


**Cerveau, musique et dys :**  
entre neuroscience, rééducation et  
pédagogie

Michel Habib  
Neurologue, CHU de Marseille



---

---

---

---

---

---

---

---

## Synopsis

- Le cerveau des musiciens : un modèle de plasticité cérébrale
- Un bref aperçu de la notion de trouble dys et de ses principales formes
- La musique pour améliorer le trouble : pourquoi et comment
- L'hypothèse de l'intégration intermodale
- L'hypothèse des oscillations rythmiques du cerveau
- L'hypothèse des neurones miroirs.
- Quelques résultats expérimentaux

---

---

---

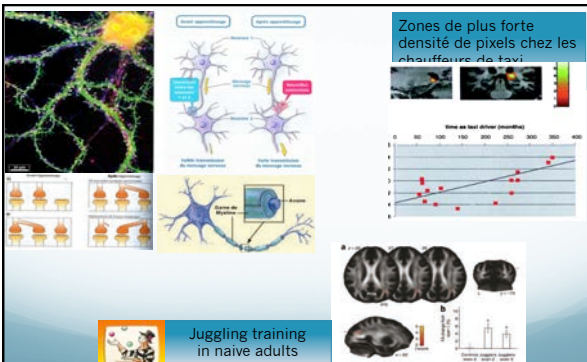
---

---

---

---

---



**Juggling training**  
in naive adults

**Zones de plus forte densité de pixels chez les chauffeurs de taxi**

Time on taxi driver (months)

Figure 2. Functional plasticity in the human brain.

---

---

---

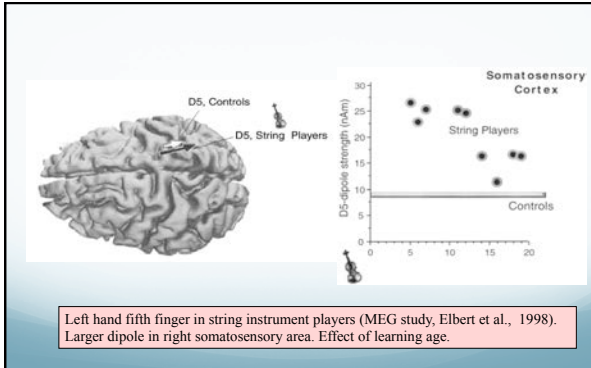
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

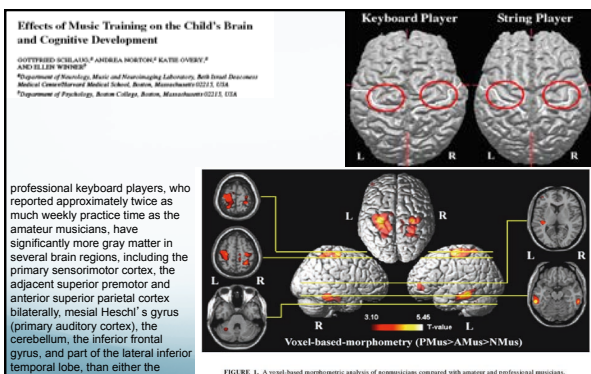
---

---

---

---

---




---

---

---

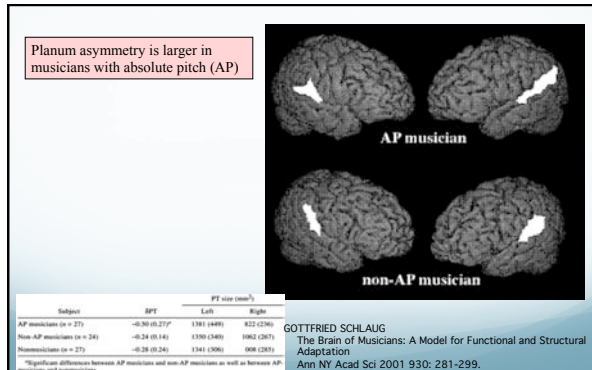
---

---

---

---

---




---

---

---

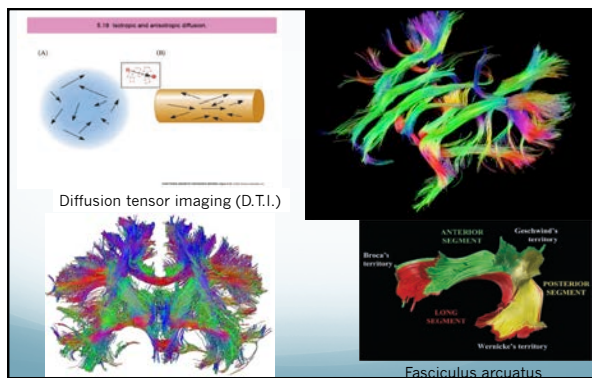
---

---

---

---

---




---

---

---

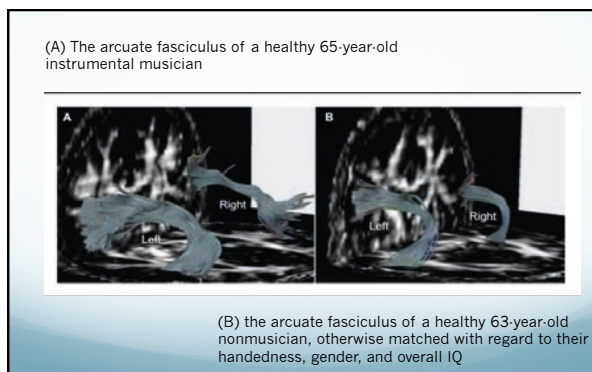
---

---

---

---

---




---

---

---

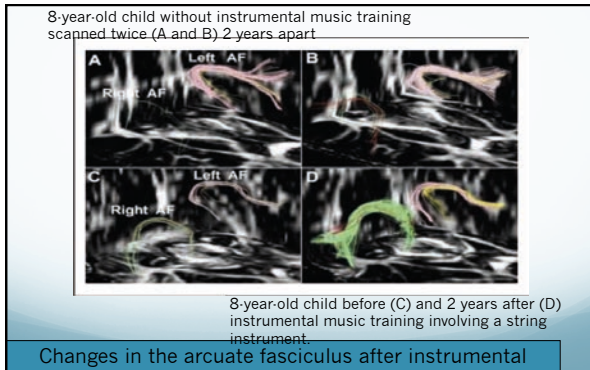
---

---

---

---

---




---

---

---

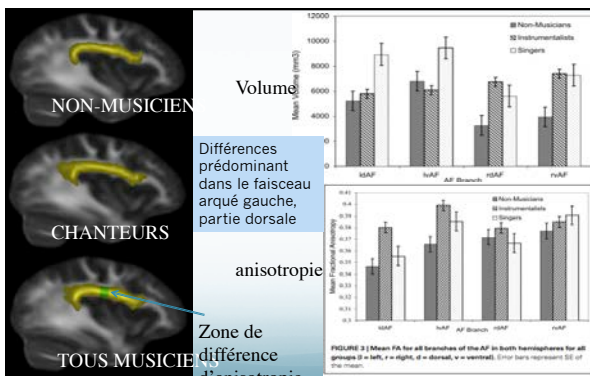
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### L'amusie congénitale



Echec à développer une compétence musicale normale alors que l'intelligence est normale et le langage aussi

- ✓ Ne savent pas s'ils chantent juste
- ✓ Echouent à reconnaître les chansons en l'absence des paroles
- ✓ Difficulté à apprendre la musique
- ✓ Aucune autre difficulté d'apprentissage

4 % de la population normale (Kalmus & Frey, 1980. *Annals of Human Genetics*).

