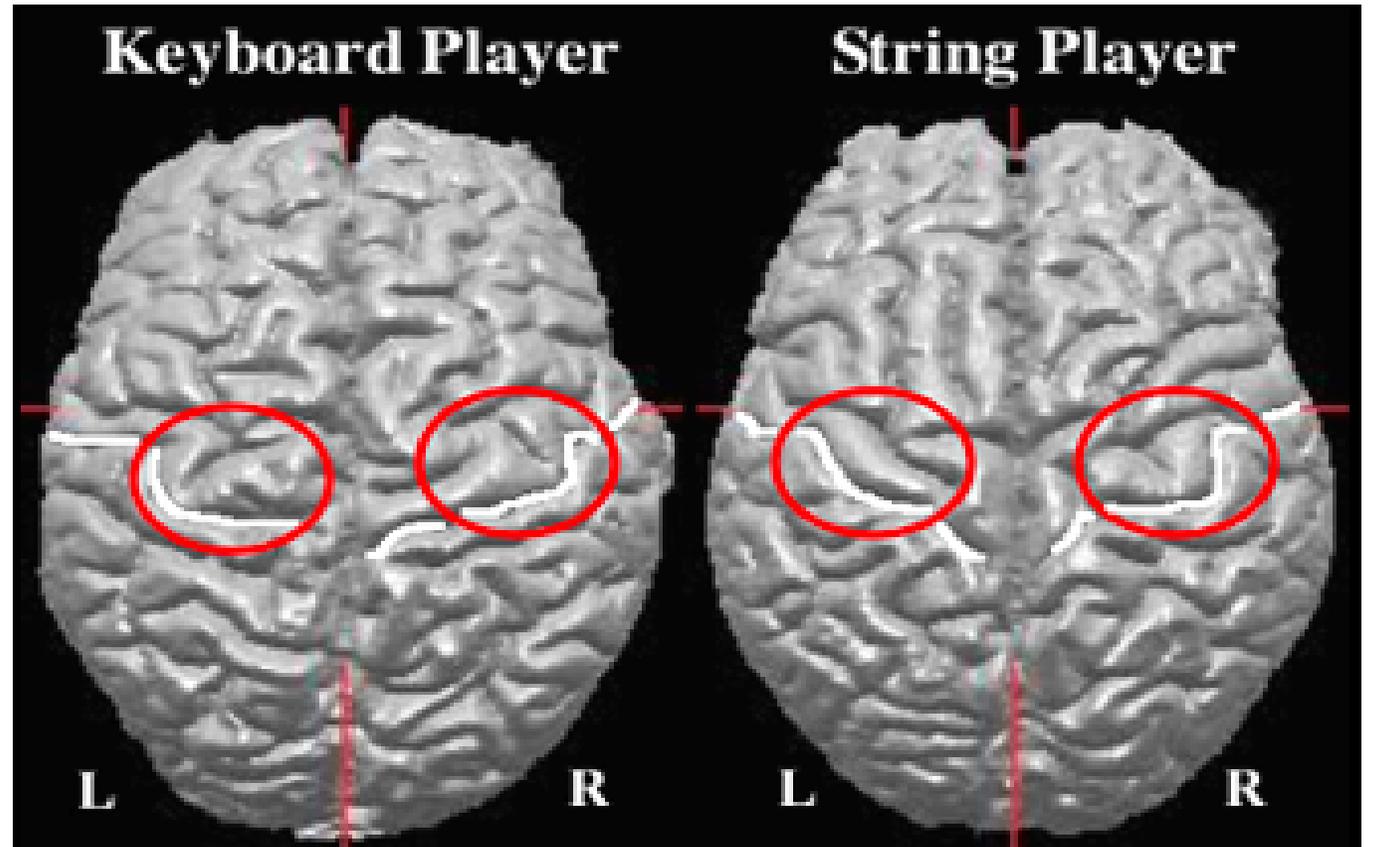
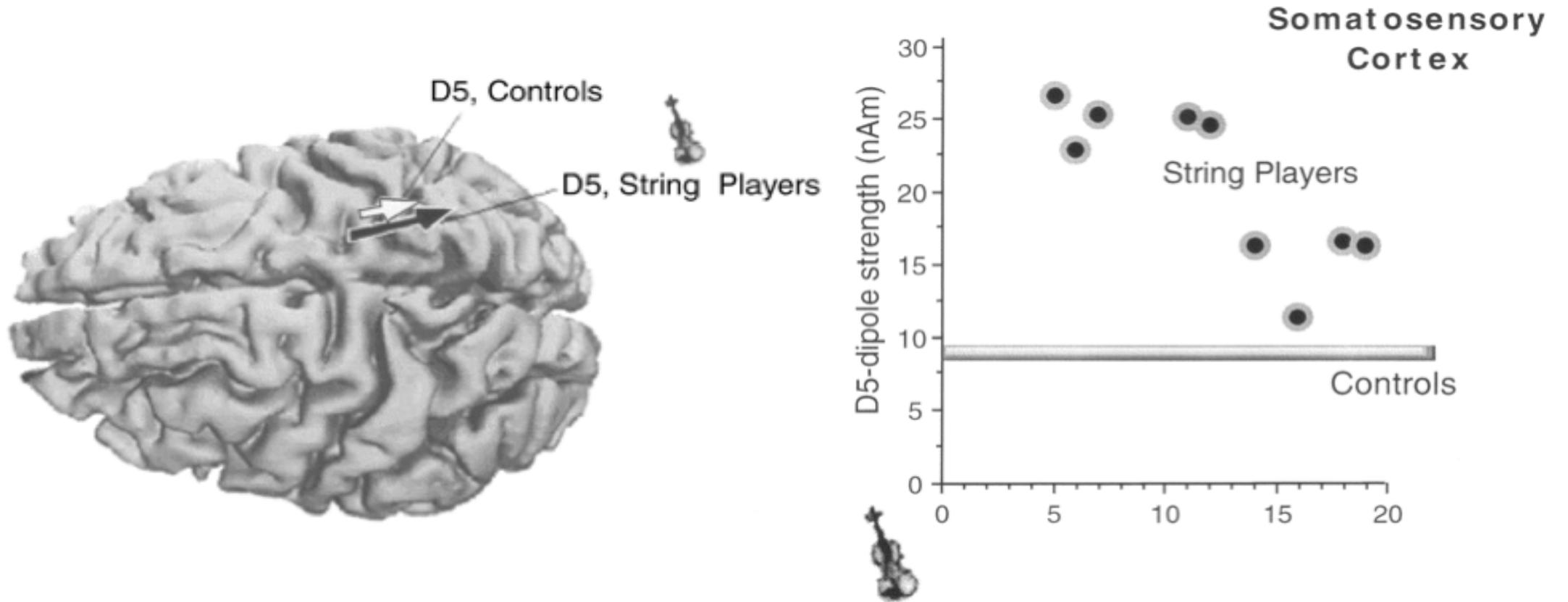


## 2eme partie :

Mélodys/Musadys : entre rééducation, pédagogie et neurodéveloppement

# Le cerveau du musicien : un modèle de plasticité cérébrale

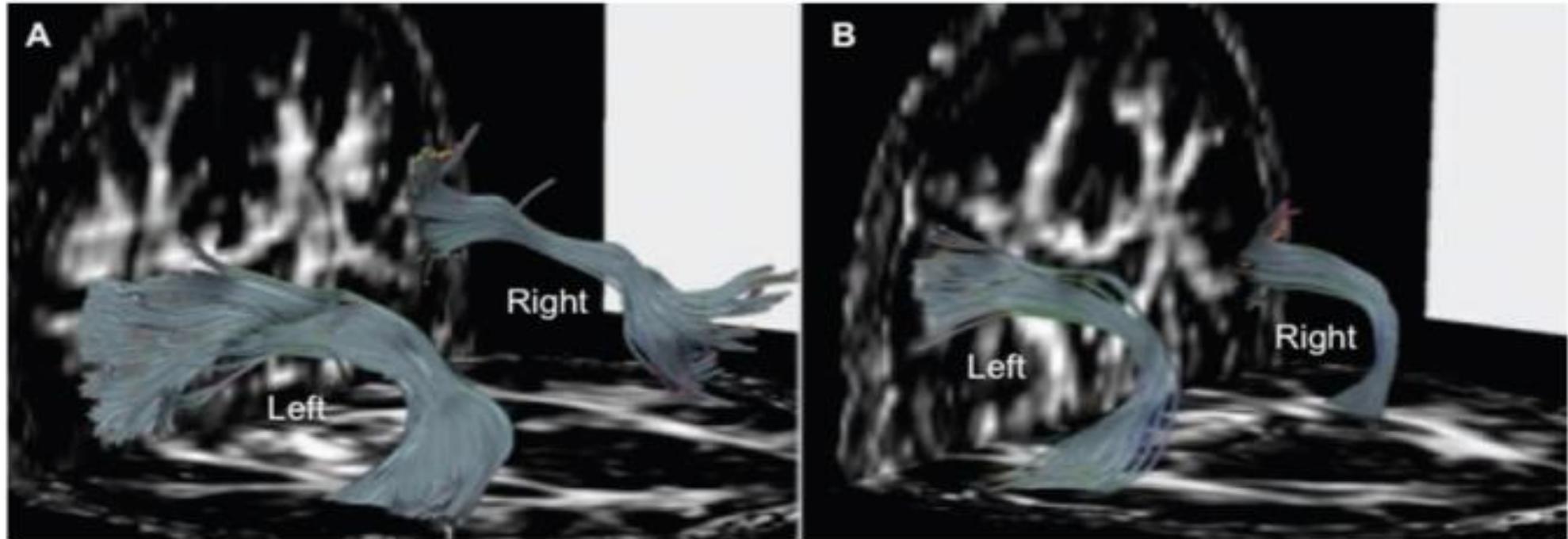




Left hand fifth finger in string instrument players (MEG study, Elbert et al., 1998). Larger dipole in right somatosensory area. Effect of learning age.

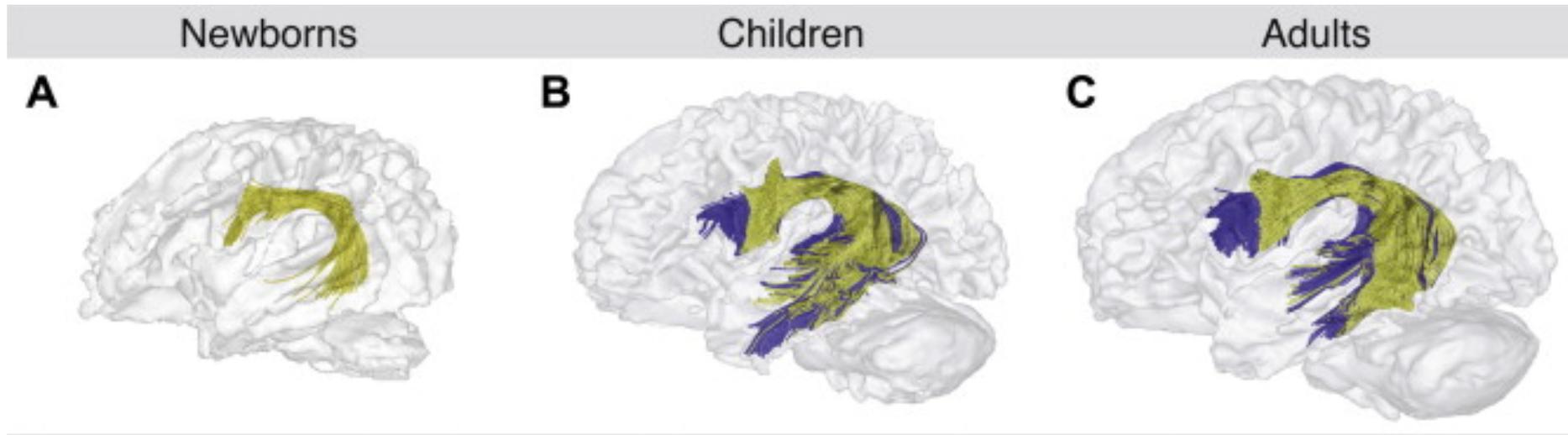
(A) The arcuate fasciculus of a healthy 65-year-old instrumental musician

---



---

(B) the arcuate fasciculus of a healthy 63-year-old nonmusician, otherwise matched with regard to their handedness, gender, and overall IQ



Le faisceau arqué, qui connecte les aires de Broca et de Wernicke est constitué de deux contingents : l'un ventral, présent dès la naissance, qui serait responsable du développement linguistique initial (fonctionnerait comme un extracteur de règles d'invariance dans la phonologie et la syntaxe). L'autre dorsal, n'apparaissant que vers 7ans, responsable de fonctions linguistiques plus complexes (sous l'influence de la lecture?).

