

# Le cerveau prédictif

Daniele Schön

Institut de neurosciences des systèmes

Marseille



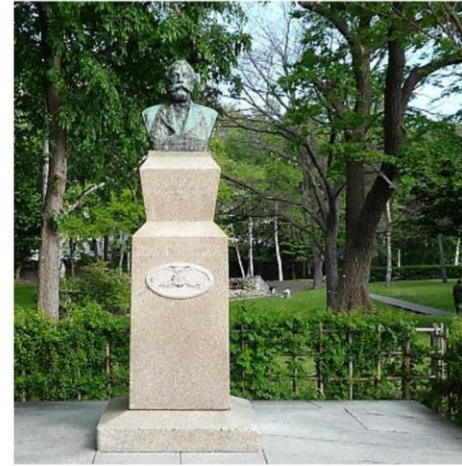
# Les précurseurs du cerveau prédictif

Von Helmholtz:

Comment le monde visuel reste stable alors que l'image sur la rétine bouge tout le temps?

**les systèmes sensoriels ont évolué pour inférer les causes des changements dans l'input sensoriel**

Vision avant le mouvement



Vision après le mouvement



Les traces de la perception

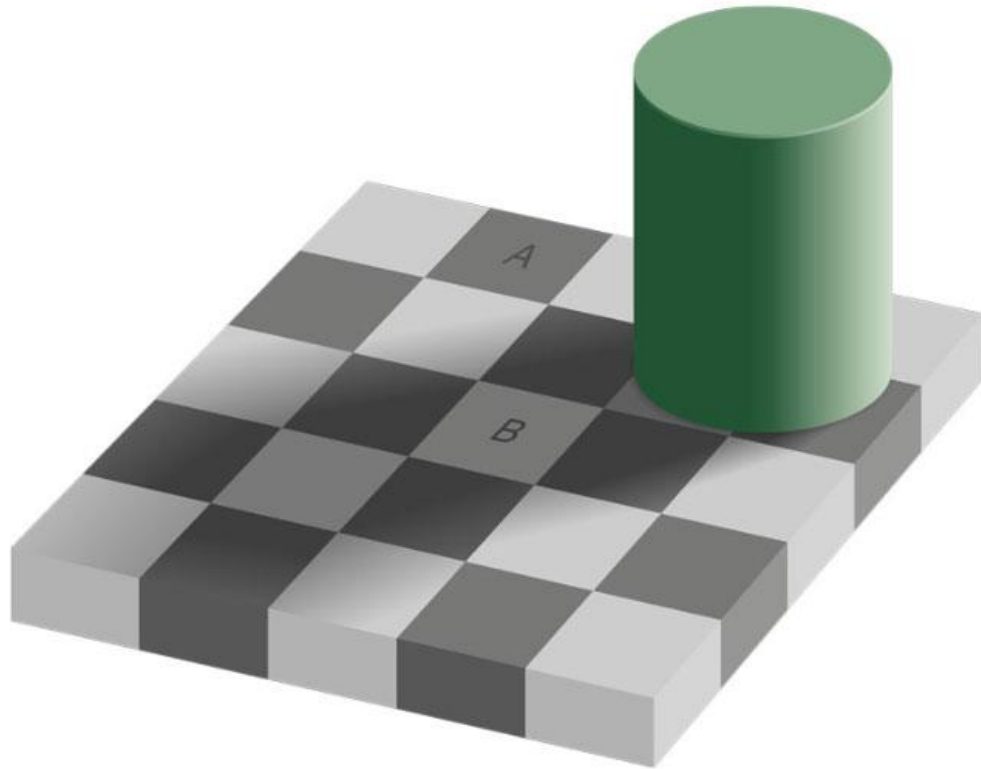


Ce que l'on voit



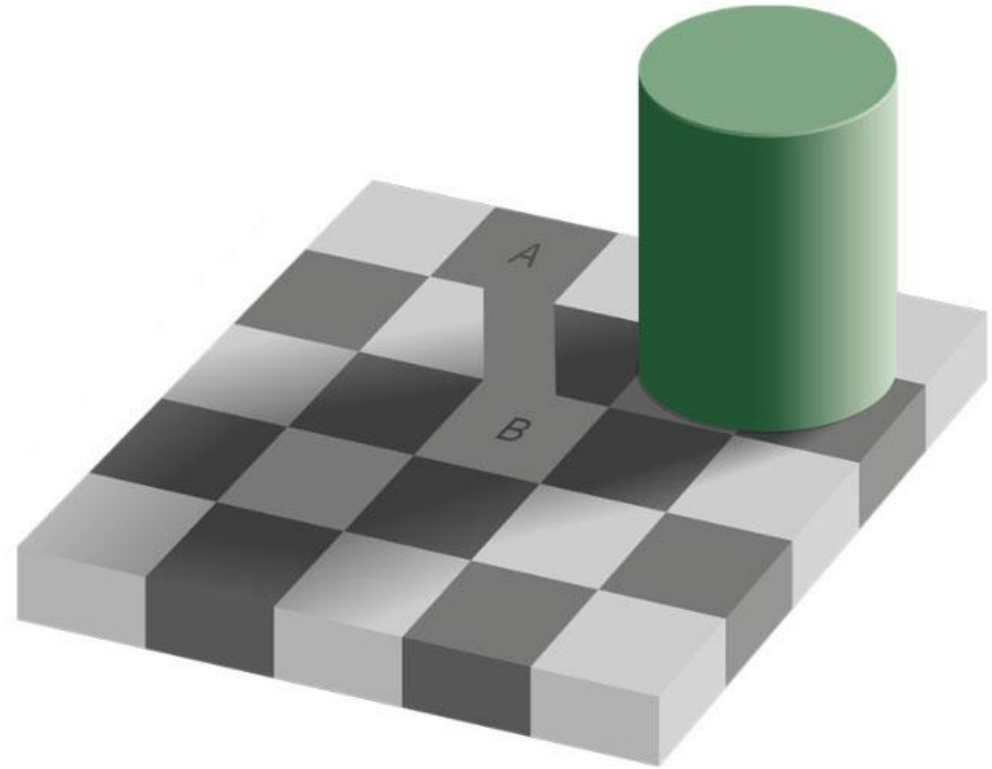
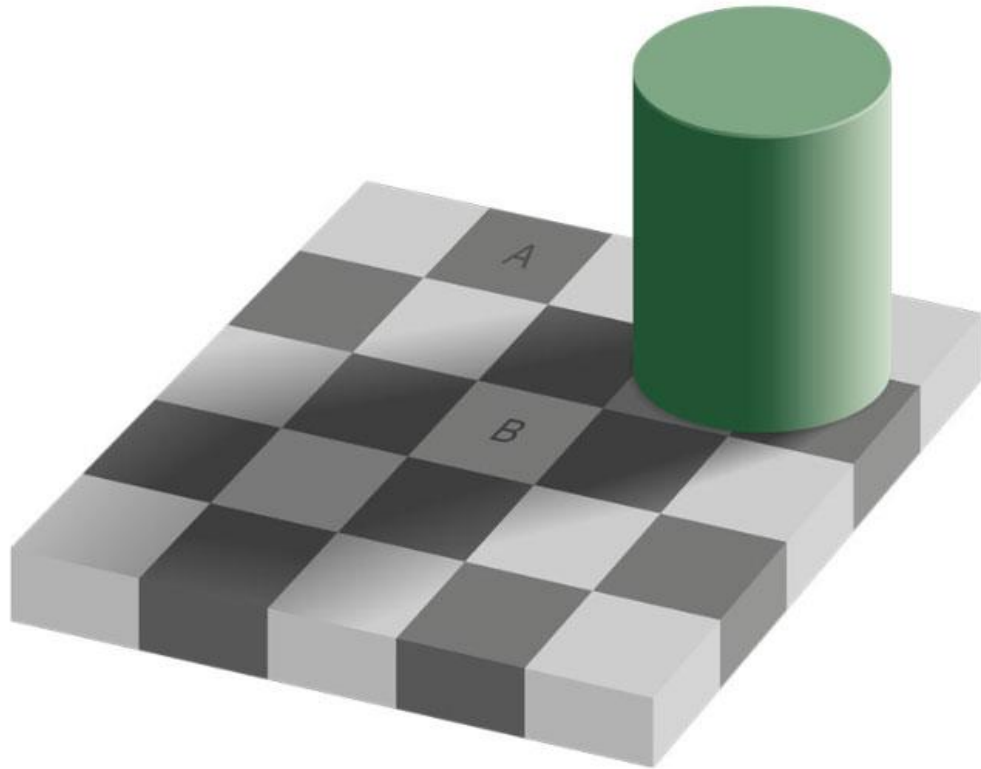
Prédiction automatique

Est-ce que A est plus foncé que B ?

