

Les grands principes de l'apprentissage

Stanislas Dehaene

Collège de France

et

Unité INSERM-CEA

de Neuro

NeuroSpin Center, Saclay, France

www.unicog.org



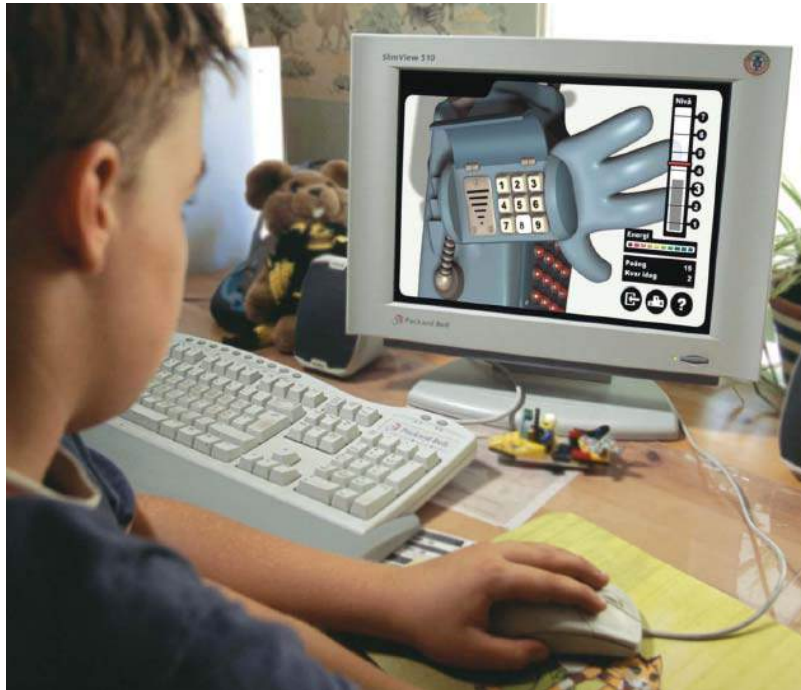
Sciences cognitives et éducation: L'ouverture d'un dialogue

- Les enseignants doivent avoir un bon modèle mental du cerveau de l'enfant –il est stupéfiant qu'ils connaissent souvent mieux le fonctionnement de leur voiture que celui du cerveau!
- Donner aux enseignants un bagage de **principes fondamentaux** sur la plasticité cérébrale et les apprentissages
- « Ce qu'on ne peut pas ne pas savoir » sur le cerveau de l'enfant:
 - Ses **compétences précoces**: vision, langage, nombres, géométrie...
 - Ses **algorithmes d'apprentissage**: le rôle de l'attention, du sommeil...
 - Les **difficultés** que tous les enfants rencontrent, mais aussi les réelles pathologies: dyslexie, dyscalculie, dyspraxie, troubles de l'attention.
- Nous avons tous une organisation cérébrale similaire: tous les enseignants doivent respecter certains principes fondamentaux.
- Ces principes sont compatibles avec une grande liberté pédagogique: l'enseignant comme un expérimentateur.

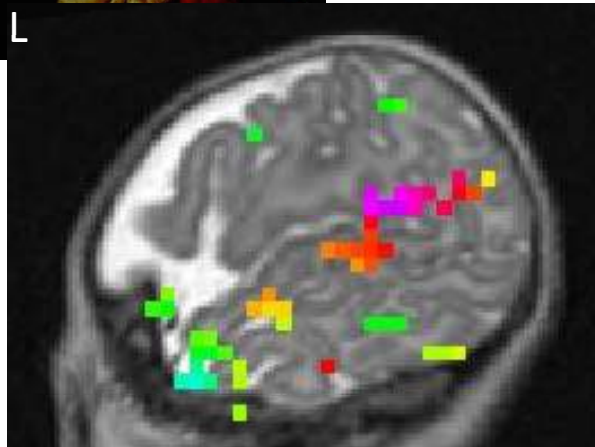
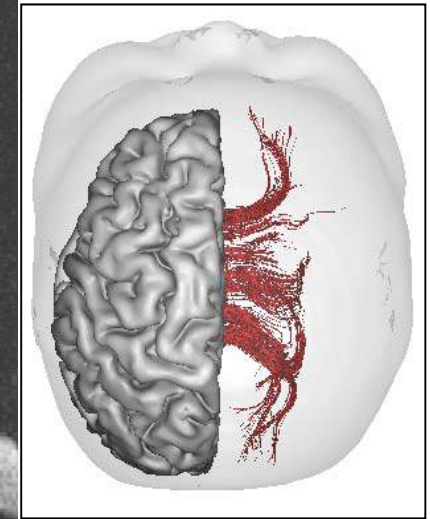
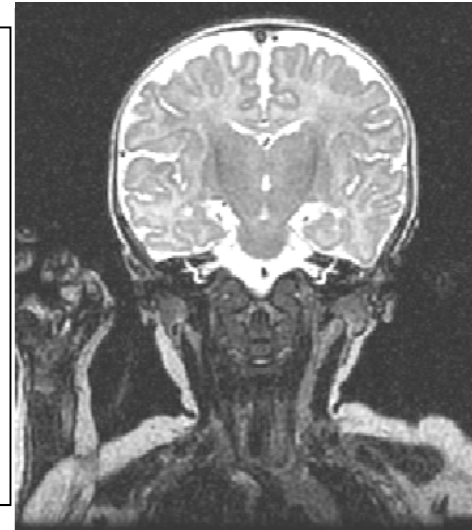
Les sciences cognitives: De nouvelles méthodes...