Peretz & Hyde (2003) *Trends in Cognitive Science*

---

---

---

---

---

---

---

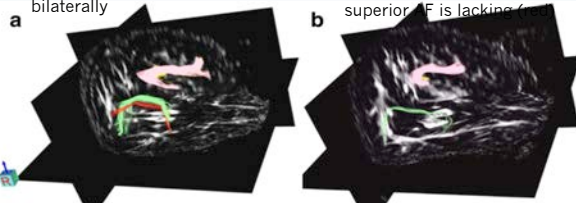
---

### Tone Deafness: A New Disconnection Syndrome?

Frucht-Lendl, David Alroy, and Gottfried Schlaug  
Departments of Neurology and Radiology, Beth Israel Deaconess Medical Center and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts 02215

Tractography of a typical normal individual showing superior and inferior AFs bilaterally

Tractography of a typical tone-deaf individual showing hemispheric asymmetry in the AF. Right superior AF is lacking




---

---

---

---

---

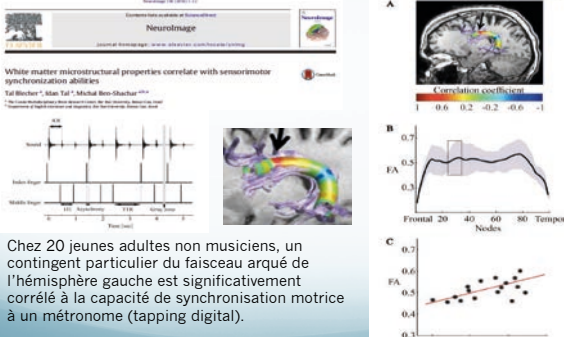
---

---

---

### NeuroImage

White matter microstructural properties correlate with sensorimotor synchronization abilities  
Talbot-Wynne, Alan Tai, Michael Ben-Shachar



Chez 20 jeunes adultes non musiciens, un contingent particulier du faisceau arqué de l'hémisphère gauche est significativement corrélé à la capacité de synchronisation motrice à un métronome (tapping digital).

---

---

---

---

---

---

---

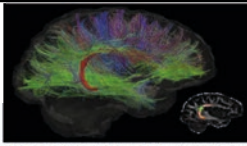
---

**Brain and Cognition**

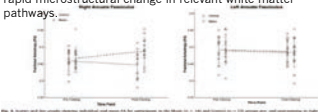
**Diffusion tensor MRI tractography reveals increased fractional anisotropy (FA) in arcuate fasciculus following music-cued motor training**  
 Emma Meeus<sup>1</sup>, Rebecca B. Schuller<sup>1,2</sup>, Mark G. Roiser<sup>1</sup>, Neil Burgess<sup>1</sup>, Katie Overy<sup>1,3</sup>

For the purposes of the study, the second to fifth digits (i.e. index to pinkie fingers) of the left hand were labelled from 1 to 4, respectively. All participants were asked to practice the four sequences with their left hand for 20 min, three times per week over a four-week period.

We found increased FA in the right arcuate fasciculus following four weeks of left-handed music-cued motor training, suggesting that such motor training can drive rapid microstructural change in relevant white matter pathways.



**Fig. 2. White matter motor map with right arcuate fasciculus identified from individual tractography (green) overlaid on and for a 2D axial slice of the subject.**



**Fig. 3. A separate half from one of the training videos. Note left to right the four fingers from thumb to index to middle to ring to pinky. In the video above, the white dots above the fingers indicate the number of the sequence that participants were asked to practice. The red dot indicates the number of the sequence that participants were asked to practice. The red dot indicates the number of the sequence that participants were asked to practice.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## En résumé (1)

- Le cerveau du musicien est morphologiquement singulier : certaines zones, celles impliquées dans la perception auditive et celles impliquées dans la motricité sont plus développées
- Le faisceau arqué, qui unit des zones sensorielles aux zones motrices du cerveau, apparaît d'après les travaux les plus récents comme la cible principale de cet effet « sculptant » de la musique sur le cerveau.
- Cet effet de la musique sur le faisceau arqué est détectable après quelques semaines seulement d'apprentissage intensif et probablement étroitement lié à la pratique d'une association systématique entre perception du rythme, observation visuelle de la représentation des sons et production d'un geste répétitif.
- Ainsi, les particularités du cerveau du musicien sont très probablement liées non à une compétence innée, mais à un effet de l'exercice de l'instrument, tout particulièrement la nécessité pour tout apprentissage musical de développer des connexions à distance entre différentes aires du cortex, en particulier entre les aires auditives, visuelles et motrices.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## L'enfant dys : comment le reconnaître

- Avant tout : un enfant normalement intelligent qui n'arrive pas à apprendre : Toujours être à l'affût de dissociations
  - Entre l'apparente intelligence générale et le niveau de réussite dans les tâches scolaires
  - Entre les difficultés dans un domaine et pas dans un autre
- Comprendre que le système cognitif est organisé de manière modulaire : les grandes fonctions du cerveau déterminent les principaux domaines de l'apprentissage :
  - Langage
  - Lecture, écriture, orthographe
  - Calcul, sens du nombre, raisonnement arithmétique
  - Capacités spatiales et coordination du geste
  - Mémoire (à long terme, à court terme...)
  - Attention
  - Cognition sociale
- Les troubles spécifiques d'apprentissages peuvent être la conséquence du mauvais fonctionnement d'un ou plusieurs de ces modules : LES TROUBLES « DYS »

---

---

---

---

---

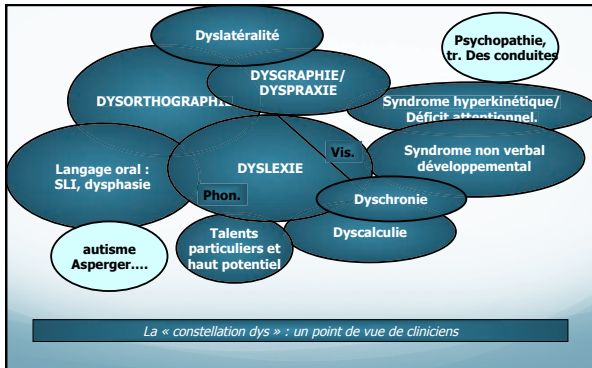
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

### Trois profils de "troubles dys"

- **Le profil phonologique/linguistique** : le plus fréquent, le plus classique, repose sur l'observation du lien entre phonologie et lecture (M. Snowling, F. Ramus...)
- **Le profil visuo-attentionnel**: généralement considéré comme un déficit des processus d'ajustement de la fenêtre attentionnelle (S. Valdois)
- **Le profil dyspraxique** : moins connu, peut être associé aux précédents, retard moteur et défaut d'automatisation (R. Nicolson)

Peuvent s'associer entre eux!

---

---

---

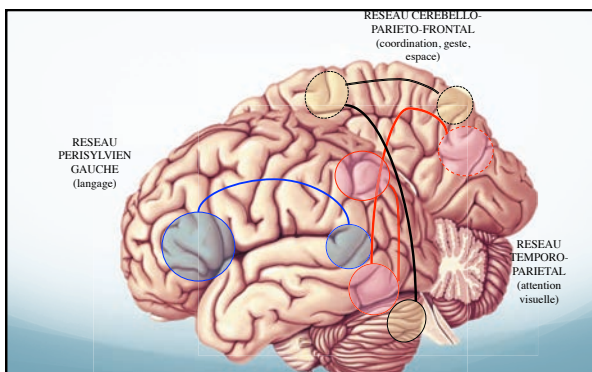
---

---

---

---

---



---

---

---

---

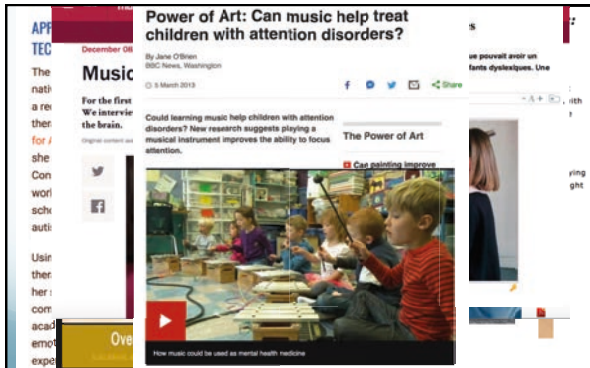
---

---

---

---






---

---

---

---

---

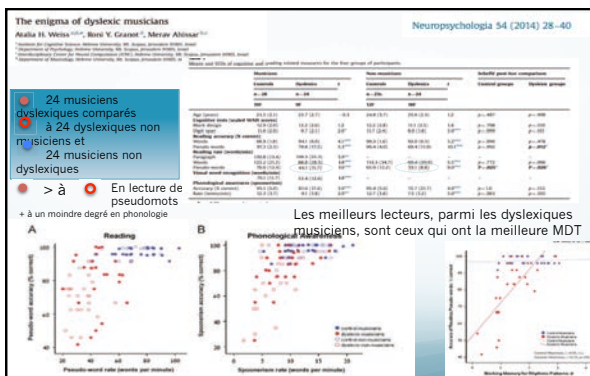
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Une avalanche de « preuves »...

... mais peu d'explications!

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Qu'est-ce que la conscience phonologique?

