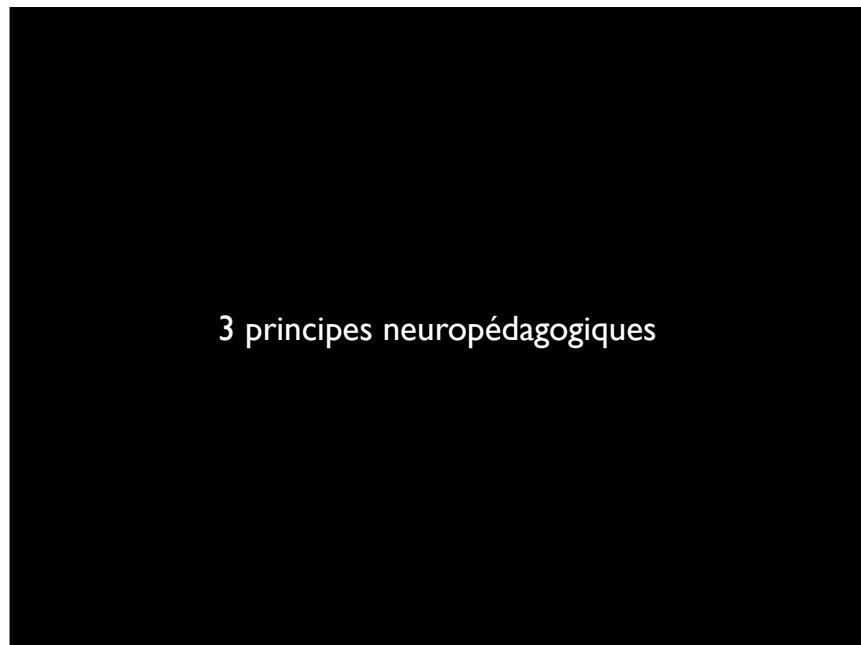




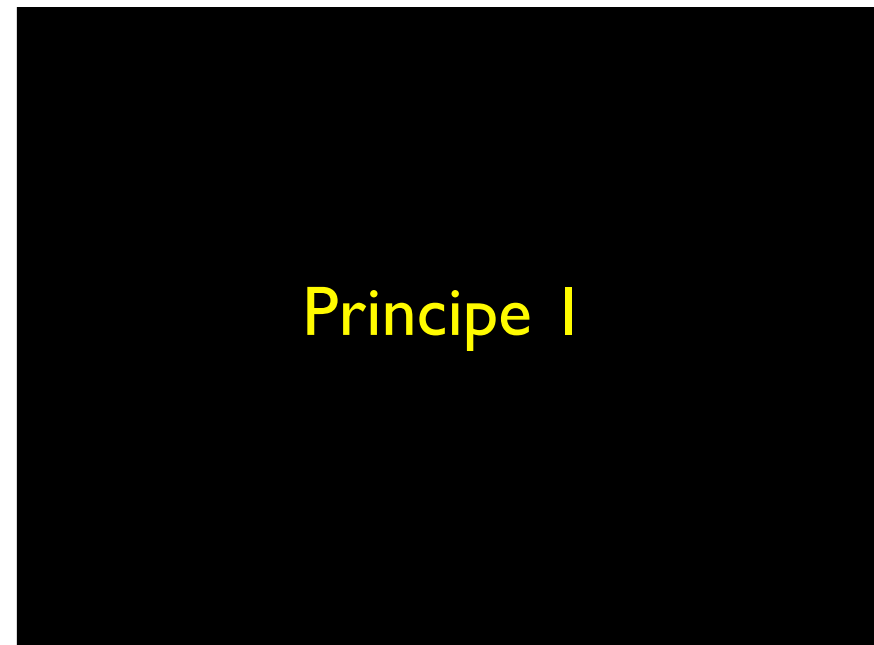
1



2



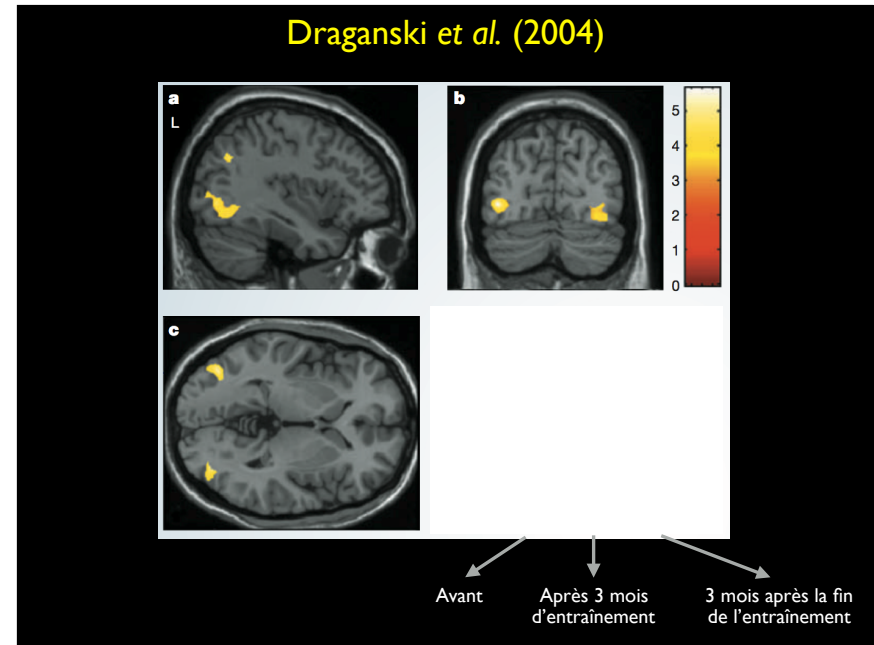
3



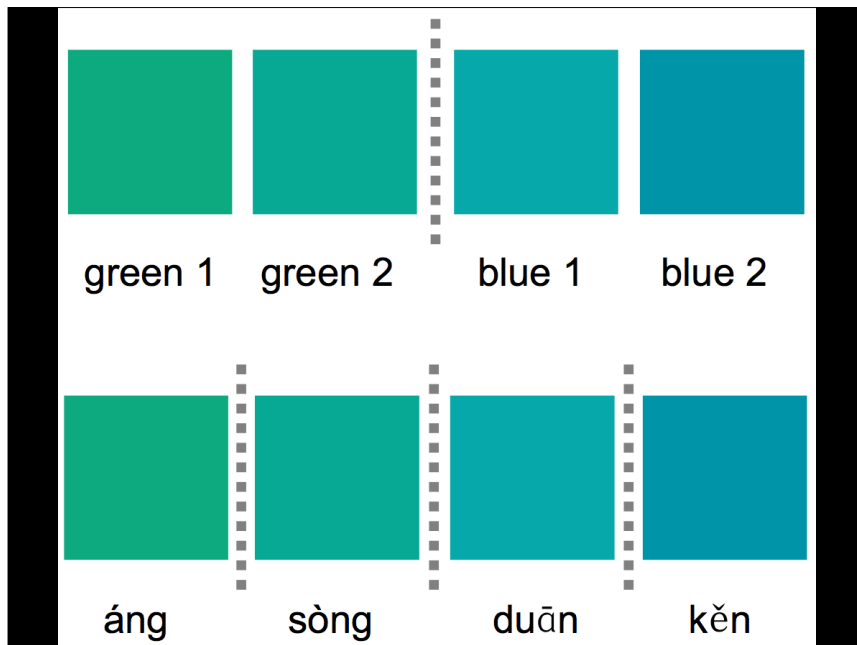
4



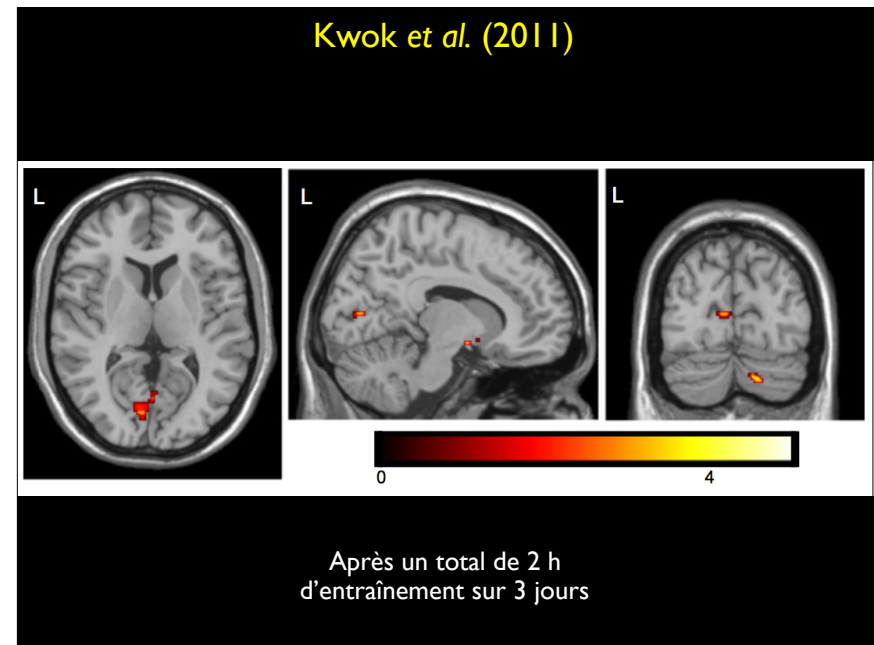
5



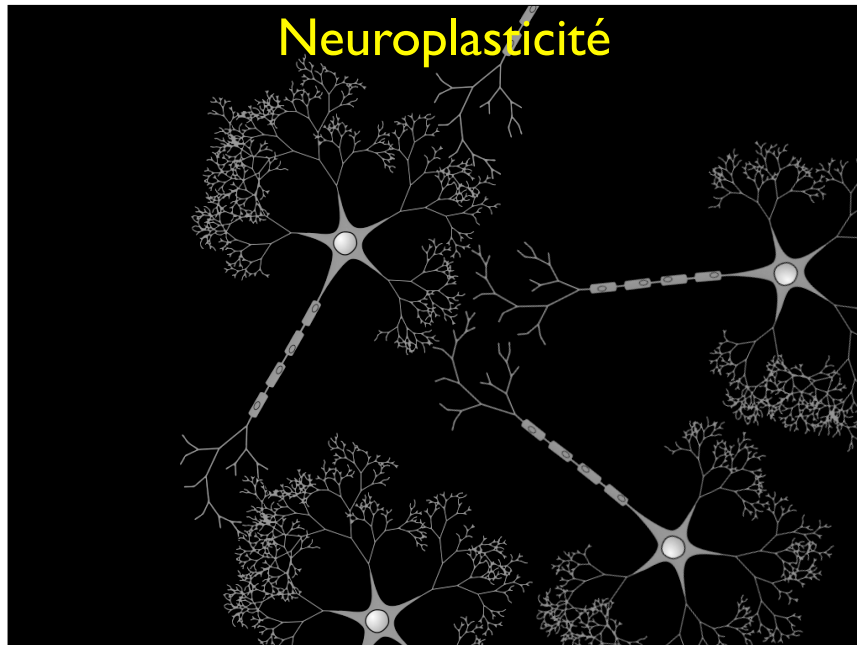
6



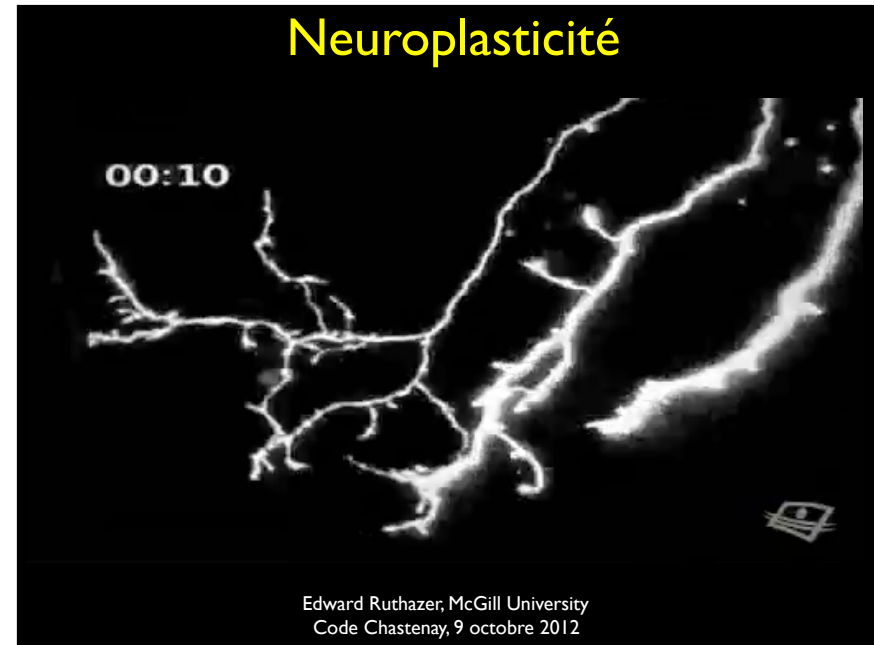
7



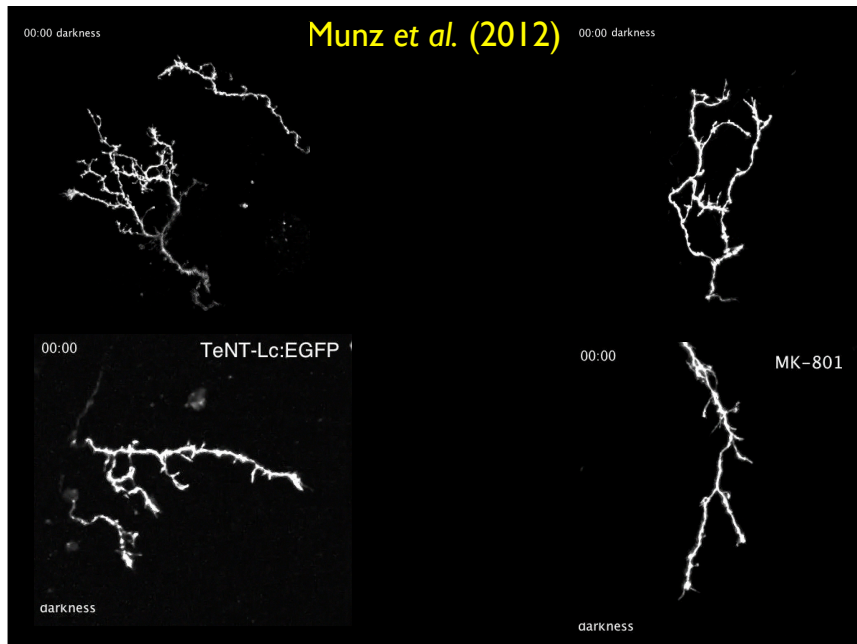