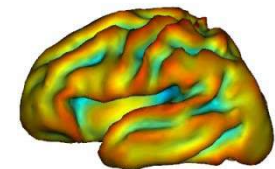
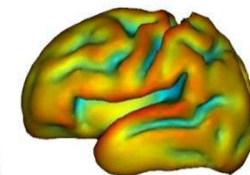
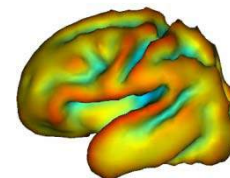
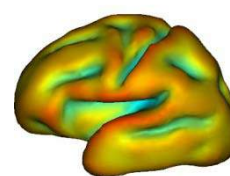
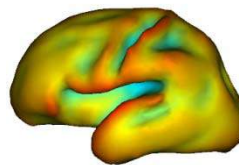
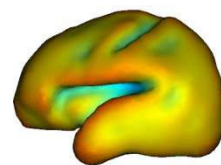
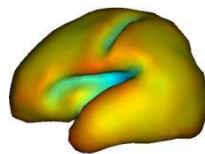
... d'autres plus classiques mais toujours essentielles



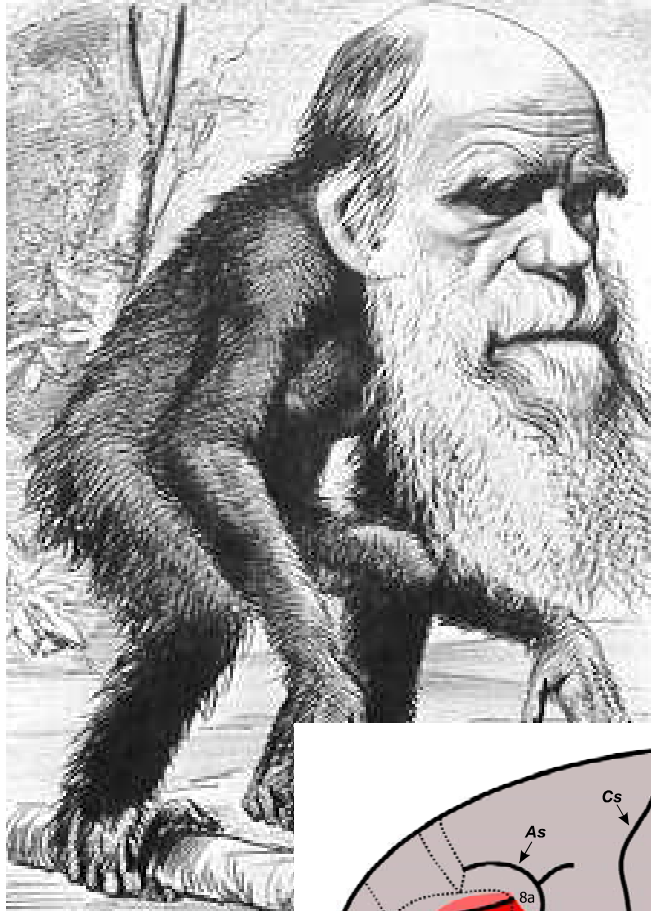
Première idée: le cerveau de l'enfant est structuré



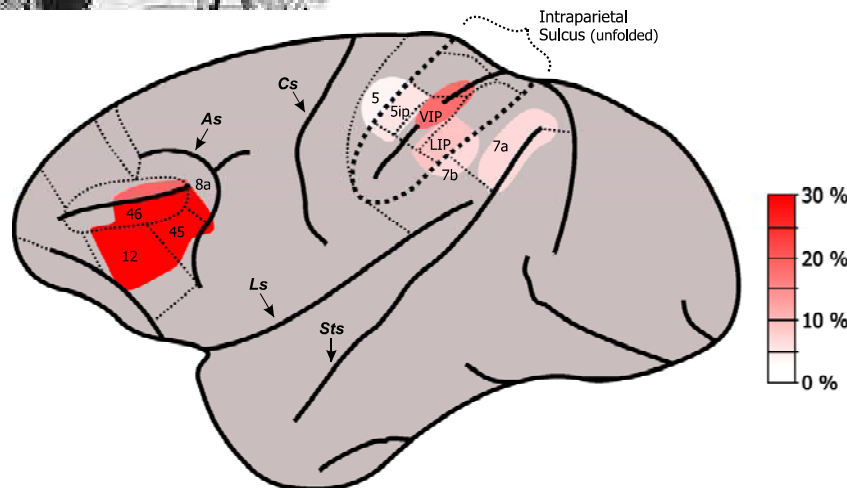
- Le cerveau est organisé dès la naissance. Il contient des connaissances innées, mais aussi des algorithmes sophistiqués d'apprentissage.



