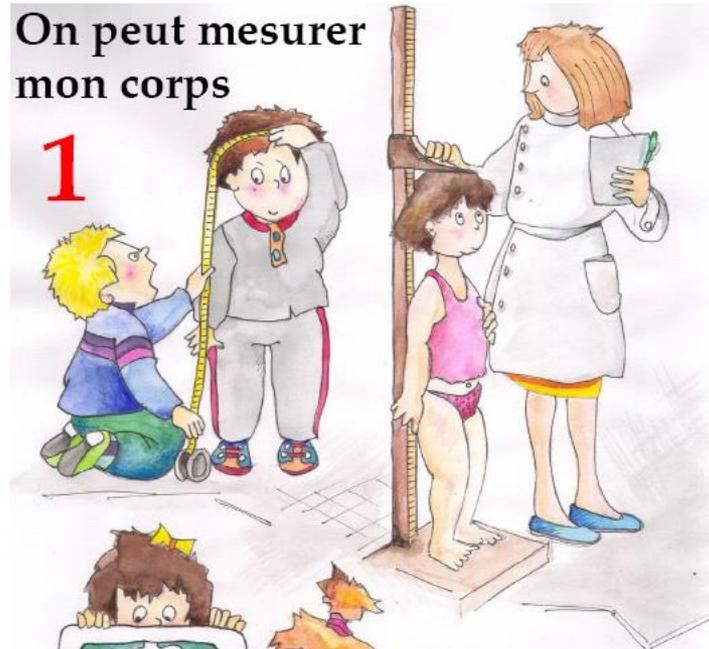


**Au niveau fonctionnel  
(IRMf)**

### Qu'y a-t-il dans ma tête ?

On peut mesurer mon corps

1



... et même voir à l'intérieur !



Pour voir le cerveau :  
L'IRM = Imagerie par Résonance Magnétique

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

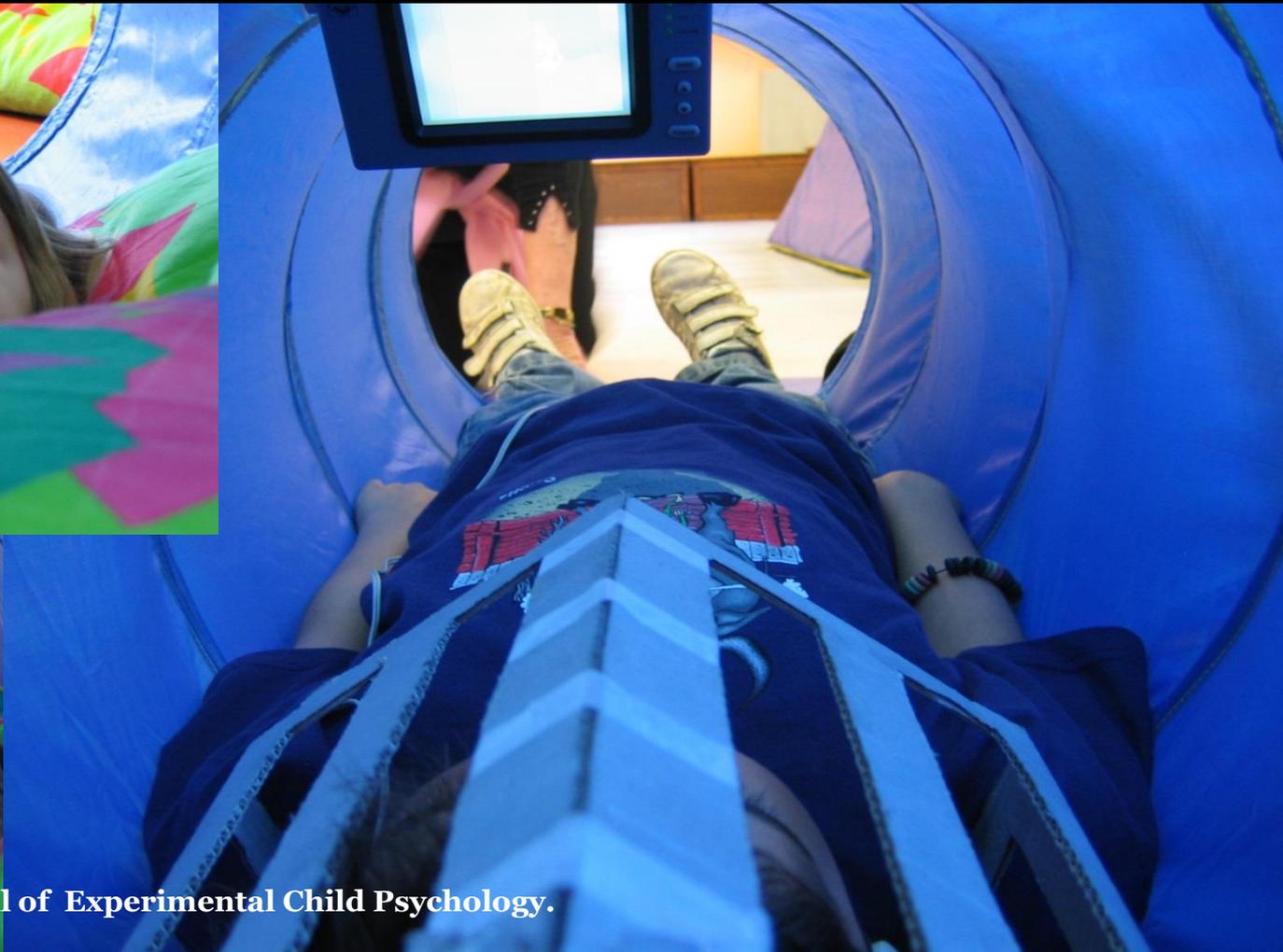
# Préparation à l'école



**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

# Préparation à l'école



Houdé, O. et al. (2011). *Journal of Experimental Child Psychology*.

**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

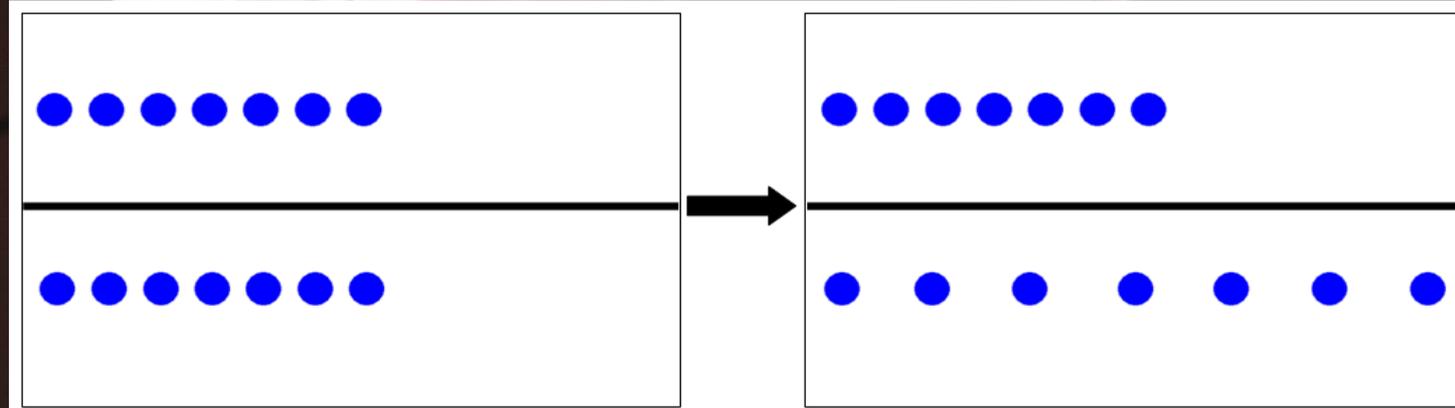
# Préparation à l'école



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

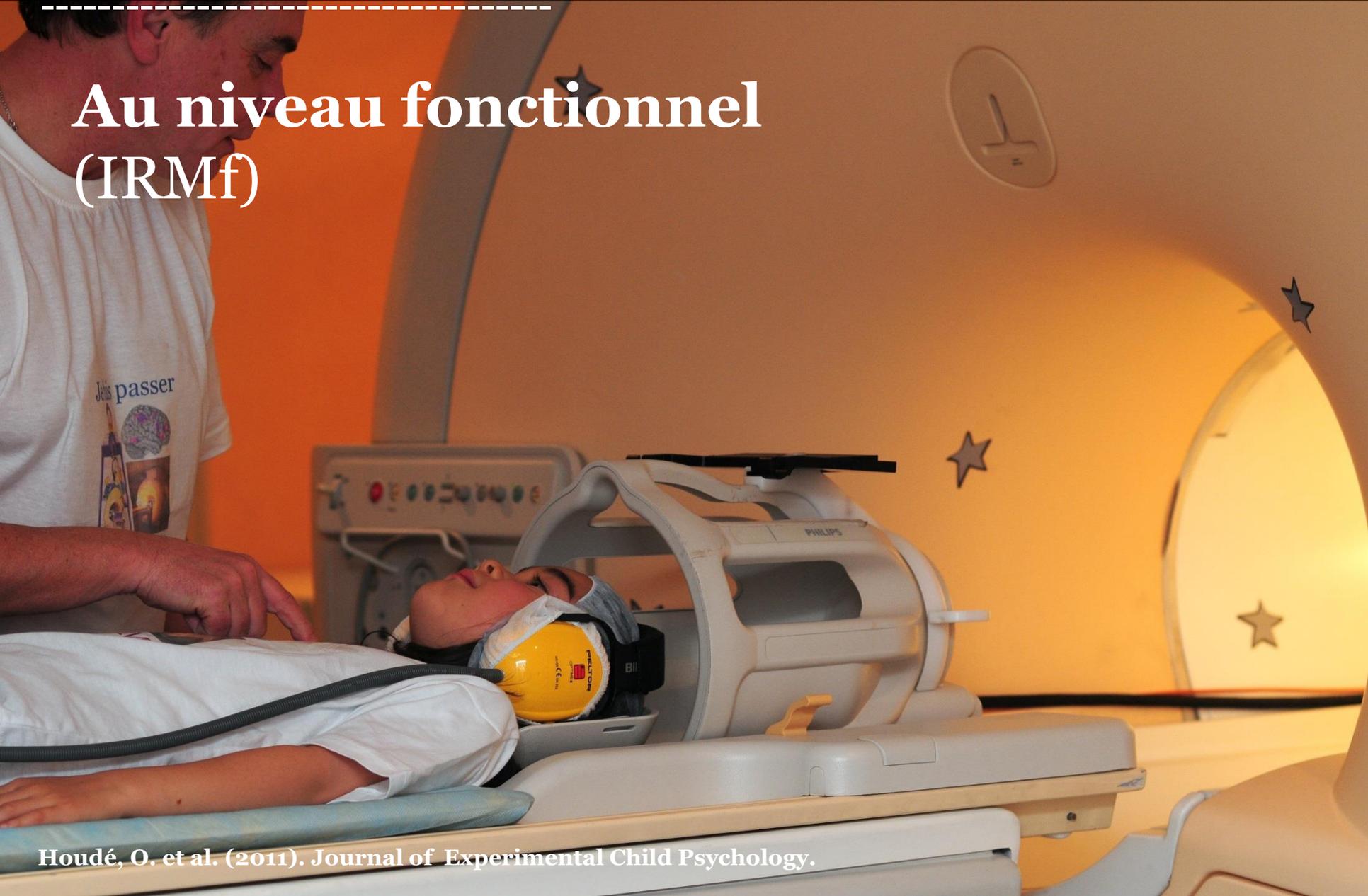


Au niveau fonctionnel  
(IRMf)

**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

## Au niveau fonctionnel (IRMf)



Houdé, O. et al. (2011). *Journal of Experimental Child Psychology*.

# Au niveau fonctionnel (IRMf)



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

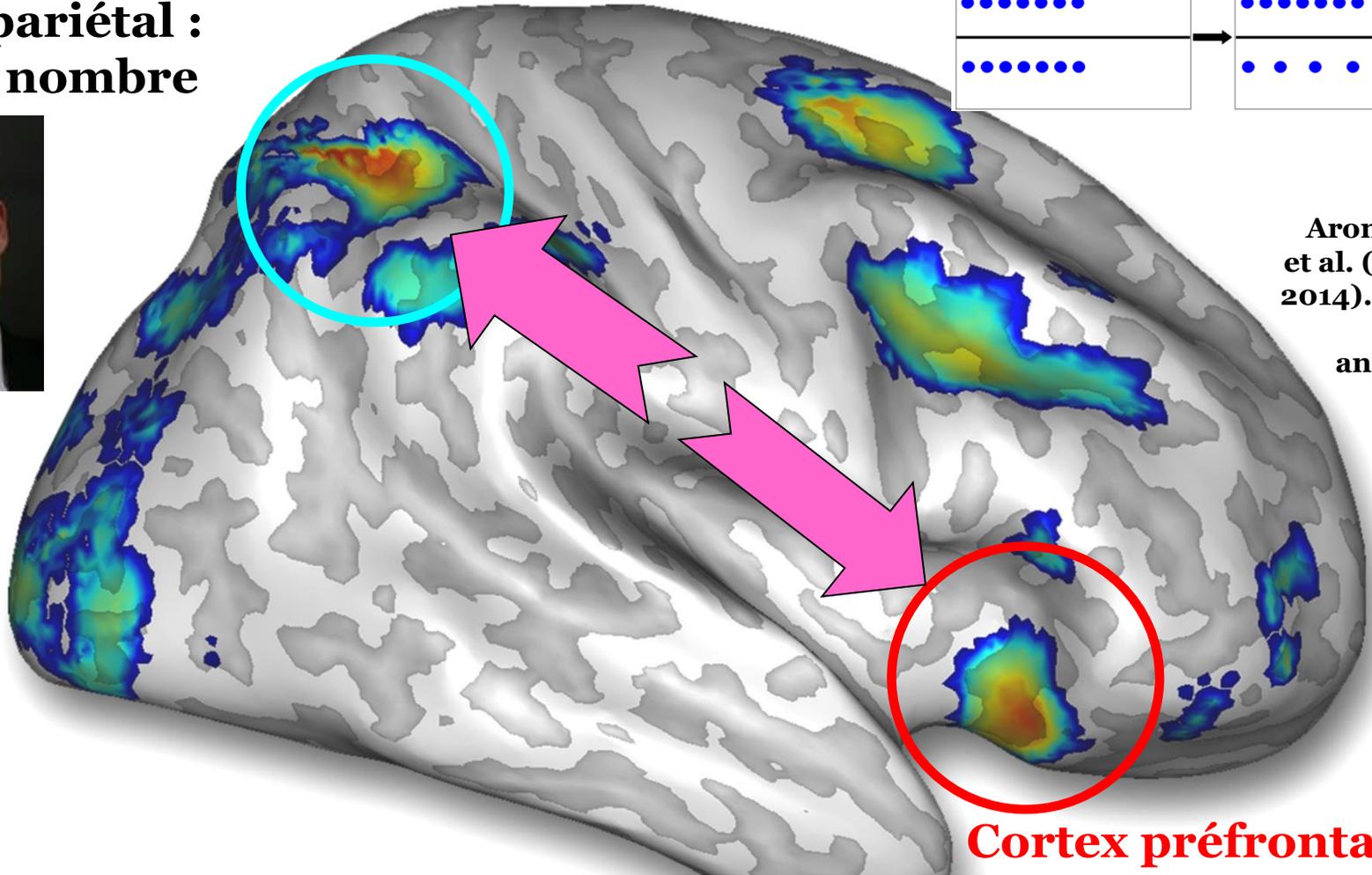
## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école



### Cortex pariétal : sens du nombre



Dehaene, S.  
(2010).  
La Bosse  
des maths.  
Odile Jacob.