8



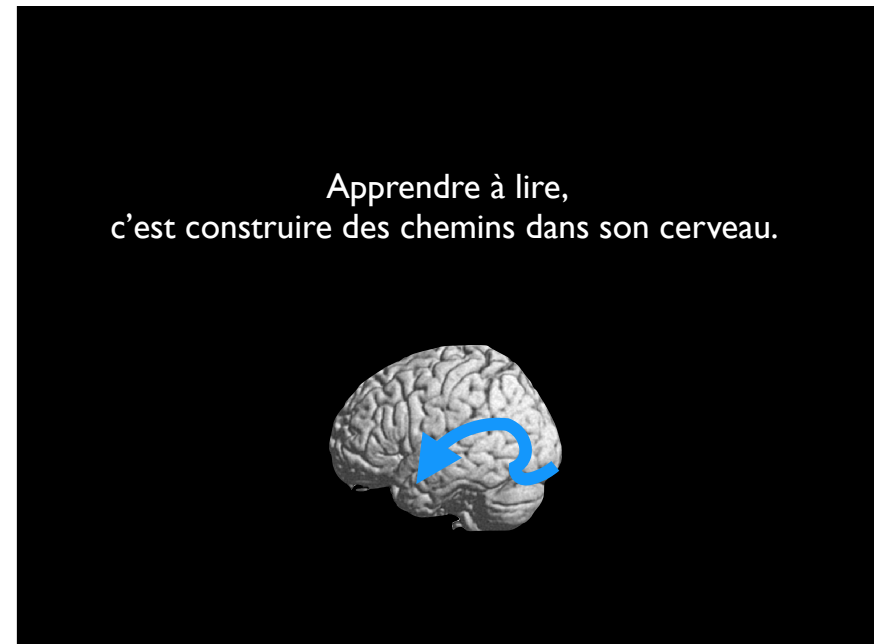
9



10

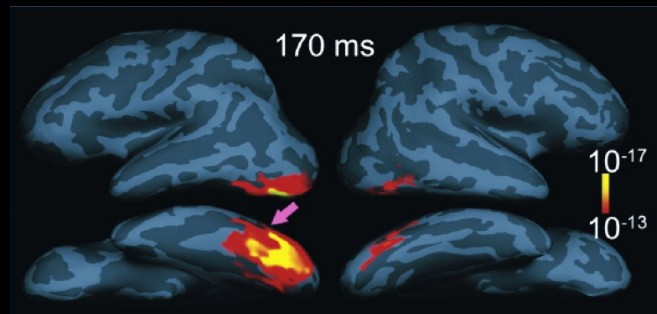


11



12

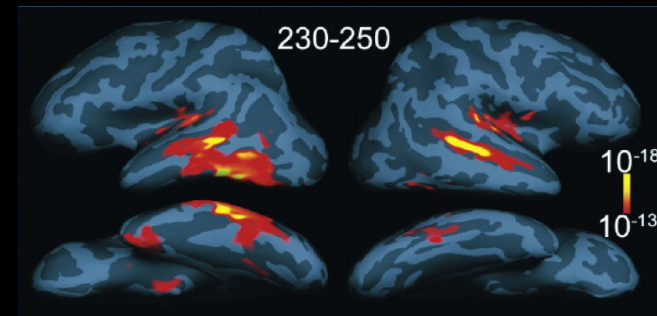
Marinkovic et al. (2003)



Cortex occipito-temporal gauche

13

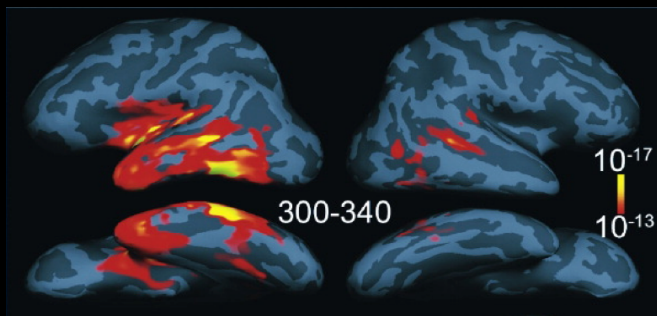
Marinkovic et al. (2003)



Régions du langage

14

Marinkovic et al. (2003)