- Parler = apprendre à communiquer par le langage oral
- Parler = entendre et reproduire les sons de ce langage
- Entendre = mobiliser l'attention auditive sur les constituants sonores de la langue
- Reproduire = émettre et prononcer correctement les sons de notre langue.
- Posséder de bonnes compétences phonologiques, c'est être conscient que les mots sont constitués d'unités sonores plus petites qui sont les phonèmes Ex : cadeau = k-a-d-o

---

---

---

---

---

---

---

---

## Conscience Phonologique

- L'école doit guider finement ce travail pour faciliter l'émergence d'une conscience métalinguistique, aussi appelée « métaphonologie » ou « conscience phonologique »
- Car il est assez peu naturel pour un enfant de 6 ans, de mettre à l'écart le sens d'un mot pour ne s'intéresser qu'à son ossature syllabique, puis d'analyser chaque syllabe pour parvenir aux sons transcrits par les lettres!
- Indispensable à la lecture :
  - Quelle que soit la langue, la plupart des enfants qui présentent des défaillances dans la maîtrise des compétences phonologiques, éprouvent des difficultés dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture.
  - La capacité à établir des relations entre les unités distinctives de l'oral et celles de l'écrit est prédictive des performances ultérieures dans l'apprentissage de la lecture.
  - Des enfants ayant à l'origine une faible CP et qui ont été entraînés à la catégorisation phonologique, s'avèrent supérieurs dans des tests standards à un groupe entraîné uniquement sémantiquement.

---

---

---

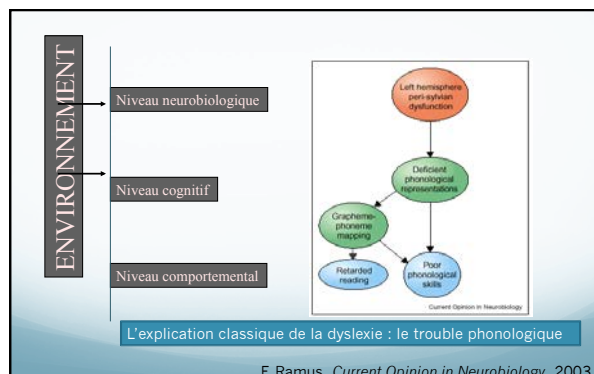
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Bases cérébrales communes

« la musique et le langage pourraient être deux expressions d'une même compétence pour la communication humaine" (Patel, 2008).

---

---

---

---

---

---

---

---

### Mais...

- De nombreux dyslexiques n'ont aucun trouble avec les sons
- Ne rend pas compte des nombreuses associations:
  - Dyslexie dyscalculie
  - Dyslexie dyspraxie
  - Dyslexie trouble de l'attention
  - ...
- —> nécessité d'explications alternatives (non exclusivement linguistiques)

---

---

---

---

---

---

---

---

Défaut d'intégration trans-modalités: une explication classique (mais longtemps négligée) de l'incapacité à lire des dyslexiques

*La transcription graphème-phonème*

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

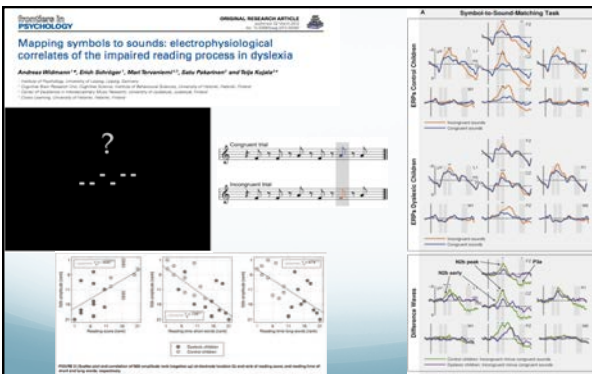
---

---

---

---

---



---

---

---

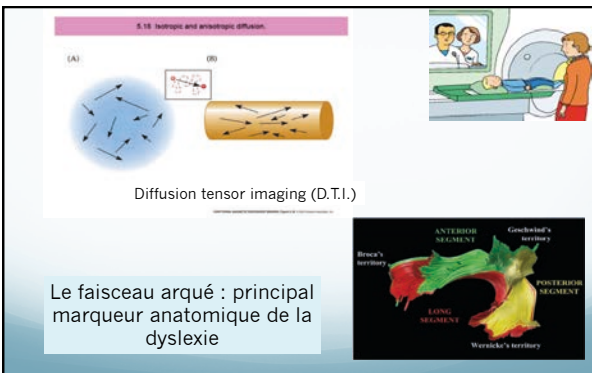
---

---

---

---

---



---

---

---

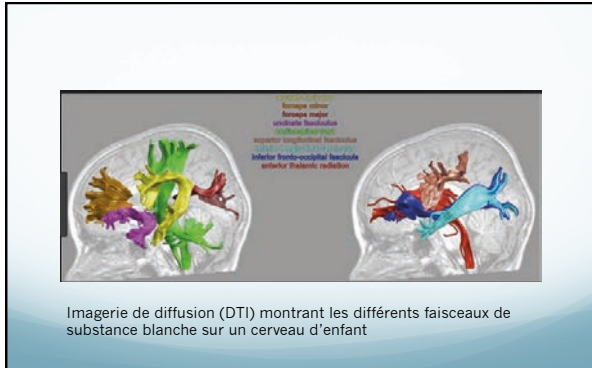
---

---

---

---

---



---

---

---

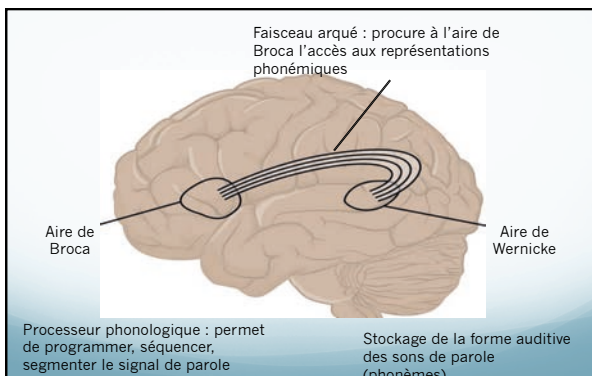
---

---

---

---

---



---

---

---

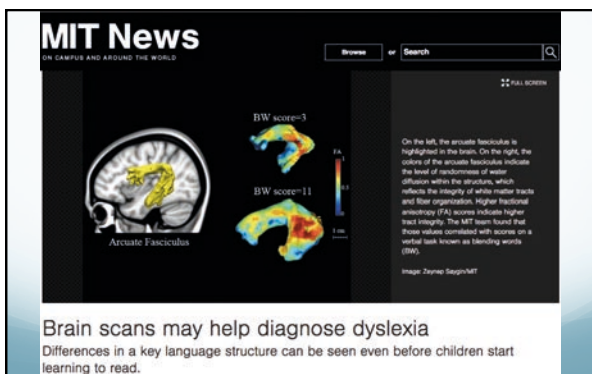
---

---

---

---

---



---

---

---

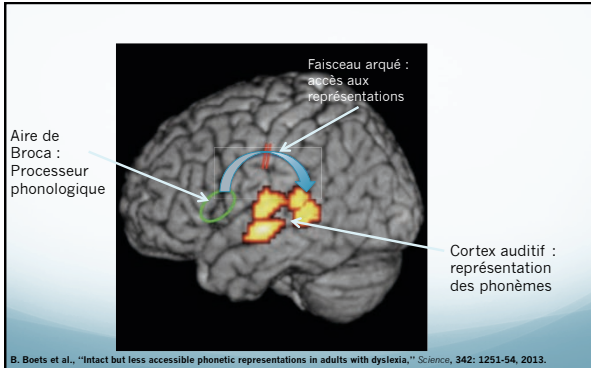
---

---

---

---

---




---

---

---

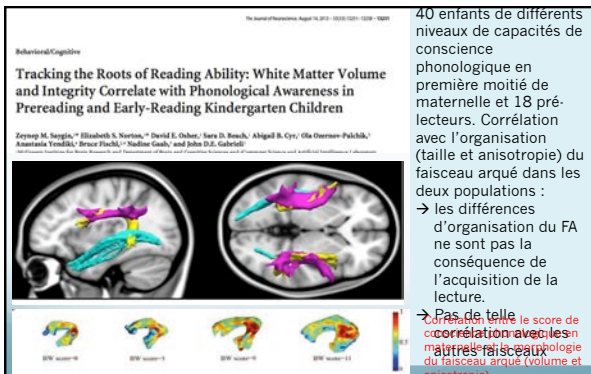
---

---

---

---

---




---

---

---

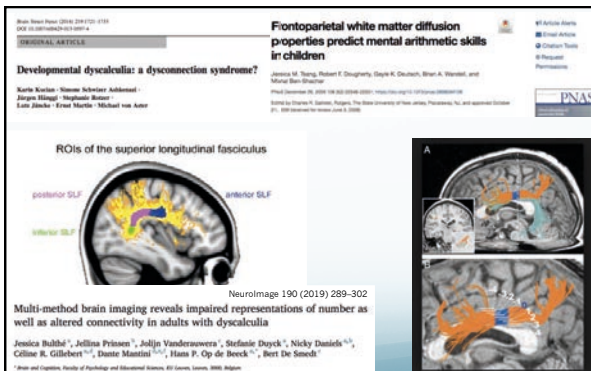
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Altered white matter tract property related to impaired focused attention, sustained attention, cognitive impulsivity and vigilance in attention-deficit/hyperactivity disorder** | Psychiatry Neurosci 2015;40(5)