[Brauer J, Anwander A, Perani D, Friederici AD.](#) Dorsal and ventral pathways in language development. [Brain Lang.](#) 2013 May 1.

# En résumé : Le cerveau qui apprend la musique = un modèle de plasticité cérébrale

- 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.

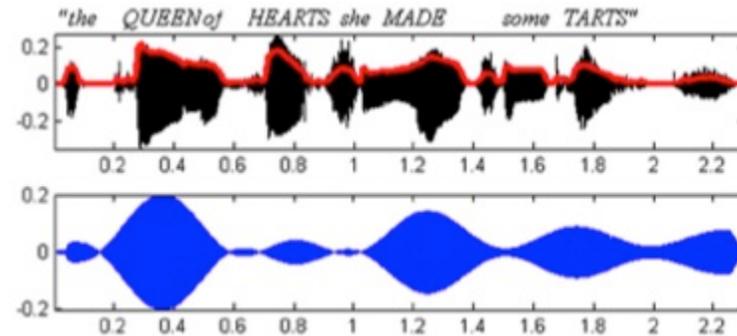
# La connectivité cérébrale



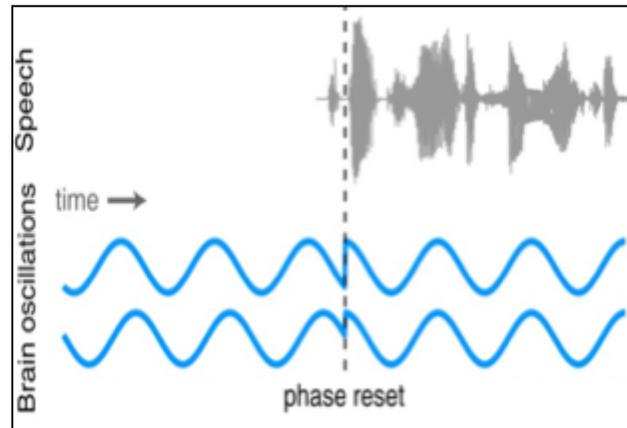
Pour pouvoir communiquer entre elles, les différentes régions du cerveau ont besoin d'ajuster, de synchroniser le rythme de leurs oscillations. Tout se passe exactement comme lors **du jumelage de deux appareils électroniques** : tant que les deux processeurs ne se sont pas mis en phase, ils ne peuvent communiquer entre eux. C'est ce qui se passerait dans le cerveau des enfants dys : à cause de la mise en place déficiente de leurs connexions réciproques, les régions impliquées dans un apprentissage ou une fonction cognitive ne parviendraient pas à se synchroniser, provoquant le trouble dans un apprentissage donné.

# Oscillations neuronales et perception de la parole

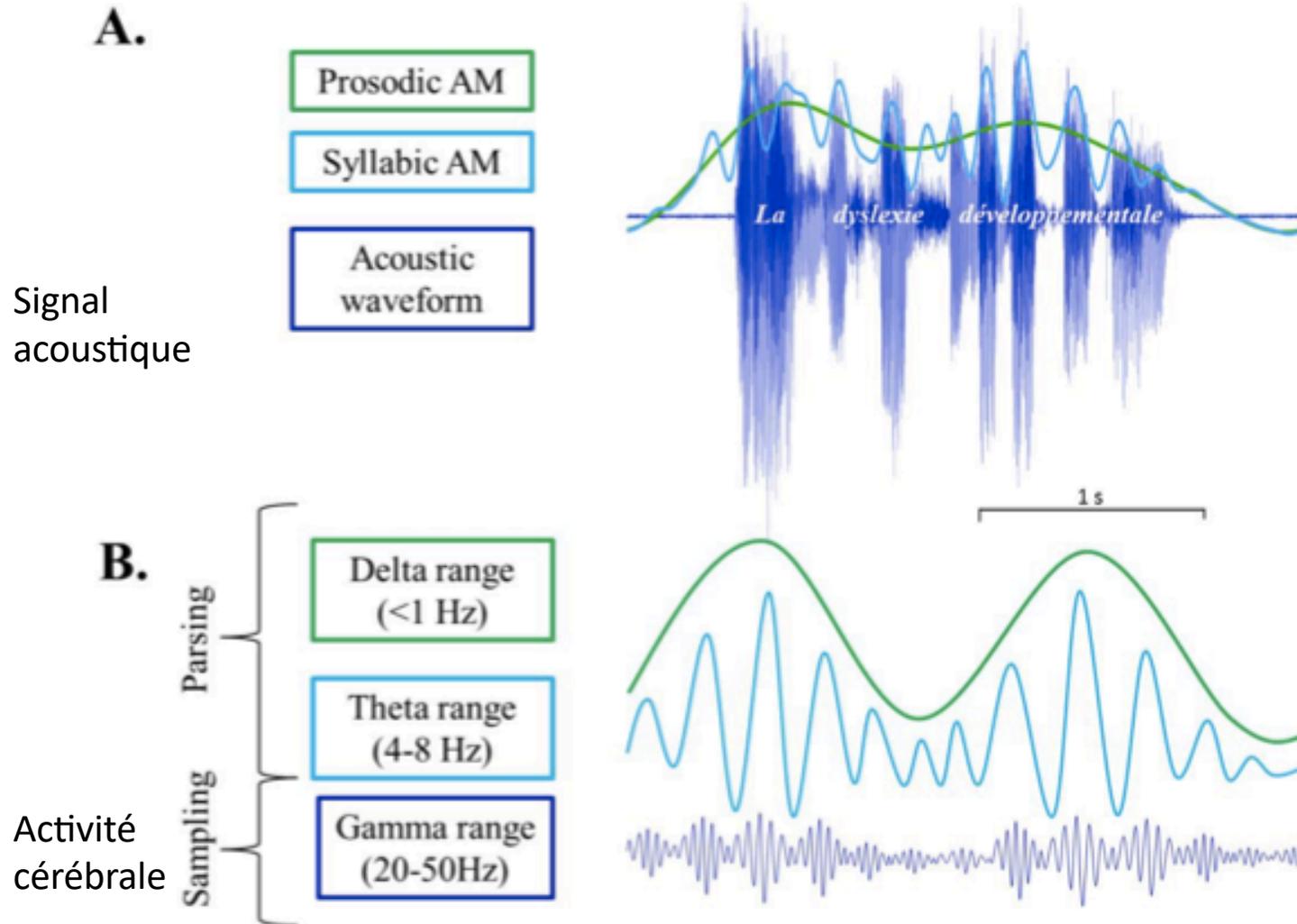
Les oscillations se « lient » au rythme de parole



Giraud and Poeppel, 2012



Peelle and Davis, 2012



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



Le phénomène d'entraînement : les métronomes initialement asynchrones, mais réglés au même tempo, se synchronisent ensuite par transmission de l'énergie oscillatoire.

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Front. Neurosci., 20 June 2016 | <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00245>

## 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

Nathalie Bedoin<sup>1</sup>, Lucie Brisseau<sup>2†</sup>, Pauline Molinier<sup>2†</sup>, Didier Roch<sup>2</sup> and Barbara Tillmann<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dynamique Du Langage Laboratory, Centre National de la Recherche Scientifique UMR 5596 and University Lyon 2,

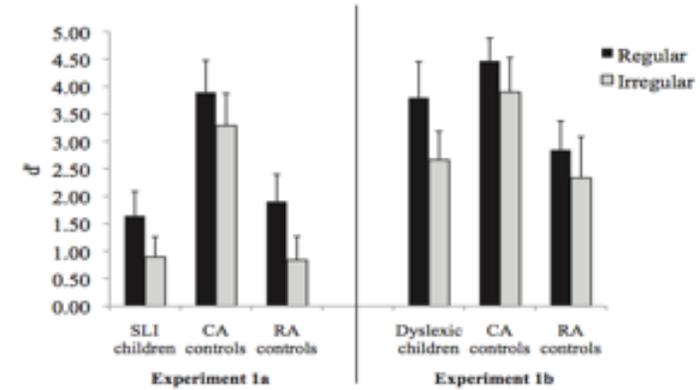


Figure 2.  $d'$  data pattern of Experiments 1A and 1B averaged over participants, presented as a function of the musical prime (regular, irregular) and the participant groups: specific language impairment (SLI) children in Experiment 1A, dyslexic children in Experiment 1B, with their respective control groups matched for chronological age (CA) and reading age (RA). Error bars indicate between-participants standard errors.

Grammaticality judgment task

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

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

Alexander Chern<sup>a,b,c,\*</sup>, Barbara Tillmann<sup>d</sup>, Chloe Vaughan<sup>a,e</sup>, Reyna L. Gordon<sup>b,c,f,\*</sup>

<sup>a</sup>Vanderbilt University School of Medicine, Nashville, TN 37212, USA



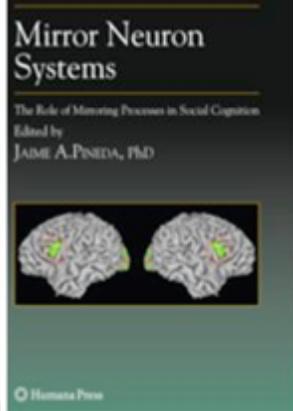
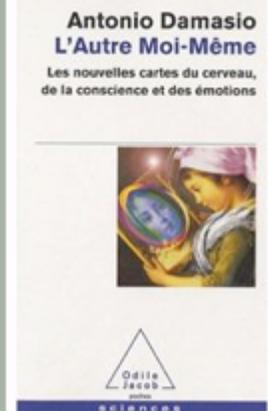
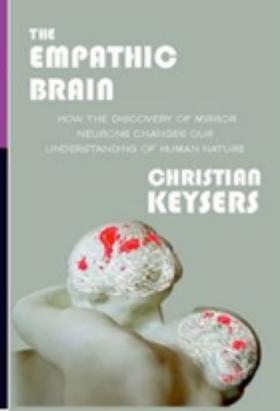
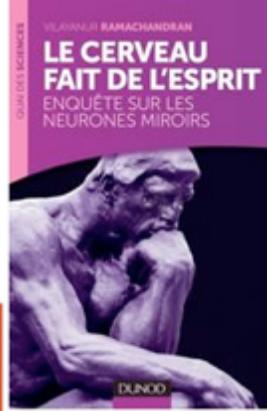
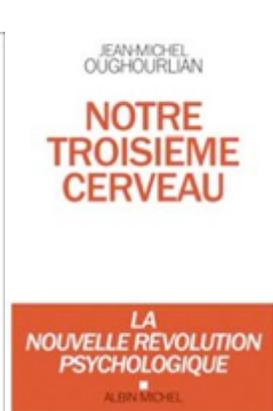
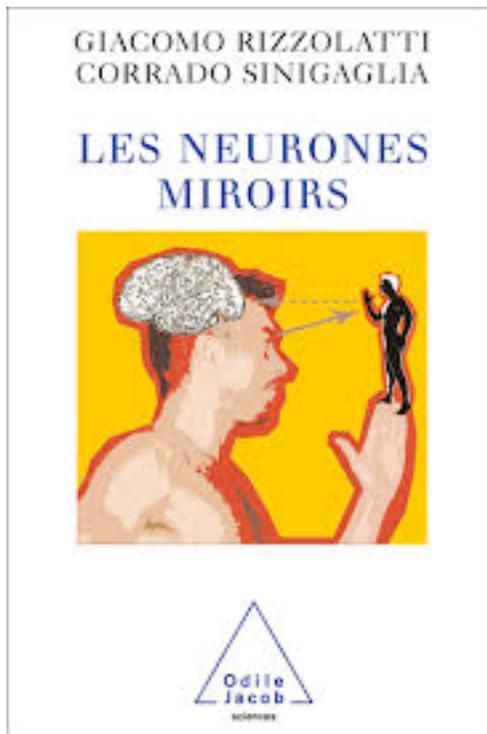
Regular prime