Aron, A.R.  
et al. (2004,  
2014). TICS.  
Méta-  
analyses

**Cortex préfrontal :  
inhibition**

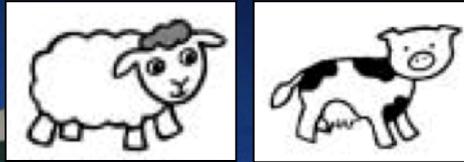
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

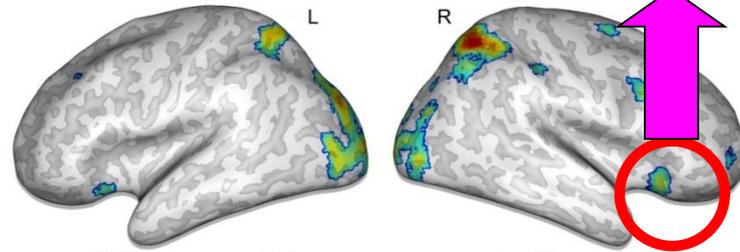
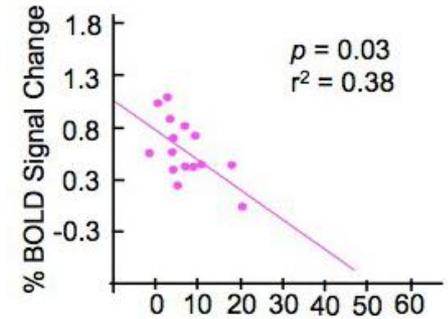
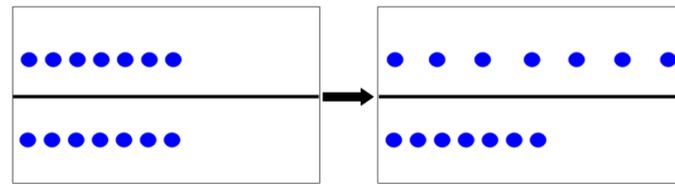
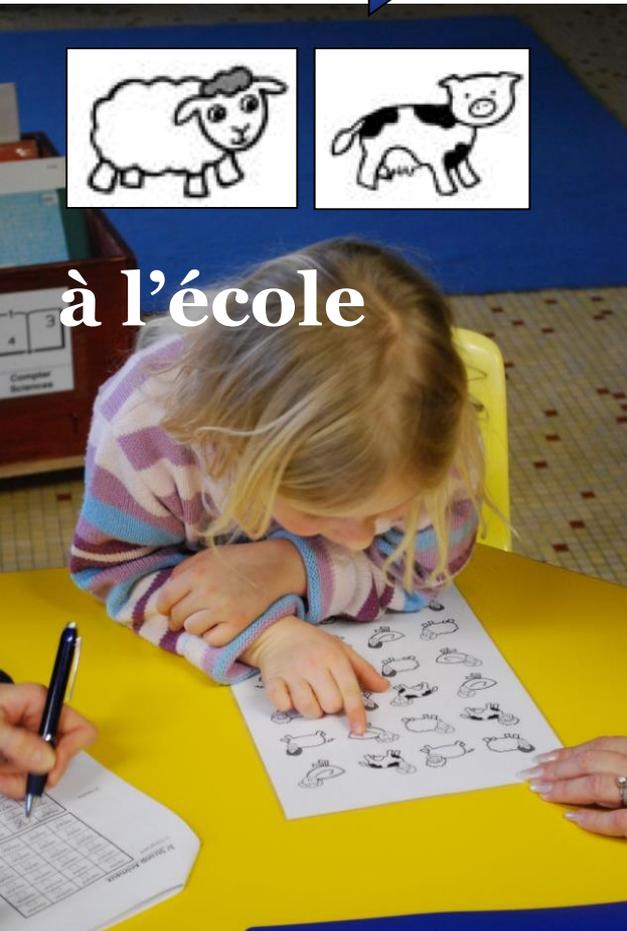
---



# Cortex préfrontal et **inhibition**

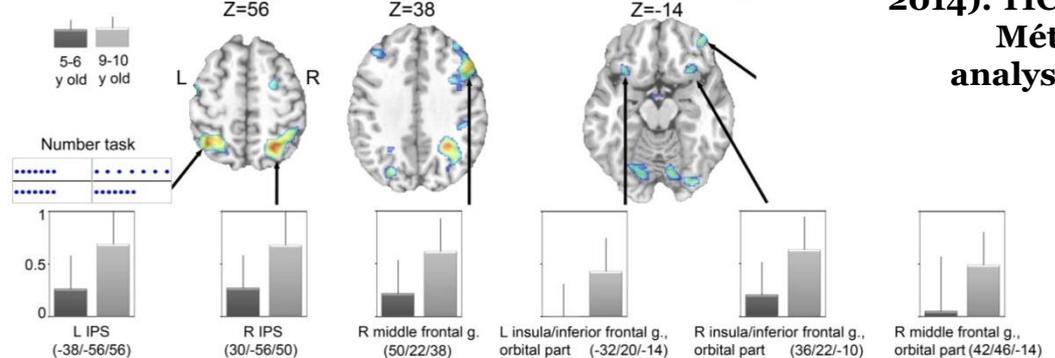


à l'école

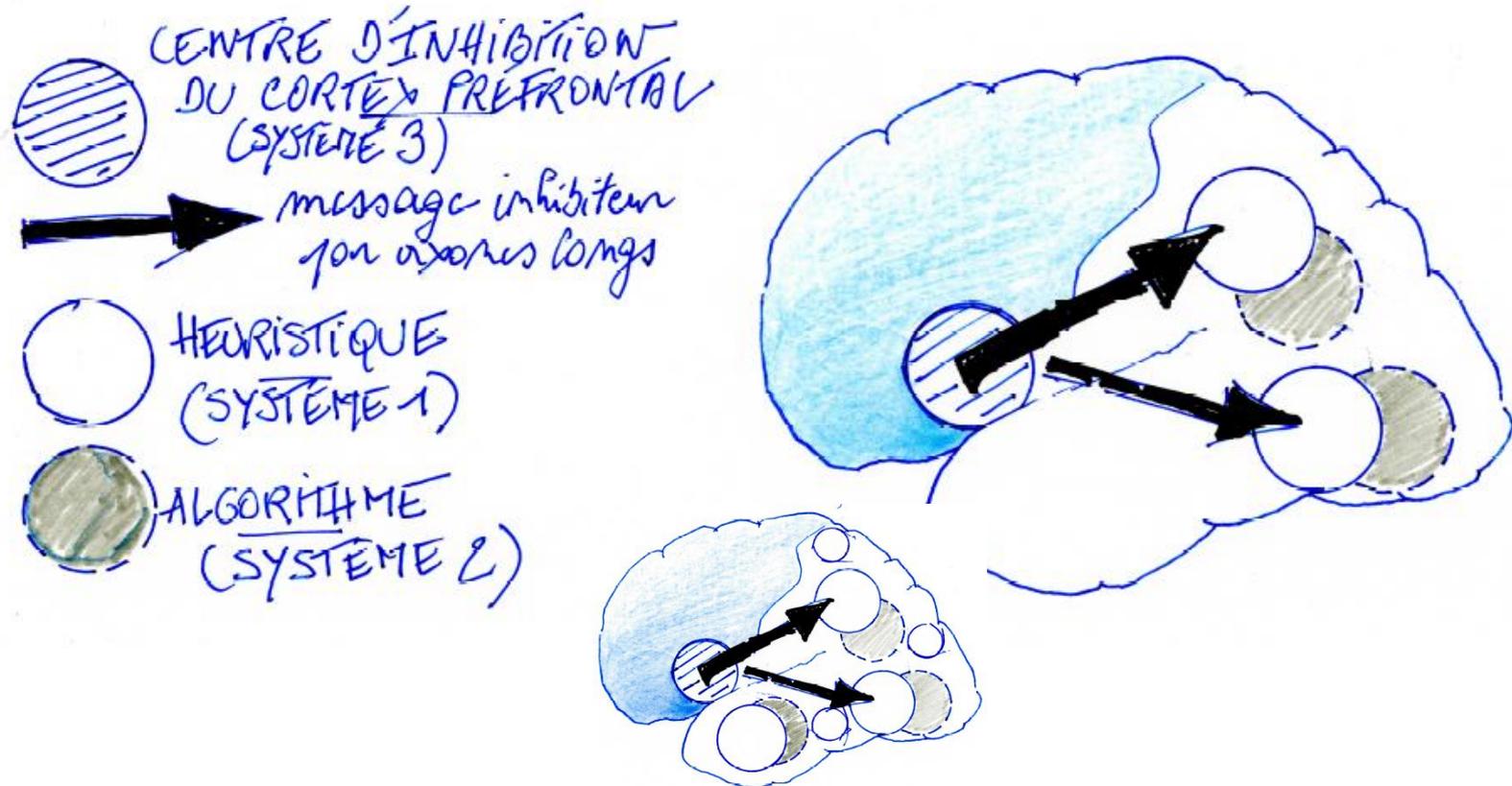


Increasing  
sensitivity to  
interference

Aron, A.R.  
et al. (2004,  
2014). TICS.  
Méta-  
analyses



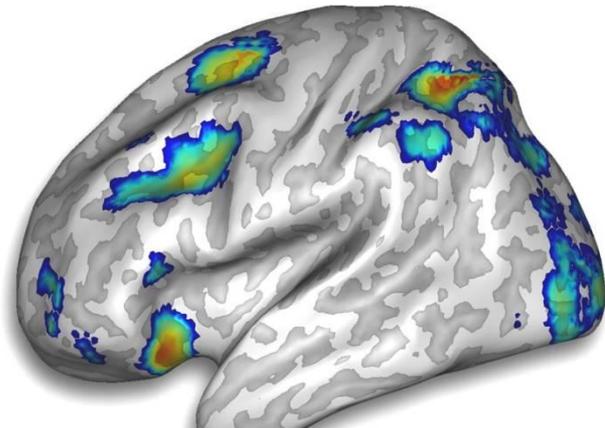
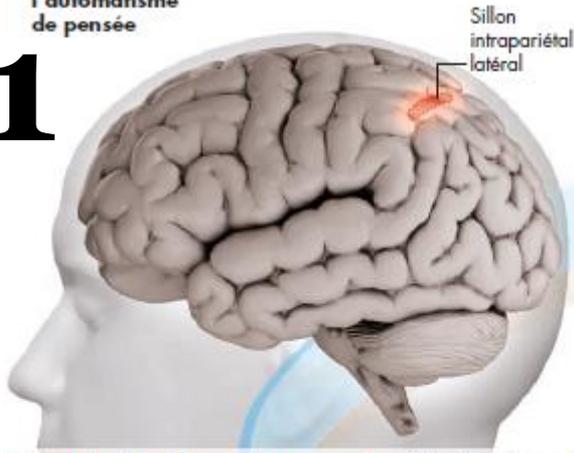
# Modèle distribué d'inhibition des heuristiques dans le cerveau



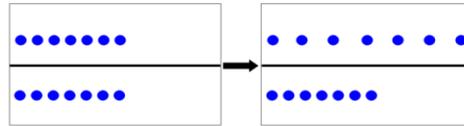
# Inhibition de l'automatisme

1<sup>ère</sup> étape:  
l'automatisme  
de pensée

1

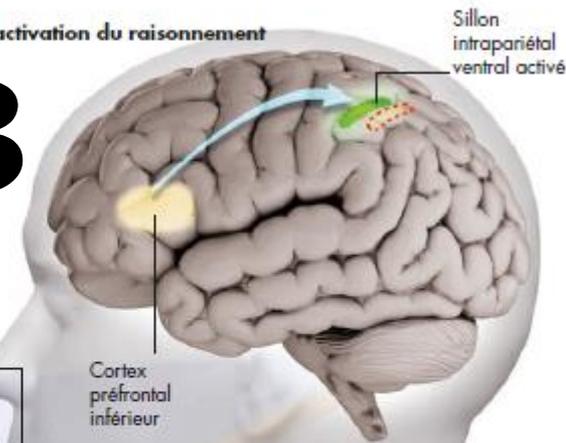


Comment le cerveau se libère de ses faux raisonnements



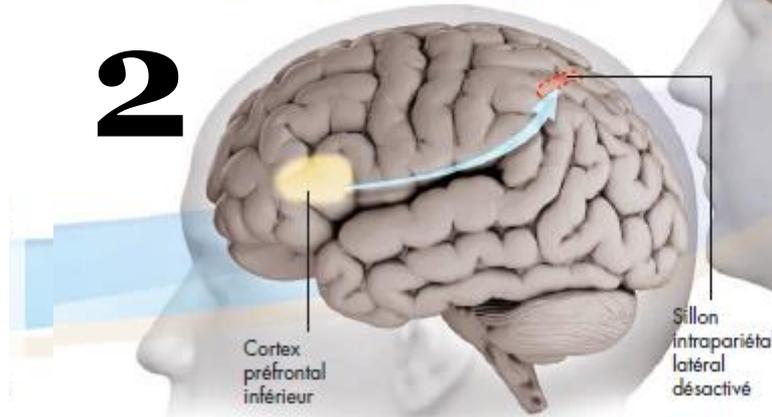
3<sup>e</sup> étape: l'activation du raisonnement

3



2<sup>e</sup> étape: la suppression de l'automatisme

2

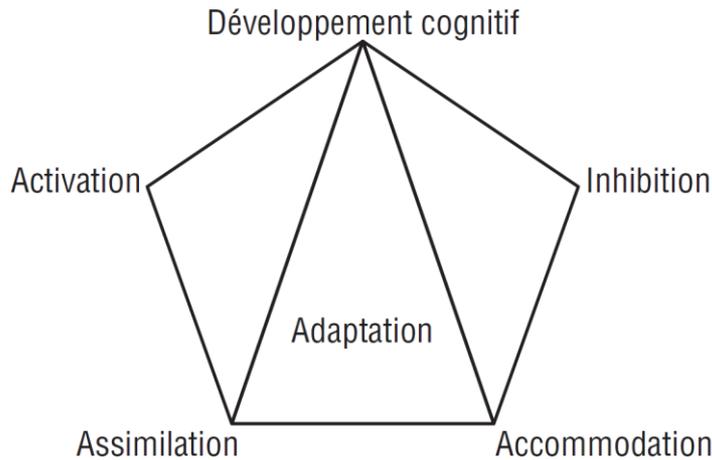
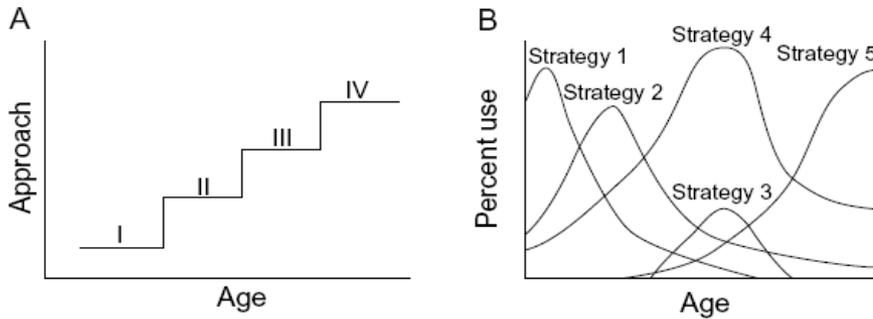


## Le nombre



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



Raisonnement  
Catégorisation  
Nombre  
Objet

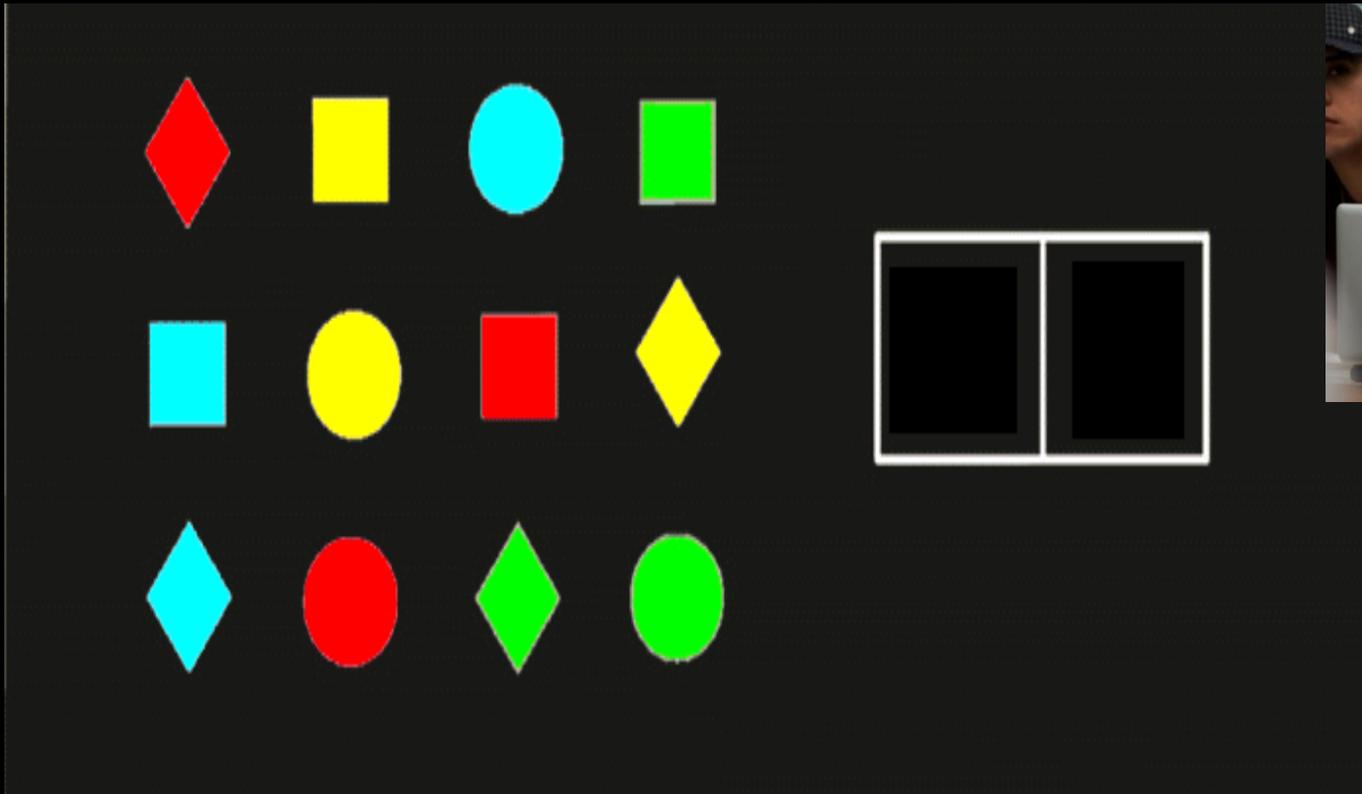
**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
**Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école**

---



*L'ado et l'adulte sont-ils irrationnels ?*

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



*L'ado et l'adulte sont-ils irrationnels ?*

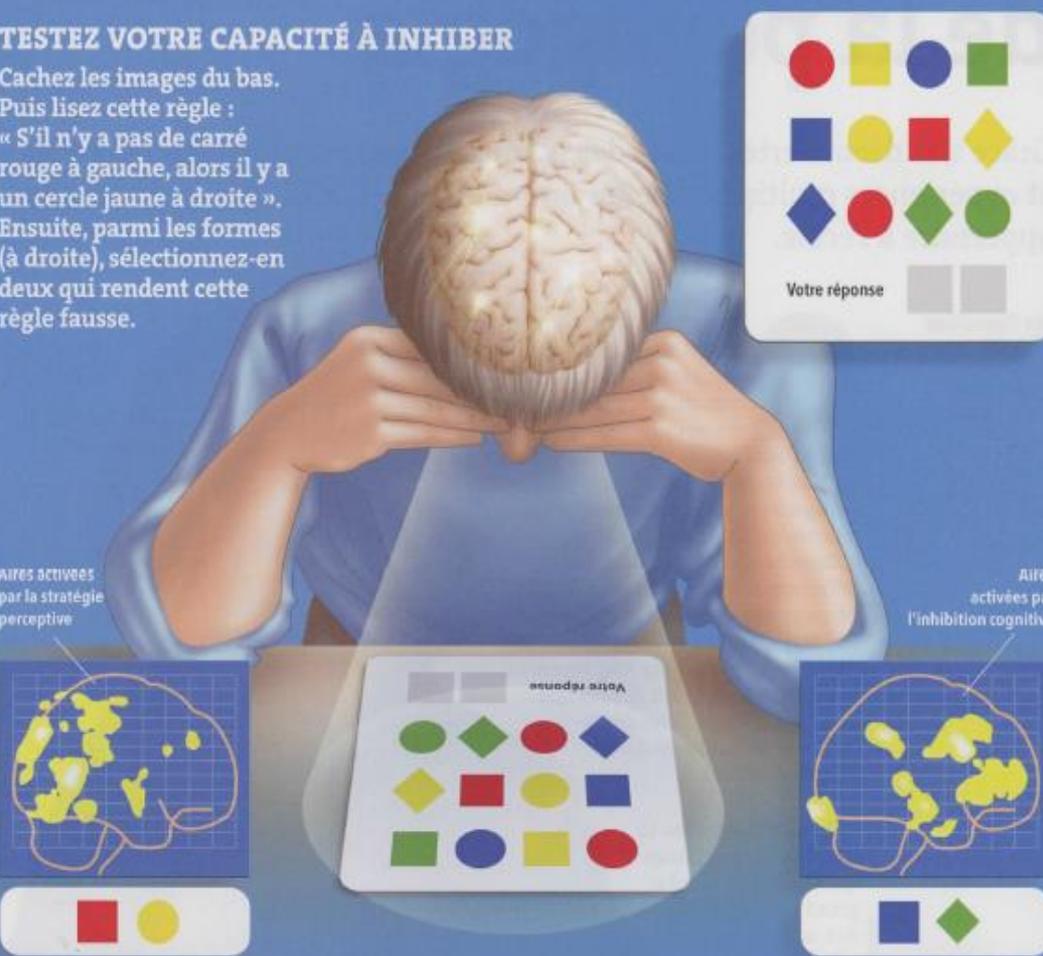
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

**TESTEZ VOTRE CAPACITÉ À INHIBER**

Cachez les images du bas.  
Puis lisez cette règle :  
« S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite ».  
Ensuite, parmi les formes (à droite), sélectionnez-en deux qui rendent cette règle fausse.