Régions du langage

15

Les neurones qui s'activent ensemble se connectent ensemble.

Les neurones qui s'activent ensemble de façon répétée se connectent ensemble.

16



17

Pour apprendre,  
l'élève doit être actif.

Pour apprendre,  
le cerveau de l'élève doit être actif.

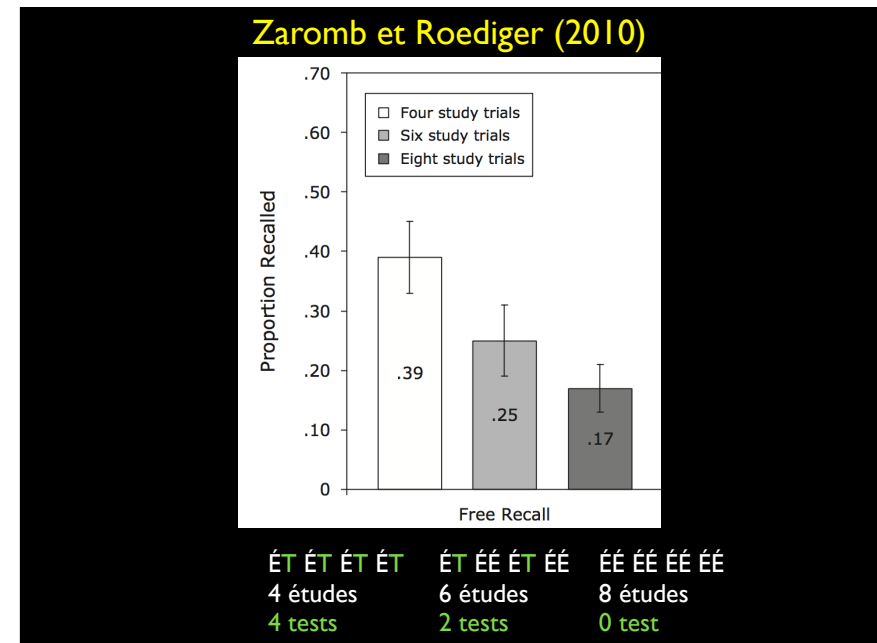
18

Il ne faut pas juste répéter.