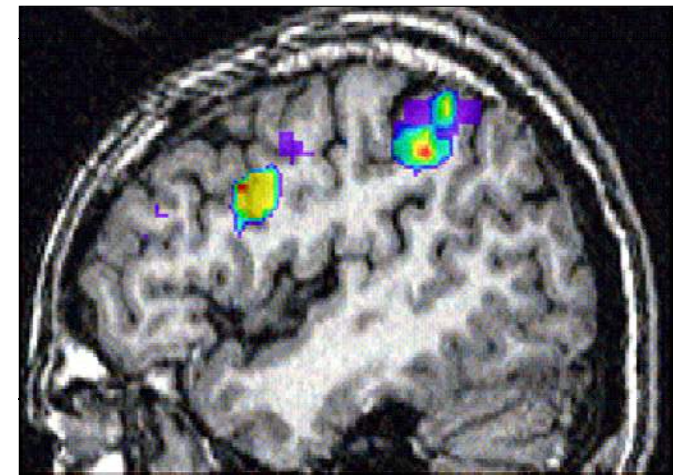
L'éducation comme un « recyclage neuronal »



- Nous héritons, de notre évolution, des représentations intuitives de domaines importants pour notre survie:
 - Espace, nombre, langage...
 - Mais pas d'évolution propre à la lecture, à l'écriture, à l'arithmétique formelle!
- L'apprentissage **recycle** ces systèmes cérébraux pour de nouveaux usages culturels.
- L'enfant dispose d'intuitions non-conscientes sur lesquelles l'enseignant peut et doit s'appuyer.