Irregular prime



neutral



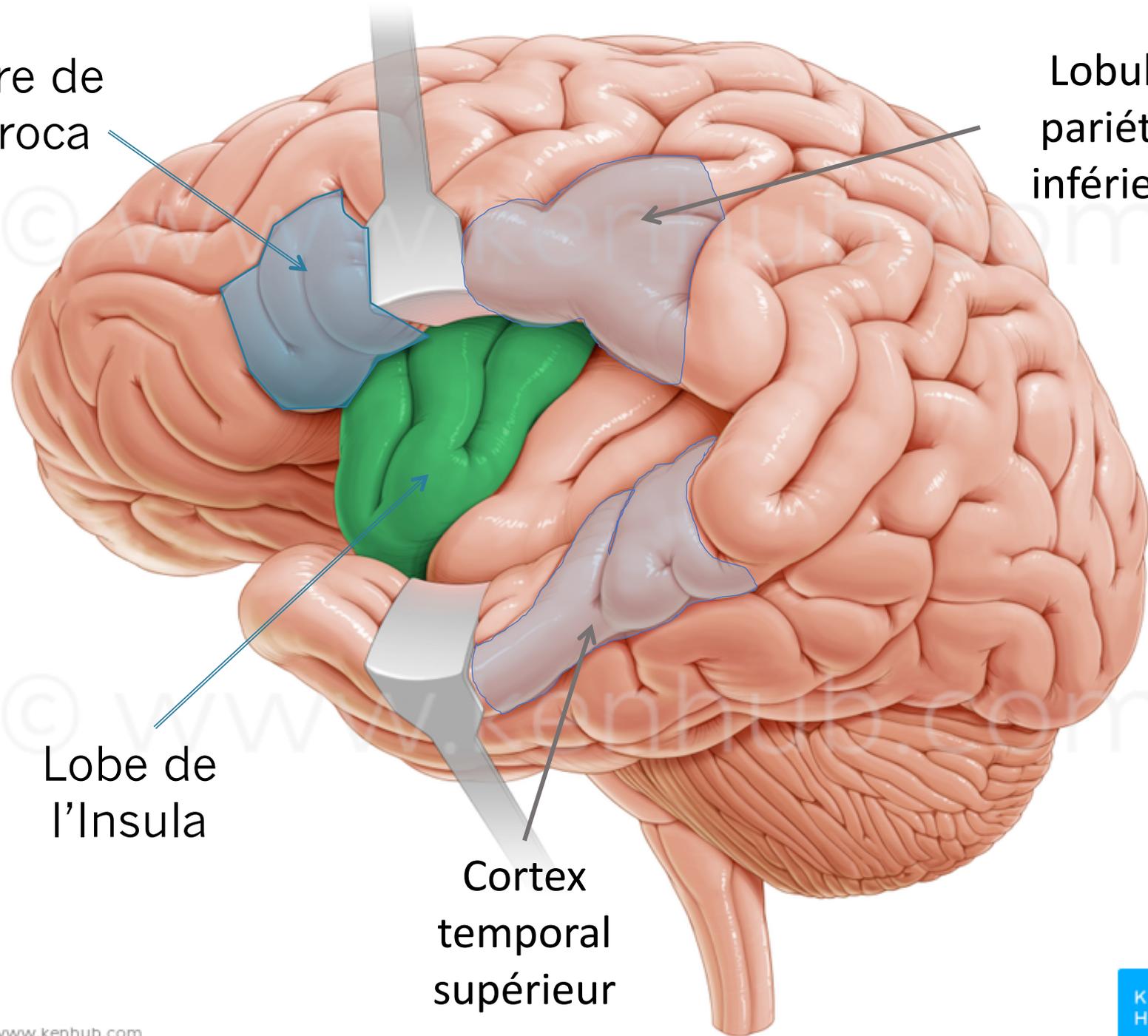
Photomontage by Zachary Scott  
Yawn contagion.



Rôle

Aire de Broca

Lobule pariétal inférieur



Lobe de l'Insula

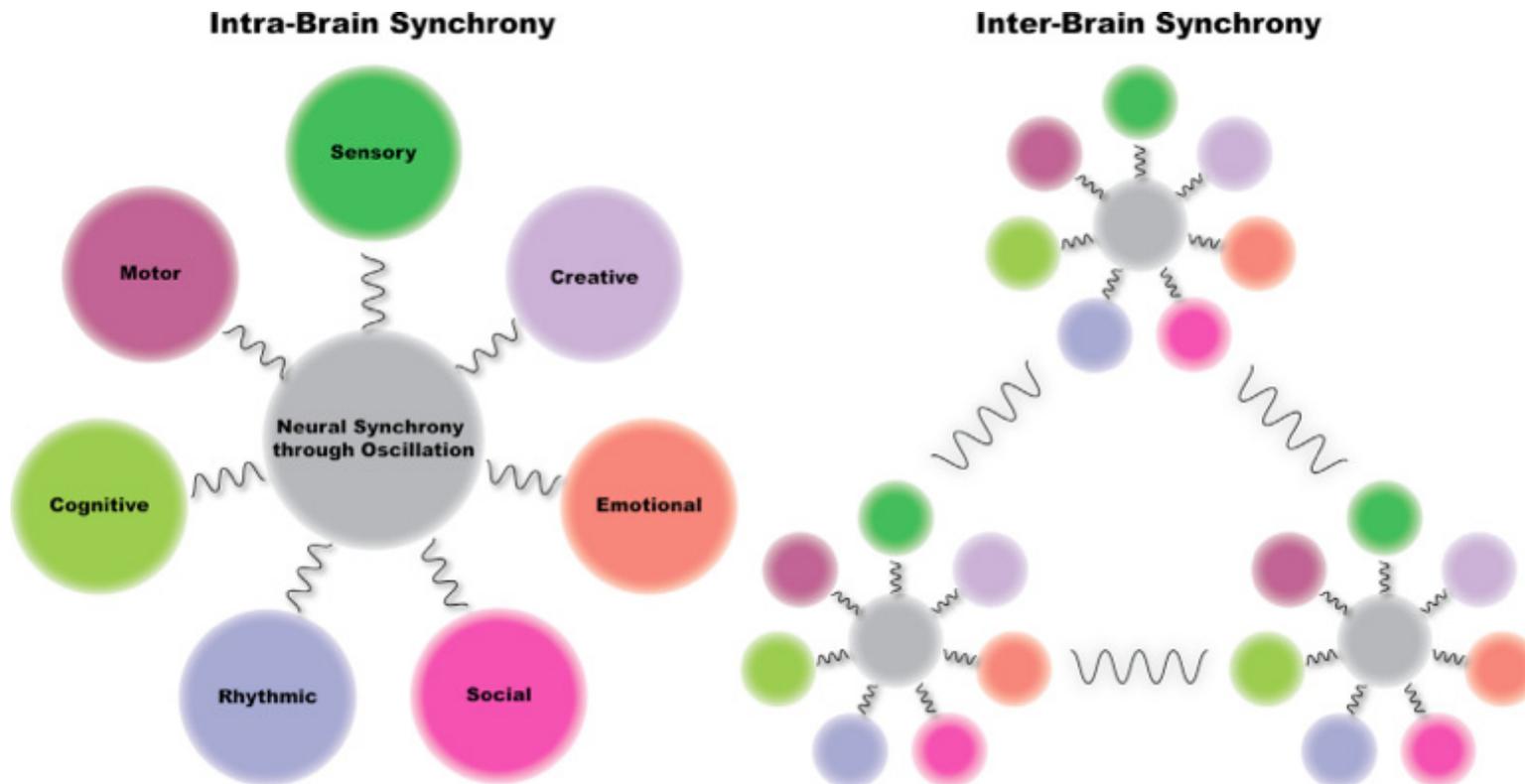
Cortex temporal supérieur



## Dance on the Brain: Enhancing Intra- and Inter-Brain Synchrony

Julia C. Basso<sup>1,2,3\*</sup>, Medha K. Satyal<sup>4</sup> and Rachel Rugh<sup>5,6</sup>

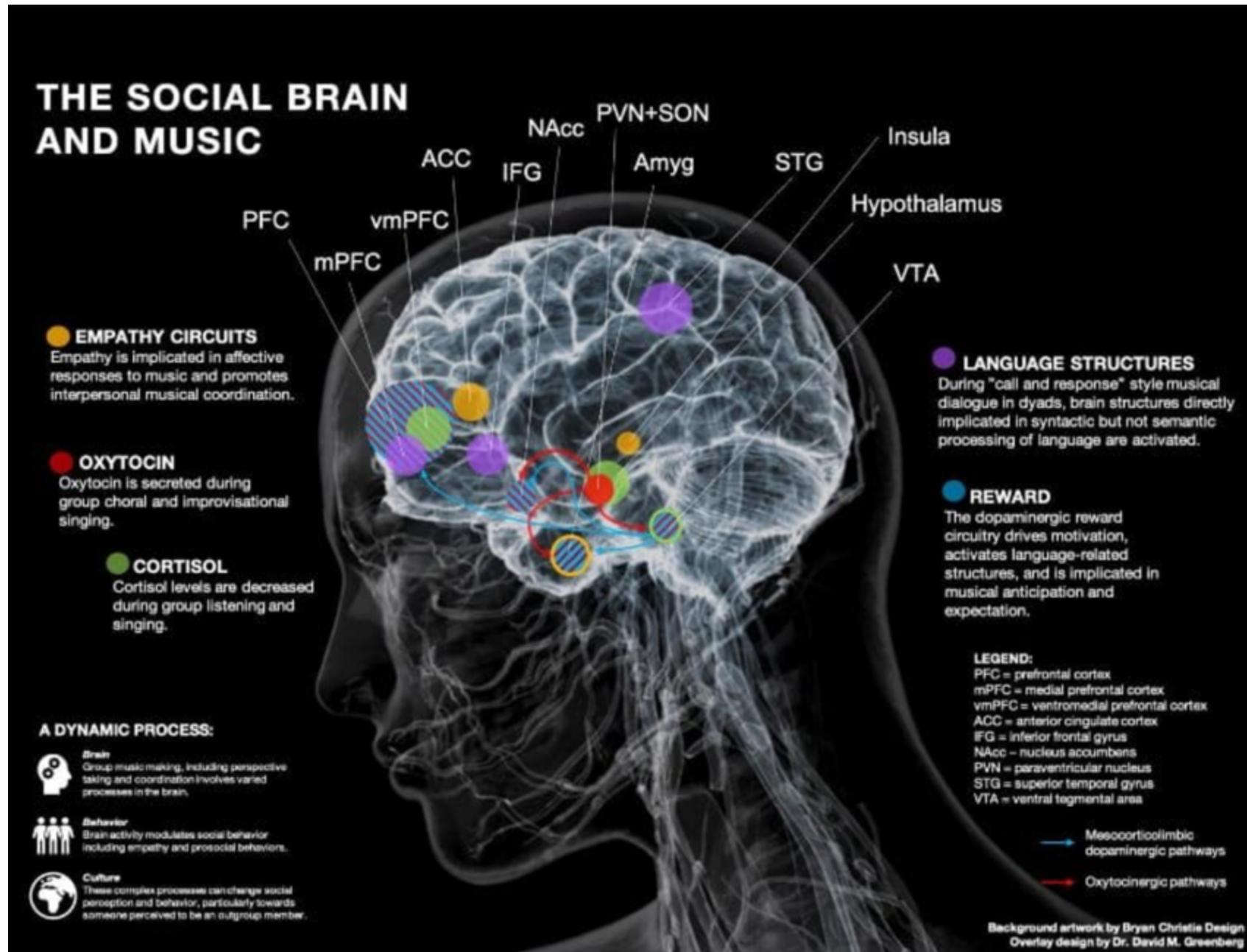
<sup>1</sup>Department of Human Nutrition, Foods, and Exercise, Virginia Tech, Blacksburg, VA, United States, <sup>2</sup>Center for