Hany-Ling Chiang, MD, Yu-Jen Chen, PhD, Yu-Chun Lu, PhD, Wen-Yih Isaac Tseng, MD, PhD, Susan Shwu-Jen Gau, MS, PhD

Youths with ADHD had lower GFA in the left frontostriatal tracts, bilateral SLF and right cingulum bundle and performed worse in the CCPT than controls. Furthermore, alteration of the right SLF GFA was most significantly associated with the clinical symptom of inattention in youths with ADHD.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Special issue: Review**

**Altered white matter connectivity as a neural substrate for social impairment in Autism Spectrum Disorder**

Stephanie H. Ameis<sup>1,2,3,\*</sup> and Marco Catani<sup>1,2</sup>

\* The Hospital for Sick Children, Department of Psychiatry, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada  
<sup>1</sup> CMB, Youth and Family Program, Research Imaging Centre, The Campbell Family Mental Health Institute, The Centre for Addiction and Mental Health, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada  
<sup>2</sup> NATERA/INLAB, Department of Forensic and Neurodevelopmental Sciences, Institute of Psychiatry PO30, Kings College London, London, UK

The uncinate fasciculus and frontal and temporal thalamic projections mediate limbic connectivity and integrate structures responsible for complex socioemotional functioning. Impaired development of limbic connectivity may represent one neural substrate contributing to ASD social impairments.

**Fig. 1 – White matter tracts of the socio-emotional processing system. A. White matter tracts of the limbic system: cingulum bundle (red), uncinate fasciculus (blue), fornix (yellow), mammillo-thalamic tract (black), anterior thalamic projections (green). B. White matter tracts linking the mirror neuron system; segments of the arcuate fasciculus are presented: long segment (red), anterior segment (green), posterior segment (yellow). C. White matter tracts of the face processing system; the inferior longitudinal fasciculus (green) is presented along with white matter tracts of the visual pathway: splenium fibres (yellow), optic radiations (red), optic tract (blue).**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Ainsi, l'intégration trans-modalités est une piste sérieuse pour expliquer la dyslexie, mais aussi la co-occurrence avec d'autres troubles.....

Or, la musique a précisément pour effet d'améliorer l'intégration trans-modalités.....

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Le faisceau arcué : cible principale de l'effet sculptant de la musique**

8-year-old child without instrumental music training scanned twice (A and B) 2 years apart.

8-year-old child before (C) and 2 years after (D) instrumental music training, playing a string instrument.

**Changes in the arcuate fasciculus after instrumental music training**

ANTERIOR SEGMENT  
MIDDLE SEGMENT  
POSTERIOR SEGMENT

Broca's territory  
Wernicke's territory

---

---

---

---

---

---

---

---

**Cortex moteur**  
**Cortex auditif**  
**Cortex orbito-frontal**

- 1- programmation de l'acte moteur
- 2- acte de jouer
- 3- écoute du résultat de l'action
- 4- A partir du cortex auditif, les informations transitent vers diverses régions principalement dans le lobe frontal qui permettent :
  - d'ajuster, de programmer d'anticiper de corriger le geste...
  - d'accéder à la signification sémantique et affective,
  - la formation et l'interprétation de la mémoire
  - la génération de l'émotion musicale

Zatorre RJ, McGill J. Music, the food of neuroscience? *Nature*. 2005 Mar 17;434(7031):312-5.

Zatorre RJ, Sammlow VN. From perception to pleasure: music and its neural substrates. *Curr Biol*. 2009 Jun 18;19(12):S12-S15.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Cortical Plasticity Induced by Short-Term Unimodal and Multimodal Musical Training**

**Cortical Plasticity Induced by Short-Term Multimodal Musical Rhythm Training**

Etudes en MEG de sujets non musiciens entraînés durant 3 sessions de 25 mn sur 2 semaines à jouer une mélodie des deux mains, guidés par un schéma du clavier marqué des doigtés, comparés à un groupe témoin ne jouant rien mais écoutant l'autre groupe apprendre à jouer!

L'entraînement sensori-moteur et auditif (SA) améliore la discrimination de manière plus nette et provoque une MMN plus ample que l'entraînement auditif seul (A), tant pour la discrimination de mélodies que de rythmes

---

---

---

---

---

---

---

---



### En bref

 Apprendre à jouer de la musique modifie principalement les connexions (substance blanche) sensori-motrices et auditivo-motrices

 Cette modification structurale et fonctionnelle ne nécessite que quelques jours d'entraînement pour se manifester chez l'enfant comme chez l'adulte

 Des modifications visibles apparaissent sur les faisceaux de substance blanche, dès la 4ème semaine d'entraînement, sans doute plus facilement si l'apprentissage est multimodal : auditif, moteur et visuel

---

---

---

---

---

---

---

---

### L'autre piste : le traitement temporel



« le cerveau est une « boîte à rythmes » »

---

---

---

---


---

---

---

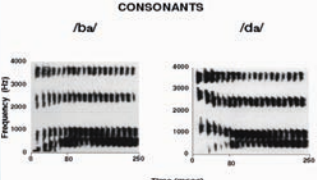
---

### L'hypothèse du trouble du traitement temporel (Tallal, 1975)



**CONSONANTS**

**/ba/** **/da/**



---

---

---

---

---

---

---

---

**Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal**, 16: 179-206, 2010  
© 2010 Elsevier Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

**Tuning precision and rhythm in developmental dyslexia**

PETER H. WOLFF  
Children's Hospital and Harvard Medical School, Boston MA 02115, USA

dyslexic students anticipated the signal of an isochronic pacing metronome by intervals that were two or three times as long as those of age matched normal readers or normal adults. These group differences were significant when participants tapped with the preferred index finger alone or with both fingers in unison. Dyslexic students also took significantly longer than normal readers did to recalibrate their tapping responses when the metronome rate was experimentally changed in the middle of a trial. In addition, dyslexic students, by contrast to normal readers, had inordinate difficulty reproducing simple motor rhythms by finger tapping, and similar difficulty reproducing the appropriate speech rhythm of linguistically neutral nonsense syllables. These difficulties were exaggerated when participants had to synchronize their performance to an external pacing

**Table 2. (A) Anticipation of isochronic intervals (finger tapping) and (B) Recalibration of anticipation mode (mean tracking responses before switch).**

Outcome measure	Dyslexic students Mean (SD)	Normal readers Mean (SD)
<b>A. Absolute difference (ms) tap onset and metronome signal</b>		
Stable rate = 2 Hz		
Right finger	130 (53)	41 (10)**
Both finger	86 (41)	28 (14)**
<b>B. Rate change: 1.5 to 2 Hz to 2.5 Hz</b>		
Right finger	6.1 (1.1)	1.3 (14)**

\*\*p < 0.01 Mann-Whitney U-Test.

Figure 1. Mean intervals between tapping onset and metronome signal, before and after changes in metronome rate (dotted vertical lines). Points above the 0 line represent anticipations, those below the line represent tracking responses.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Journal of Physiology - Paris*, 103 (2009), 126-128

Contents lists available at ScienceDirect  
**Journal of Physiology - Paris**  
Journal homepage: www.elsevier.com/locate/jphysparis

**Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling**

Jennifer M. Thomson<sup>1</sup>, Usha Goswami<sup>1\*</sup>

Fig. 1 - Schematic depiction of ITI and AT calculation.

Cortex 45 (2009) 119-130  
Special issue: Research report  
**Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: Tapping to the beat**  
Kathleen H. Corriveau<sup>a,b</sup> and Usha Goswami<sup>a,c\*</sup>  
<sup>a</sup> Centre for Neuroscience in Education, University of Cambridge, Cambridge CB3 0ET, UK  
<sup>b</sup> Harvard University Graduate School of Education, Cambridge, MA, USA  
<sup>c</sup> Harvard University Graduate School of Education, Cambridge, MA, USA

We measure rhythmic finger tapping (paced by a metronome beat versus unpaced) and motor dexterity, phonological and auditory processing in 10-year old children, some of whom had a diagnosis of developmental dyslexia. We report links between paced motor tapping, auditory rhythmic processing and written language development. Motor dexterity does not explain these relationships. In regression analyses, paced finger tapping explained unique variance in reading and spelling.