Voici les formes disponibles :

●	■	●	■
■	●	■	◆
◆	●	◆	●

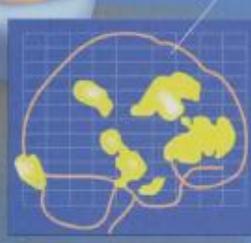
Votre réponse :

**Aires activées par la stratégie perceptive**



**RÉPONSE INSTINCTIVE**

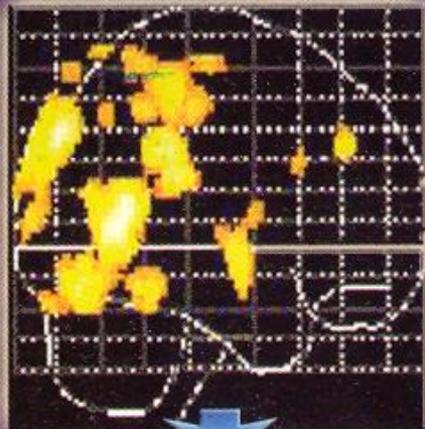
**Aires activées par l'inhibition cognitive**



**BONNE RÉPONSE**

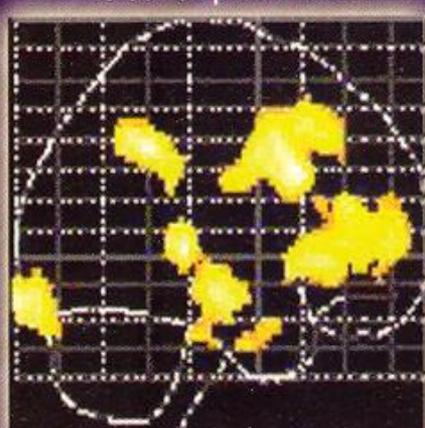
**Activation de l'arrière du cerveau**

a



**Activation de l'avant du cerveau : le cortex préfrontal**

b



*Que sais-je?*



**LE RAISONNEMENT**  
Olivier Houdé

puf



*L'ado et l'adulte sont-ils irrationnels ?*

# Pédagogie expérimentale

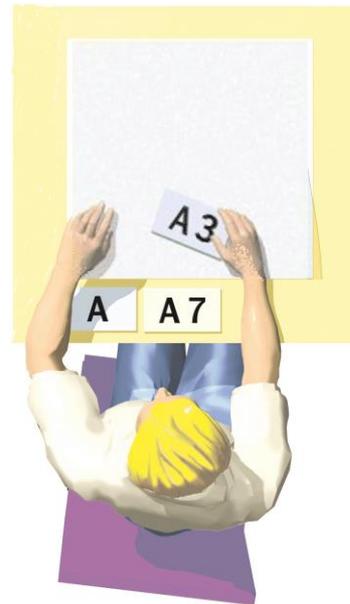
Apprentissage métacognitif



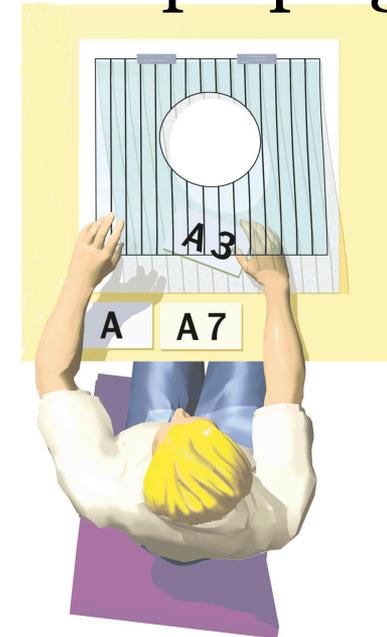
Attrape-piège

“ If there is an A on one side of the card, then there is a 3 on the other ”

A D 3 7



Logique (S2)



Inhibition (S3)

# Pédagogie expérimentale

## LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

### Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1

### Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage

3

### Système algorithmique

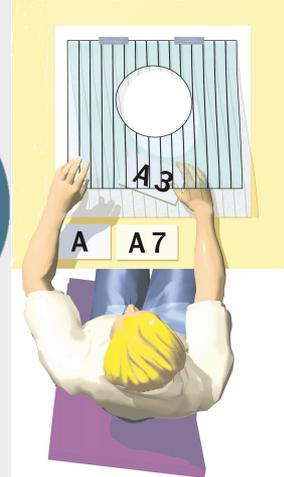
Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 



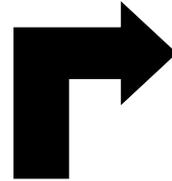
2

Attrape-piège

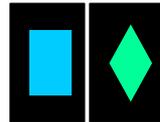
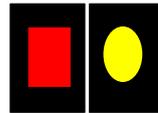


# Pédagogie expérimentale

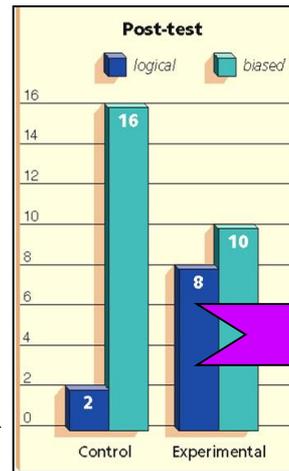
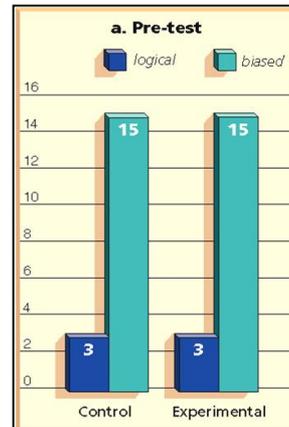
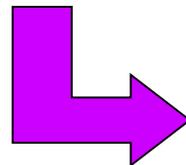
## Pré- & Post-tests



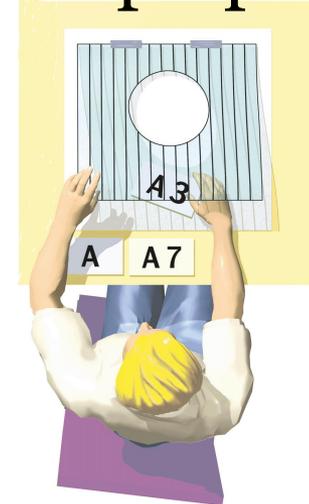
Erreur



Réponse logique



Attrape-piège

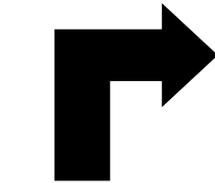


Découverte de la solution

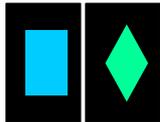
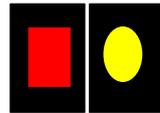


# Neuropédagogie expérimentale

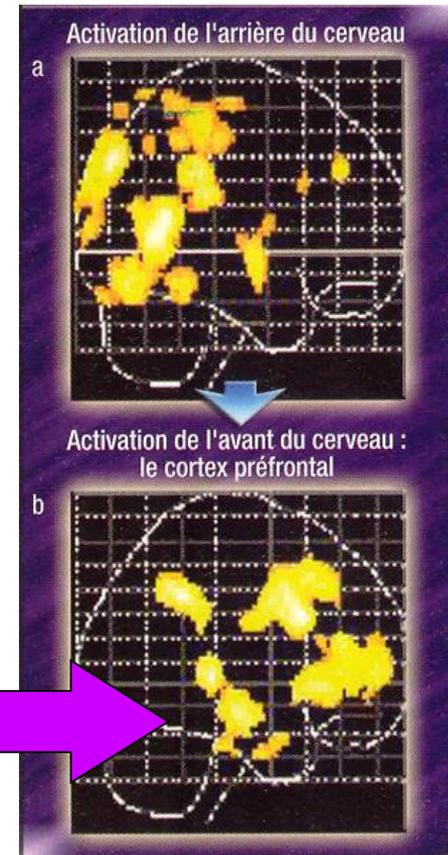
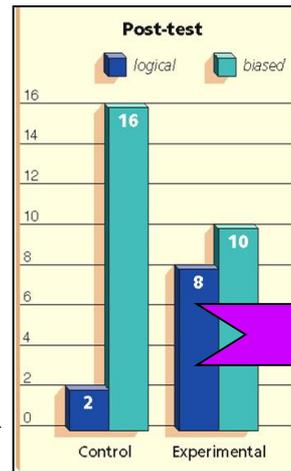
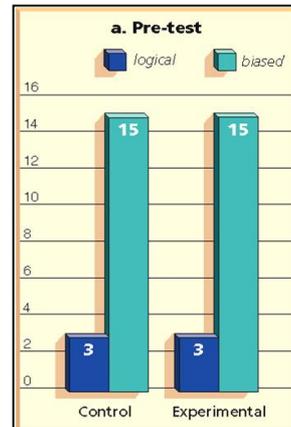
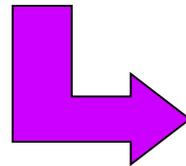
## Pré- & Post-tests



Erreur



Réponse  
logique

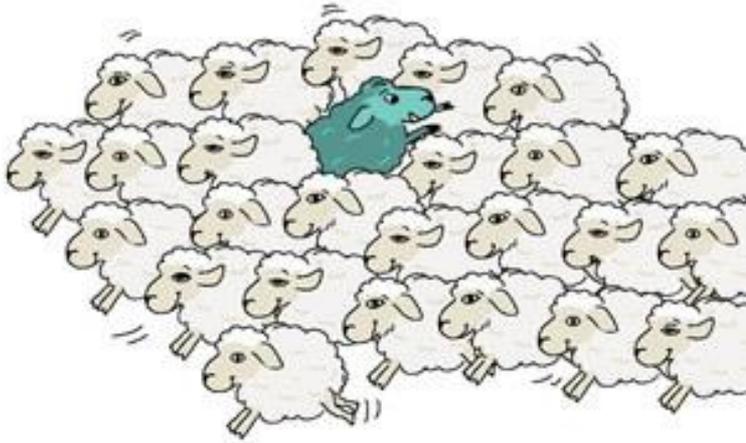


# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILLIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



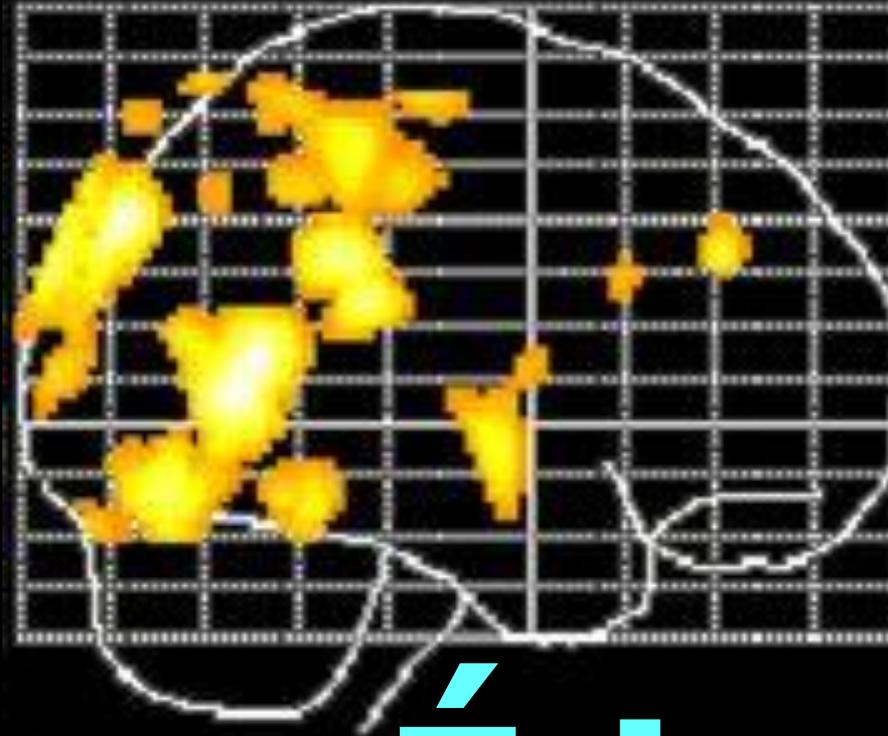
pour l'école, contre la terreur



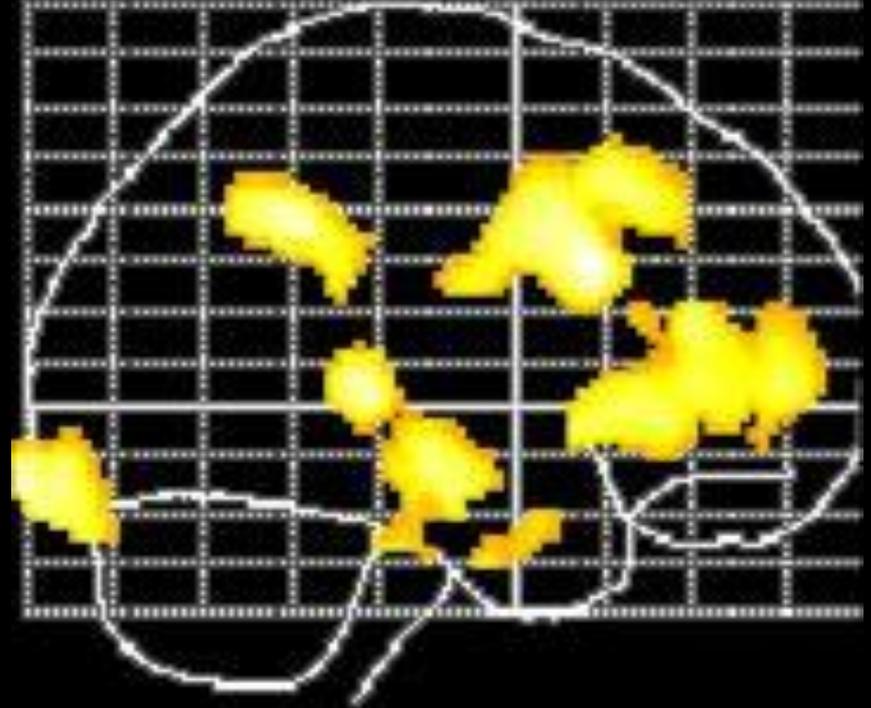
[ MANIFESTES LE POMMIER ! ]



**Automatisme**



**Réflexion**



**Éducation**

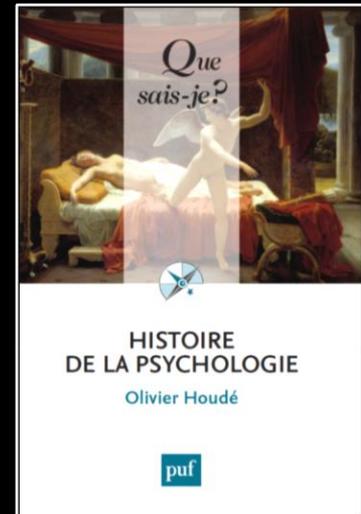
Zone Proximale de Développement, Lev Vygotski



Les neurosciences sont extrêmement humanistes

au sens où l'était  
Montaigne :

une éducation  
au « contrôle  
de l'esprit »



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

### LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

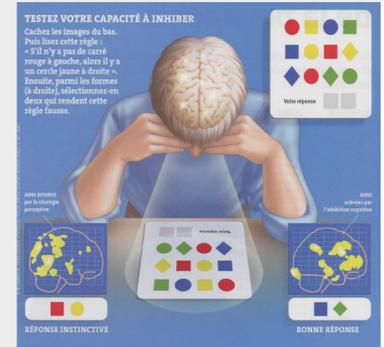
#### Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