L'hypothèse de la synchronicité de la danse - nous émettons l'hypothèse que la danse améliore la synchronie neurale dans les régions du cerveau soutenant sept domaines neurocomportementaux: sensoriel, moteur, cognitif, social, émotionnel, rythmique et créatif. De plus, nous émettons l'hypothèse **que lorsque nous nous engageons dans la danse avec les autres, la dynamique cérébrale entre les individus se synchronise**. Autrement dit, la danse améliore à la fois la synchronisation intra et inter-cérébrale. Enfin, nous postulons que nous nous engageons dans la danse dans un but de récompense intrinsèque, ce qui, à la suite de l'augmentation induite par la danse de la synchronie neurale, conduit à une coordination interpersonnelle améliorée.

# COMMENT NOTRE CERVEAU RÉAGIT À LA PRATIQUE MUSICALE DE GROUPE

- L'empathie nous aide à nous adapter à la façon dont les autres pensent et ressentent, et peut être améliorée grâce à la coordination musicale interpersonnelle.
- L'ocytocine est parfois appelée « l'hormone de l'amour » parce qu'elle contribue à notre sentiment de lien social avec les autres. Elle est sécrétée lorsque les gens chantent ensemble, même lorsque le chant est improvisé.
- La dopamine est un neurotransmetteur qui produit un sentiment de plaisir et est libéré pendant l'anticipation et l'attente musicales, et essentiel pour notre sens de la récompense et de la motivation.
- Les structures du langage dans le cerveau sont impliquées dans le dialogue musical de va-et-vient (parfois appelé « appel » et « réponse »).
- Le cortisol est une hormone qui contribue au stress, mais il diminue dans le cerveau lorsque les gens chantent ensemble et lorsqu'ils écoutent de la musique en groupe.



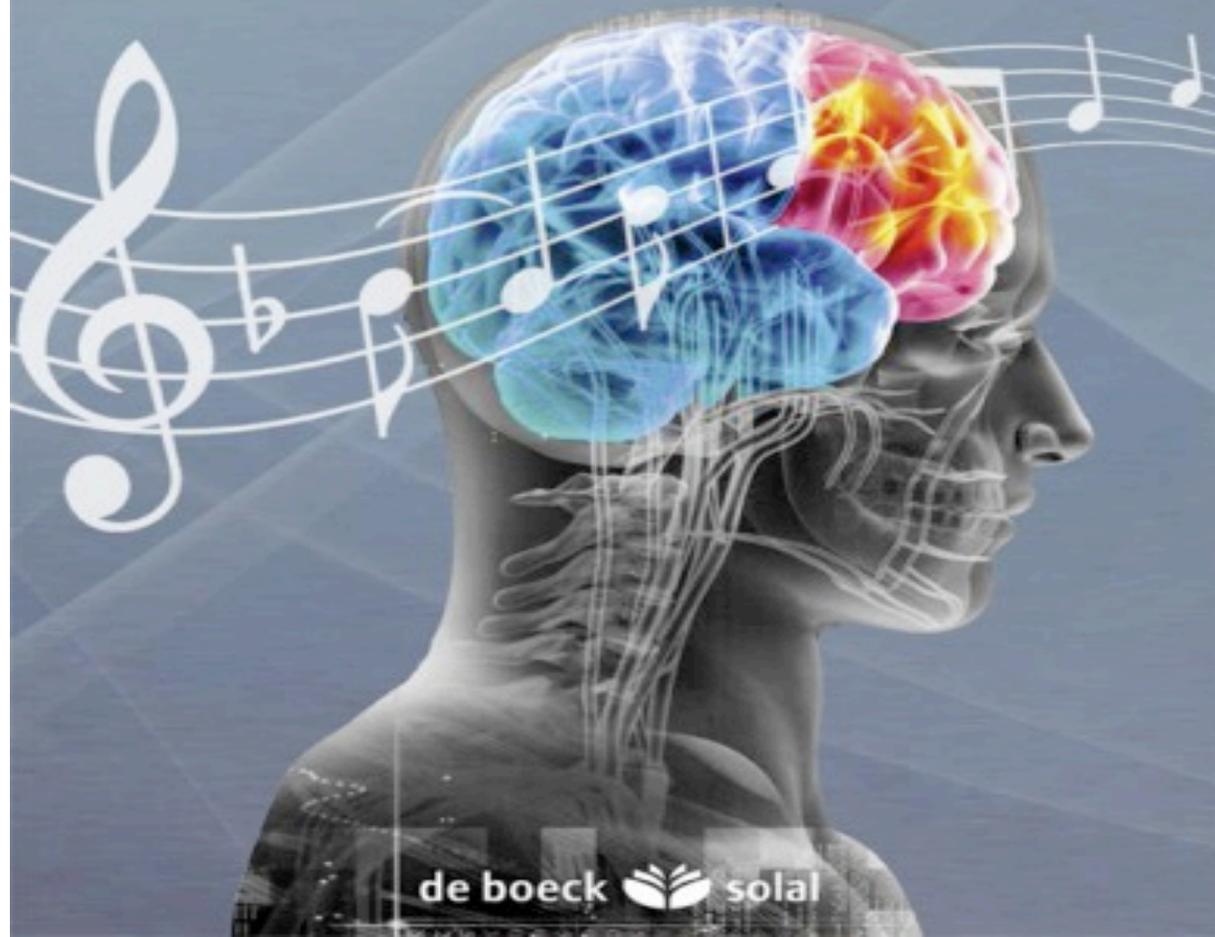
## En résumé : justification de l'utilisation de la musique comme traitement de la dyslexie

- La musique comme analogue de la parole : entraîner des circuits communs aux deux codes
- La musique comme renforçateur de connexions déficientes
- La musique comme amorce rythmique des circuits oscillants qui peinent à s'ajuster aux stimuli linguistiques
- L'apprentissage de la musique comme stimulant de facteurs généraux d'apprentissage : attention auditive, attention visuelle, mémoire de travail, fonctions exécutives, motivation, autres facteurs psycho-affectifs (estime de soi, sentiment d'accomplissement, plaisir esthétique)
- La musique de groupe et la danse comme stimulants des systèmes des neurones miroirs impliqués dans l'empathie et la cognition sociale

# Mélodys

Remédiation cognitivo-musicale  
des troubles de l'apprentissage

Michel Habib  
Céline Commeiras



de boeck  solal

# Rationnel et principes (1)

- Basé sur 3 types d'évidences scientifiques:
  - L'effet reconnu de la musique sur le développement des compétences cognitives chez l'enfant
  - Les caractéristiques de la plasticité du cerveau à travers l'étude d'imagerie cérébrale chez le musicien
  - Les études de neuroimagerie chez les dyslexiques et les musiciens montrent que les particularités neurofonctionnelles du cerveau des premiers coïncident avec des structures modifiables par la musique

## MéloDys La musique à l'aide des troubles des apprentissages



Association MéloDys



890 likes



La Méthode MéloDys : un programme musical spécifique pour faire de la musique, éviter l'échec scolaire et développer ses capacités cognitives



### Ateliers MéloDys

La méthode MéloDys® a été imaginée par la pianiste pédagogue Alice Dormoy (Nice), en étroite collaboration avec le Pr Habib (Marseille) et l'orthophoniste Céline Commeiras (Aix) pour aider les enfants en difficulté tout en leur offrant la possibilité d'accéder à une pratique artistique épanouissante



### Formations MéloDys

Comment utiliser la musique en cabinet d'orthophonie?  
Face aux difficultés d'apprentissage, acquérir des outils concrets pour adapter le cours de musique et adapter sa pratique pédagogique.  
Certaines formations se font en présentiel, d'autres se font en ligne



### Matériel MéloDys

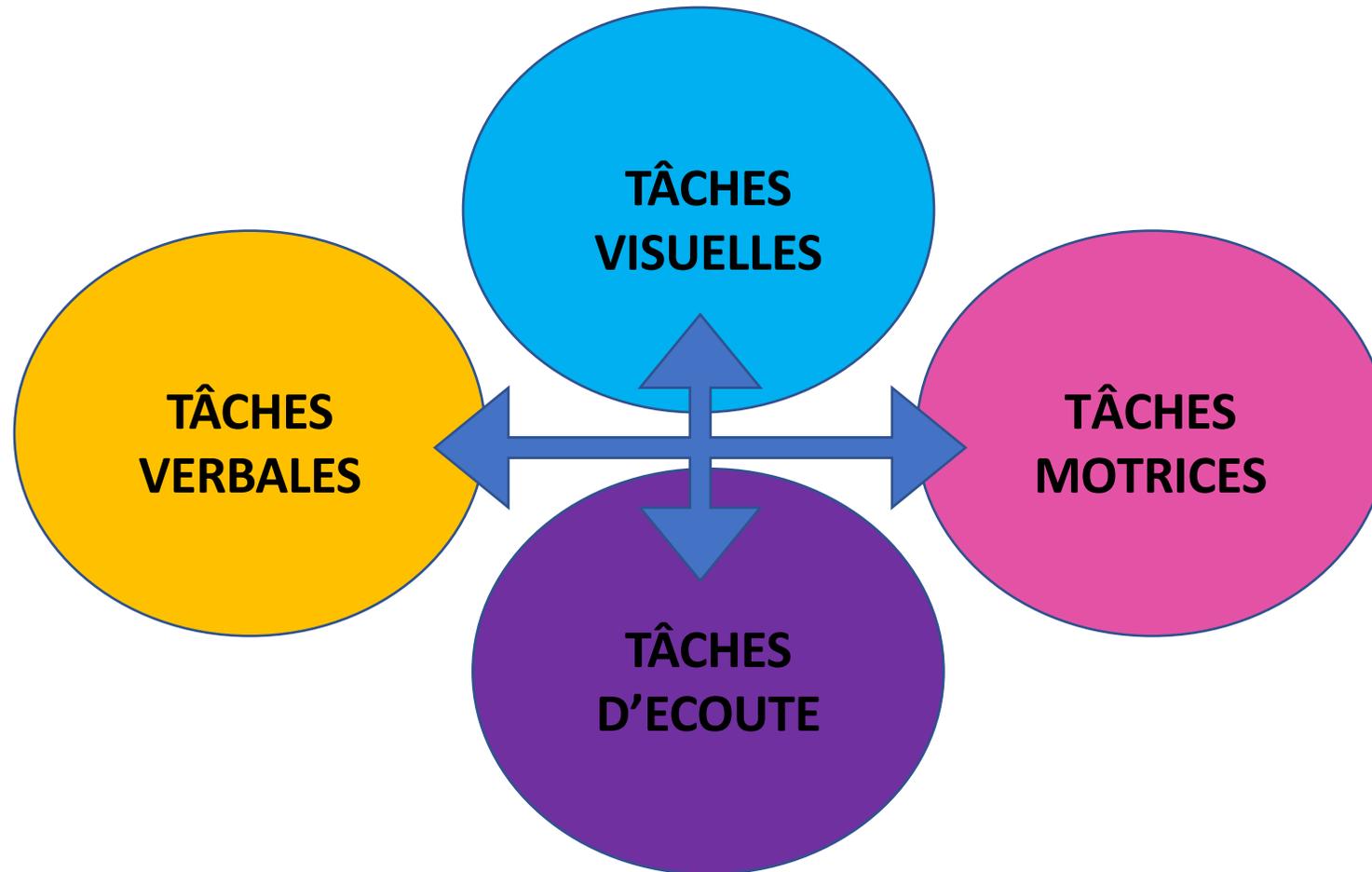
La méthode MéloDys utilise un matériel pédagogique varié et multiple, disponible sur la boutique (Portées 3D, Livret Pédagogique, Papier à musique spécifique pour difficultés visuo-spatiales, Carillon escalier, Cartes-escalier).