Children with SLI were indeed found to be impaired in a range of measures of paced rhythmic tapping, but were not equally impaired in tapping in an unpaced control condition requiring an internally-generated rhythm. The severity of impairment in paced tapping was linked to language and literacy outcomes.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ScienceDirect  
**Research report**  
**Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology**

Martina Huss, John P. Verwey, Tim Foshier, Natasha Mead and Usha Goswami<sup>a\*</sup>

• Performances aux épreuves métriques corrélées aux tests phonologiques et de lecture  
• Dyslexiques < contrôles sur toutes les épreuves métriques

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**DAILY SCIENCE**

LA MUSIQUE EN RYTHME AVEC LE CERVEAU

Les différentes ondes cérébrales : des oscillations permanentes générées par des groupements de neurones dont les rythmes se superposent dans le temps et dans l'espace

combined signal  
delta (1.5 Hz)  
theta (7 Hz)  
gamma (40 Hz)

---

---

---

---

---

---

---

---

Oscillations neuronales et perception de la parole

Les oscillations se « lient » au rythme de parole

Graud and Poeppel, 2012

Poesle and Davis, 2012

---

---

---

---

---

---

---

---

**A.**

Signal acoustique

- Prosodic AM
- Syllabic AM
- Acoustic waveform

**B.**

Activité cérébrale

- Delta range (<math>\leq 1\text{ Hz}</math>)
- Theta range (4-8 Hz)
- Gamma range (20-50 Hz)

Le phénomène de « nesting » (emboîtement) : les oscillations delta = prosodie; Théta = syllabe; gamma = phonème. Les oscillations delta et théta vont faciliter l'encodage phonémique reflétée dans l'activité gamma

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

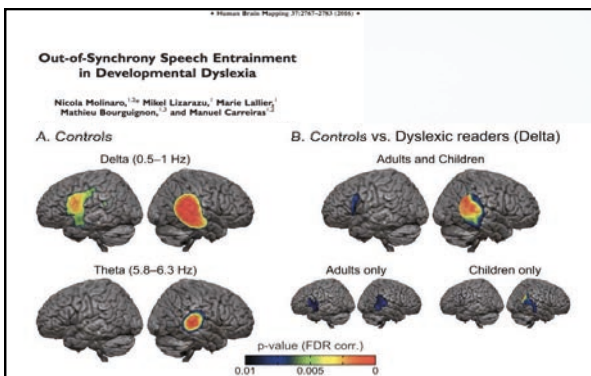
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Chez les dyslexiques, il y aurait un défaut de synchronisation des oscillations de basse fréquence avec la parole dans l'hémisphère droit, qui provoquerait un défaut secondaire de génération des oscillations de haute fréquence dans l'hémisphère gauche, liées à l'échantillonnage phonémique.

Molinaro, N., Lizarazu, M., Lallier, M., Bourguignon, M., & Carreiras, M. Out-of-synchrony speech entrainment in developmental dyslexia. Hum Brain Mapp 37:2767-2783, 2016.

---

---

---

---

---

---

---

---

**ORIGINAL RESEARCH ARTICLE**  
 Front. Psychol., 09 February 2019 | https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00184

**Impaired extraction of speech from temporal modulation in developmental dyslexia**

**children**

Article  
**Cognitive Processes Underlying Reading Improvement during a Rhythm-Based Intervention. A Small-Scale Investigation of Italian Children with Dyslexia**

Victoria Lesney<sup>1</sup> and Usha Goswami<sup>1,2</sup>

**Journal of Physiology - Paris**

**brain sciences**

Article  
**Music Training Positively Influences the Preattentive Perception of Voice Onset Time in Children with Dyslexia: A Longitudinal Study**

Alice Carter<sup>1,2,3</sup>, Giulia Slevanni, Gabriella Piro, Alessia Colombo and Alessandro Antonietti<sup>1,2</sup>

**Research report**  
**Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology**

Martina Huss, John P. Wiley, Tim Fisher, Marinka Mead and Usha Goswami<sup>1,2</sup>

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**ORIGINAL RESEARCH ARTICLE**  
 Front. Neurosci., 22 June 2018 | https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00268

**Rhythmic Auditory Stimulation Influences Syntactic Processing in Children With Developmental Language Disorders**

**Temporally Regular Musical Primes Facilitate Subsequent Syntax Processing in Children with Specific Language Impairment**

Mathilde Bédard<sup>1</sup>, Lucie Brisson<sup>1,2</sup>, Pauline Malenfant<sup>1,2</sup>, Didier Roch<sup>1</sup> and Barbara Tillmann<sup>1,2,3,4</sup>

**New evidence of a rhythmic priming effect that enhances grammaticality judgments in children**

Alexander Chern<sup>1,2,3,4</sup>, Barbara Tillmann<sup>1</sup>, Chloe Vaughan<sup>1,2</sup>, Reyna L. Gordon<sup>1,2,3,4</sup>

**Grammaticality judgment task**

Reg/irreg : effect size = 0.34 (as measured by partial  $\eta^2$ )  
 Reg/neutral : effect size = 0.15

**Regular prime**   **Irregular prime**   **neutral**

Figure 1. Effect of rhythmic priming on grammaticality judgments. Error bars represent standard error of the mean. Significant differences are indicated by asterisks (\*p < 0.05).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Allocation of attention to the temporal dynamics of a rhythmic stimulus : the Dynamic Attending Theory (DAT)**

**Figure 1** Entrainment in Dynamic Attending Theory.

- attention = internal neurocognitive self-sustained oscillations
- that synchronize to the most prominent aspects of the sound signal
- a process called "entrainment", generating temporal expectations

---

---

---

---

---

---

---

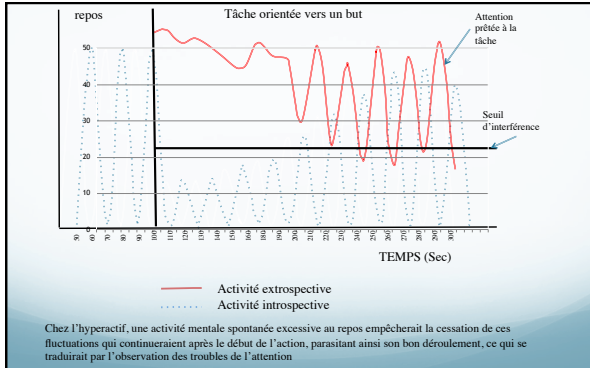
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### En bref,

Le caractère oscillatoire du fonctionnement cérébral est sans doute la clé de voûte de l'effet du rythme et de la musique sur le cerveau

Les oscillations corticales ont tendance à s'aligner temporellement avec les stimuli à caractère rythmique, dont le langage et la lecture. Les pathologies du langage (dyslexie, dysphasie) seraient liées à un défaut de cet ajustement

Les mécanismes de l'attention seraient également sous-tendus par une succession rythmique d'états de conscience plus ou moins active dont l'altération pourrait être à l'origine de certains états pathologiques (TDAH)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Quelles conclusions?