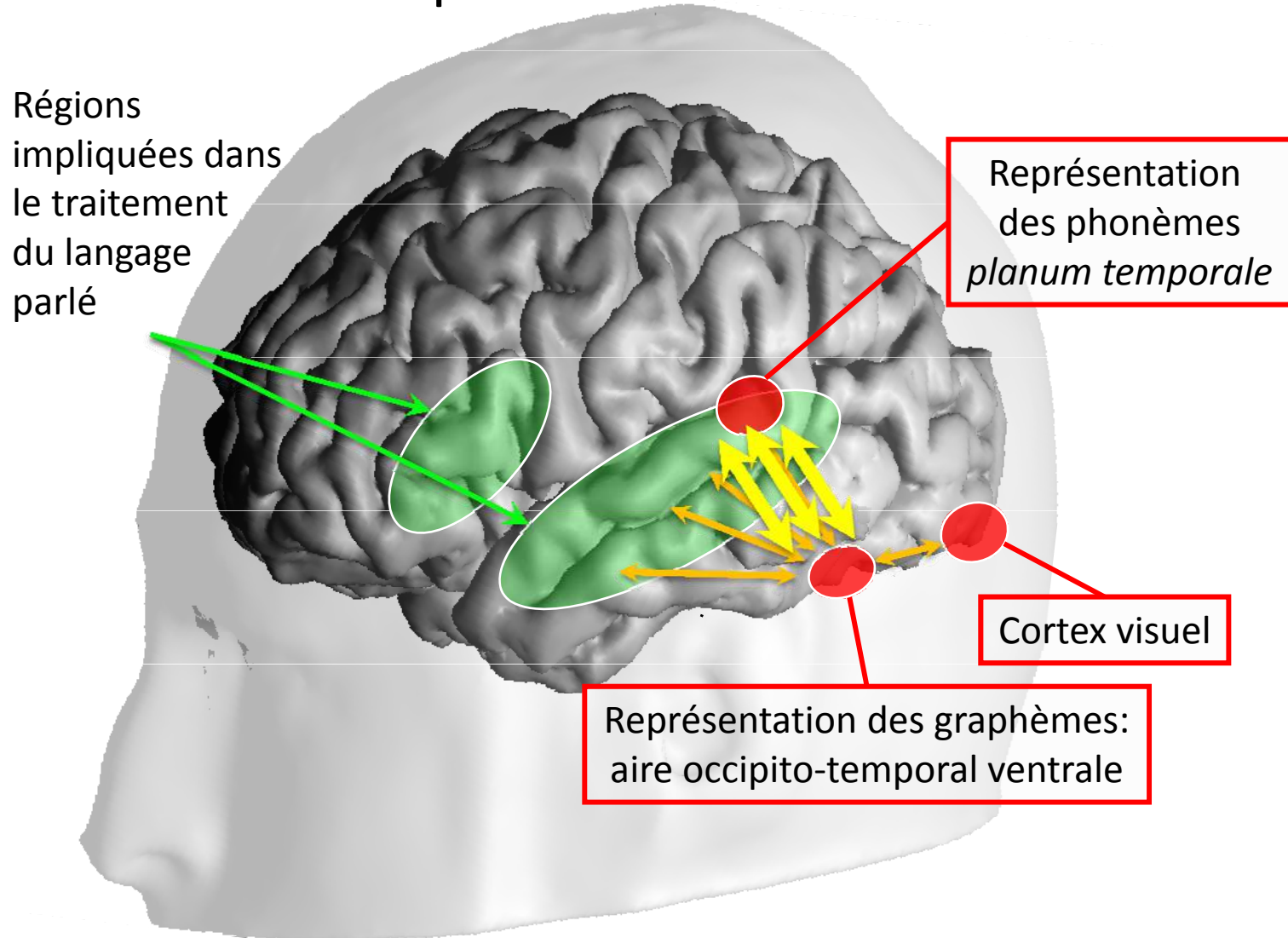
Le sens des nombres chez le singe



Les réseaux de l'arithmétique humaine

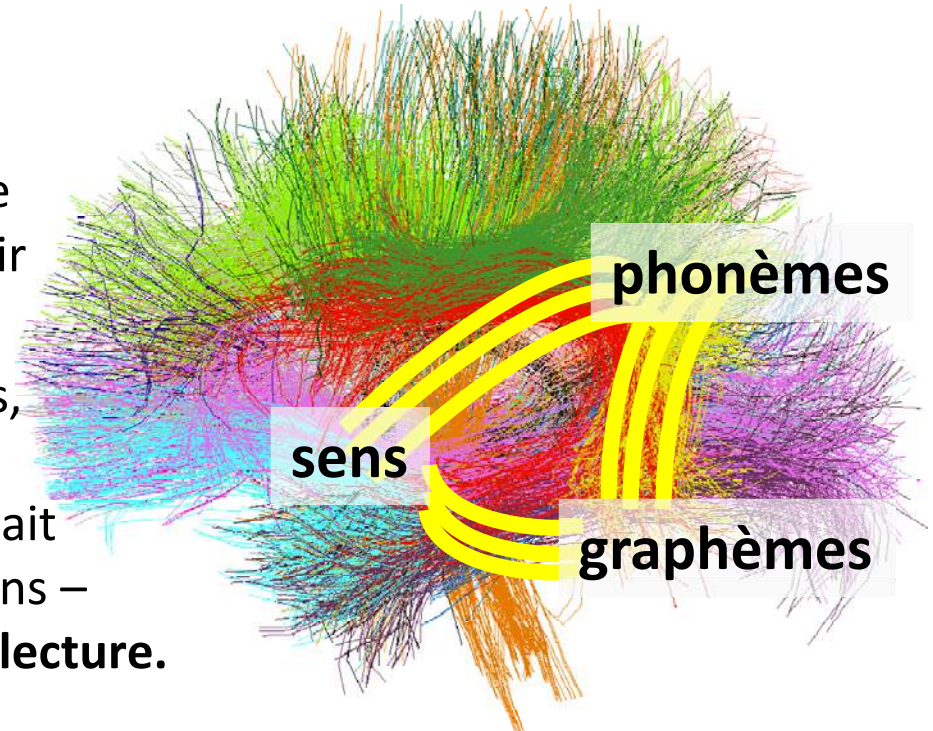
Conséquence: les circuits cérébraux qui sous-tendent les apprentissages sont fortement reproductibles.

Exemple de la lecture



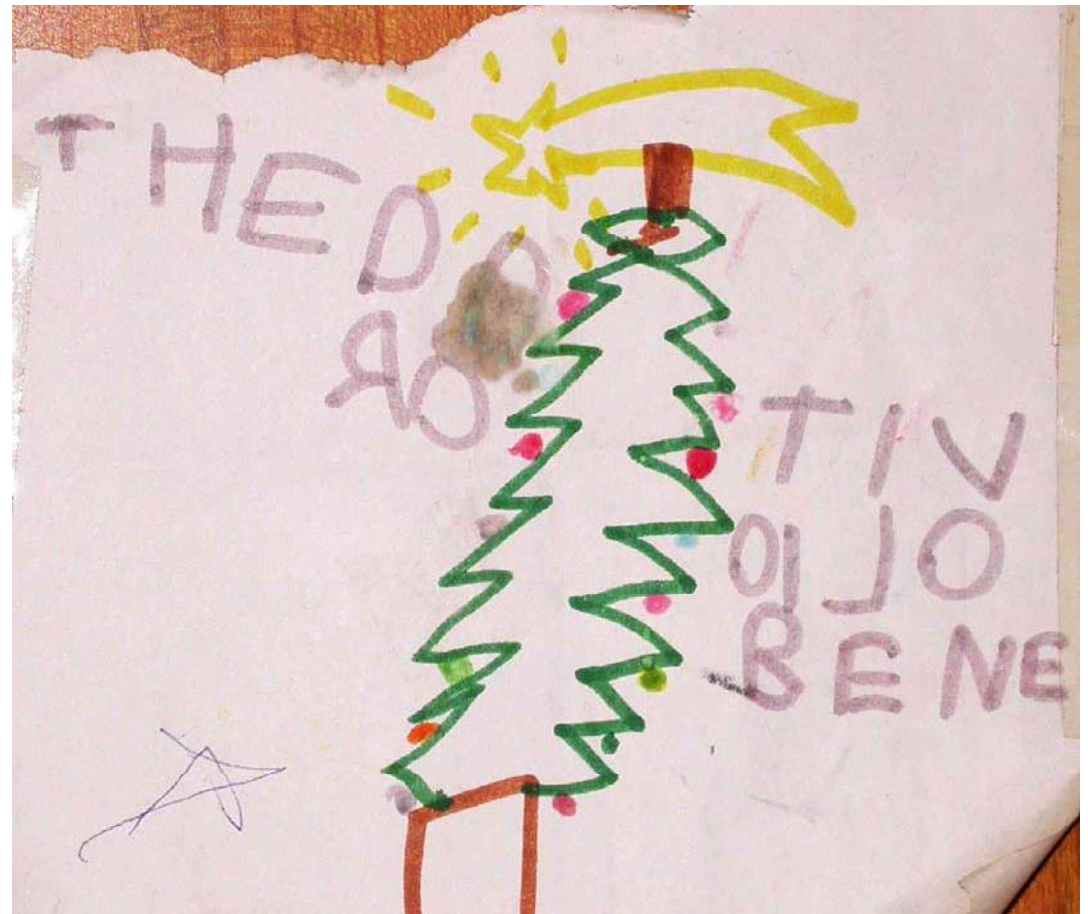
Comment enseigner la lecture?