[Matériel MéloDys](#)

# MÉTHODE MÉLODYS: VERSANT PEDAGOGIE

Une **APPROCHE MULTIMODALITAIRE**

Mélodys



# Rationnel et principes (2)

- Utilise la capacité de la musique à renforcer les connexions entre des zones cérébrales dysfonctionnelles chez les dyslexiques
- Sous la forme d'un entraînement intensif et répétitif des liens fonctionnels entre 3 aspects de l'apprentissage
  - Visuel
  - Auditif
  - Moteur
- Dans des contextes variés :
  - Cours de musique collectif
  - Rééducation orthophonique en petits groupes en complément des séances ordinaires
  - Classe spécialisée (CLIS, ULIS)
  - Eventuellement classe entière
  - Dans tous les cas utilité de deux professionnels



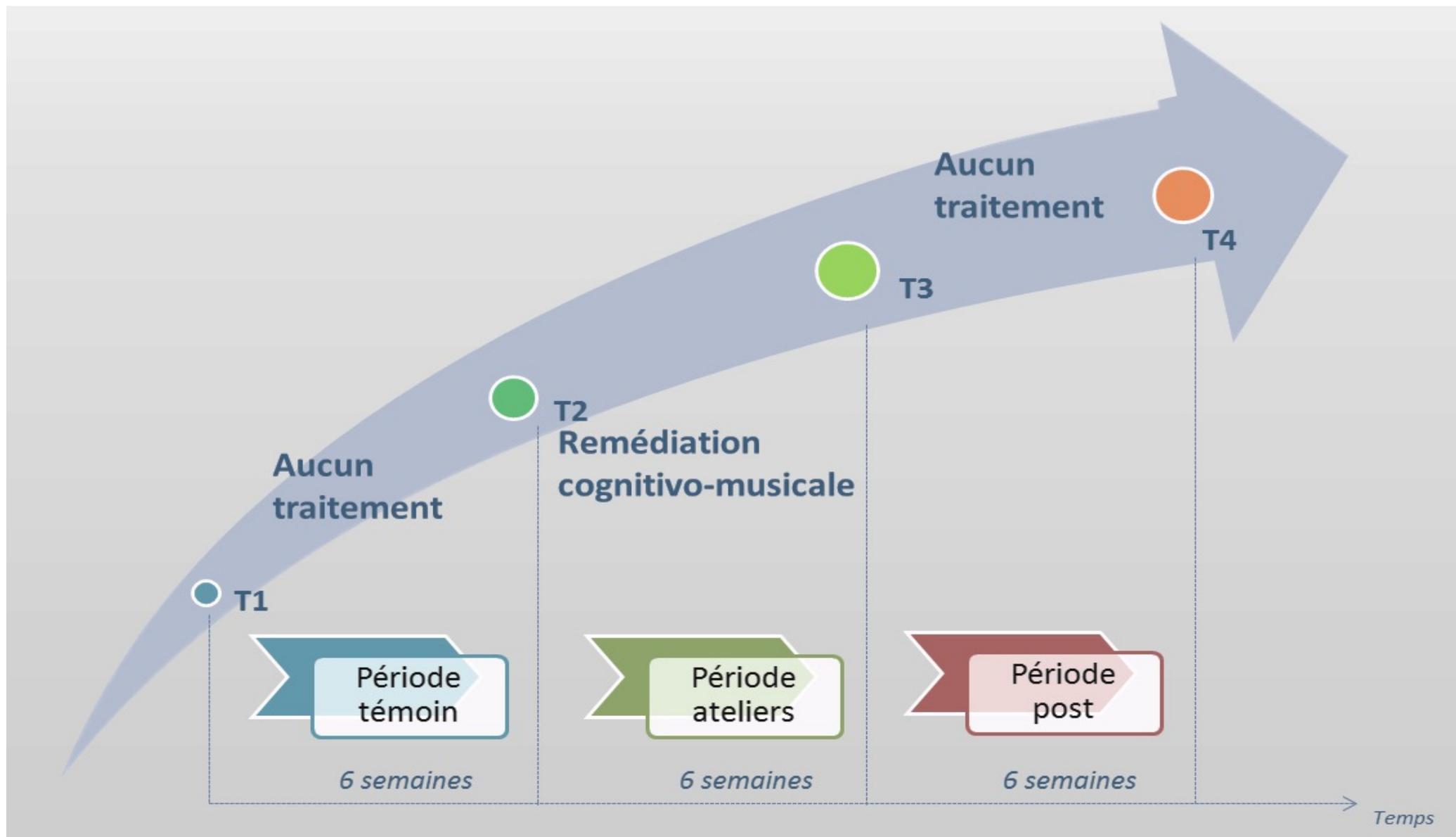
CrossMark

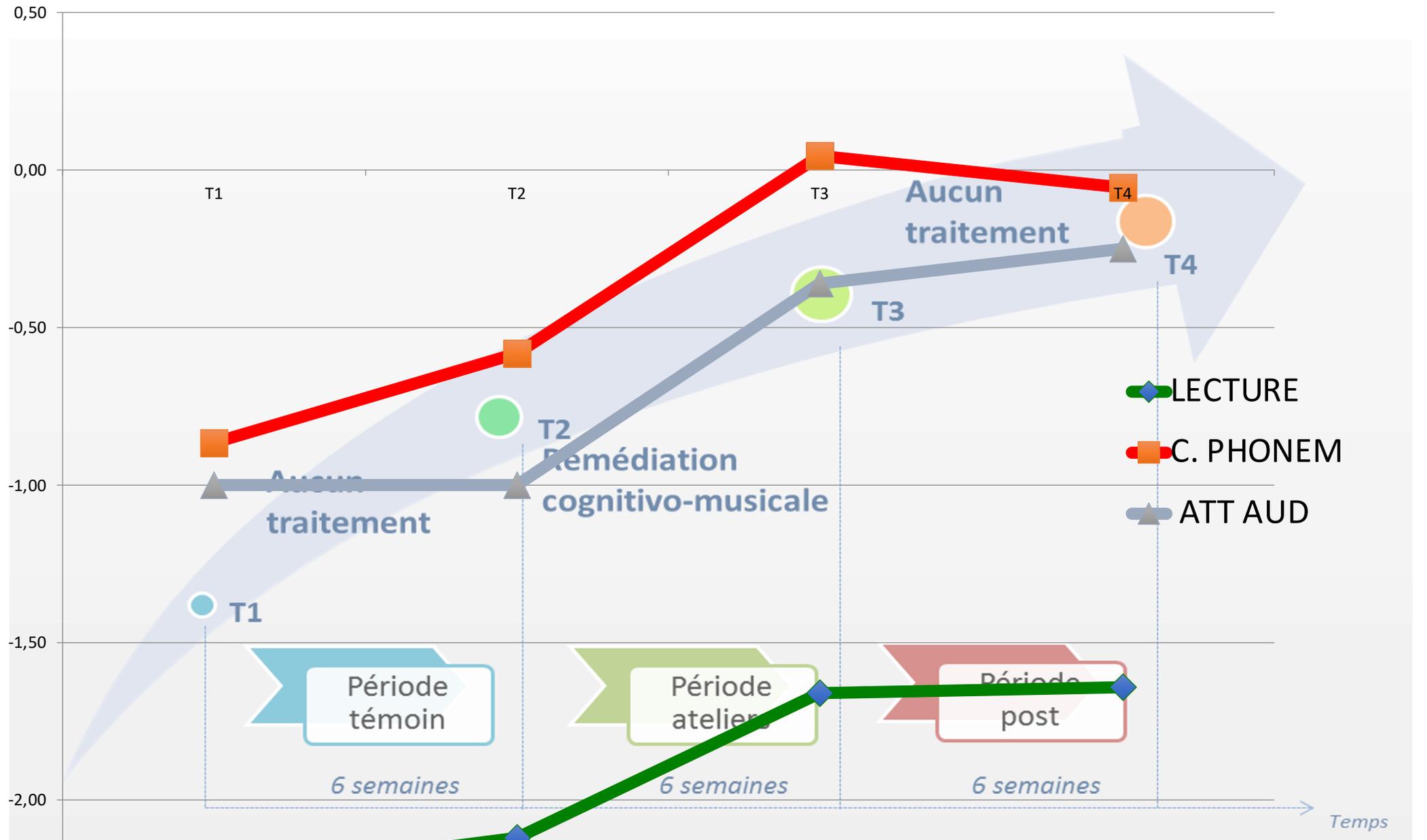
# Music and Dyslexia: A New Musical Training Method to Improve Reading and Related Disorders

*Michel Habib<sup>1,2\*</sup>, Chloé Lardy<sup>1</sup>, Tristan Desiles<sup>1</sup>, Céline Commeiras<sup>1</sup>, Julie Chobert<sup>2</sup> and Mireille Besson<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Filsodys et Service d'Éducation Spéciale et de Soins à Domicile Filsodys, Agence Régionale de la Santé, Marseille, France,*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Neurosciences Cognitives, Centre National de la Recherche Scientifique and Aix-Marseille Université, Marseille, France*





## OUR MISSION:

**TO PROMOTE** the positive development of children through music.

**TO BUILD** healthy communities.

**TO DEVELOP** children as ambassadors of peace, hope, and understanding.

[LEARN MORE](#)

Submit your email address to stay up to date with us!

[SUBMIT](#)

Harmony Project Student Voices: Isaac



▼ **Calendar of Events**

**Samedi, 6 décembre**

RESEARCH

09.03.14

## Music and the Developing Brain: Results from Our Partnership with Northwestern University

Some very exciting results were found in our research partnership with [Northwestern University](#)!

One research question Dr. Nina Kraus is trying to answer is "Can music offset the ever-widening academic gap between rich and poor?" Results of the research suggest that it does, and Harmony Project students are proving just that!