Défaut de connectivité

Pratique active de la musique consolide les connexions

Défaut d'ajustement temporel

Pratique musique rythmique ou de la danse pour adapter et contraindre les oscillateurs corticaux

---

---

---

---

---

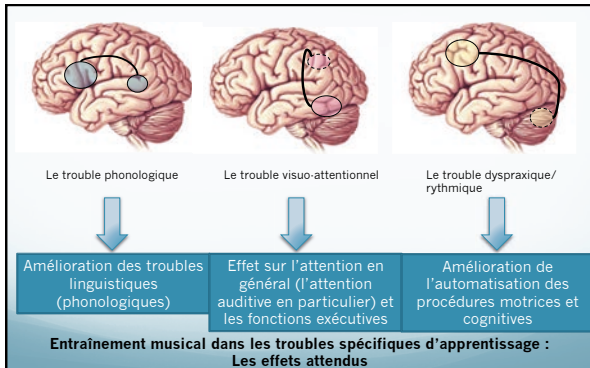
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

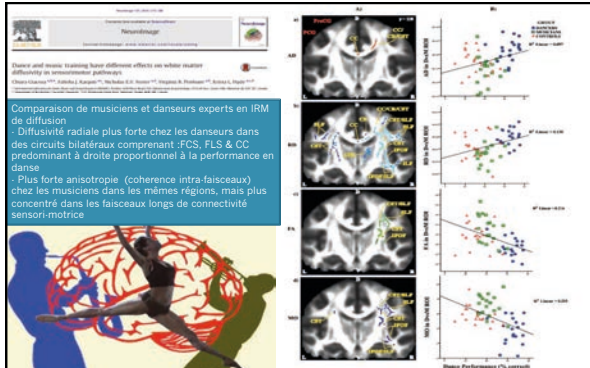
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

Musique, danse, émotions et partage:  
circuit de la récompense et neurones miroirs

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

## Rôles supposés des neurones miroir

- Comprendre les actions d'autrui
- Anticiper les intentions et états mentaux d'autrui (théorie de l'esprit)
- Apprentissage par imitation
- Contrôle (et apprentissage) du langage
- Mécanisme de l'empathie, compréhension des affects d'autrui
- Musique, danse +++

---

---

---

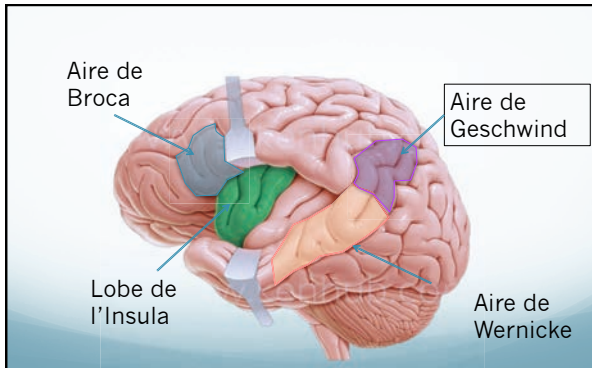
---

---

---

---

---




---

---

---

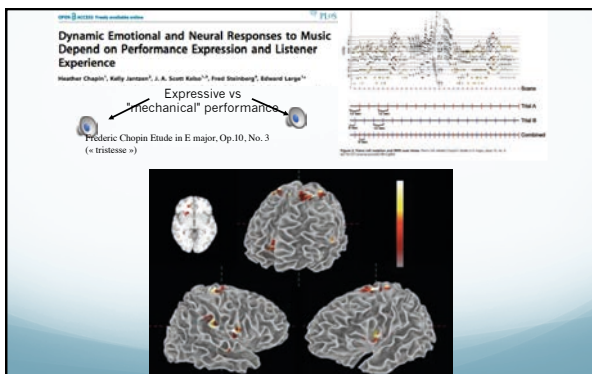
---

---

---

---

---




---

---

---

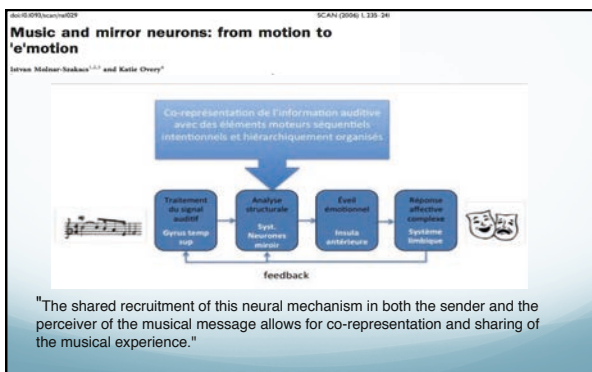
---

---

---

---

---



"The shared recruitment of this neural mechanism in both the sender and the perceiver of the musical message allows for co-representation and sharing of the musical experience."

---

---

---

---

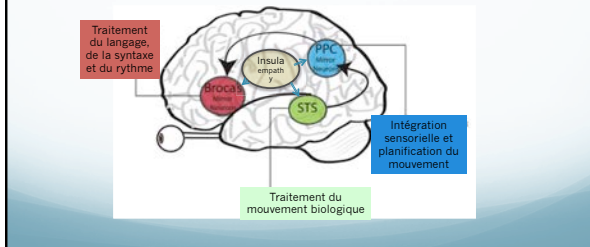
---

---

---

---

## Système des neurones miroirs : « un cerveau dans le cerveau »



---

---

---

---

---

---

---

---

This block contains two research article covers. The top cover is titled 'Intra- and Inter-Brain Synchronization during Musical Improvisation on the Guitar' by Viktor Müller, Johanna Sillinger, and Ulman Lindenberger, published in September 2013. It features a photograph of two guitarists and several brain synchronization maps. The bottom cover is titled 'How Two Brains Make One Synchronized Mind in the Inferior Frontal Cortex: fNIRS-Based Hyperscanning During Cooperative Singing' and features a photograph of two people singing into microphones with brain hyperscanning maps.

---

---

---

---

---

---

---

---

The image shows a live experiment titled 'NEUROTANGO' in a dimly lit room. Two tango dancers are performing on a stage. In the foreground, two large, glowing brain icons (one blue, one green) are projected onto a screen, representing the EEG data being recorded from the dancers. The caption below reads: « NEUROTANGO » : A live experiment in Cantina Royal — Williamsburg, Brooklyn — in which tango dancers were fitted with EEG devices in order to see how their brainwaves aligned.

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

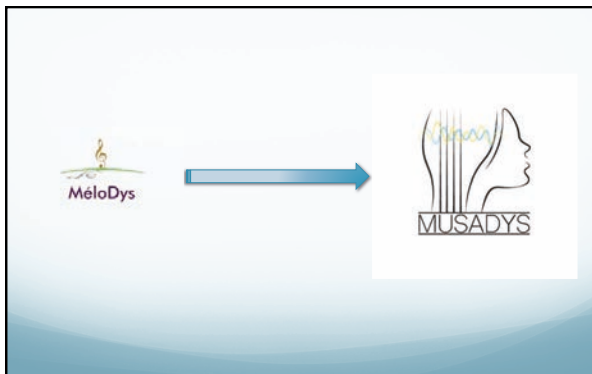
---

---

---

---

---



---

---

---

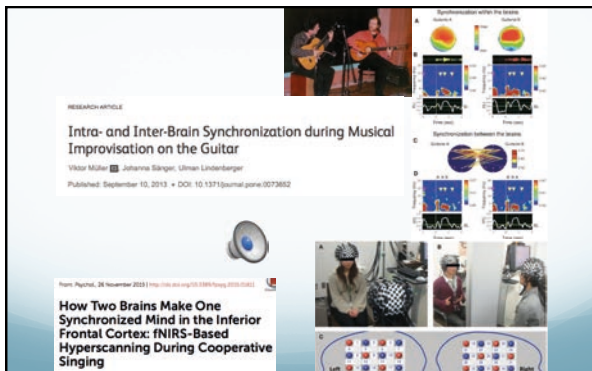
---

---

---

---

---



---

---

---

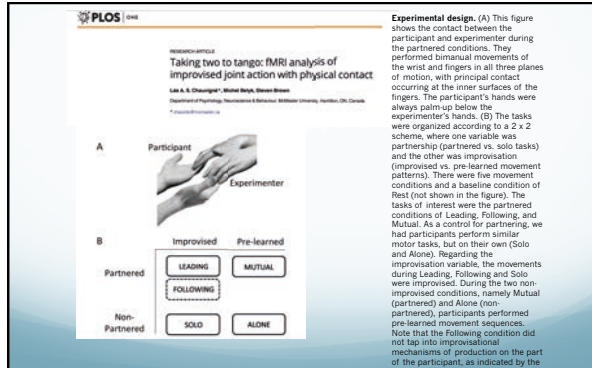
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

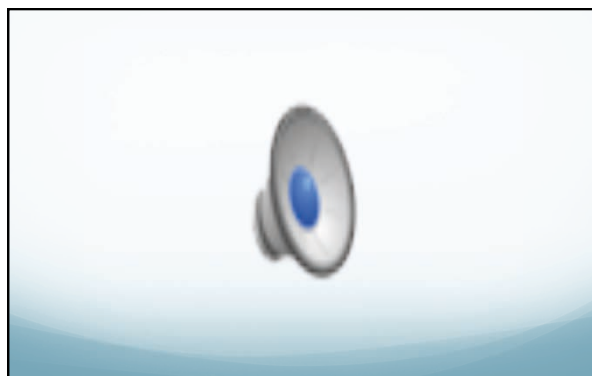
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