- L'apprentissage de la lecture spécialise certaines aires du cortex visuel pour la **reconnaissance des chaînes de lettres**, et les relie aux codes des **sons du langage**.
- Ce lien (le *principe alphabétique*) ne va pas de soi pour l'enfant: il faut lui en enseigner explicitement tous les détails.
- Les sciences cognitives convergent avec les sciences de l'éducation:
 - l'apprentissage des correspondances graphème-phonème est la manière la plus rapide d'acquérir la lecture et la compréhension.
 - Une fois ces correspondances établies, un **auto-enseignement** se produit: l'enfant déchiffre les mots, les reconnaît dans son lexique oral, et accède au sens – entraînant ainsi une **seconde voie de lecture**.



L'explication d'un petit mystère de l'apprentissage: l'écriture et la lecture en miroir

La réinvention du « boustrophédon »

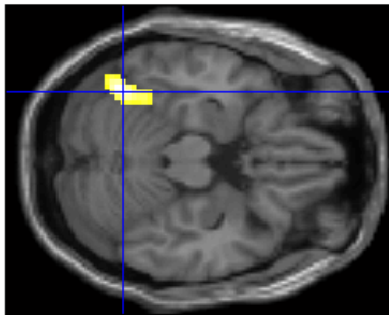
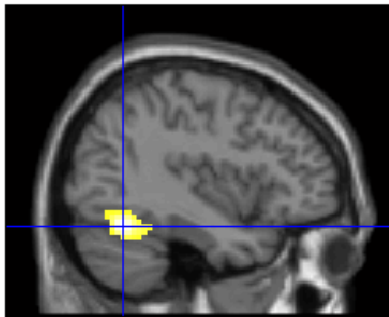


Expliquer les erreurs en miroir

- Notre cerveau contient un mécanisme de reconnaissance visuelle invariante, qui a évolué pour reconnaître les objets et les visages, quelle que soit leur orientation.



odil libo



Amorçage en miroir
pour les images

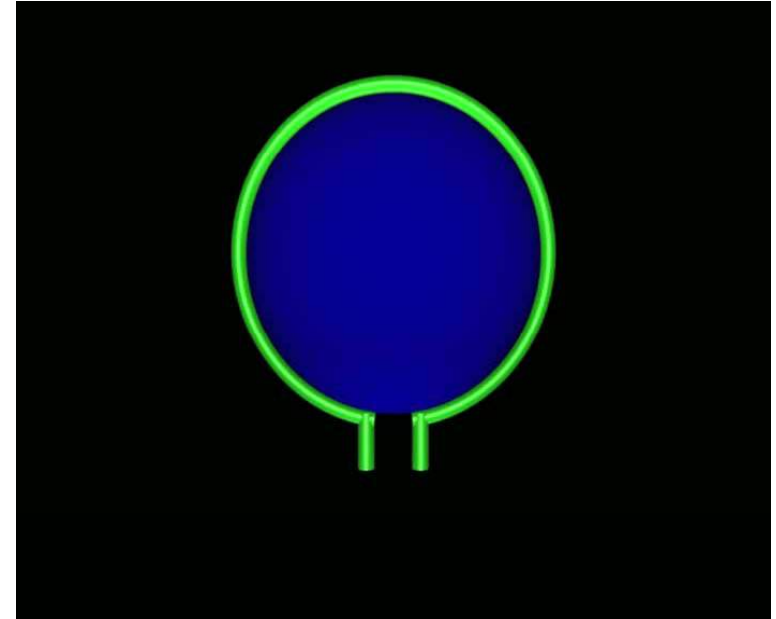
Cette généralisation en miroir doit être **désapprise** lorsque nous apprenons à lire.

Nous apprenons à reconnaître les lettres précisément avec la région qui présente la plus grande capacité de généralisation en miroir.