For the past three years, we've been working with Dr. Kraus and her team of researchers to study the

# Longitudinal Effects of Group Music Instruction on Literacy Skills in Low-Income Children

Jessica Slater<sup>1,2</sup>, Dana L. Strait<sup>1,3na</sup>, Erika Skoe<sup>1,2nb</sup>, Samantha O'Connell<sup>1nc</sup>, Elaine Thompson<sup>1,2</sup>, Nina Kraus<sup>1,2,3,4,5\*</sup>

<sup>1</sup>Auditory Neuroscience Laboratory, Northwestern University, Evanston, Illinois, United States of America, <sup>2</sup>Department of Communication Sciences, Northwestern



November 2014 | Volume 9 | Issue 11 | e113383

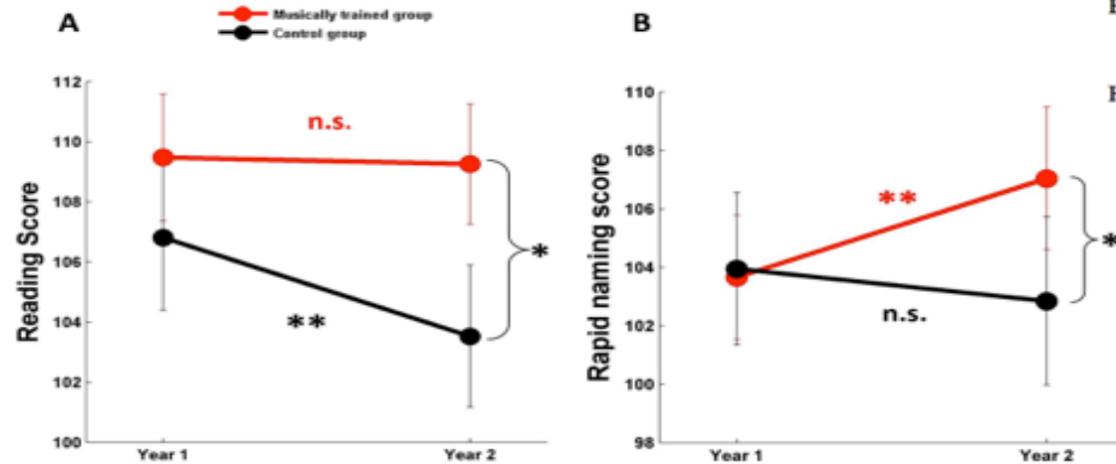


Figure 1. Music training supports reading abilities and rapid naming. (A) The children who received music training (n = 23) maintained their

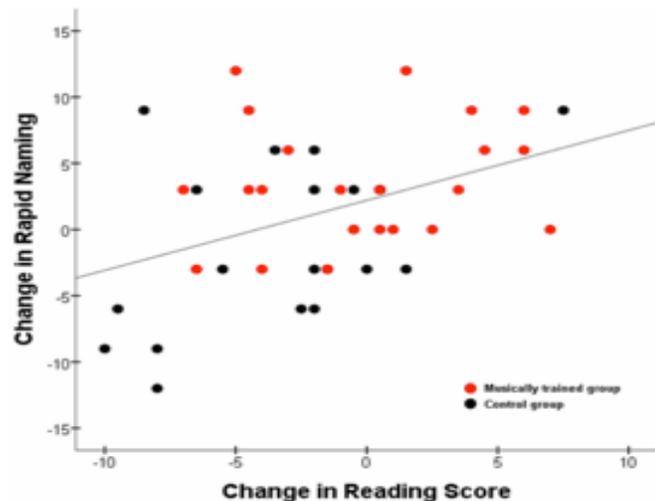


Figure 2. Improvement in rapid naming relates to reading improvement. Year-over-year improvement in rapid naming was correlated with the change in reading score. All participants (n = 41);  $r = .007$ ,  $n = 42$ .

Harmony Project Program	Typical class participation	Number of children
Alexandria Elementary School	One-hour instrumental classes twice a week plus a two hour string ensemble rehearsal each week	3
Beyond the Bell	Twice-weekly two-hour ensemble rehearsals. These include pull-out sectional rehearsals, which are similar to large instrumental classes at other sites.	9
EXPO Center (YOLA)	One-hour instrumental music classes each week and a three hour ensemble rehearsal each week.	3
Hollywood	One-hour instrumental classes twice a week plus a three-hour ensemble rehearsal (concert band) each week.	4
		<b>19</b>

42 Spanish-English bilingual elementary school children (mean age 8.3 years) The training group (n=23) began music classes with the Harmony Project after the initial assessment, while the control children (n=19) remained on the organization’s waiting list to begin music classes the following year.



During their initial year of participation, school-aged children typically receive instruction in both an instrument (usually the recorder and/or a percussion instrument) and in choral singing.

In subsequent years, children select a string, wind, or percussion instrument.

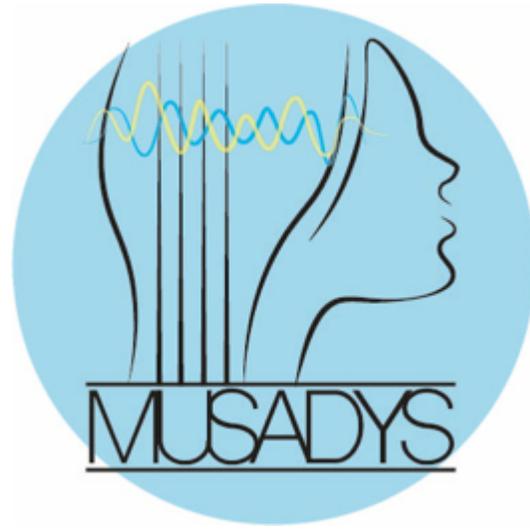
## The Effects of Musical Training on Child Development: a Randomized Trial of *El Sistema* in Venezuela

Xiomara Alemán<sup>1</sup> · Suzanne Duryea<sup>2</sup> · Nancy G. Guerra<sup>3</sup> · Patrick J. McEwan<sup>4</sup> · Rodrigo Muñoz<sup>5</sup> · Marco Stampini<sup>1</sup> · Ariel A. Williamson<sup>6</sup>

Variable (expected sign of the estimate)	Sub-domain	Denominator (individual)		Adjusted difference	p value
		Intervention (n = 1307)	Control (n = 1268)		
<b>Self-regulatory skills</b>					
Self-control (+)	Self-control	-0.023	0.023	-0.066	0.104
Self-control—guardian (+)	Self-control	-0.037	0.037	-0.083	0.049
Delay discount (+)	Future orientation	-0.050	0.054	-0.084	0.152
Go/no-go-commission (-)	Response inhibition	-0.023	0.024	-0.021	0.618
Flanker, interference score (-)	Attention	-0.030	0.030	-0.075	0.116
Tower of London (-)	Planning skills	-0.018	0.020	-0.041	0.526
<b>Behaviors</b>					
Prosocial behavior (+)	Prosocial behavior	0.008	-0.008	0.020	0.630
Prosocial behavior—guardian (+)	Prosocial behavior	-0.034	0.034	-0.077	0.062
Aggressive behavior (-)	Aggressive behavior	-0.003	0.003	-0.004	0.917
Aggression propensity (-)	Aggression propensity	-0.004	0.004	0.001	0.984
Aggression—guardian (-)	Aggressive behavior	0.022	-0.023	0.060	0.150
Risky driving (-)	Propensity risk-taking	-0.023	0.023	-0.036	0.413
Difficulties (-)	Behavioral difficulties	0.034	-0.035	0.079	0.049
Difficulties—guardian (-)	Behavioral difficulties	0.032	-0.033	0.064	0.122
Interpersonal functioning—guardian (+)	Other related skills	-0.043	0.045	-0.071	0.100
<b>Prosocial skills and connections</b>					
Empathy (+)	Empathy	0.003	-0.003	0.028	0.489
Self-esteem (+)	Self-esteem	-0.016	0.016	-0.023	0.570
Family involvement—guardian (+)	Family engagement	-0.022	0.023	-0.029	0.509
School functioning—guardian (+)	School engagement	-0.007	0.008	-0.013	0.745
Affective strengths—guardian (+)	Affective skills	-0.014	0.014	-0.021	0.622
Career strengths—guardian (+)	Career orientation	-0.018	0.019	-0.037	0.385
Intrapersonal strengths—guardian (+)	Self-related skills	-0.026	0.026	-0.054	0.212
<b>Cognitive skills</b>					
Score forward (+)	Working memory	0.019	-0.019	0.039	0.373
Score backward (+)	Working memory	0.023	-0.023	0.056	0.204
Raven (+)	Visual-spatial skills	-0.023	0.023	-0.034	0.429
Symbol search (+)	Processing speed	-0.006	0.006	-0.020	0.627

we focused on self- and guardian reported measures of broad prosocial behavior, difficulties (Strengths and Difficulties Questionnaire) and aggression, with a risk-taking task (risky driving game). Prosocial skills and connections included scale measures of self-esteem, empathy, and school and family engagement.

In total, 2914 children ages 6–14 participated in the experiment, with approximately half receiving an offer of admission to the program in September 2012 and half in September 2013. The treatment group children participated for one semester more than the control group children. **We find that the program improved self-control and reduced behavioral difficulties, with the effects concentrated among subgroups of vulnerable Children (boys – exposed to violence – lower educated mothers).** The results suggest the importance of devising mechanisms to target resources to the most vulnerable children.



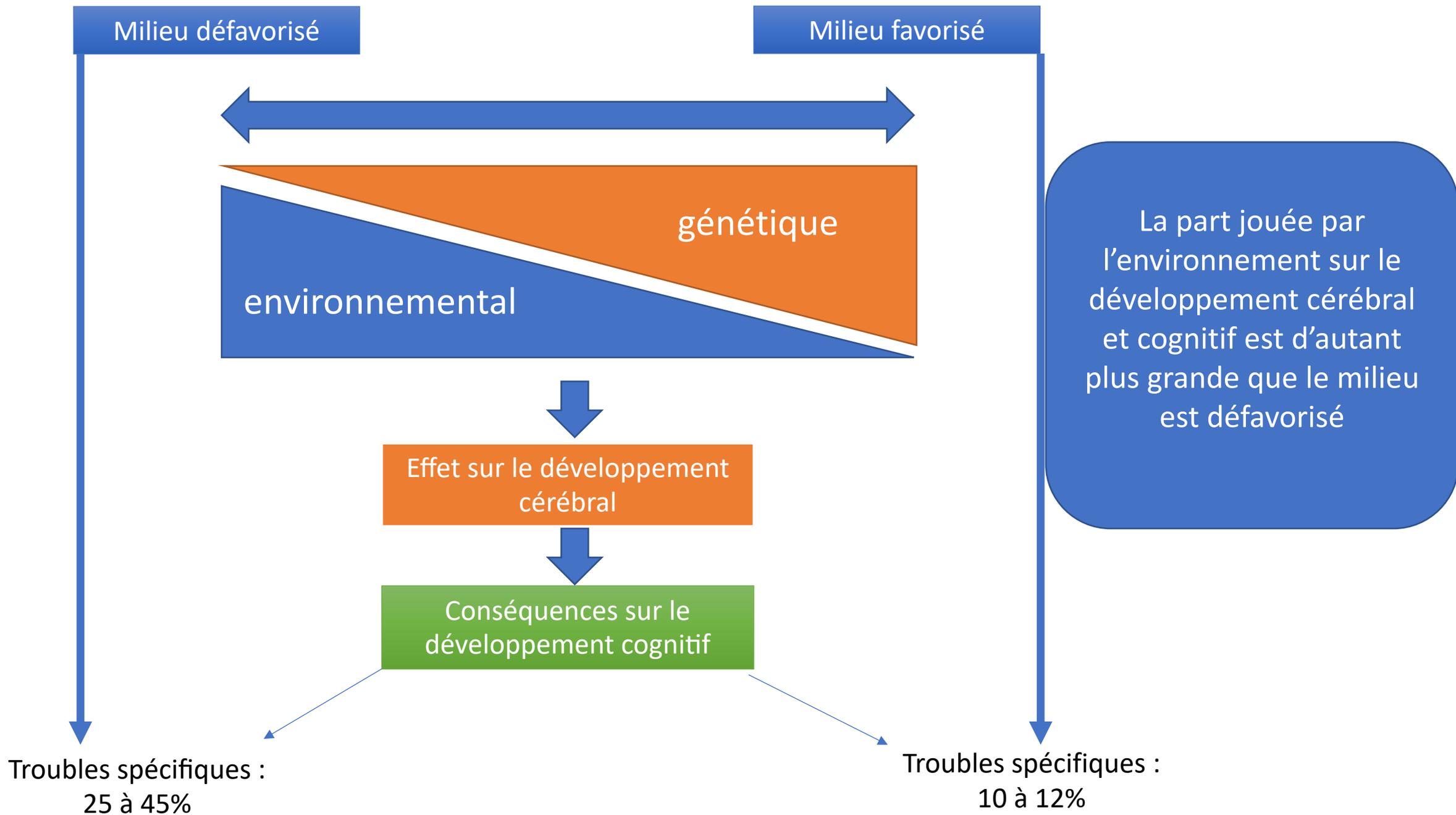
Accompagner les enseignants de CP et CE1 en secteur scolaire socialement fragile à intégrer un outil musical rythmique et corporel dans leur enseignement