Il faut réactiver.

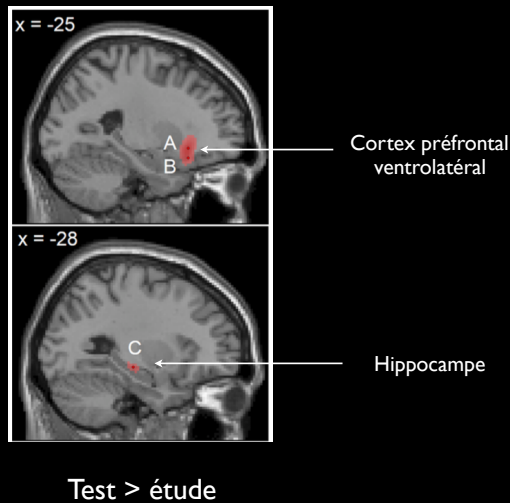
Beaucoup d'études sur l'importance de  
la récupération en mémoire (« retrieval practice »).

19



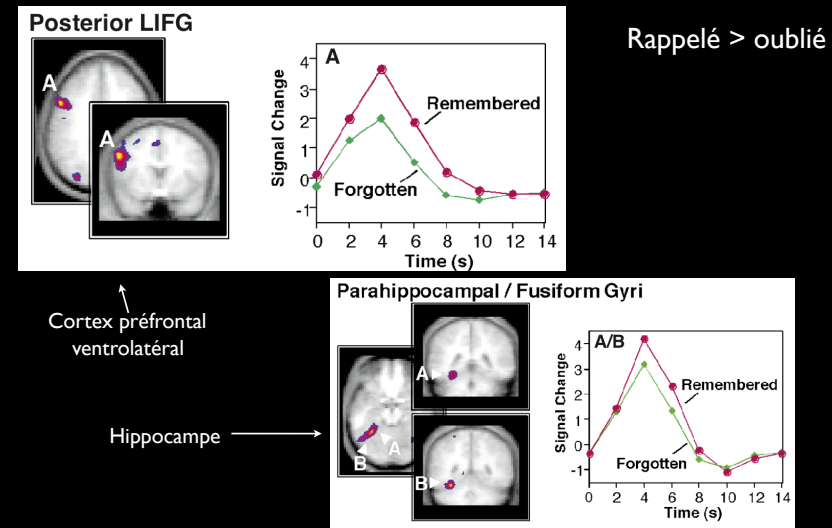
20

Vestergren et al. (2014)



21

Wagner et al. (1998)



22

Principe I - Activation neuronale répétée  
Activer à plusieurs reprises les neurones liés à un apprentissage

Comment?

- Tester : exercices, évaluations formatives, mini-tests, examen, etc.
- Montrer comment étudier (en se posant des questions à soi-même).
- Questionner, faire enseigner, interagir, etc.
- ...

23

DOSSIER NEUROSCENCES ET PÉDAGOGIE  
1. Des relations complexes  
Pour que s'activent les neurones

Le cerveau a une grande capacité à modifier ses connexions neuronales pour s'adapter et apprendre. Aux enseignants d'utiliser cette plasticité et de favoriser l'activation neuronale répétée.

Steve Mason, professeur à l'Université du Québec à Montréal, directeur du Laboratoire de recherche en neuroéducation

**A**pprendre change le cerveau. L'entraînement. Lorsqu'on apprend, de nouvelles connexions neuronales peuvent se former et des connexions existantes peuvent se renforcer, s'affaiblir ou même se dissoudre. Lors d'une répétition, le cerveau se réorganise pour s'adapter à de nouvelles situations.

Il existe un ensemble de neurones qui régissent ces modifications cérébrales. Lors d'une répétition, ces neurones se connectent à d'autres neurones qui régissent ces modifications cérébrales. Lors d'une répétition, ces neurones se connectent à d'autres neurones qui régissent ces modifications cérébrales.

**LE CERVEAU EST COMME UNE FORÊT**  
Pour mieux comprendre le cerveau, il est utile de le comparer à une forêt. Dans une forêt, les arbres sont les neurones et les branches sont les connexions neuronales. Lorsque l'on apprend, de nouvelles branches se forment et des branches existantes se renforcent.

Le cerveau a une grande capacité à modifier ses connexions neuronales pour s'adapter et apprendre. Aux enseignants d'utiliser cette plasticité et de favoriser l'activation neuronale répétée.

**LES LIENS AVEC L'ÉDUCATION**  
Ce mécanisme lié à la plasticité cérébrale permet de mieux comprendre certains phénomènes éducatifs, et en tout premier lieu la nécessité de la pratique et de la répétition. Pour apprendre, il faut changer les connexions dans son cerveau et pour y arriver, il faut répéter les apprentissages de façon répétée. Ensuite, ce mécanisme permet aussi d'expliquer pourquoi les élèves oublient souvent ce qu'ils apprennent à l'école.

De façon plus fondamentale, ce mécanisme nous a permis de mieux comprendre pourquoi certains élèves ont plus de difficultés à apprendre que d'autres. En effet, si les erreurs commises résultent de réseaux de neurones qui sont mal connectés dans le cerveau, alors il ne suffit pas de leur donner plus d'informations, il faut modifier ces connexions neuronales. Ainsi, ce n'est pas parce qu'un élève ne réussit pas à apprendre à une certaine tâche qu'il a une déficience intellectuelle, c'est parce que ses connexions neuronales ne sont pas encore suffisamment fortes pour réussir à cette tâche.