- Pas étonnant que *tous* les enfants éprouvent des difficultés avec les lettres en miroir
- Rien à voir avec la dyslexie, sauf si cette difficulté se prolonge

Seconde idée: Le bébé, machine à apprendre

- Le cerveau contient, dès la naissance, un **algorithme d'apprentissage statistique** extrêmement sophistiqué (apprentissage statistique Bayésien)
- L'enfant se comporte comme « un scientifique au berceau (Gopnik):
 - Le cerveau dispose, d'emblée, d'un jeu d'**hypothèses hiérarchiques**, qu'il projette sur le monde extérieur, et dont certaines sont très abstraites (exemples: « le monde est constitué d'objets rigides »; « principe de causalité »)
 - Il sélectionne ces hypothèses ou schémas mentaux en fonction de leur **plausibilité** au vu des expériences qu'il fait ou des entrées qu'il reçoit.
 - L'attention, la récompense, l'erreur, la curiosité, le sommeil, sont des éléments importants de cet algorithme encore imparfaitement compris.



L'enfant regarde plus longtemps l'événement impossible



Quatre piliers de l'apprentissage

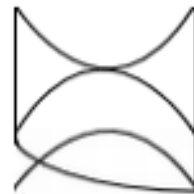
Les neurosciences cognitives ont identifié au moins quatre facteurs qui déterminent la vitesse et la facilité d'apprentissage:

- **L'attention**
- **L'engagement actif**
 - importance de l'évaluation et de la méta-cognition
- **Le retour d'information**
 - signaux d'erreurs
 - motivation et récompense
- **La consolidation**
 - L'automatisation: transfert du conscient au non-conscient, et libération de ressources.
 - Le sommeil

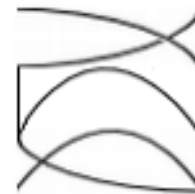
Pilier 1: l'attention

- L'attention est le mécanisme qui nous sert à **sélectionner** une information et à en **moduler** le traitement.
- Au moins trois systèmes attentionnels (selon Michael Posner):
 - **alerte** : modulation globale de la vigilance
 - **orientation** (spatiale): sélection d'une entrée
 - **contrôle exécutif**: sélection d'une chaîne de traitement, résolution des conflits entre tâches.
- L'attention module massivement l'activité cérébrale et facilite l'apprentissage.

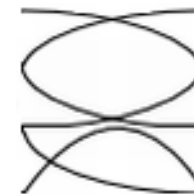
- Exemple: lecture locale ou globale: expérience de Yoncheva et al. (2010), avec McCandliss



tab



tar



ten



nut

La cécité inattentionnelle (*inattentional blindness*)



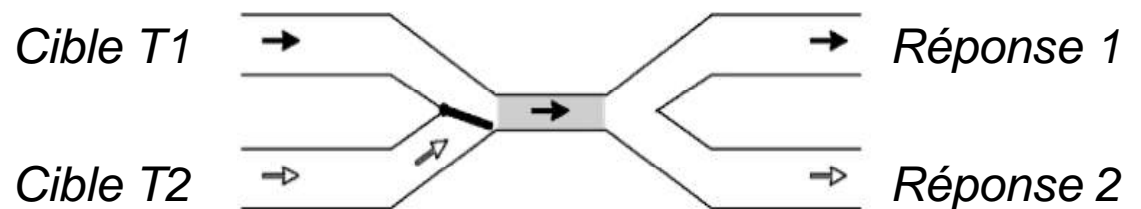
Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Perception, 28(9), 1059-1074.

Les limites de l'attention

- Nous ne pouvons pas réaliser deux tâches simultanément.
- Lorsque nous sommes engagés dans une tâche donnée, les stimuli non-pertinents peuvent devenir littéralement invisibles.

- Même s'ils sont visibles, leur traitement est massivement différé (*période psychologique réfractaire*).

Goulot d'étranglement central (Pashler, 1994)



- Conséquences pour l'éducation:
 - Peut-être le plus grand talent d'un enseignant consiste à **canaliser et captiver**, à chaque instant, **l'attention de l'enfant**.
 - l'enseignant doit créer des matériaux attrayants mais qui ne distraient pas l'enfant de sa tâche primaire.
 - Prendre garde à ne pas créer de « **double tâche** », notamment pour les enfants « dys » ou en difficulté.

L'entraînement du contrôle exécutif: un bénéfice majeur



- Le contrôle exécutif (capacité d'inhiber un comportement indésirable, de rester concentré en présence d'une distraction, de résister à un conflit) peut être entraîné chez l'enfant – de même que la mémoire de travail.
- Exemple: 5 jours de jeux vidéos, chez l'enfant de 4 à 6 ans, améliorent le contrôle exécutif et le QI (Rueda et al., 2005, avec Posner)
- La méditation, l'entraînement au contrôle moteur (Montessori), la pratique d'un instrument de musique peuvent avoir des effets similaires (revues dans Diamond, *Science* 2011).
- Les effets se généralisent à de très nombreux domaines.
- Les enfants de milieu défavorisé en bénéficient le plus.



Pilier 2. L'engagement actif

Un organisme passif n'apprend pas.

L'apprentissage est optimal lorsque l'enfant alterne apprentissage et **test répété de ses connaissances.**

Cela permet à l'enfant d'apprendre à *savoir quand il ne sait pas* (métacognition).