# 1

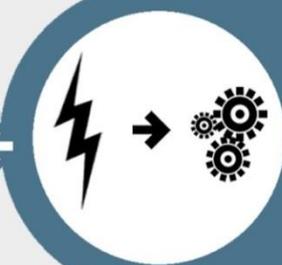


#### Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ *Fonction d'arbitrage*

# 3



#### Système algorithmique

Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 

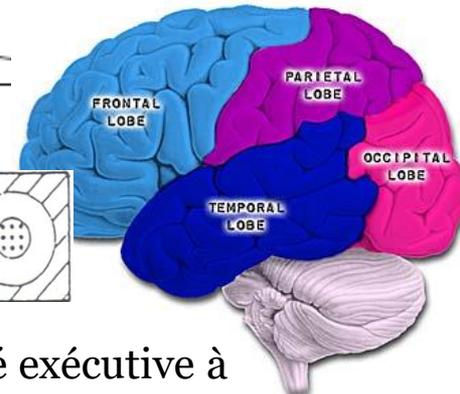
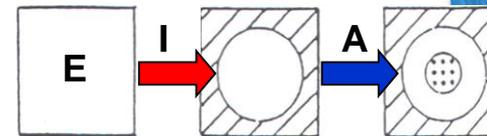
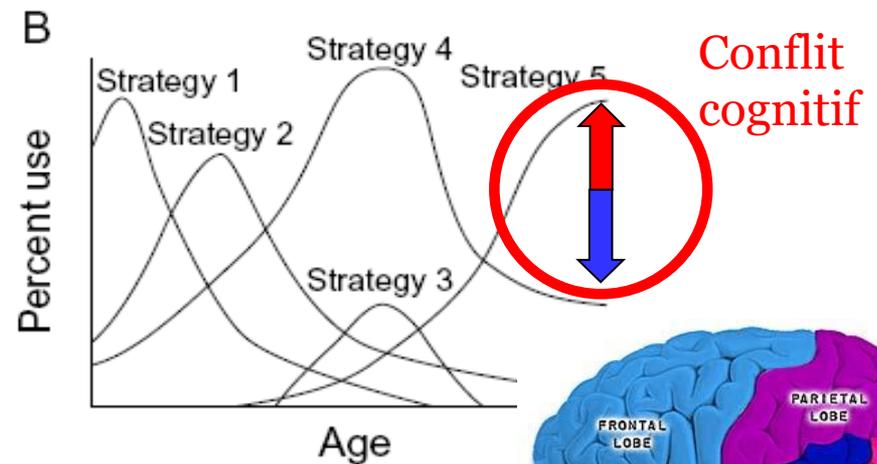
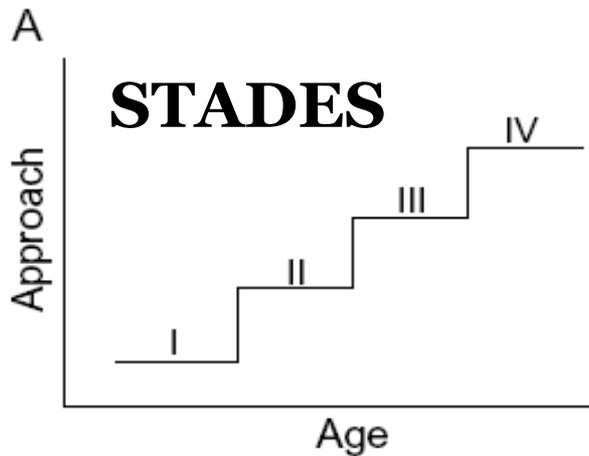


# 2



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences precoces et des incompetences tardives



**Inhibition** : capacité exécutive à résister aux heuristiques (*les bloquer*) pour **activer** les algorithmes.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

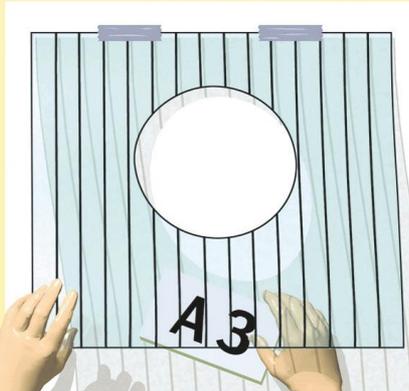
## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

# En classe



ministère  
éducation  
nationale



A A7



Adele  
Diamond



Enseigner les sciences à l'école  
maternelle et élémentaire



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

# En classe



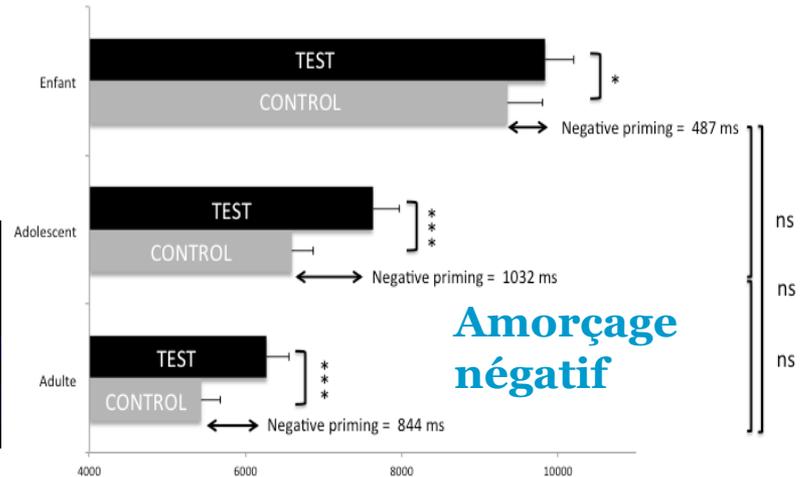
# Maths : arithmétique + inhibition cognitive



« Louise a 25 billes. Elle a 5 billes de plus que Léo. Combien Léo a-t-il de billes ? »

Réponse la plus fréquente : 30 (25+5)  
Bonne réponse : 20 (25-5)

Inhiber l'heuristique « Il y a le mot plus, alors j'additionne ».



# Le problème des lettres en miroir

**A** — arrivée  
Arrivé le premier à l'École, cet écolier studieux brûle de réciter sa leçon.

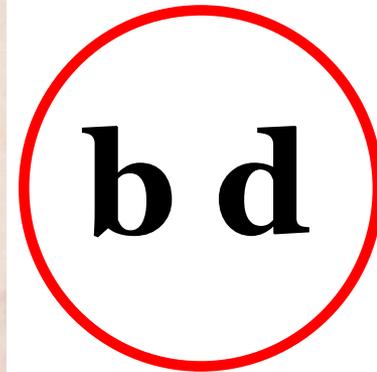
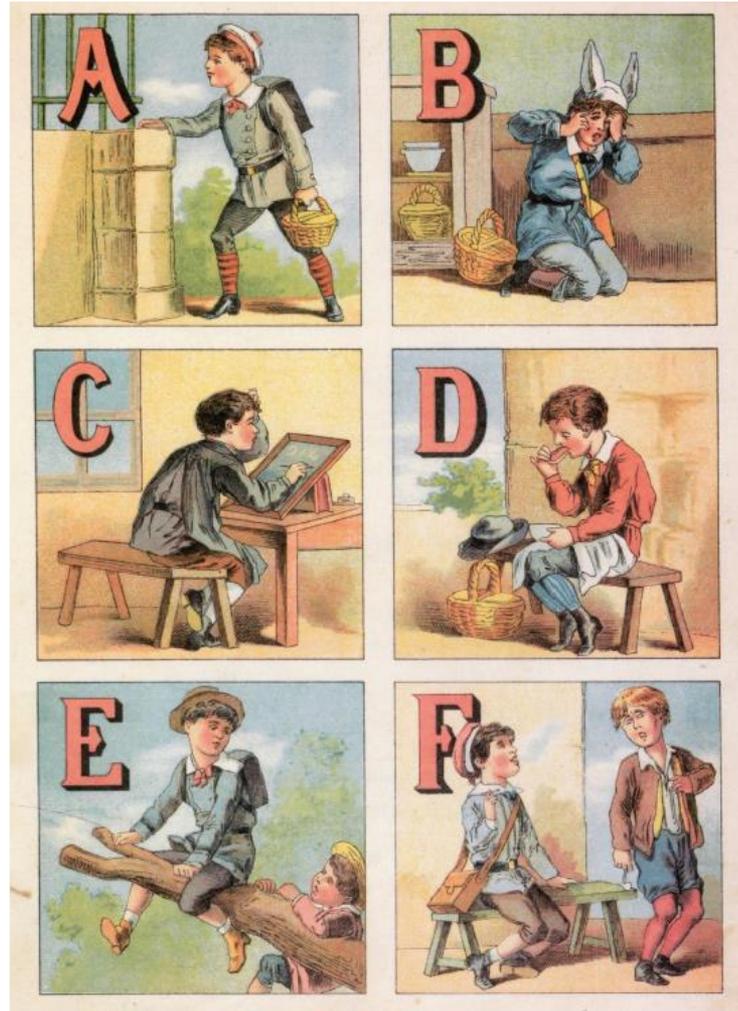
**B** — **bonnet d'âne**  
Punition de ceux qui n'ont pas fait leurs devoirs.

**C** — calcul  
« Cherchez et vous trouverez » : cette maxime est vraie, surtout en arithmétique.

**D** — **déjeuner**  
On déjeune de bon appétit lorsque l'on a bien récité sa leçon.

**E** — école buissonnière  
L'école des paresseux et par conséquent des ignorants.

**F** — fumeurs  
L'un est déjà malade; l'autre, malgré son air vaillant, ne tardera pas à pâlir.

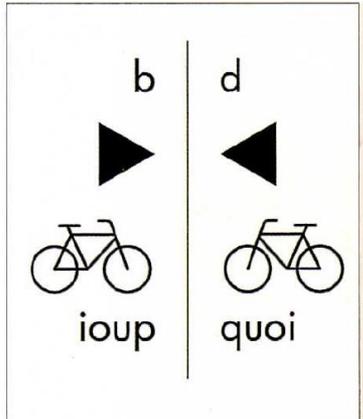
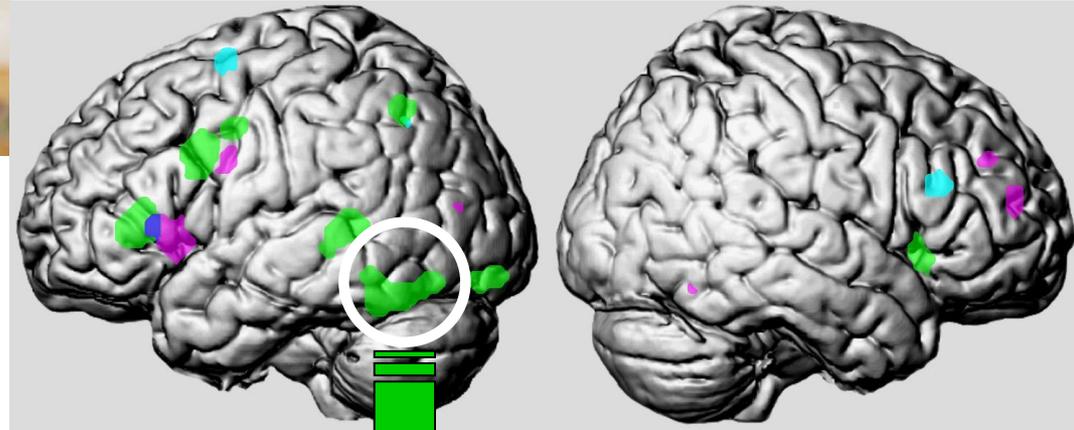


# Lecture : recyclage + inhibition



Réseau cérébral de la lecture : méta-analyse IRMf sur 842 enfants.

Houdé, O. et al. (2010). Developmental Science.



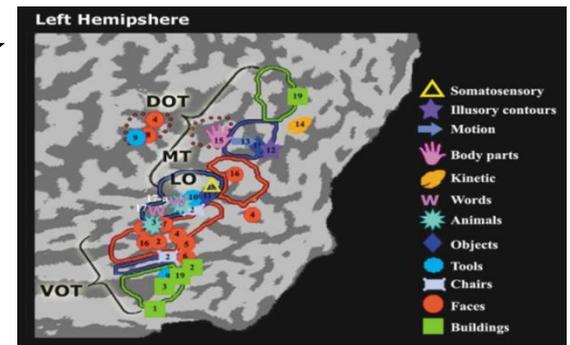
S. Dehaene

Recyclage neuronal :

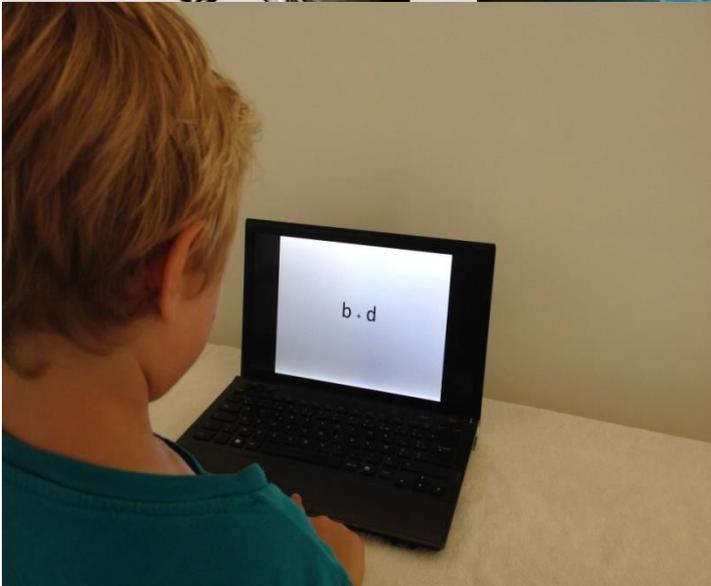
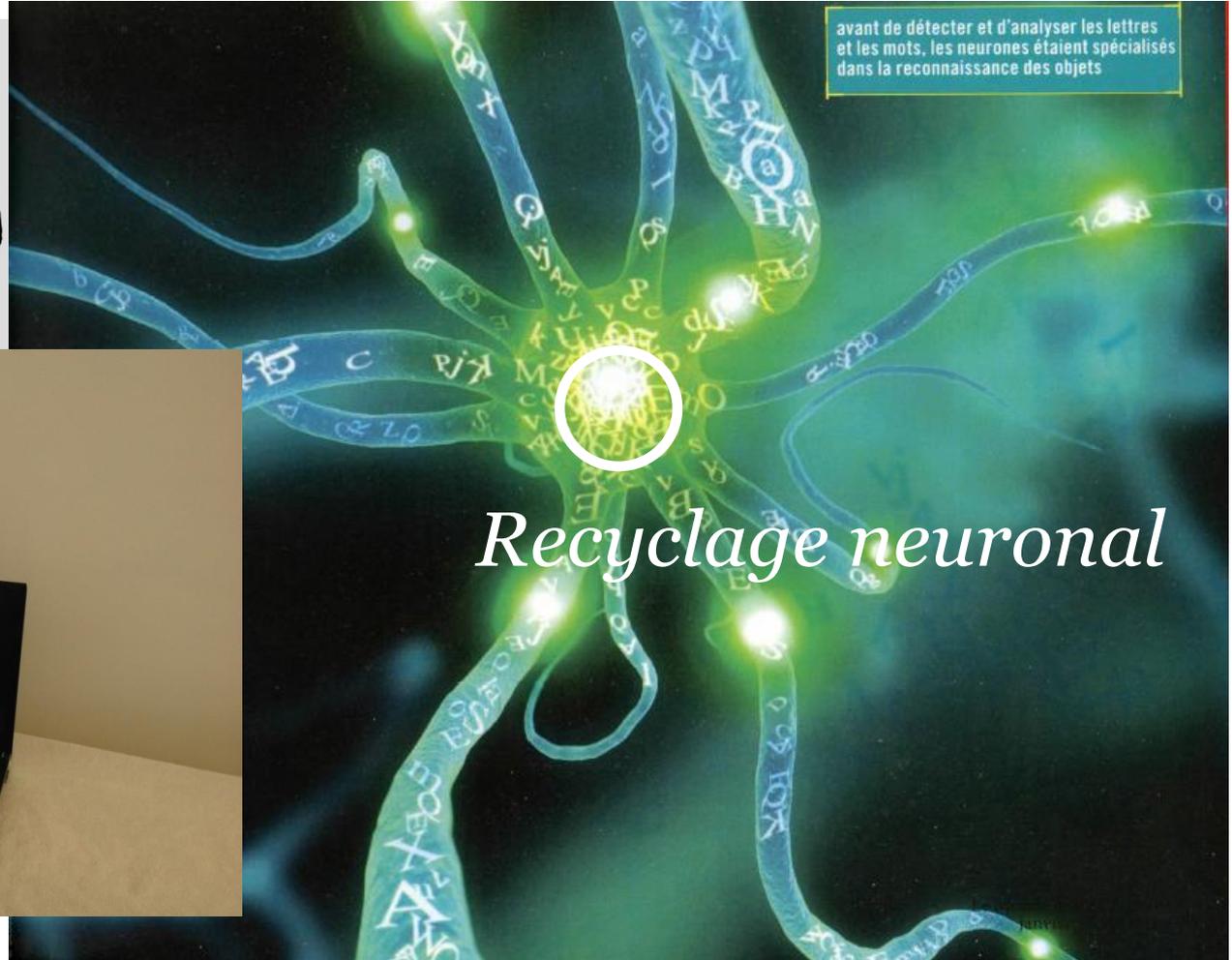
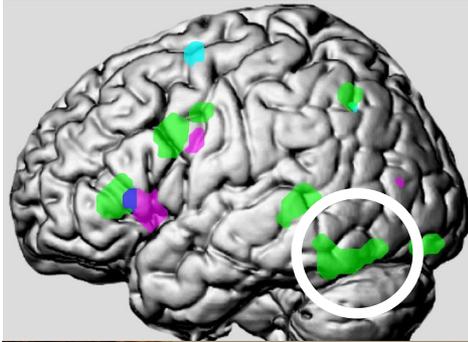
Prédiction d'erreurs sur les lettres en miroir (de type b/d ou p/q).

Dehaene, S. (2007). Les neurones de la lecture. Odile Jacob.