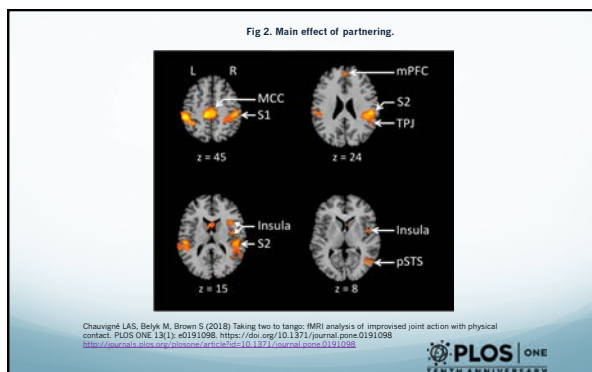
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

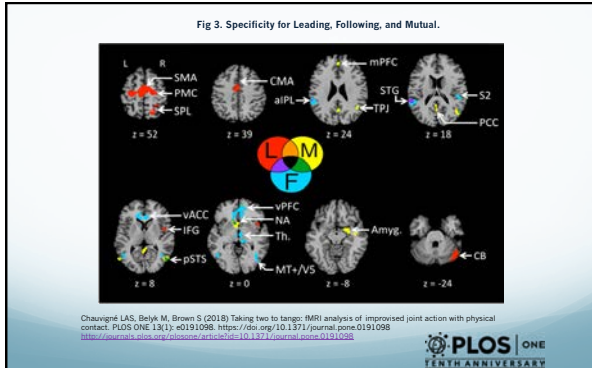
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

In contrast to the heavily motoric profile for Leading, Following showed a far more sensory profile, indicative of a responsiveness to external signals coming from the leader, where these signals serve as cues to guide movement. This included areas involved in tactile perception and proprioception (S2 and the sensory thalamus), motion tracking and social motion perception (MT+V5 and pSTS), sensorimotor mapping of self and other's actions (anterior inferior parietal lobe [aIPL]), and the monitoring of external outcomes in relation to reward (ventral anterior cingulate cortex [vACC], extending into the ventral mPFC, as well as the caudate nucleus and nucleus accumbens). It is clear from these results that leading and following represent reciprocal specializations in the brain, with leading highlighting self-initiation of movement and following an external orientation toward sensory signals coming from the partner's actions.

---

---

---

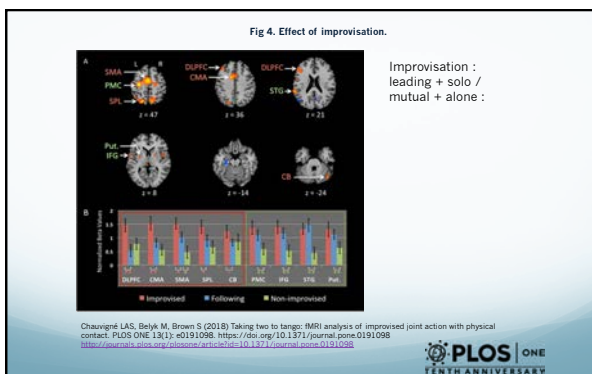
---

---

---

---

---




---

---

---

---

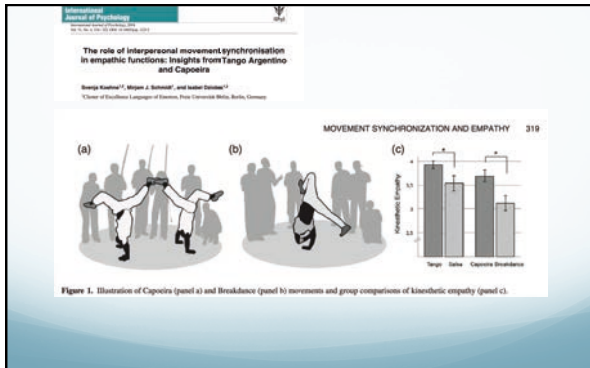
---

---

---

---






---

---

---

---

---

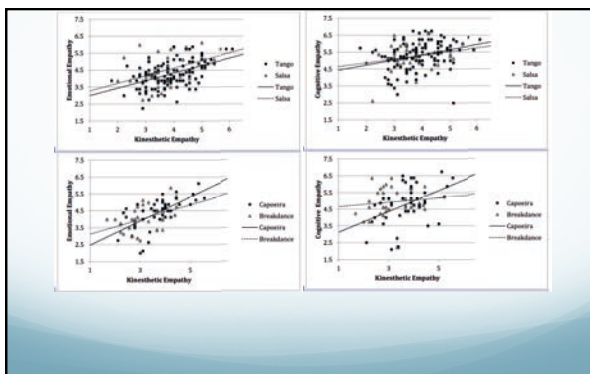
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Table 1. Items of the Kinesthetic Empathy (KinEmp) scale.**

1.	When listening to somebody giving a speech who is tense, I often feel myself tensing up.
2.	Even when someone sitting across from me repeatedly runs his/her hand through his/her hair, I don't feel an increased tendency to touch my own head.
3.	When I see someone who tends to wink often, I tend to wink more myself.
4.	I often feel my own body tensing up when talking to somebody who is tense.
5.	When I hear someone around me clearing his throat, my throat feels rough, too.
6.	When I see someone stumbling, I often feel myself holding my own breath.
7.	It doesn't make me feel restless, when somebody next to me is fidgety.
8.	I hardly ever tend to mimic facial expressions of people that I am having a conversation with.
9.	I can feel a sensation in my own body, when I see somebody who is about to fall over.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Table 2. Items of the Emotion Mirroring (EMR) and Mental State Perception (MSP) scale from the Cognitive and Emotional Empathy Questionnaire (CEEQ).**

**Emotion Mirroring subscale (EMR)**

- EMR1: Seeing other people laugh makes me want to laugh too.
- EMR2: I don't usually find other people's moods to be infectious.
- EMR3: I tend to get nervous when I'm with someone who is scared, even though the situation would not scare me if I was alone.
- EMR4: When I see someone crying because he/she is sad, it also makes me sad.
- EMR5: When I'm with someone who's experiencing a strong emotion, I tend to feel that emotion too.
- EMR6: When people around me are angry, I tend to get mad too.
- EMR7: I have not really made me feel uncomfortable or see somebody else who is uncomfortable.
- EMR8: Even without knowing the context, seeing someone who is happy makes me feel happy too.

**Mental State Perception subscale (MSP)**

- MSP1: I am not good at telling a real smile from a fake smile.
- MSP2: Facial expressions and gestures tell me a lot about somebody else's thoughts.
- MSP3: I can tell what someone is feeling or thinking just by looking in their eyes.
- MSP4: I can usually tell if someone is nervous in what I am saying based on his/her body language.
- MSP5: I am good at telling if somebody is nervous by looking at what they do with their hands or their eyes.
- MSP6: I can usually tell how someone is feeling based on subtle changes in their tone of voice.
- MSP7: Even with people I know, I find it hard to pick up on subtleties of body language.
- MSP8: I am good at reading other people's facial expressions.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Research Article**  
**Increased Insular Connectivity and Enhanced Empathic Ability Associated with Dance/Music Training**

**Interpersonal reactivity index (version française)** Pour chaque phrase indiquée dans quelle mesure elle décrit vos pensées et vos sentiments dans diverses situations (cote de 0 à 5, 0= Pas du tout du tout à 5= Me décrit tout à fait)

- 1- Je fais des rêves éveillé et je fantasme assez régulièrement sur ce qui pourrait m'arriver
- 2- J'ai souvent des pensées émus pour les gens qui ont moins de chance que moi
- 3- Je trouve quelquefois difficile de voir les choses en me mettant à la place des autres
- 4- Parfois je ne me sens pas malheureux pour les autres quand ils ont des problèmes
- 5- Je m'implique vraiment dans les sentiments des personnages de romans
- 6- Dans les situations d'urgence, je me sens agoussé et mal à l'aise
- 7- D'habitude je suis objectif(e) quand je vois un film ou une pièce, et je ne me laisse pas souvent prendre complètement par l'histoire
- 8- Avant de prendre une décision, j'essaie de tenir compte des points de vue de chacun
- 9- Quand je vois qu'on profite de quelqu'un, je ressens le besoin de le protéger
- 10- Parfois je me sens démun(e) quand je suis dans une situation émotionnelle très intense
- 11- Parfois j'essaie de mieux comprendre mes amis en me mettant à leur place
- 12- Etre totalement absorbé(e) par un bon livre ou un bon film m'arrive assez rarement
- 13- Quand je vois que quelqu'un est blessé(e), je tends à garder mon calme
- 14- Généralement, les malheurs des autres ne me gênent pas beaucoup
- 15- Si je suis sûr(e) d'avoir raison sur un sujet, je ne perds pas trop de temps à écouter les arguments des autres
- 16- Après avoir vu une pièce ou un film, j'ai l'impression d'avoir été(e) (0 -1 -2 -3 -4 -5)
- 17- Etre confronté(e) une émotion violente m'influe
- 18- Quand je vois une personne traitée de façon injuste, il peut m'arriver de ne pas avoir beaucoup de pitié
- 19- D'habitude je suis assez efficace pour gérer les urgences
- 20- Je suis souvent assez ému(e) par ce qui arrive
- 21- Je crois qu'il y a deux façons de voir les choses, et j'essaie d'envisager les deux
- 22- Je me décourage comme une personne assez compassante
- 23- Quand je vois un bon film, je peux facilement me mettre à la place du personnage principal
- 24- J'ai tendance à perdre mes moyens dans les situations d'urgence
- 25- Quand j'en vois à quelqu'un, habituellement j'imagine un instant de me mettre dans sa peau
- 26- Quand je suis pris par une histoire ou un roman, j'imagine ce que je ressentirais si cela m'arrivait
- 27- Quand je vois quelqu'un qui a vraiment besoin d'aide en urgence, je m'effondre
- 28- Avant de critiquer quelqu'un, j'essaie d'imagine ce que je ressentirais à sa place