11 Les Cahiers de la pédagogie 1/10/11 p. 103-107

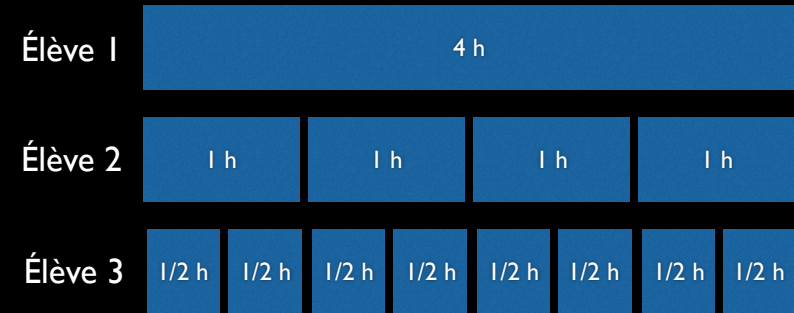
labneuroeducation.org/publications/

24

## Principe 2

25

## Espacement

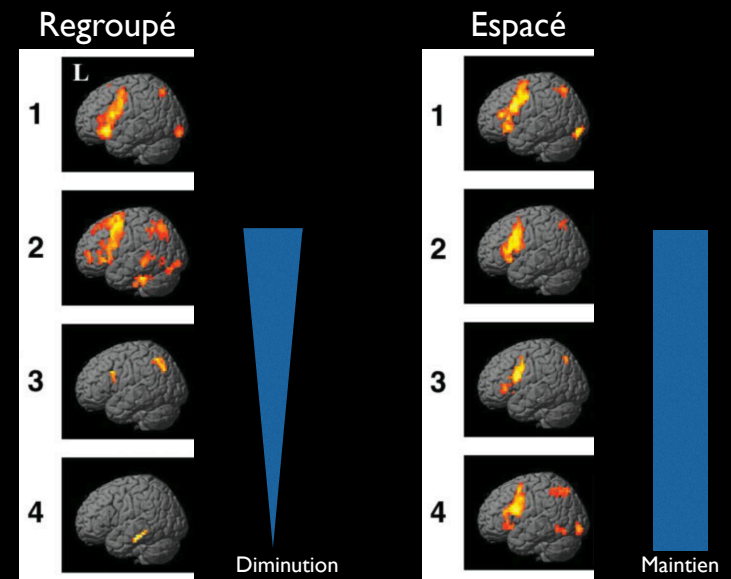


26

Effet 1 - Plus grande activation

27

## Callan et al. (2010)

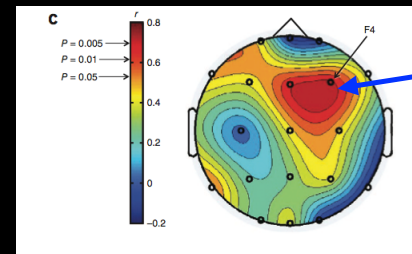
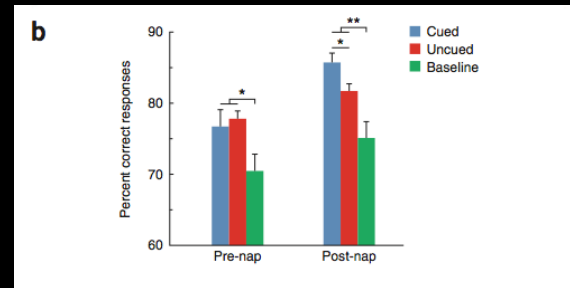


28

Effet 2 - Réactivation durant le sommeil

29

Antony et al. (2012)



Près du cortex pré-moteur lié à la main utilisée

30

Effet 3 - Plus d'apprentissage et moins d'oubli

31

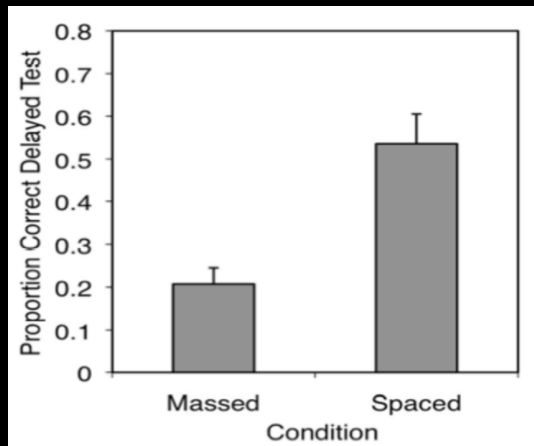
Kornell (2009)

Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5																																																																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> </table> <p><i>Spaced (x2)</i></p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> </table> <p><i>Spaced (x2)</i></p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> </table> <p><i>Spaced (x2)</i></p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> </table> <p><i>Spaced (x2)</i></p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<p><i>Test all 40 pairs.</i></p>
1	2	3	4	5																																																																																
6	7	8	9	10																																																																																
11	12	13	14	15																																																																																
16	17	18	19	20																																																																																
1	2	3	4	5																																																																																
6	7	8	9	10																																																																																
11	12	13	14	15																																																																																
16	17	18	19	20																																																																																
1	2	3	4	5																																																																																
6	7	8	9	10																																																																																
11	12	13	14	15																																																																																
16	17	18	19	20																																																																																
1	2	3	4	5																																																																																
6	7	8	9	10																																																																																
11	12	13	14	15																																																																																
16	17	18	19	20																																																																																
<table border="1"> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> </table> <p><i>Massed (x8)</i></p>	21	22	23	24	25	<table border="1"> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> </table> <p><i>Massed (x8)</i></p>	26	27	28	29	30	<table border="1"> <tr><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td></tr> </table> <p><i>Massed (x8)</i></p>	31	32	33	34	35	<table border="1"> <tr><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td></tr> </table> <p><i>Massed (x8)</i></p>	36	37	38	39	40																																																													
21	22	23	24	25																																																																																
26	27	28	29	30																																																																																
31	32	33	34	35																																																																																
36	37	38	39	40																																																																																

32



## Kornell (2009)



33

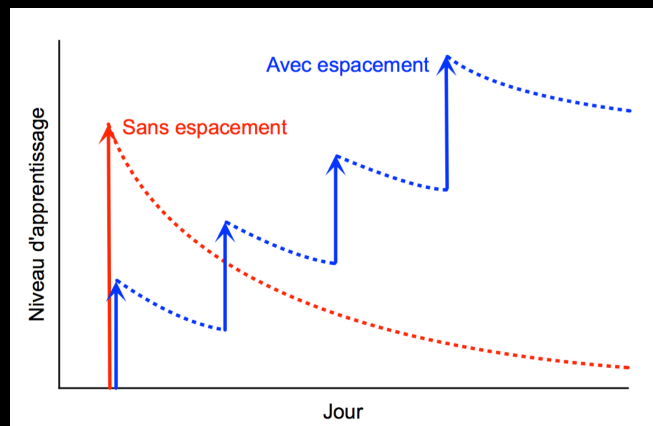
L'effet d'espacement a été observé dans plusieurs contextes (Gerbier et Toppino, 2015) :

1. Avec des élèves de différents âges
2. Pour différents sujets : vocabulaire, statistiques, histoire, psychologie, lecture, sciences, neurosciences, etc.
3. Pour des apprentissages simples et complexes
4. Chez différents animaux

34

## Avantages d'espacer les périodes d'apprentissage

1. On apprend plus.
2. On oublie moins vite.

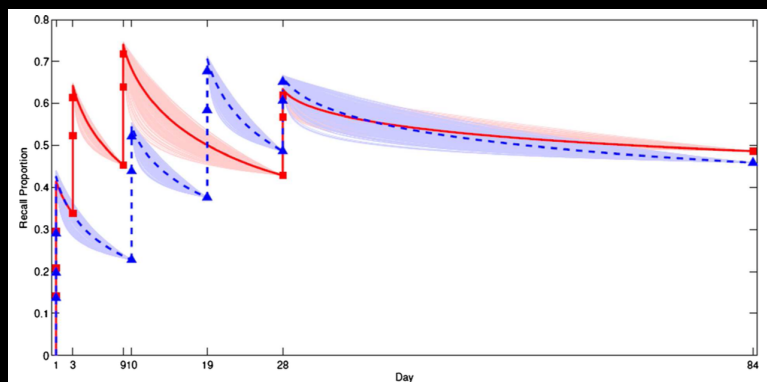


35

Quel est l'espacement optimal?