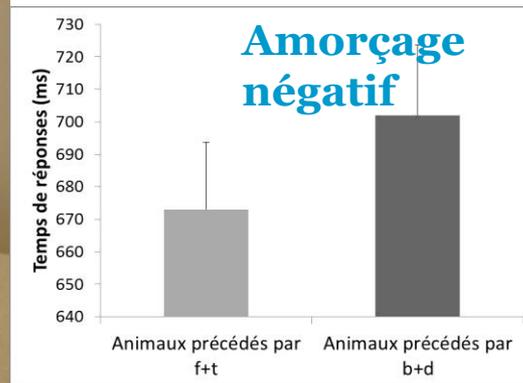
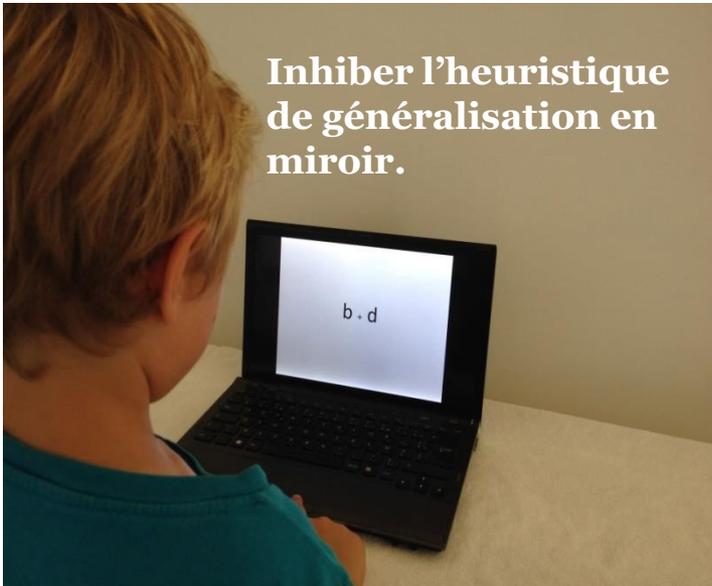
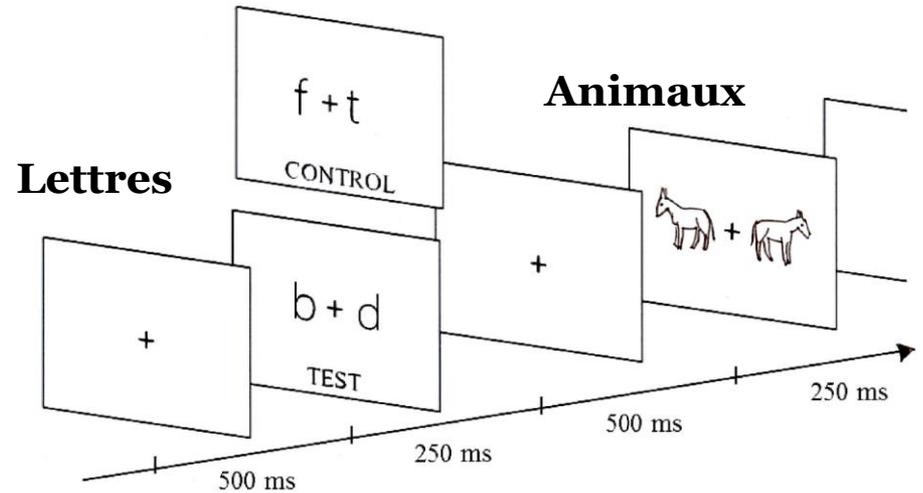
Aire de la reconnaissance visuelle des lettres et des mots



# Lecture : recyclage + inhibition

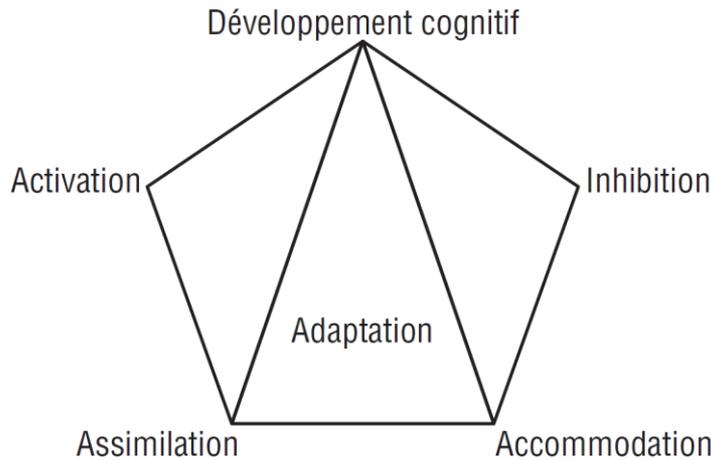
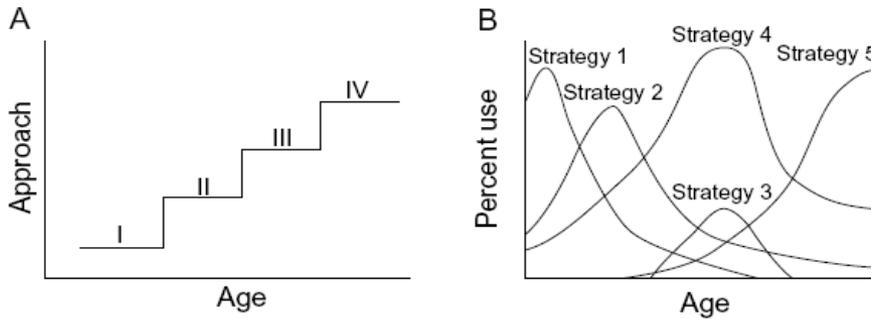


# Lecture : recyclage + inhibition cognitive



# Systeme dynamique non lineaire

Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



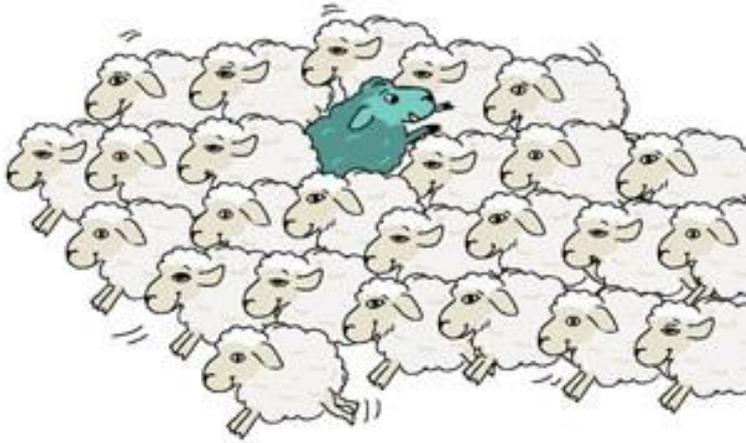
Raisonnement  
Catégorisation  
Nombre  
Objet

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILLIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



[ MANIFESTES LE POMMIER ! ]



Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école



LaPsyDÉ

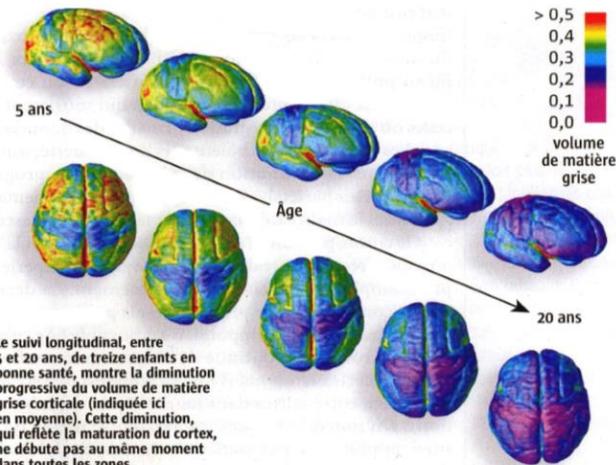


Graines de Paix

Solutions éducatives pour une paix durable

# Lire, écrire, compter, penser et respecter autrui :

## « Des neurones pour la paix »



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école



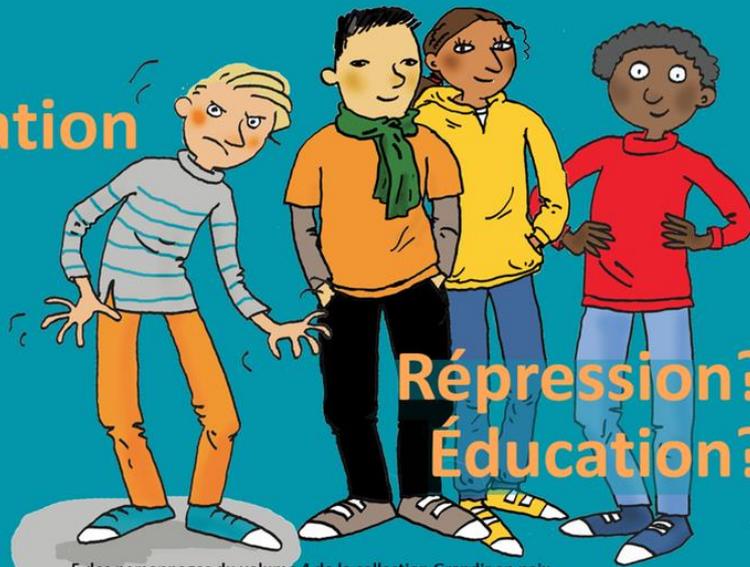
LaPsyDÉ



Graines de Paix

Solutions éducatives pour une paix durable

### Violence Radicalisation



### Répression? Éducation?

5 des personnages du volume 4 de la collection Grandir en paix,  
ONG Graines de Paix. Illustrations E. Schlossberg, éd. Loisirs et Pédagogie (prévu mi-2017)



CERCLE DES AMITIÉS INTERNATIONALES, GENÈVE

RENCONTRES DU LUNDI

FORUM CULTUREL INTERNATIONAL

Lundi 20 février 2017, 18.30  
Villa Rigot, 9 av. de la Paix, 1202 Genève

La radicalisation  
des jeunes  
L'éducation a-t-elle les outils  
pour la prévenir ?



Graines de Paix

Solutions éducatives pour une paix durable

Lundi 20 février 2017, 18.30, 9 Villa Rigot, 1202 Genève

La radicalisation des jeunes:  
l'éducation a-t-elle les outils pour la prévenir ?

Exposé de Delia Mamon, Présidente, Graines de Paix



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

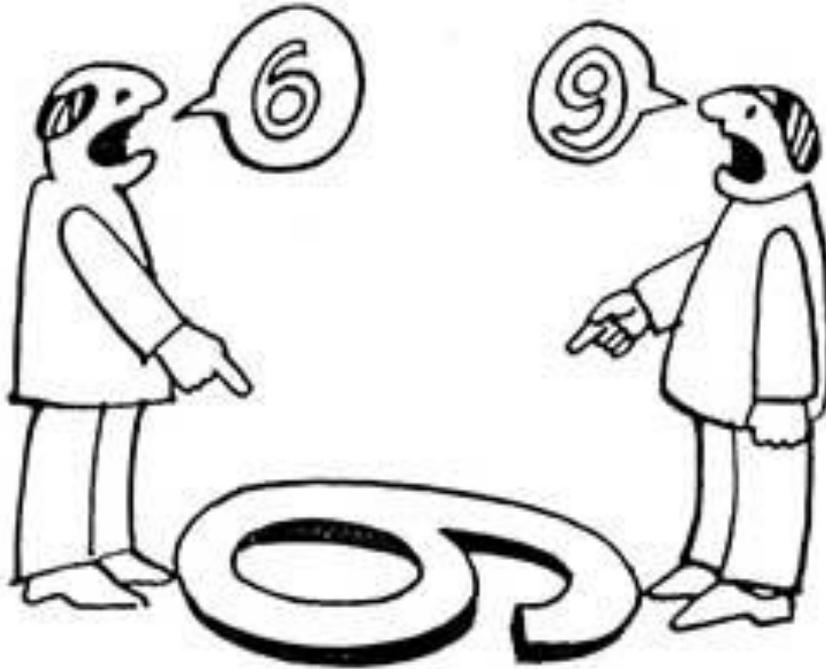


LaPsyDÉ

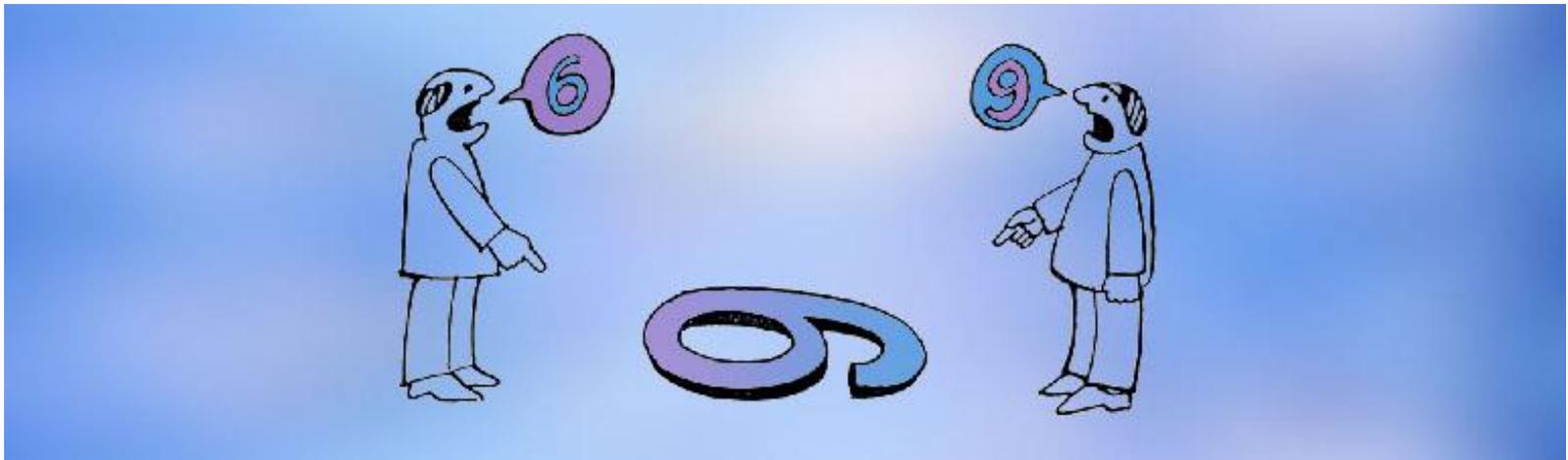


Graines de Paix

Solutions éducatives pour une paix durable



*genèse de  
l'égoïsme*



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

# Inhiber l'heuristique égocentrée

CHILD DEVELOPMENT

CB&A

Child Development, November/December 2016, Volume 87, Number 6, Pages 1825–1840

### Taking a Third-Person Perspective Requires Inhibitory Control: Evidence From a Developmental Negative Priming Study

Ania Aïte

LaPsyDÉ, University Paris Descartes and University of Caen Basse-Normandie; Brain and Creativity Institute, University of Southern California

Alain Berthoz

Collège de France

Julie Vidal and Margot Roëll

LaPsyDÉ, University Paris Descartes and University of Caen Basse-Normandie;

Mohamed Zaoui

Collège de France

Olivier Houdé

LaPsyDÉ, University Paris Descartes and University of Caen Basse-Normandie; Institut Universitaire de France

Grégoire Borst

LaPsyDÉ, University Paris Descartes and University of Caen Basse-Normandie;

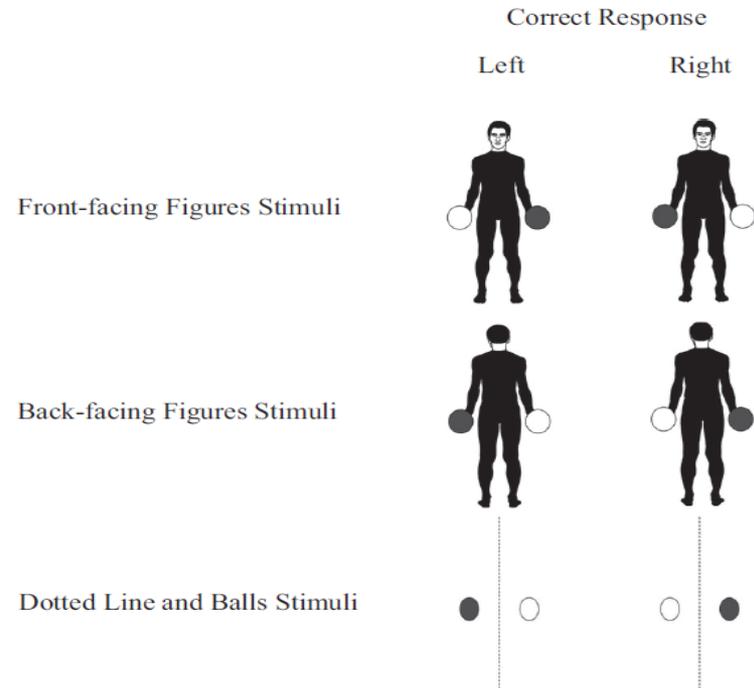
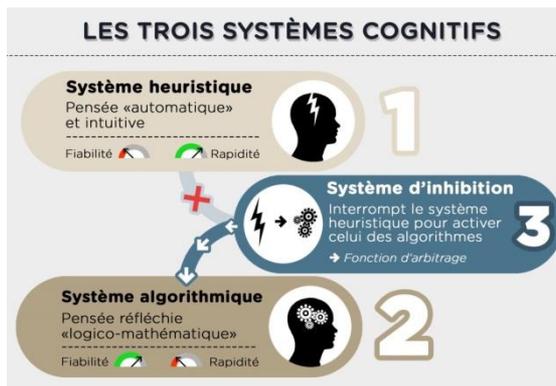
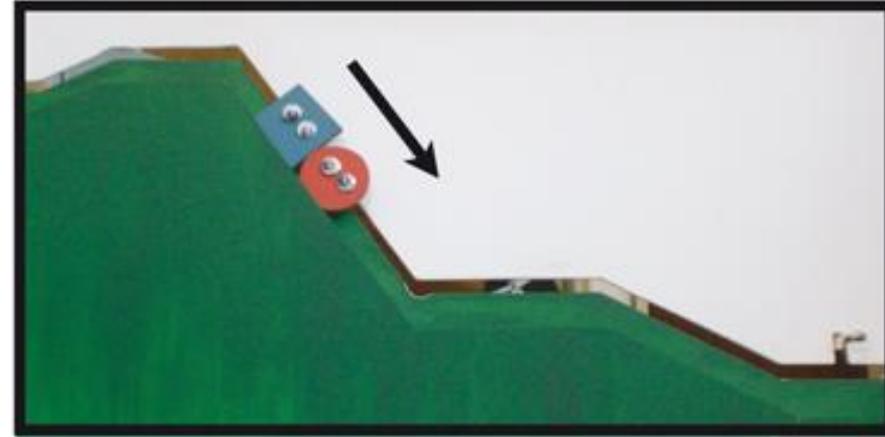
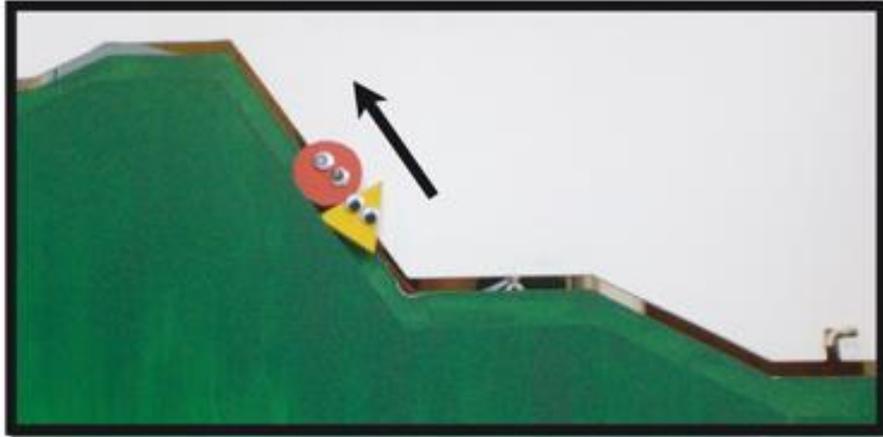


Figure 1. Materials used for the negative priming adaptation of the own body transformation task.