4 pour élargir la connaissance de la fonction insulaire associée à l'empathie dans le contexte danse / musique, nous avons cartographié le réseau insulaire et ses régions cérébrales associées chez 21 danseurs, 20 musiciens et 24 témoins sains à l'aide de l'analyse de connectivité fonctionnelle (FC) au repos. Une analyse à base de vovels dans tout le cerveau a été réalisée en prenant pour origine (seed) l'insula postérieure (IP), l'insula antérieure ventrale (AV) et l'insula antérieure dorsale (DA). Les effets de la danse et de la musique sur la formation sur des sous-réseaux insulaires ont ensuite été évalués à l'aide d'une analyse de variance ANOVA à une voie. Une augmentation de la FC insulaire a été observée chez les danseurs / musiciens, notamment l'IP et le cortex cingulaire antérieur (ACC), la cAI et le gyrus temporal moyen (MTG) et le cortex cingulaire moyen (MCC), ainsi que la dAI, l'ACC et la MTG.

---

---

---

---

---

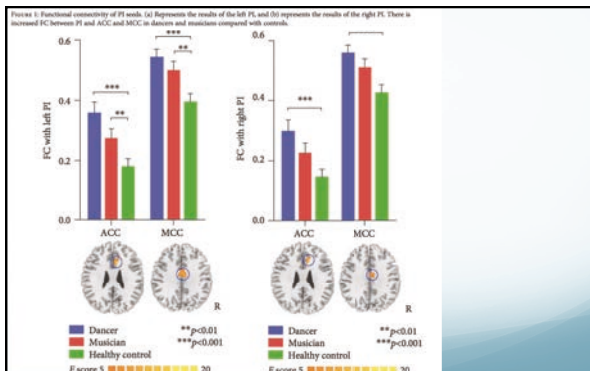
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

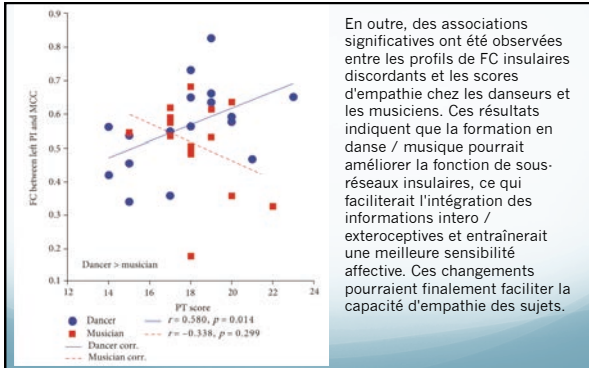
---

---

---

---

---




---

---

---

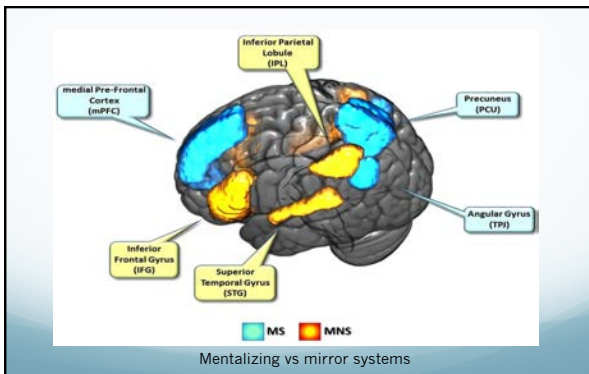
---

---

---

---

---




---

---

---

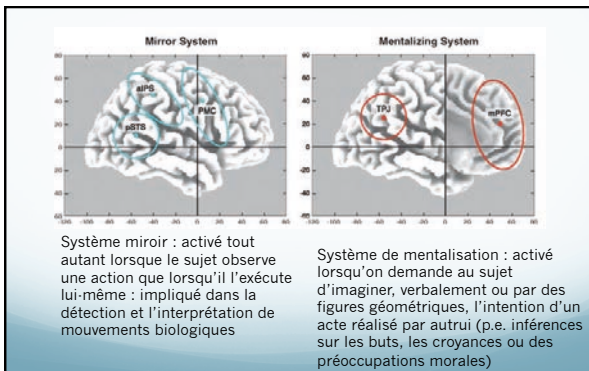
---

---

---

---

---




---

---

---

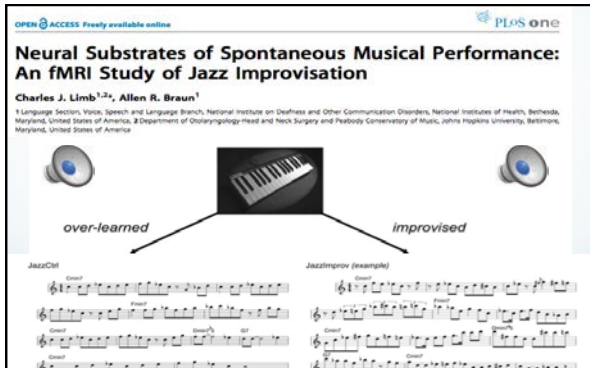
---

---

---

---

---




---

---

---

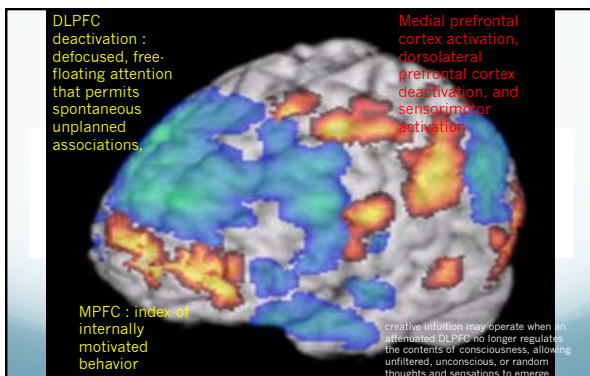
---

---

---

---

---




---

---

---

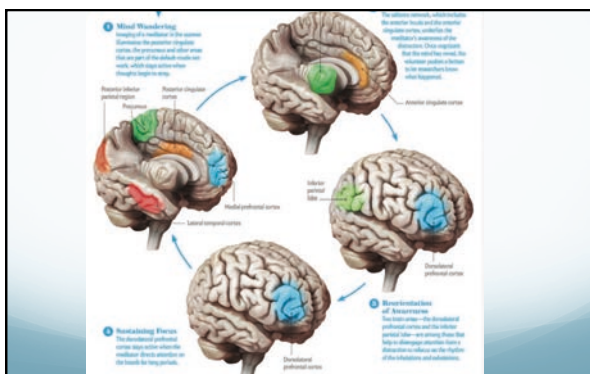
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

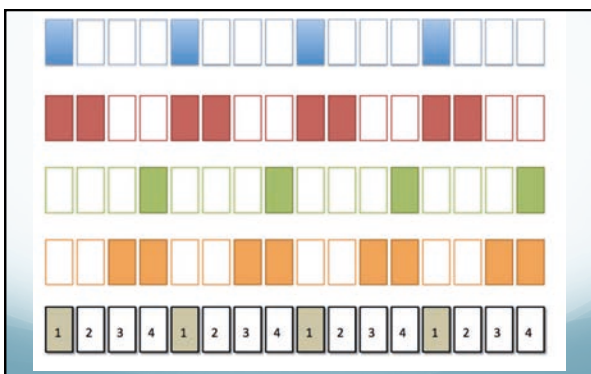
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---