36

## Kang et al. (2014)



Il est souvent préférable d'augmenter l'espacement.

37

## Principe 2 - Espacement

### Espacer les périodes d'apprentissage.

#### Comment?

- Lors de la planification, répartir le temps alloué à un apprentissage (ex. 4 x 30 min plutôt que 1 x 2 heures).
- Revenir sur les contenus déjà appris (ex. capsules de révision).
- Donner des devoirs sur des contenus abordés.
- Montrer comment étudier : espacer les périodes d'études.
- Faire des examens/exercices cumulatifs (ancien + nouveau contenu).
- ...

39

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev/Feb	Mar	Avr/Apr	Mal/May	Jun
Sem/week 1	J1									
	J2		Test 2		Test 5	Test 6				
	J3									
	J4		Exercice 5	Test 4						
	J5						Devoir 6		Test 8	
Sem/week 2	J1		Devoir 3				Exercice 13			Devoir 8
	J2									
	J3		Exercice 6	Exercice 9						
	J4							Devoir 7		
	J5									
Sem/week 3	J1	Démo 1 Exercice 1	Test 3							
	J2	Devoir 1		Devoir 4						
	J3	Exercice 2			Exercice 11	Exercice 12				
	J4	Exercice 3								
	J5		Exercice 7							
Sem/week 4	J1	Test 1								
	J2						Test 7			
	J3	Correction test 1		Exercice 10					Exercice 14	
	J4									
	J5	Exercice 4			Devoir 5					
Sem/week 5	J1		Exercice 8							
	J2	Devoir 2								
	J3									

38

Dossier

### Aider les élèves à transformer leur cerveau en espaçant les périodes d'apprentissage

**Steve Mizon**  
Docteur en psychologie et Directeur du Laboratoire de recherche en neuroéducation  
Université du Québec à Montréal  
mizon@uqam.ca

Dans cet article, il sera question de l'un des principes pédagogiques les plus efficaces pour aider les élèves à apprendre : l'espacement des périodes d'apprentissage. Après avoir présenté les effets de l'espacement sur les apprentissages et le cerveau des élèves, des stratégies seront suggérées à la fin de l'article pour faciliter la mise en application du principe d'espacement en classe.

**L'espacement des périodes d'apprentissage aide les élèves à apprendre**  
Lors d'un effet bien et rigide, les connexions neuronales du cerveau des élèves changent constamment pour permettre d'apprendre et de résoudre. Cette plasticité cérébrale est influencée par différents facteurs. L'un des plus importants est la durée entre les périodes d'apprentissage. Un effet, de plus en plus étudié, montre que l'espacement des périodes d'apprentissage facilite considérablement l'apprentissage (Karni, 2009) et la consolidation des connexions neuronales.

La figure 1 compare qualitativement deux situations d'apprentissage. La ligne rouge représente ce qui se produit lorsque l'on regroupe les périodes d'apprentissage allouées à un certain apprentissage. Si, par exemple, on consacre quatre heures

travaux en lien avec un apprentissage cessent de s'activer ensemble, sans conséquence d'affaiblissement et peuvent même se défaire.

La ligne bleue de la figure 1 montre quant à elle ce qui se produit lorsque l'on espacement les périodes d'apprentissage. Si au lieu d'être regroupées, les quatre mêmes heures d'enseignement sont étalées sur quelques jours, deux phénomènes sont observables. Le premier concerne le niveau d'apprentissage des élèves qui est plus élevé à la suite des quatre heures d'enseignement espacées qu'à la suite des quatre heures regroupées. Le deuxième phénomène est que les élèves oublient moins vite ce qu'ils ont appris de façon espacée. Espacer les périodes d'apprentissage a donc deux effets bénéfiques : améliorer l'apprentissage et diminuer l'oubli.

La figure 1 compare qualitativement deux situations d'apprentissage. La ligne rouge représente ce qui se produit lorsque l'on regroupe les périodes d'apprentissage allouées à un certain apprentissage. Si, par exemple, on consacre quatre heures

labneuroeducation.org/publications/

40

# Principe 3

41

# Conception de l'intelligence

## Dynamique vs fixe

42

# Da Fonseca et al. (2007)

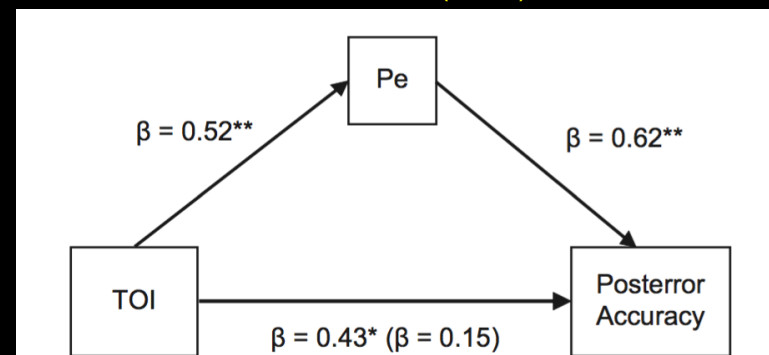
TIDI : questionnaire des théories implicites de l'intelligence

	Pas du tout d'accord						Tout à fait d'accord
1. Il faut beaucoup travailler pour être intelligent	1	2	3	4	5	6	7
2. Le niveau d'intelligence change peu même si on fait des efforts	1	2	3	4	5	6	7
3. Pour être intelligent, il faut beaucoup apprendre	1	2	3	4	5	6	7
4. Pour être intelligent, il faut avoir certaines qualités dès la naissance	1	2	3	4	5	6	7
5. Ton intelligence s'améliore obligatoirement en travaillant	1	2	3	4	5	6	7
6. C'est difficile de changer son niveau d'intelligence	1	2	3	4	5	6	7

Revue *L'Encéphale*, 2007, 33, 579-84

43

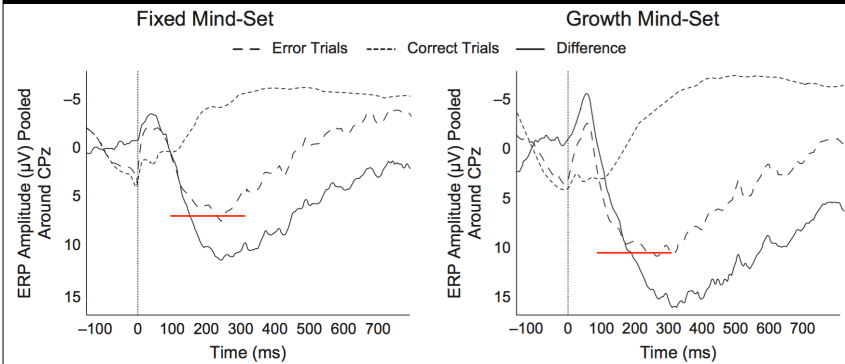
# Moser et al. (2011)



**Fig. 2.** Mediation model showing the effect of theory of intelligence (TOI) on posterror accuracy as mediated by the error positivity component (Pe) of the event-related potential. The value in parentheses indicates the relationship between TOI and posterror accuracy after controlling for Pe amplitude. Statistical significance is indicated by asterisks (\* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ ).