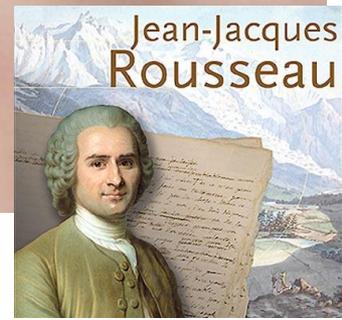
Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

-----



# L'algorithme moral



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

### LES TROIS SYSTÈMES COGNITIFS

---

#### Système heuristique

Pensée «automatique»  
et intuitive

Fiabilité  Rapidité 



1



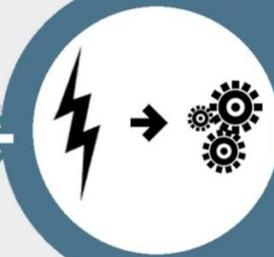
Kahneman, D. (2012).  
Les deux vitesses de la pensée.  
Flammarion.  
- Prix Nobel (2002)

#### Système d'inhibition

Interrompt le système  
heuristique pour activer  
celui des algorithmes

→ Fonction d'arbitrage

3



#### Système algorithmique

Pensée réfléchie  
«logico-mathématique»

Fiabilité  Rapidité 



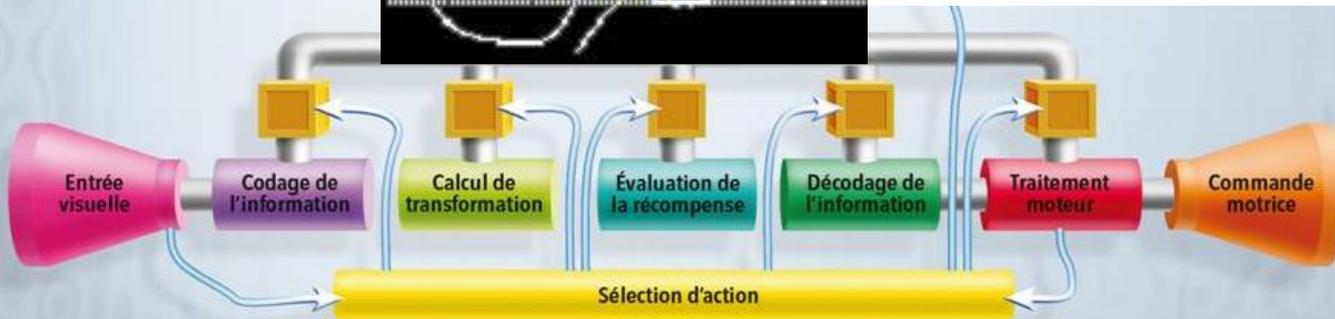
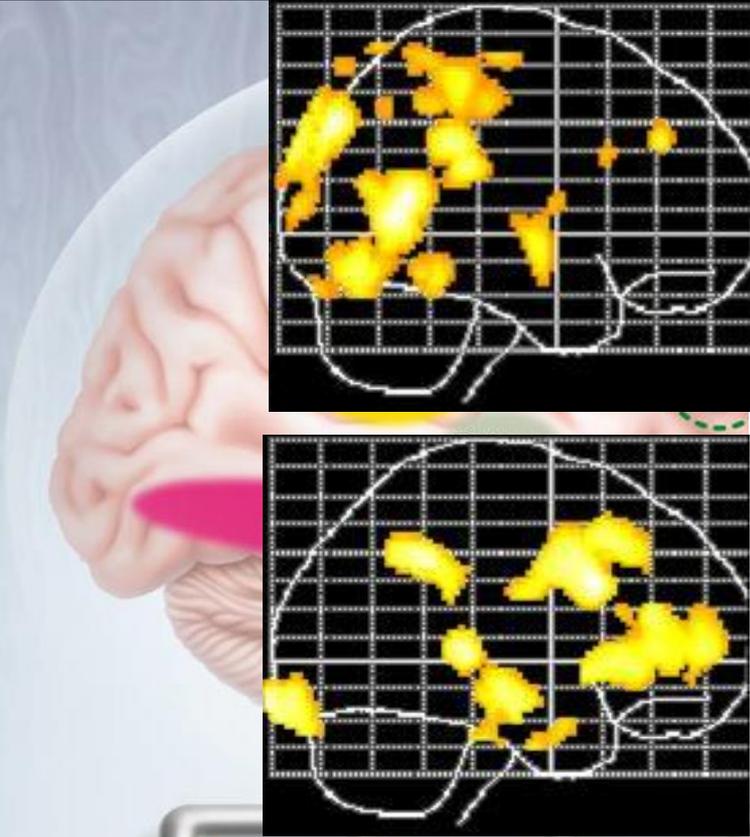
2



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

-----



ON  
et VOD  
5  
LES PLUS GRANDES  
SILICON  
VALLEYS  
MAR 59 DHS - CAN 9,40 \$ CAN - IDH 6,60 € - TOM SURFACE 850 XPF - TOM AVION 1470 XPF - ISSN 1772-3809

Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école



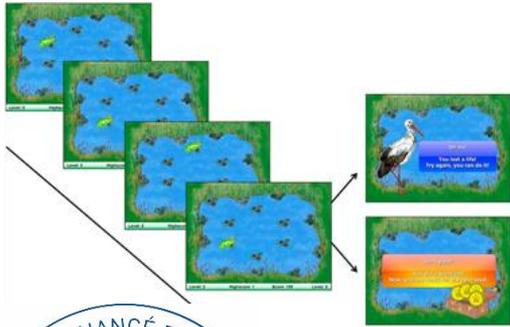
## APEX : APprentissages Exécutifs et cerveau chez les enfants d'âge scolaire



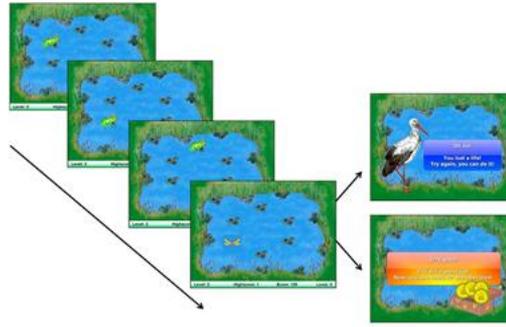
# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

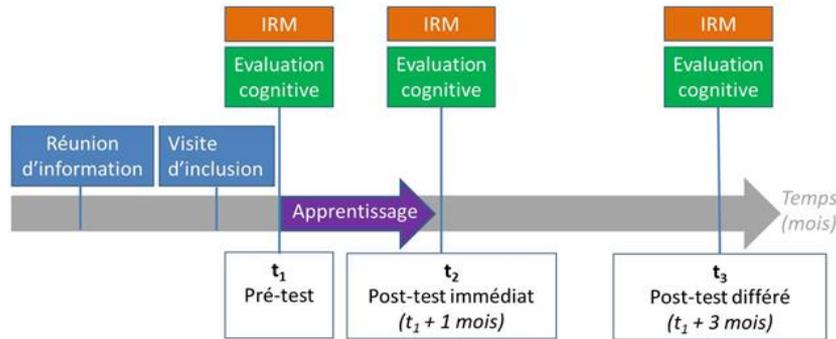
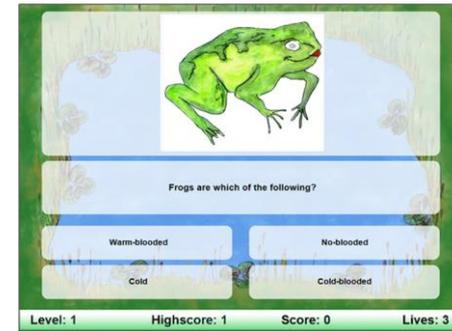
### Mémoire de Travail



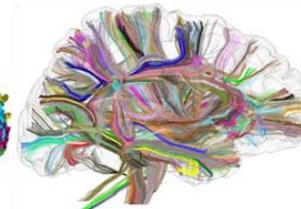
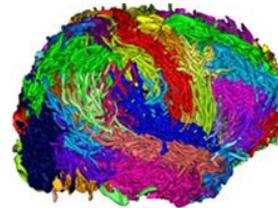
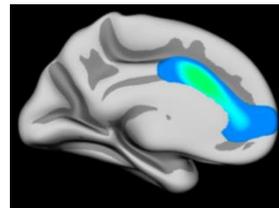
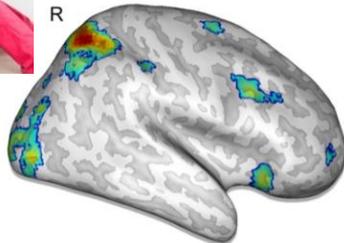
### Inhibition



### Culture générale



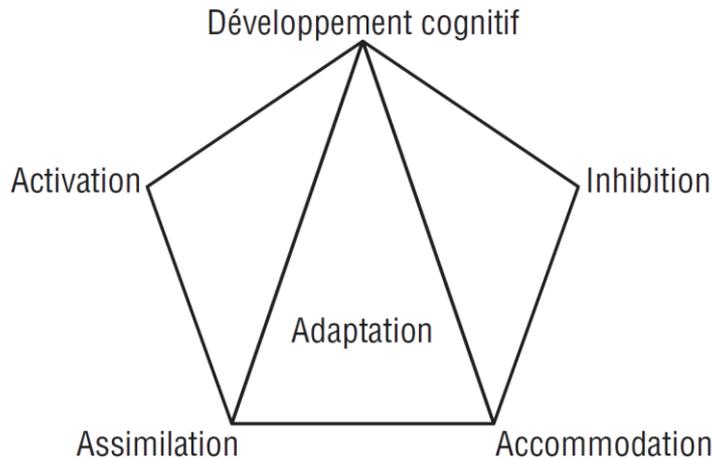
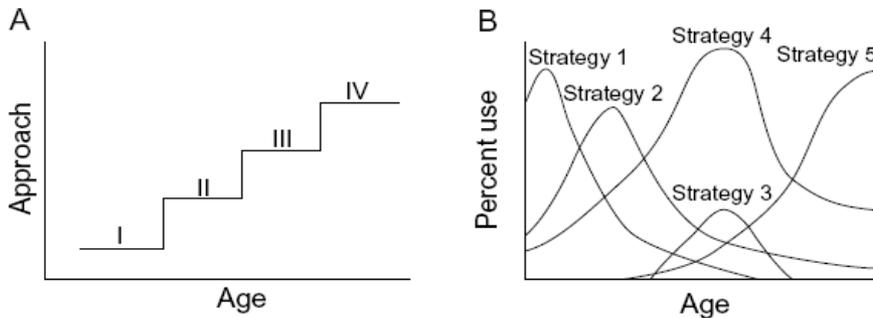
R



gènes impliqués dans le système dopaminergique (COMT, DAT1, DRD2) pour l'efficacité exécutive préfrontale et dans la plasticité liée à l'apprentissage (BDNF, etc).

# Systeme dynamique non lineaire

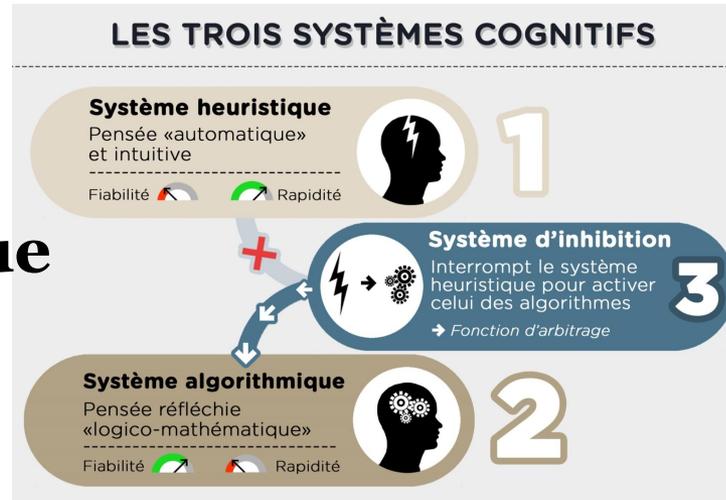
Paradoxe des compétences précoces et des incompetences tardives



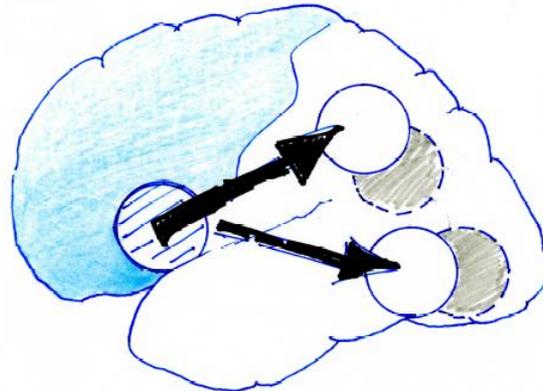
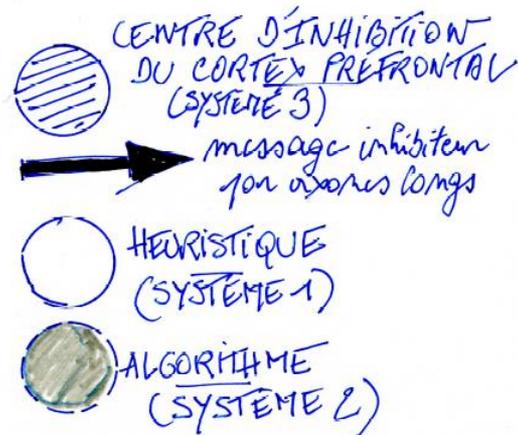
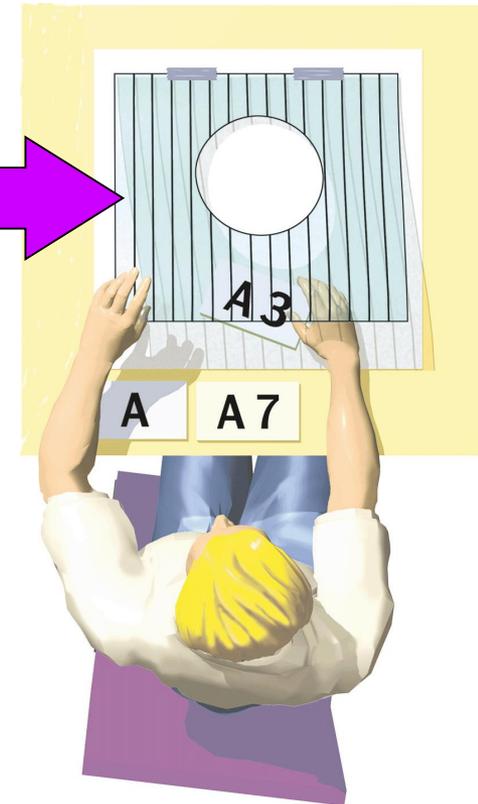
Raisonnement  
Catégorisation  
Nombre  
Objet

## Recommandations neuropédagogiques :

Analyse  
systématique  
des tâches  
selon :



Attrape-piège



Inhibition (S3)