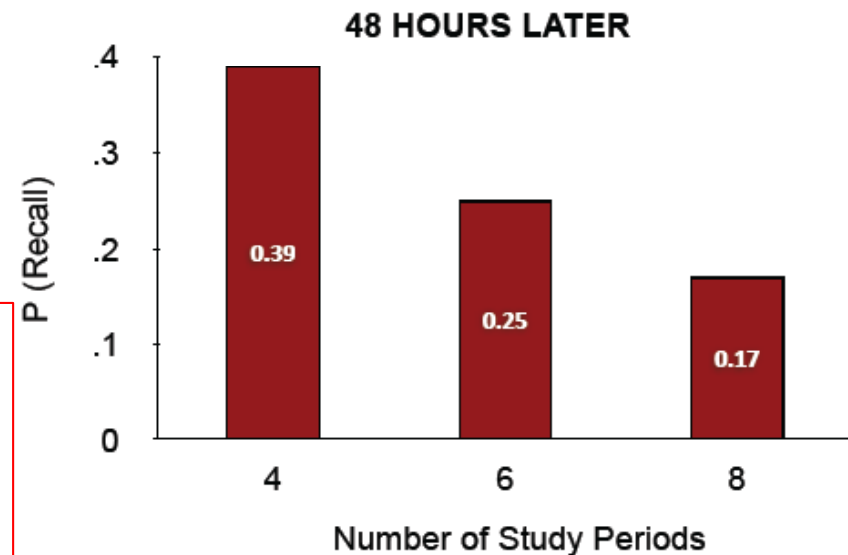
Expériences de Henry Roediger et al. (notamment *Science*, 2008)

*Vaut-il mieux étudier
ou se tester?*

*48 h plus tard, c'est le nombre de tests
qui compte, pas le temps d'étude.*

ST ST ST ST	4 study, 4 test
ST SS ST SS	6 study, 2 test
SS SS SS SS	8 study, 0 test

“Rendre les conditions d'apprentissage plus difficiles, ce qui oblige les étudiants à un surcroît d'engagement et d'effort cognitif, conduit souvent à une meilleure rétention.” (Zaromb, Karpicke et Roediger, 2010)



Pilier 3: le retour d'information

- Le rôle essentiel de la **prédiction** et de l'**erreur de prédiction**

Selon un modèle en vue de l'apprentissage, notre cerveau utilise des **modèles internes** afin de générer des **prédictions** sur le monde extérieur.

L'apprentissage se déclenche lorsqu'un **signal d'erreur** montre que cette prédiction n'est pas parfaite → pas d'apprentissage si tout est parfaitement prévisible.

Le signal d'erreur peut venir d'une correction explicite (enseignant) ou de la détection endogène d'un décalage entre prédiction et observation (surprise).

Les signaux d'erreur se propagent dans le cerveau, sans que nous en ayons nécessairement conscience, et **ajustent sans cesse nos modèles mentaux**.

- Quelques conséquences pour l'éducation

L'erreur ou l'incertitude sont normales – elles sont même indispensables.

Elles n'impliquent ni sanction ni punition. Les punitions ne font qu'augmenter la peur, le stress, et le sentiment d'impuissance.

Privilégier la motivation positive et la récompense qui modulent l'apprentissage.

Le terme de récompense n'implique ni *behaviorisme* ni conditionnement. Il y a une récompense dans le regard des autres et la conscience de progresser.

Pilier 4: la consolidation: Transfert de l'explicite vers l'implicite

Au début de l'apprentissage, le cortex préfrontal est fortement mobilisé: traitement **explicite, conscient, avec effort**.

Progressivement, l'**automatisation** transfère les connaissances vers des réseaux non-conscients, libérant les ressources.

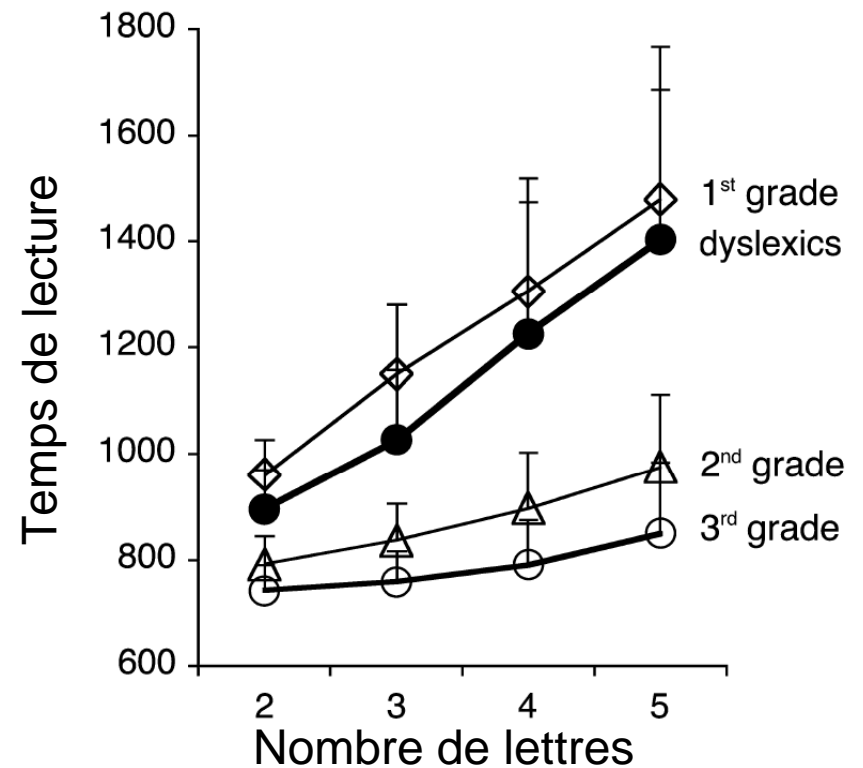
Exemple de la lecture:

Au début, l'enfant retient les correspondances graphème-phonème sous forme de règles explicites, qu'il applique une par une lorsqu'il lit un mot.

Par la suite, le décodage devient de plus en plus routinier et fondé sur des connaissances implicites, rapides et non-conscientes.

Cette automatisation est essentielle:

Lorsque la lecture devient fluide et automatique, l'enfant cesse de se concentrer sur le décodage et peut mieux réfléchir au sens du texte.



Revenons en enfance...

Il n'y a peut-être pas de jour de notre enfance que nous n'ayons si pleinement vécu, ceux que nous avons passés avec un livre préféré.

Marcel Proust, *Sur la lecture*

L'importance du sommeil dans les apprentissages

- Le sommeil fait partie intégrante de notre algorithme d'apprentissage
- Il intervient dans la **consolidation** des apprentissages: après une période d'apprentissage, une période de sommeil, même courte, améliore
 - la mémoire
 - la généralisation
 - la découverte de régularités (*insight*)
- Durant le sommeil, notre cerveau rejoue (parfois à vitesse accélérée) les décharges neuronales éprouvées pendant la veille.
- Conséquences:
 - (1) **L'amélioration du sommeil** peut être une intervention très efficace, notamment pour les enfants avec troubles de l'attention
 - (2) il faut **distribuer l'apprentissage** : tous les jours!

Conclusion: un enseignement structuré et cohérent

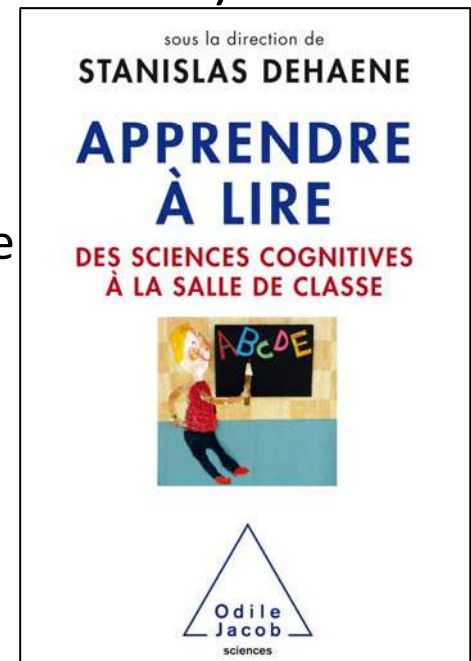
Le cerveau de l'enfant est structuré dès la naissance, ce qui lui confère des intuitions profondes.

Il est doté de puissants algorithmes d'apprentissage, capables d'inférences statistiques d'une grande logique.

Conséquence: L'école doit fournir à ce « super-ordinateur » un environnement enrichi – un enseignement structuré et exigeant (tout en étant accueillant, généreux, et tolérant à l'erreur).

Exemple des règles de lecture au CP:

- Enseignement explicite du code alphabétique:
 - Correspondance spatio-temporelle, de gauche à droite
 - Enseignement systématique des correspondances graphème – phonème, dans un ordre rationnel
- Choix rationnel des exemples et des exercices:
 - Concordance avec l'enseignement



Quelques mots de prudence...

- Toute recherche scientifique présente une part d'incertitude
- Beaucoup des résultats de sciences cognitives et d'imagerie cérébrale sont récents et demandent à être confirmés.
- Même si les processus cognitifs de l'enfant étaient entièrement connus, on ne pourrait pas en déduire, directement, quelle est « la » méthode optimale d'enseignement.
- Par le passé, certaines tentatives de passage trop rapide de la connaissance scientifique à l'enseignement ont conduit à des erreurs. (L'idée de lecture globale est d'ailleurs issue de la psychologie: Cattell, Claparède, Piaget, Wallon)
- Les sciences cognitives ne prescrivent pas de méthode unique d'enseignement
- Elles peuvent, par contre, contribuer à **évaluer scientifiquement** l'efficacité de méthodes existantes.

Des ressources pour les enseignants et les parents

- Bientôt... un site d'accès aux connaissances en sciences cognitives pertinentes pour l'éducation: MonCerveauALEcole.com
- Des jeux éducatifs gratuits, conçus par des chercheurs:

La Course aux Nombres
petits nombres et comptage
www.LaCourseAuxNombres.com

L'Attrape-Nombres
base 10 et nombres à deux chiffres
www.AttrapeNombres.com