44

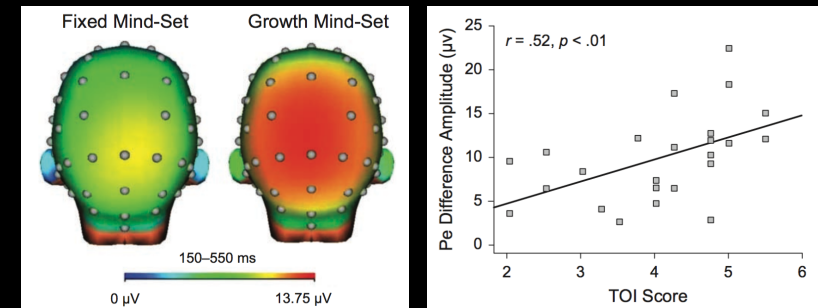
## Moser et al. (2011)



Plus grande « Positivity error » (Pe)  
si théorie dynamique de l'intelligence

45

## Moser et al. (2011)



Plus grande « error positivity component »  
si conception dynamique de l'intelligence

46

Est-il possible de développer  
une conception dynamique de l'intelligence?

47

## Schroder et al. (2014)



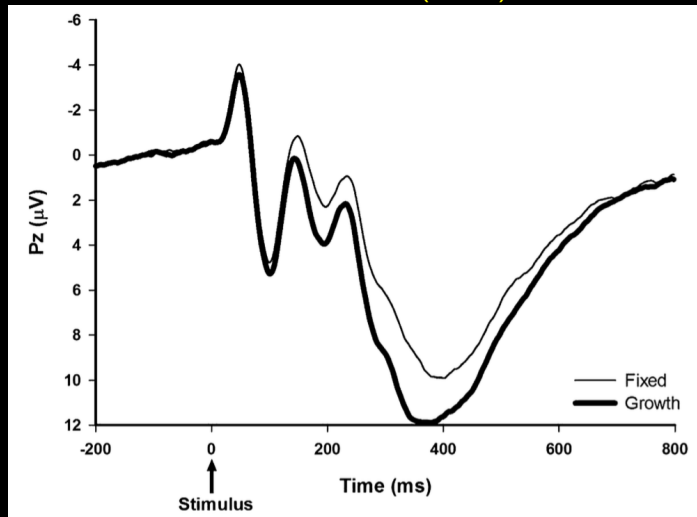
### ABSTRACT

Messages about how much our abilities can change – or “mindset” messages – affect learning, achievement, and performance interpretations. However, the neurocognitive mechanisms responsible for these effects remain unexplored. To address this gap, we assessed how a mindset induction influenced cognitive control brain activity. **Participants were randomly assigned to read that intelligence was either malleable (growth-mindset condition) or immutable (fixed-mindset condition)** before completing a reaction-time task while electroencephalogram was recorded. Findings revealed that inducing a growth mindset resulted in enhanced attention to task-relevant stimuli, whereas inducing a fixed mindset enhanced attention to responses. Despite enhanced attention to responses in the fixed mindset group, this attention allocation was unrelated to adaptive performance adjustments. In contrast, **the growth mindset induction produced a relatively strong coupling between error-related attention allocation and adaptive post-error performance.** These results suggest that growth- and fixed-mindset messages have differential effects on the neural dynamics underlying cognitive control.

Intervention  
2 groupes  
Lire un texte  
sur l'intelligence

48

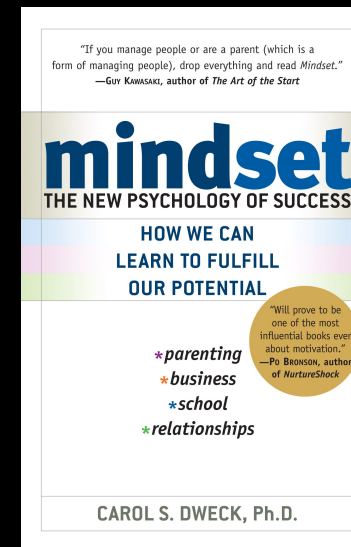
## Schrader et al. (2014)



Le groupe ayant lu un texte lié à une conception dynamique de l'intelligence (Growth) Vs fixe

49

## Dweck (2006)



Conception fixe Vs dynamique de l'intelligence

Plus de motivation  
Plus d'effort  
Plus de correction d'erreurs



Version française (2010)

50

### HOW TO ENCOURAGE STUDENTS

**Growth Mindset**  
What to say:

"When you learn how to do a new kind of problem, it grows your math brain!"

"If you catch yourself saying, 'I'm not a math person', just add the word 'yet' to the end of the sentence."

"That feeling of math being hard is the feeling of your brain growing."

"The point isn't to get it all right away. The point is to grow your understanding step by step. What can you try next?"



**Fixed Mindset**  
What not to say:

"Not everybody is good at math. Just do your best."

"That's OK, maybe math is not one of your strengths."

"Don't worry, you'll get it if you keep trying."

"If students are using the wrong strategies, their efforts might not work. Plus they may feel particularly inept if their efforts are fruitless."

"Great effort! You tried your best!"

"Don't accept less than optimal performance from your students."



SOURCE: Carol Dweck

<http://www.edweek.org/ew/articles/2015/09/23/carol-dweck-revisits-the-growth-mindset.html>

51

## Comment encourager les élèves?

### Conception dynamique

Quoi dire?

Quand tu apprends comment résoudre un nouveau type de problème, cela développe ton cerveau mathématique!

Si tu te surprends à dire « je ne suis pas bon en maths », fais juste ajouter le mot « encore » à ta phrase.

La sensation que tu ressens quand les mathématiques sont difficiles, c'est la sensation de ton cerveau qui se développe.

L'objectif, ce n'est pas de tout réussir d'un coup. L'objectif est de développer ta compréhension étape par étape. Que peux-tu essayer d'autre?

### Conception fixe

Quoi ne pas dire?

Ce n'est pas tout le monde qui est bon en maths. Fais juste de ton mieux.

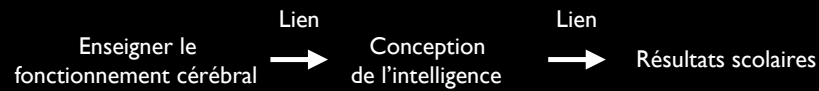
C'est correct. Peut-être que les mathématiques, ce n'est pas une de tes forces.