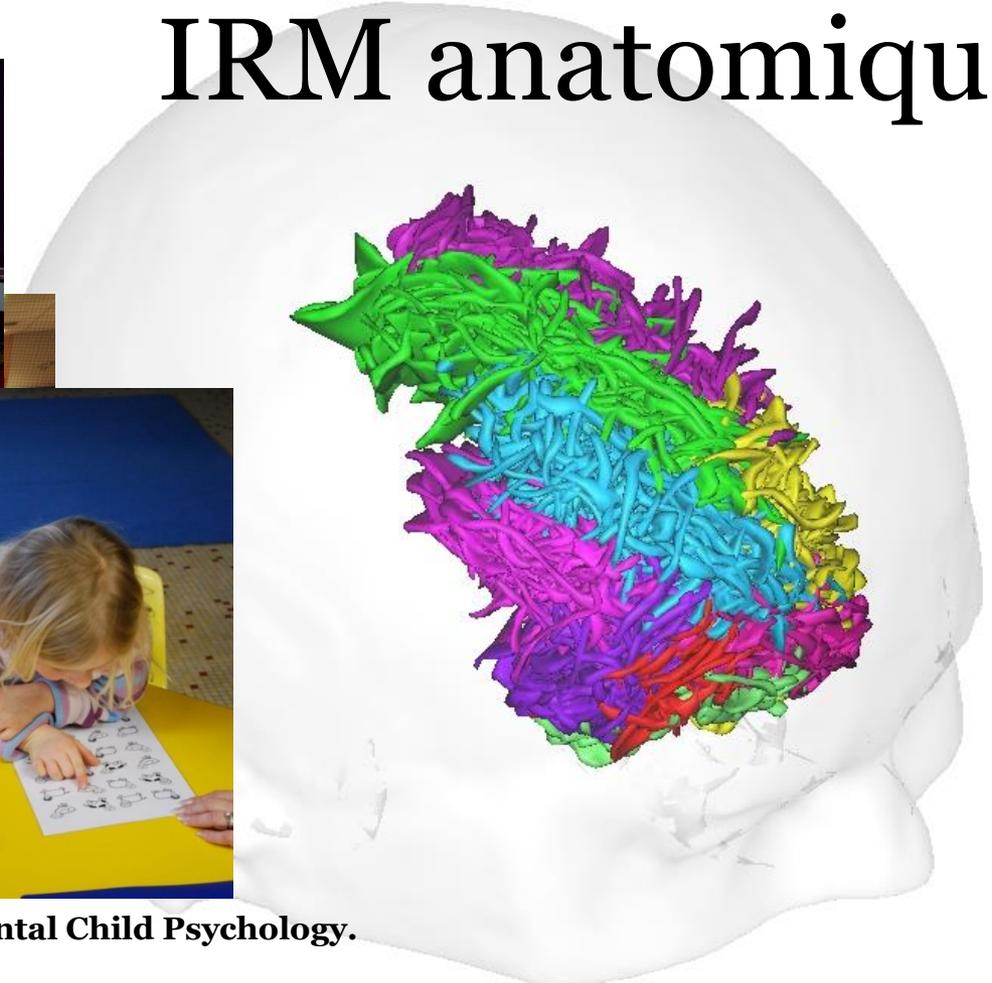
**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



# La forme du cerveau

## IRM anatomique

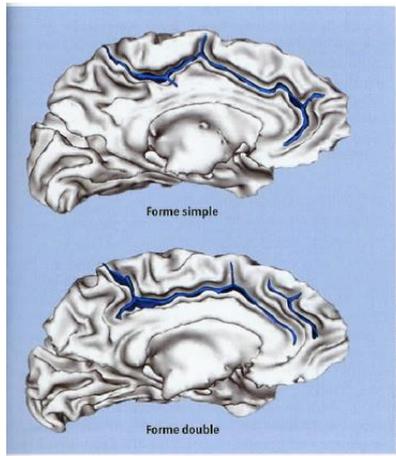


Houdé, O. et al. (2011). *Journal of Experimental Child Psychology*.

# Biomarqueurs

## Biomarqueurs et éducation

### BrainVISA/Anatomist Software, A. Cachia, G. Borst



© A. CACHIA, G. BORST ET M. HOUË, INSERM

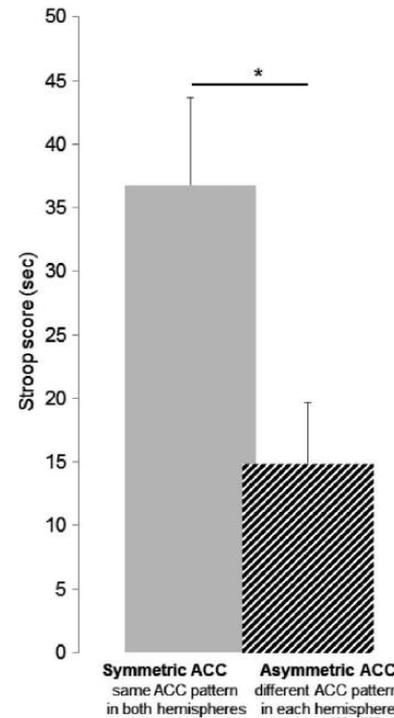
#### zoom Conflit cognitif

La forme du cortex cingulaire antérieur, en bleu sur ces représentations du cerveau, influe sur la capacité des enfants à résoudre les conflits cognitifs, compétence essentielle au contrôle de soi. Dans chaque hémisphère, cette zone peut adopter deux configurations : une forme simple (en haut) ou double (en bas). Une équipe française a montré à des enfants de cinq ans des images d'animaux. Sur certaines, le corps et la tête correspondaient au même animal, sur d'autres non (conflit cognitif). Les enfants devaient dire à quel animal appartenait le corps. Les enfants dont les deux cortex cingulaires antérieurs, dans les deux hémisphères cérébraux, n'ont pas la même forme ont eu de meilleures performances que les enfants dont ces zones étaient identiques des deux côtés.

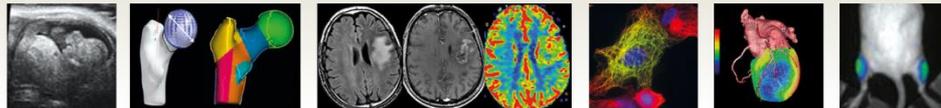
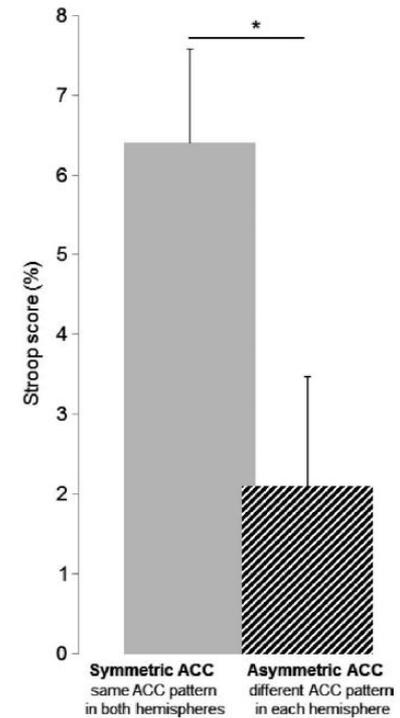
1. Cachia et al., *J. Cognitive Neurosci.*, sous presse.



#### Response Times



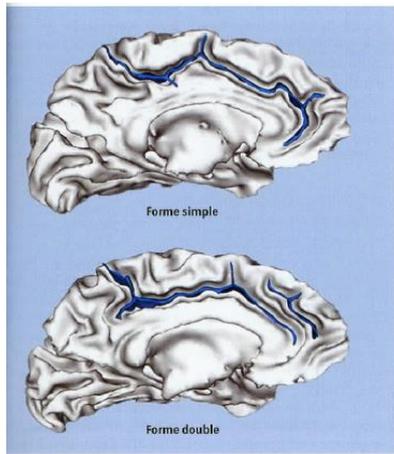
#### Error Rates



# Biomarqueurs

## Biomarqueurs et éducation

### BrainVISA, A. Cachia, G. Borst



© A. CACHIA, G. BORST, O. HOUDÉ, CINSULP

#### zoom Conflit cognitif

La forme du cortex cingulaire antérieur, en bleu sur ces représentations du cerveau, influe sur la capacité des enfants à résoudre les conflits cognitifs, compétence essentielle au contrôle de soi. Dans chaque hémisphère, cette zone peut adopter deux configurations : une forme simple (en haut) ou double (en bas). Une équipe française a montré à des enfants de cinq ans des images d'animaux. Sur certaines, le corps et la tête correspondaient au même animal, sur d'autres non (conflit cognitif). Les enfants devaient dire à quel animal appartenait le corps. Les enfants dont les deux cortex cingulaires antérieurs, dans les deux hémisphères cérébraux, n'ont pas la même forme ont eu de meilleures performances que les enfants dont ces zones étaient identiques des deux côtés.

1. Cachia et al., *J. Cognitive Neurosci*, sous presse.

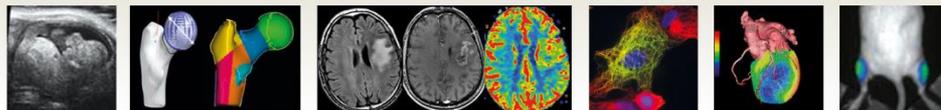


### TRANSVERSAL (5 ans)

Cachia, A., Borst, G., ..., Mangin, J.-F., & Houdé, O. (2014). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26, 96-106.

### LONGITUDINAL (5-10 ans)

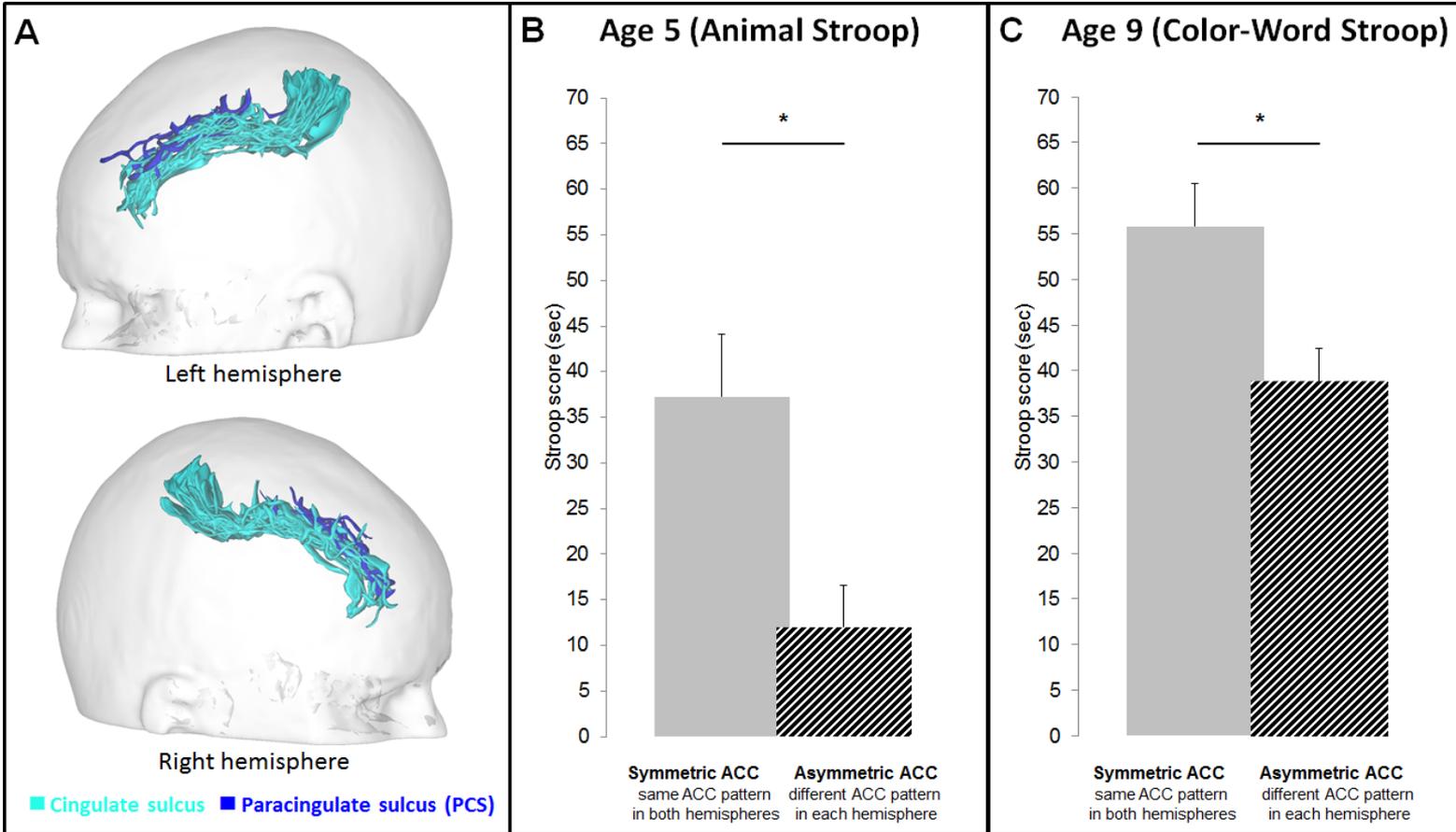
Borst, G., Cachia, A., ..., Mangin, J.-F., & Houdé, O. (2014). *Developmental Cognitive Neuroscience*, 9, 126-135.



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

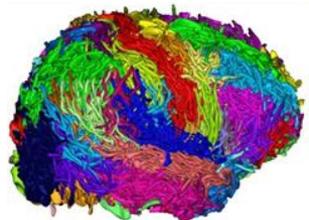
## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



Cachia, A., Borst, G., ..., Mangin, J.-F., & Houdé, O. (2014). *Journal of Cognitive Neuroscience*. Borst, G., Cachia, A., ..., Mangin, J.-F., & Houdé, O. (2014). *Developmental Cognitive Neuroscience*.

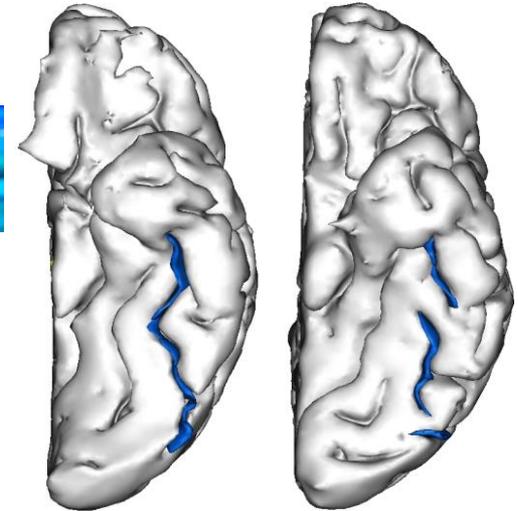
Cachia, A., Borst, G., Tissier, C., Fischer, C., ..., Gogtay, N., Giedd, J., Mangin, J.-F., Houdé, O., & Raznahan, A. (2016). *Developmental Cognitive Neuroscience*.



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

-----



**Words**

ANNEXE

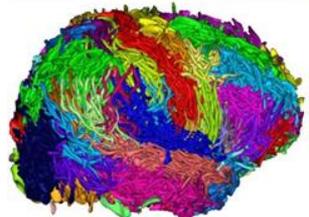
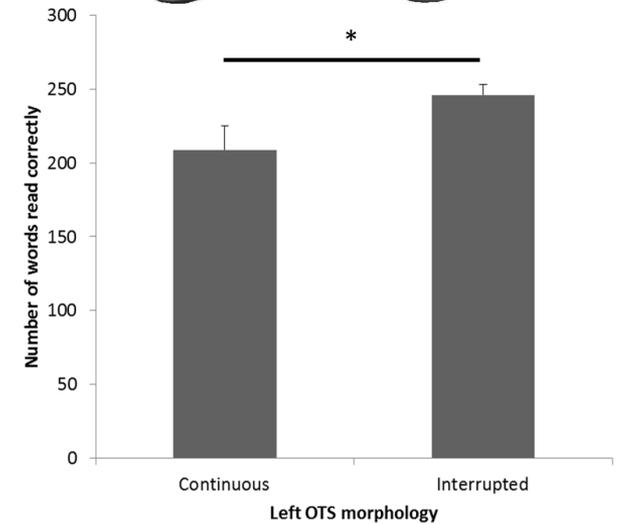
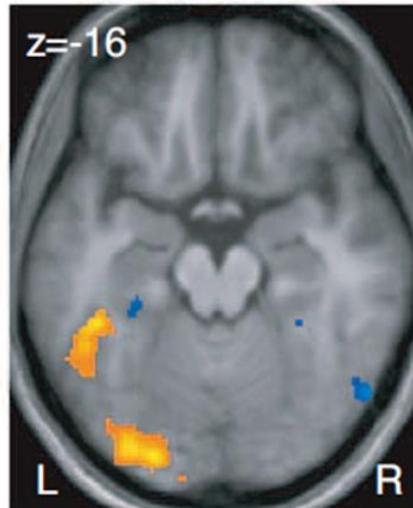
**Scrambled words**

KXNLEBZL

**Objects**

**Scrambled objects**

Words – scrambled  
> objects – scrambled

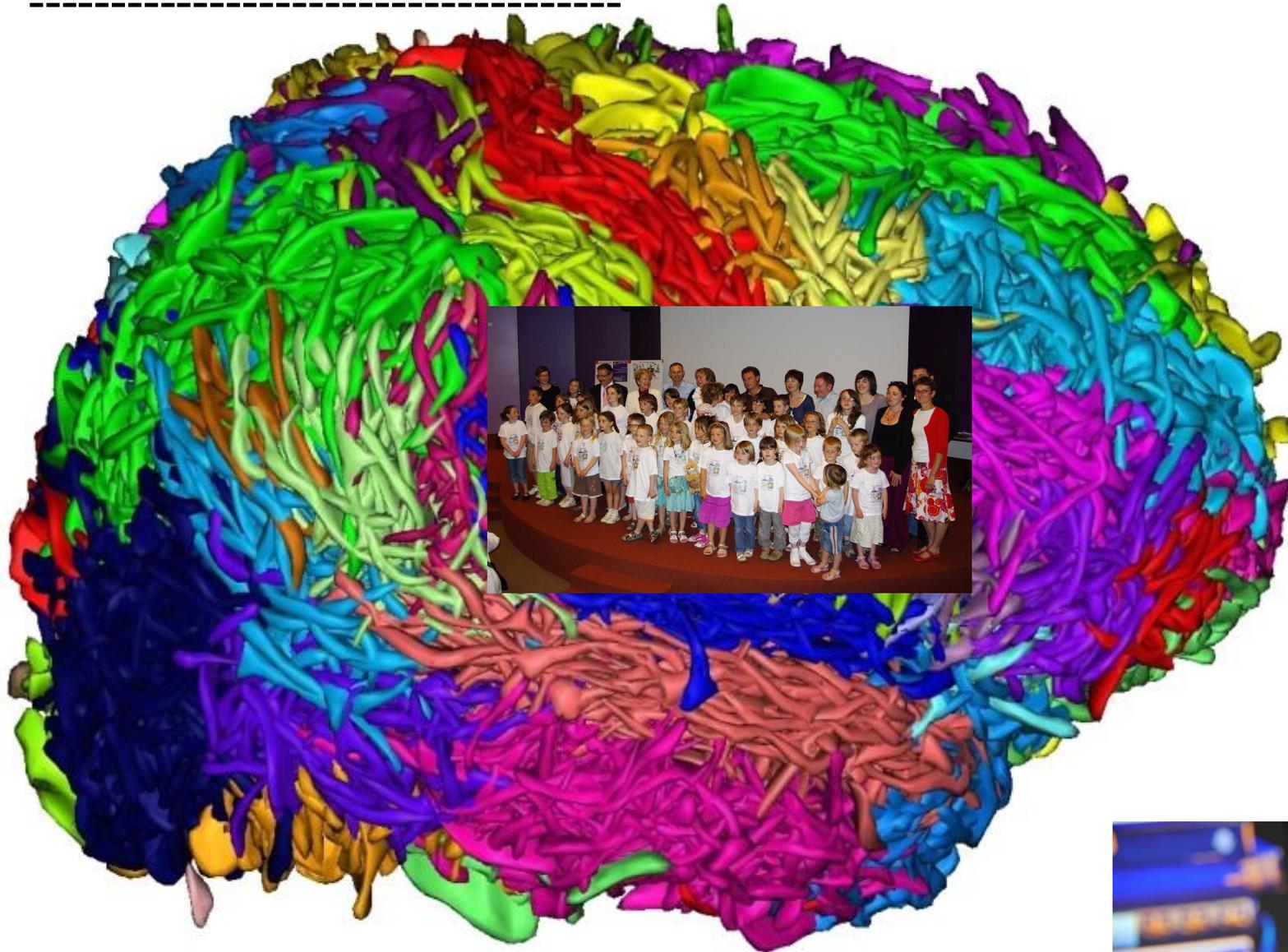


**Borst, G., Cachia, A., Tissier, C., Ahr, E., Simon, G., & Houdé, O. (2016). Mind, Brain & Education.**

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



Houdé, O. et al. (2011). *Journal of Experimental Child Psychology*.