# La problématique

- Les fonctions cognitives nécessaires aux apprentissages fondamentaux (lecture, écriture, calcul) en CP et CE1 sont déficitaires chez 7-10% des élèves, plus de 40% dans les écoles REP et REP+ (étude en cours Résodys/Education nationale)
- Les élèves repérés comme ayant des déficits spécifiques dans ces fonctions cognitives nécessitent des rééducations intensives (phonologie, mémoire de travail, fonctions exécutives)
- Or ces rééducations ne sont pas disponibles et/ou les enfants repérés n'y ont pas un accès suffisant dans les quartiers les plus défavorisés
- HAS : *parcours de soins des enfants dys (janvier 2018)* → " Les interventions pédagogiques dont l'efficacité a été prouvée doivent être mises en place au CP et CE1 »
- L'utilisation de la musique et de la danse (Mélodys<sup>®</sup> - Musadys<sup>®</sup>) apparaît comme un moyen thérapeutique pertinent pour apporter des éléments de remédiation intensive dans les domaines des fonctions cognitives à l'origine des difficultés constatées

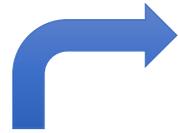
# Le cas particulier des écoles en secteurs socialement fragiles

- Incidence des troubles doublée voire triplée
  - Dédoublément des classes de CP et CE1 : unanimement reconnue comme utile → travail en sous-groupes à besoins similaires
  - Plus grande nécessité d'accompagnement des familles (Déficit d'informations et d'accès aux soins)
  - Manque voire absence de ressources de soins de proximité (orthophonistes+++)
- La seule issue possible : développer les remédiations dans l'école



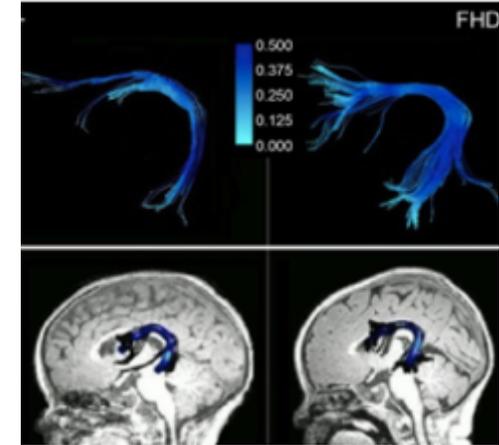
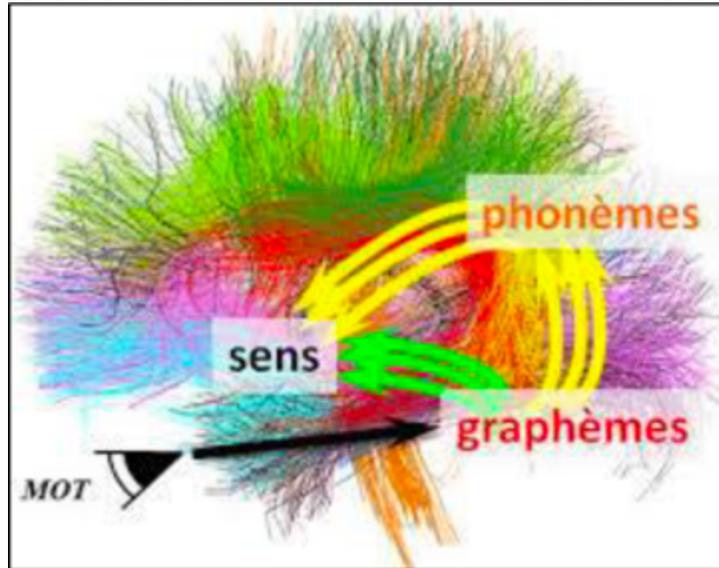
# Les deux circuits de la lecture avant 5 ans

Prédisposition génétique vs statut socio-économique (SSE)



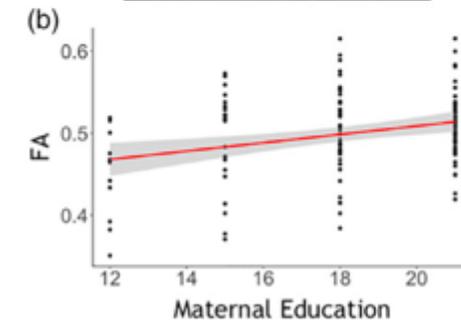
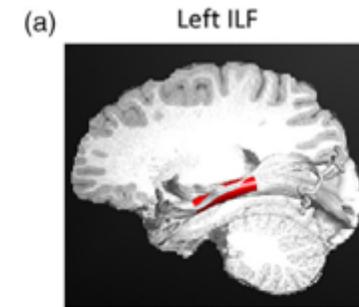
*Moins développée chez les enfants  
à risque de dyslexie*

Voie dorsale : « lire par les sons » (phonologique)



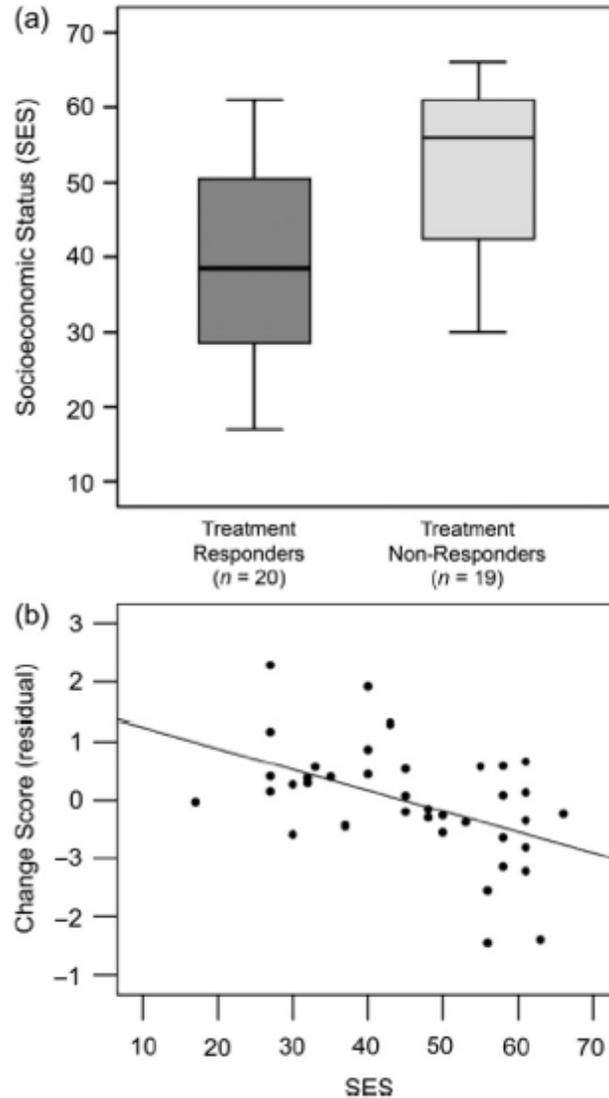
*Moins développée chez les enfants  
à faible SSE*

Voie ventrale : « lire par le sens » (sémantique)



# Mais....

Effet d'un entraînement intensif de 6 semaines de la lecture sur l'épaisseur du cortex



**Conclusion : « ce sont les enfants provenant des milieux socio-économiques les plus défavorisés qui bénéficient le plus de l'entraînement, et qui démontrent la plus forte croissance d'épaisseur corticale, en particulier dans l'aire de Broca gauche ».**

Zones de plus forte corrélation entre SSE et épaisseur corticale

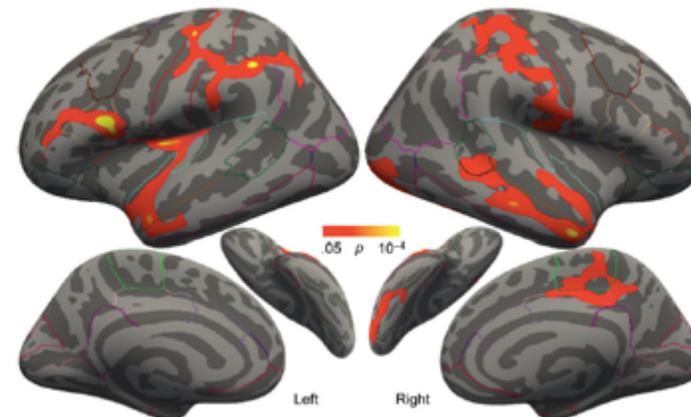
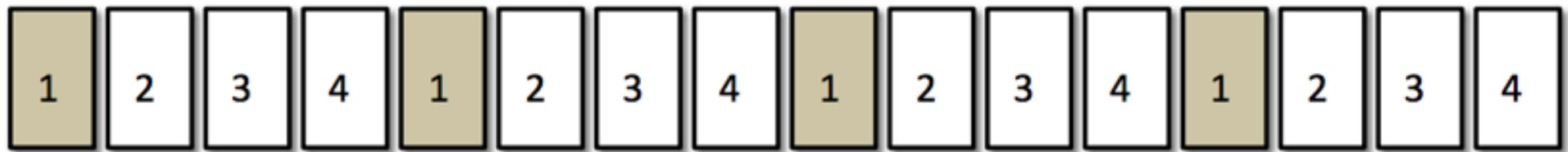


Figure 1. Correlation between SES and cortical thickness, controlling for age and gender. Colored regions exhibited significantly thicker cortex with higher SES at baseline. Outlines represent the cortical parcellations from the Desikan-Killiany gyral-based atlas.