Ne t'inquiète pas. Tu vas y arriver si tu continues à essayer.

Bel effort! Tu as fait de ton mieux.

52

# Synthèse



## Principe 3 - Parler de la plasticité

### Enseigner aux apprenants comment fonctionne leur cerveau

#### Comment?

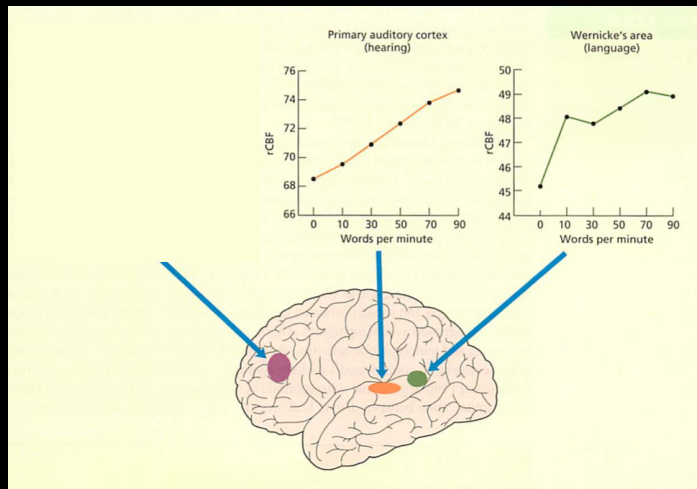
- Parler du fonctionnement du cerveau en classe (cf. principes 1 et 2).
- Faire lire un texte ou écouter une conférence sur la plasticité cérébrale (<https://vimeo.com/166054137>).
- Faire passer un questionnaire aux élèves sur les conceptions de l'intelligence (voir diapositive 43).
- Choisir des encouragements cohérents avec une conception dynamique de l'intelligence.
- Dire explicitement aux élèves que leur conception de l'intelligence influence leur cerveau, leur motivation et leur réussite.
- ...



# Autres principes



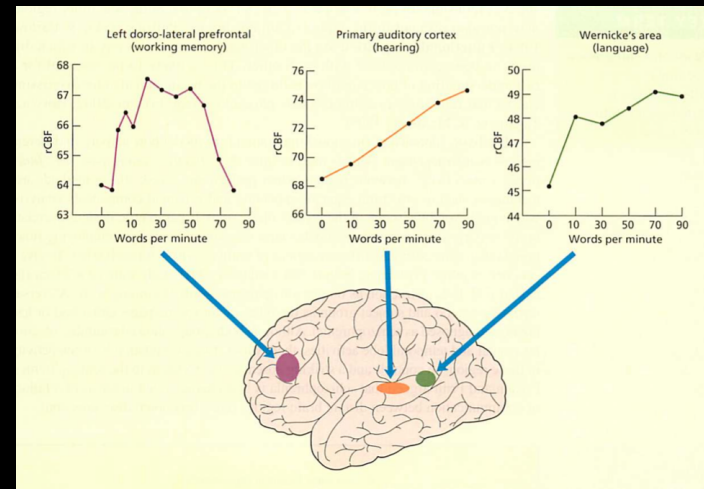
## Price et al. (1992)



Étude sur mémoire de travail et la surcharge cognitive de Price et al. (1992)  
Figure tirée de Ward (2010, p. 61)

57

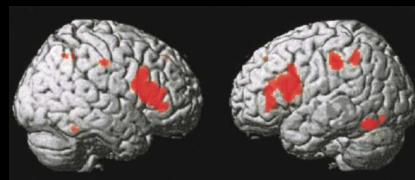
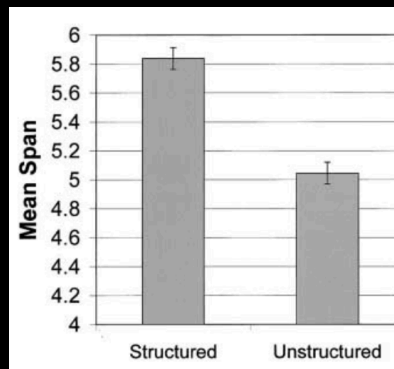
## Price et al. (1992)



Étude sur mémoire de travail et la surcharge cognitive de Price et al. (1992)  
Figure tirée de Ward (2010, p. 61)

58

## Bor et al. (2003)



Structuré > non structuré

Quand l'information est structurée,  
le cortex préfrontal ne se désactive pas.

59

## Autres principes

- Structuration des contenus
- Rétroaction
- Activité physique
- Méditation
- ...

60

# Conclusion

61

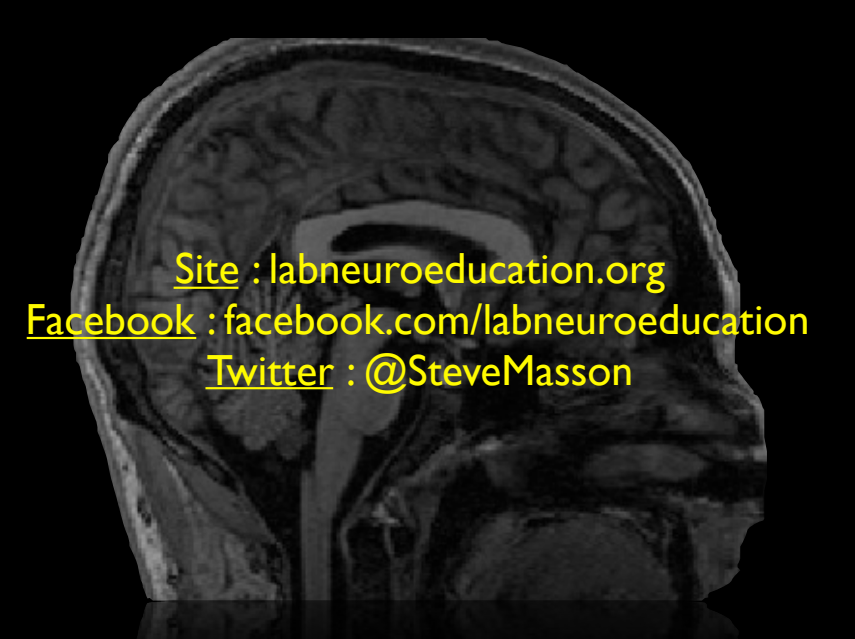
Comment adapter l'enseignement  
au fonctionnement du cerveau?

**Principe 1**  
Activer de façon répétée  
le cerveau

**Principe 2**  
Espacer  
l'apprentissage

**Principe 3**  
Parler de la  
plasticité

62



Site : [labneuroeducation.org](http://labneuroeducation.org)  
Facebook : [facebook.com/labneuroeducation](https://facebook.com/labneuroeducation)  
Twitter : [@SteveMasson](https://twitter.com/SteveMasson)

63