**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



**Our hope is that today,  
we are at the very beginning of  
experimental and brain-based  
education in psychology**

**like it was the case for  
experimental medicine with  
Claude Bernard in the 19th  
century.**

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



### Historique et contexte institutionnel

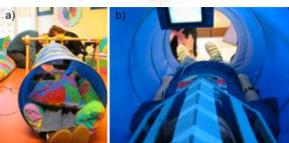
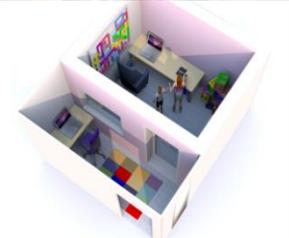
## 3 Avril 2017 : nouvelle convention



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



3 Avril 2017 : nouvelle convention

**Béatrice GILLE**  
Receptrice de l'Académie de Créteil, Chancelière des universités

**Olivier HOUDÉ**  
Directeur du laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'enfant

**Gilles PÉCOUT**  
Recteur de la région académique Île-de-France de l'Académie de Paris, Chancelier des universités

**Daniel FILÂTRE**  
Recteur de l'Académie de Versailles, Chancelier des universités

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



### 3 Avril 2017 : nouvelle convention



A CET EMPLACEMENT  
A ETE CREE LE PREMIER  
LABORATOIRE  
FRANÇAIS DE PSYCHOLOGIE  
ALFRED BINET  
L'A DIRIGE DE 1895 A 1911

Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



**3 Avril 2017 : nouvelle convention**



UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES  
CNRS, LaPsyDÉ

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

Prof. O. Houdé

PRES SORBONNE PARIS CITÉ

Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



### 3 Avril 2017 : nouvelle convention

Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

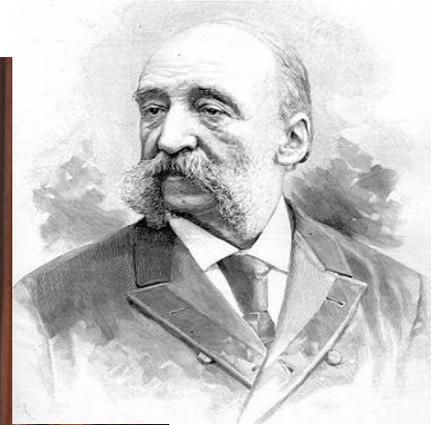
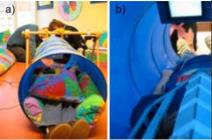


Photo Rectorat de Paris - Sylvain Lhermie

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

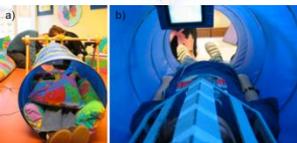
---



LaPsyDÉ



### Positionnement scientifique : *translationnel vers l'école*



**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.

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



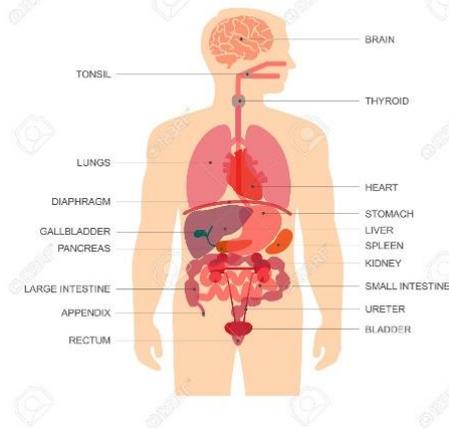
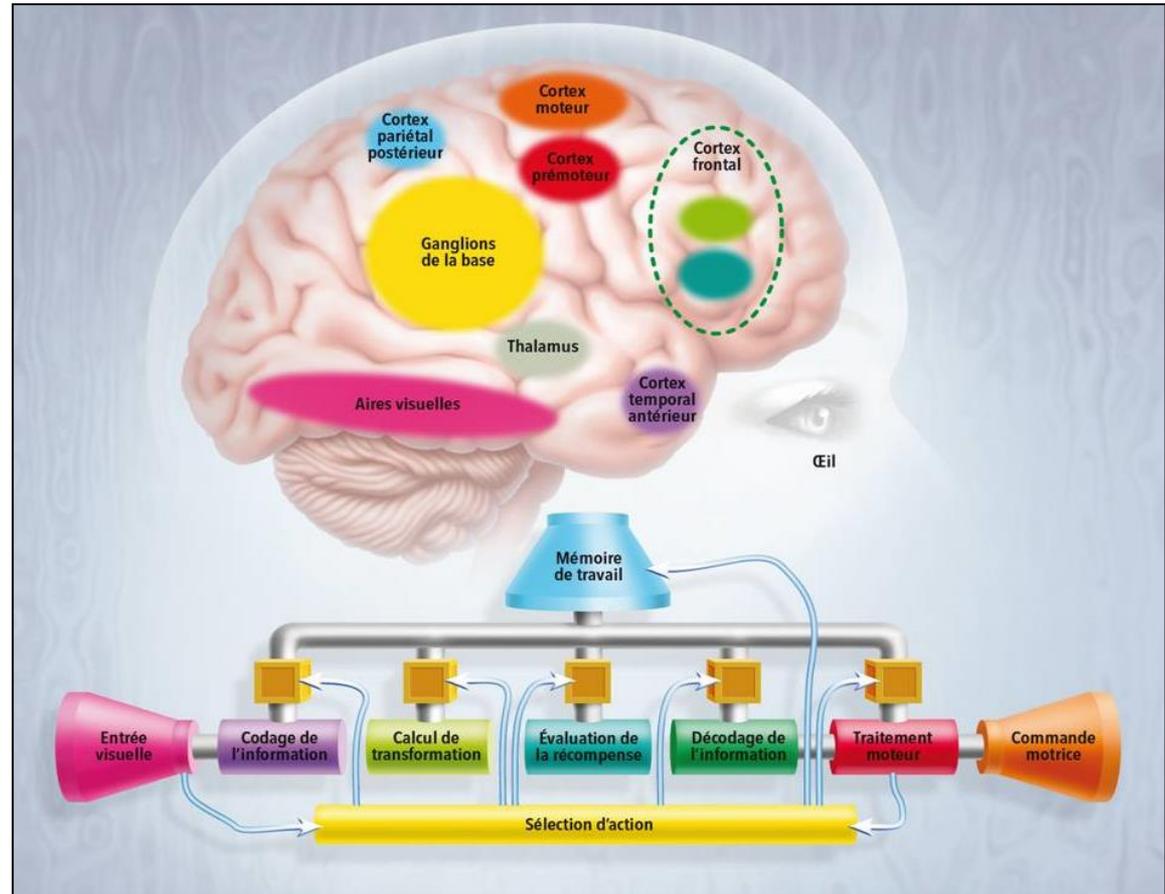
Startup  
Equalx



**240 classes de Cycles 1, 2 et 3.**  
**5760 élèves (800 questions)** dont déjà 4368 participants pour poursuivre les groupes collaboratifs 2017-18.

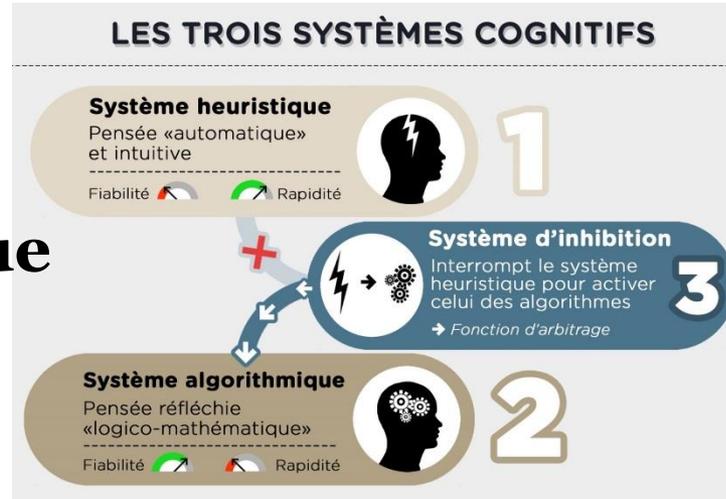


# A quoi sert le cerveau ?

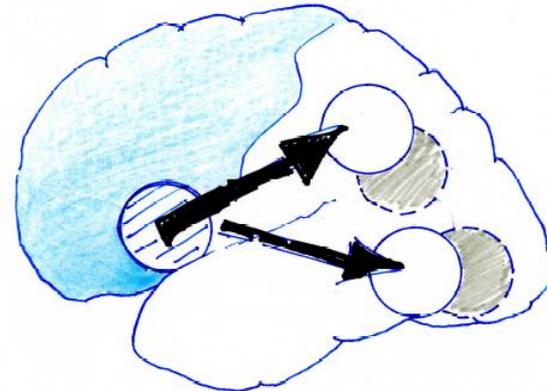
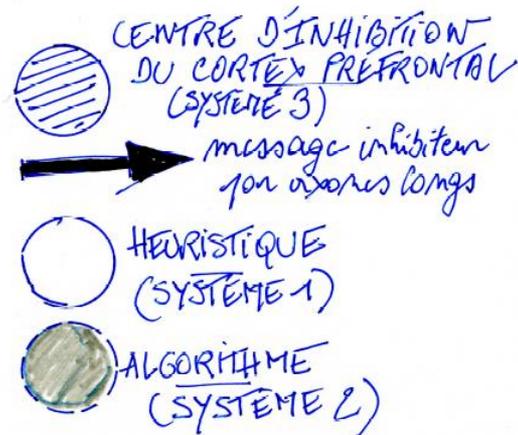
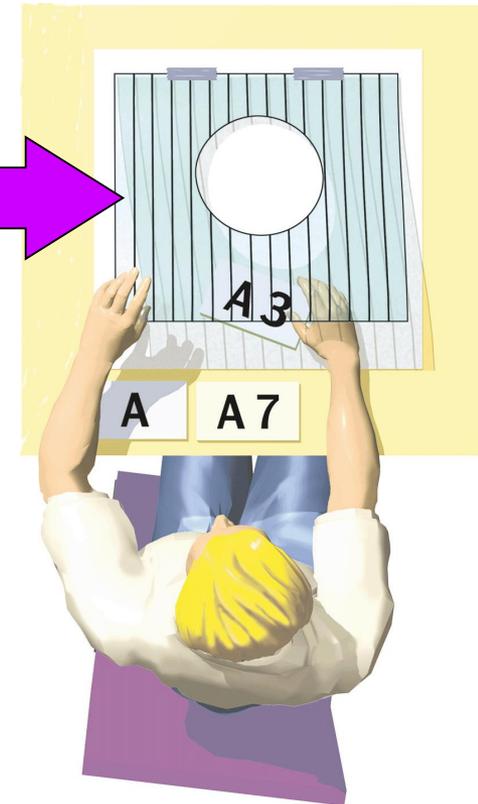


## Recommandations neuropédagogiques :

Analyse  
systématique  
des tâches  
selon :



Attrape-piège



Inhibition (S3)



UNIVERSITÉ  
**PARIS**  
**DESCARTES**

# Chaire Sorbonne Neuroéducation & créativité



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

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

# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



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

Jean-Michel  
**Blanquer**

**L'École  
de demain**

Propositions pour  
une Éducation nationale renouvelée



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école



## Dossier

### SOMMAIRE

- p. 38  
Connaître son cerveau pour mieux apprendre
- p. 44  
« Parler du cerveau aux élèves change tout »
- p. 50  
Bientôt de meilleurs élèves ?
- p. 58  
Le numérique à l'école, vers une nouvelle cognition ?

# LA NEUROÉDUCATION

**« Il sait bien sa leçon, mais le jour du contrôle il ne comprend pas l'énoncé. »**

Ou encore : « J'avais tout compris en classe, mais maintenant je ne sais pas faire l'exercice. » Et parfois : « Je ne comprends pas, j'ai du mal à me concentrer. » Elle est longue, la liste des incompréhensions et des blocages qui peuvent se dresser sur le chemin d'une scolarité réussie.

Or ces trois exemples décrivent des problèmes qu'une bonne connaissance du cerveau peut résoudre. Ainsi, comprendre l'énoncé, c'est savoir établir une connexion entre cet énoncé et ce que l'on a appris. Un geste mental qui repose sur le mécanisme d'inférence, bien étudié par des neuroscientifiques comme Stanislas Dehaene.



## Dossier

# CONNAÎTRE SON CERVEAU POUR MIEUX APPRENDRE

Par Olivier Houdé, Arnaud Cachia et Grégoire Borst.

- Les scientifiques décortiquent le fonctionnement du cerveau et commencent à en informer les professeurs et les élèves. Ils livrent des outils précieux pour mieux apprendre et mieux enseigner.

### EN BREF

● Pour compter et lire, l'enfant doit savoir inhiber certains automatismes mentaux.

● Une partie du cerveau, le cortex préfrontal, remplit cette fonction. Sa forme diffère d'un enfant à l'autre à la naissance, mais des techniques éducatives permettent de le muscler.

# T

ous les organes du corps imposent leurs lois à notre santé. C'est le rôle de la médecine expérimentale de les découvrir. De même, le cerveau, organe de la pensée et de l'apprentissage, impose ses lois à l'éducation. C'est le



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

SORBONNE



Laboratoire de Psychologie du Développement  
et de l'Éducation de l'enfant (**LaPsyDÉ**)  
UMR CNRS 8240



# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---



# De l'école au labo



Au niveau fonctionnel  
(IRMf)

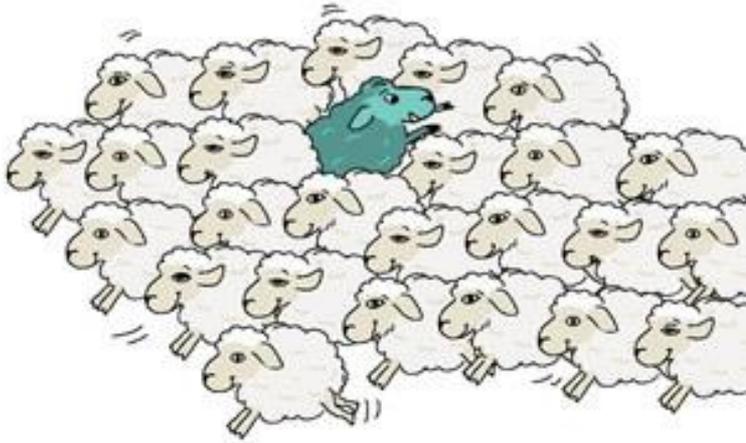


# Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé

## Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

apprendre  
DES MILLIARDS DE NEURONES DANS LE CERVEAU, SE CONNECTENT  
à résister  
EN RÉSEAUX POUR APPRENDRE. MAIS CELA CRÉE AUSSI DES  
olivier houdé  
AUTOMATISMES COGNITIFS AUXQUELS IL EST DIFFICILE DE RÉSISTER.



pour l'école, contre la terreur



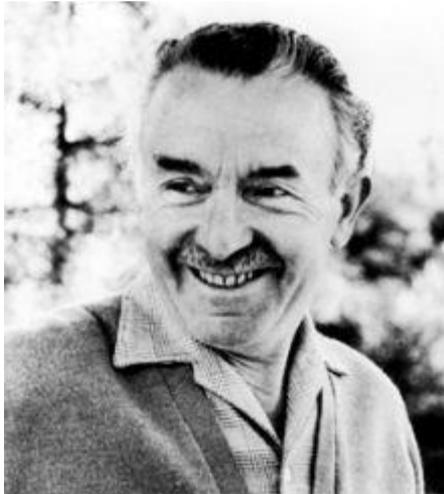
[ MANIFESTES LE POMMIER ! ]



**Colloque FNAME 2017, Paris, le 5 Octobre, Olivier Houdé**  
Comment le cerveau apprend ? Allers-Retours du labo à l'école

---

## **De Montessori, Freinet et Piaget**



**aux sciences cognitives**

O. Houdé, Bruxelles, Mardaga, mars 2018.