## « REPER-CE1 »

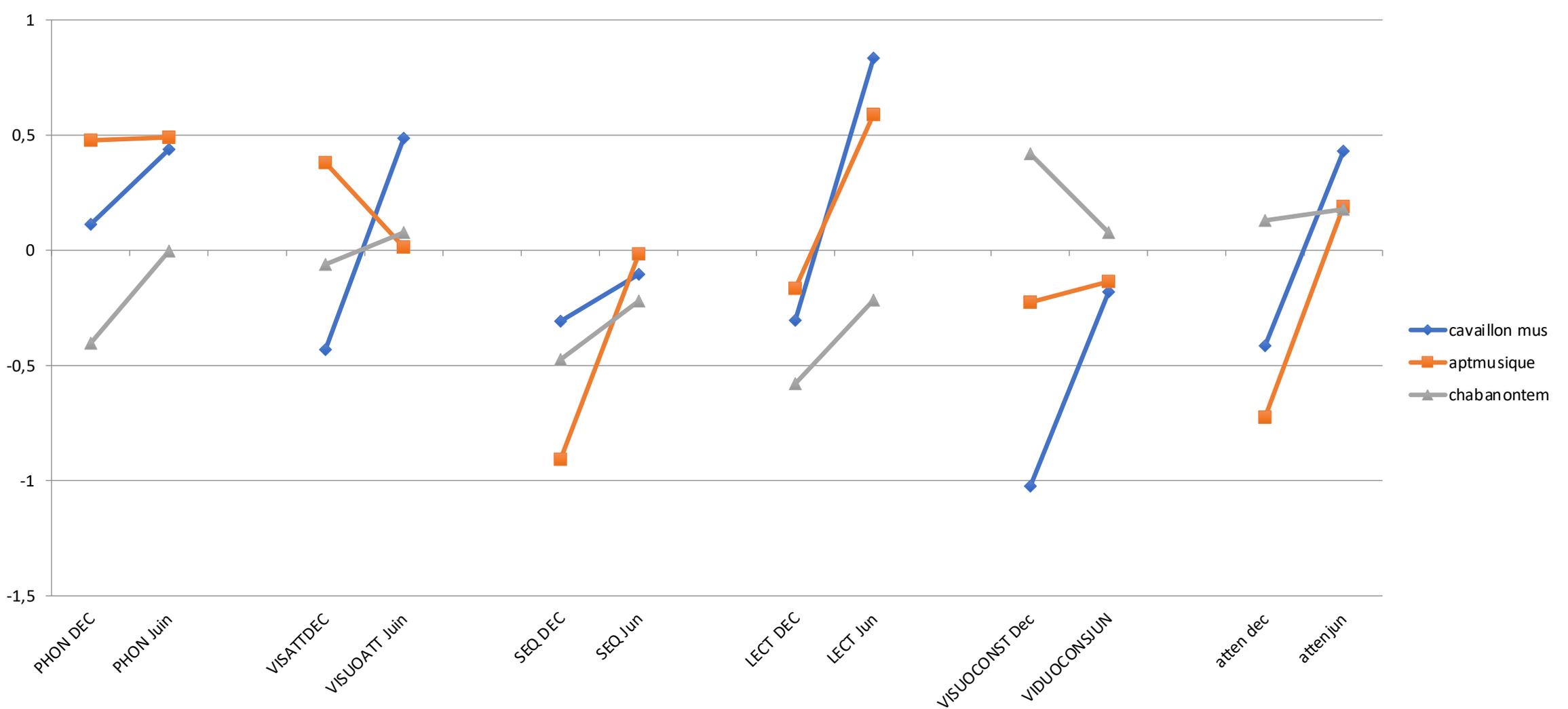
### Outil de repérage pédagogique collectif

Ont participé à l'élaboration de cet outil :

- **Partie 1** : *Dr Michel Habib, Médecin Résodys, Centre Référent Marseille.*  
*Dr Catherine Fossoud, Médecin Centre Référent Nice.*  
*Dr Danielle Degremont, Médecin E N chargée de mission TSA au Rectorat d'Aix-Marseille, IA 13.*  
*Agnès Szikora, Enseignante spécialisée, Centre Référent Nice.*
- **Partie 2** : *Agnès Szikora, Enseignante spécialisée Centre Référent Nice.*  
*Stéphanie Massa, Conseillère pédagogique ASH2, Inspection Académique 13.*  
*Françoise Bec, Maître G (RASED de la circonscription de Marseille 08).*  
*Isabelle Biancarelli, Maître E (RASED de la circonscription de Marseille 08).*  
*Maryse Grill, psychologue scolaire (RASED de la circonscription de Marseille 08).*

*Avec la participation de M. Joël Hervé, IEN Saint Raphael et du Dr. Pierre Taudou, Médecin Conseiller Technique, Rectorat d'Aix-Marseille.*

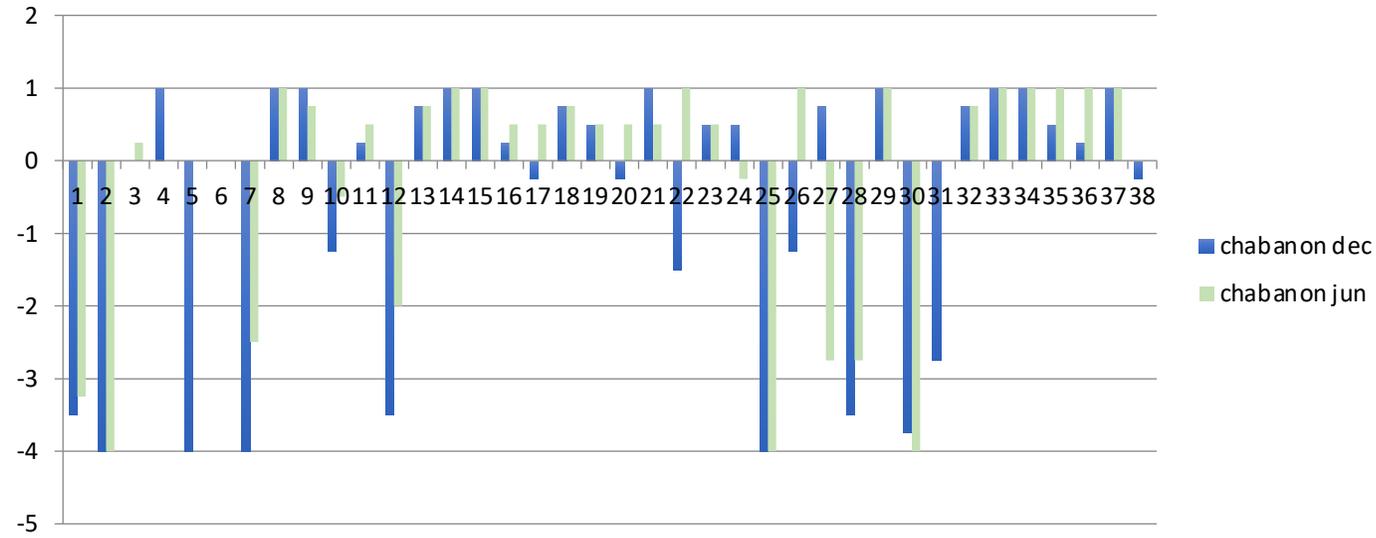
Compétences évaluées		Scores
<b>I. Discrimination phonémique</b>	<i>Identifier le phonème initial</i>	/4
	<i>Identifier le phonème final</i>	/4
	<i>Fusionner 3 à 5 phonèmes</i>	/6
	<i>Total discrimination phonémique</i>	<b>/14</b>
<b>II. Domaine visuo-attentionnel</b>	<i>Décoder le message</i>	/14
	<i>Copier 2 phrases</i>	/15
	<i>Total domaine visuo attentionnel</i>	<b>/29</b>
<b>III. Séquentialité</b>	Ordonner 6 images séquentielles (Ecole)	/6
	<i>Total images séquentielles</i>	<b>/6</b>
<b>IV. Lecture</b>	<i>Lecture de syllabes</i>	/10
	<i>Lecture de mots réguliers</i>	/5
	<i>Lecture de mots irréguliers</i>	/5
	<i>Total lecture</i>	<b>/20</b>
<b>V. Epreuves visuo-constructives</b>	<i>Reproduire la figure 1</i>	/3
	<i>Reproduire la figure 2</i>	/3
	<i>Reproduire la figure 3</i>	/3
	<i>Total compétences visuo-constructives</i>	<b>/9</b>



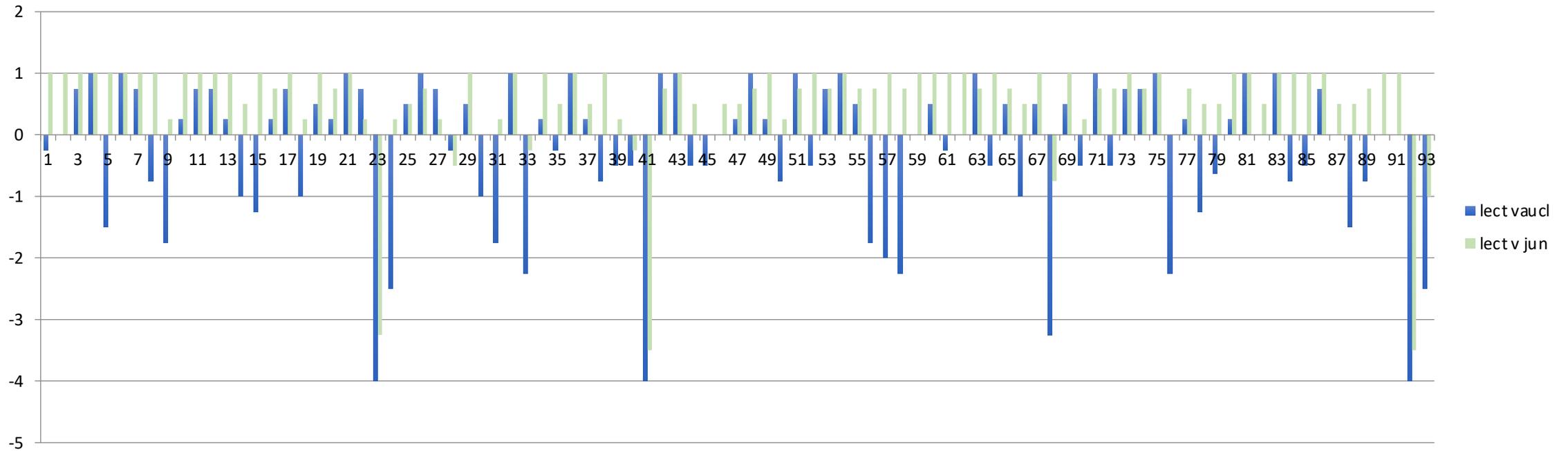
Comparaison des performances en décembre et juin chez les élèves de CE1 des trois écoles.

ANOVA à mesures répétées : \*\* =  $p < 0.02$

*Groupe témoin  
sans musique  
(trois classes  
Chabanon)*



*Résultats bruts ReperCE1 – 5 classes Vaucluse*



# Conclusion

- Il existe à présent des arguments solides pour affirmer que la pratique de la musique, au-delà de l'effet anecdotique sur l'intelligence, le raisonnement, ou l'apprentissage de la lecture, possède un réel effet sculptant sur les connexions intra-cérébrales, précisément déficientes ou mal organisées chez beaucoup d'enfants souffrant de troubles spécifiques d'apprentissage
- La condition principale de cette efficacité est le caractère intensif, répétitif et surtout intermodalitaire (visuo-auditivo-sensori-moteur) de l'entraînement. La composante rythmique de l'entraînement a toutes chances d'être un élément crucial de l'efficacité.
- La modalité optimale semble être l'entraînement en petits groupes d'enfants de même niveau, en associant une partie rééducative et une partie pédagogique d'apprentissage de l'instrument.

## Conclusion (2)

- La pratique de groupe, en particulier la danse, semble avoir, outre un effet sur les variables cognitives (verbales et non verbales) une capacité singulière à favoriser les comportements dits pro-sociaux, les interactions interpersonnelles et même l'empathie et l'altruisme
- Parallèlement à l'effet thérapeutique, les mêmes techniques peuvent être utilisées à titre préventif dans les populations dites à risque ou socialement vulnérables, avec un impact à grande échelle dont on commence à peine à percevoir l'ampleur potentielle.