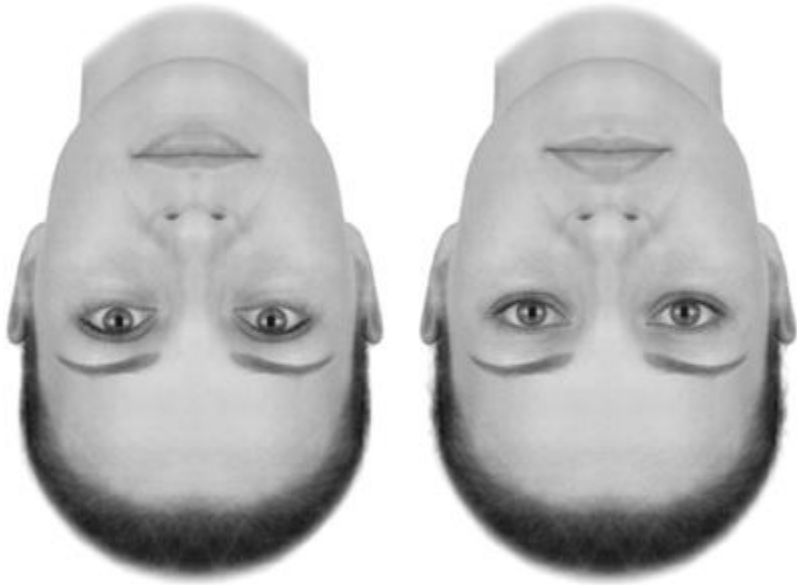


Prédiction automatique

Est-ce que A est plus foncé que B ?



Prédiction automatique  
Est-ce qu'elles sont sympa?



Prédiction automatique  
Est-ce qu'elles sont sympa?



# Prédiction non-automatique

Savez vous lire ce texte ?

D'après un chercheur de l'Université de  
Marseille, l'ordre dans lequel les lettres sont  
écrites dans un mot n'a pas vraiment  
d'importance. La seule chose importante est  
que la première et dernière lettre soient à la  
bonne place.

# L'écoute comme interaction dynamique



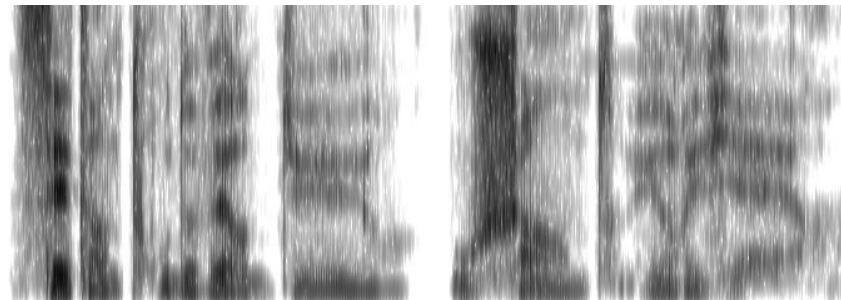
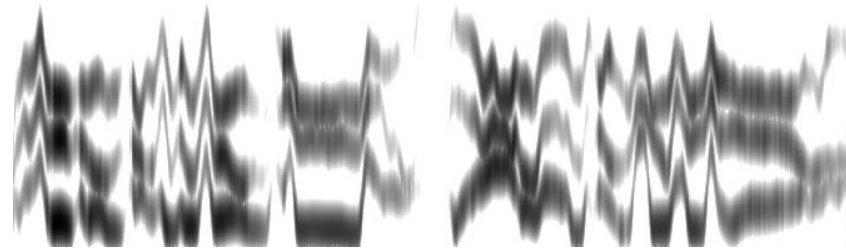


# L'écoute comme interaction dynamique

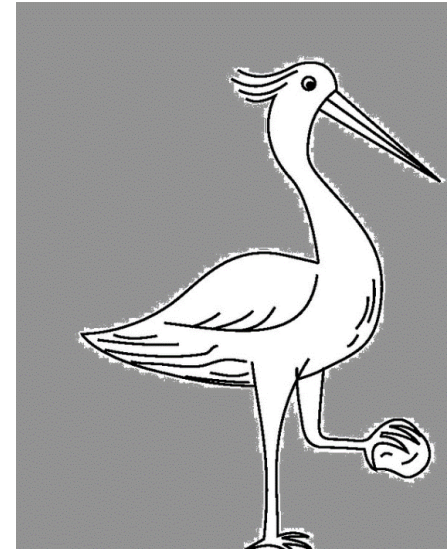
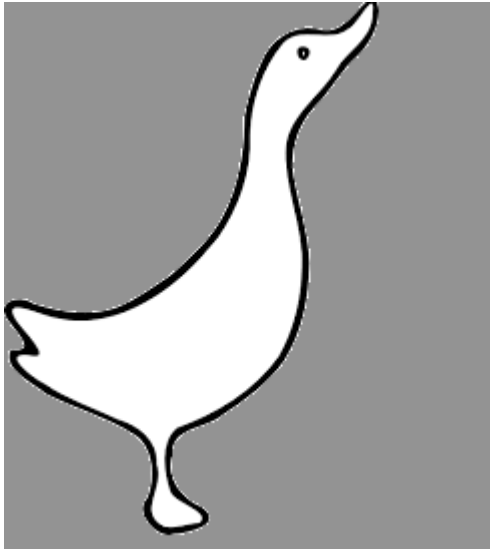


*We declare that we are all responsible, educators, ...*

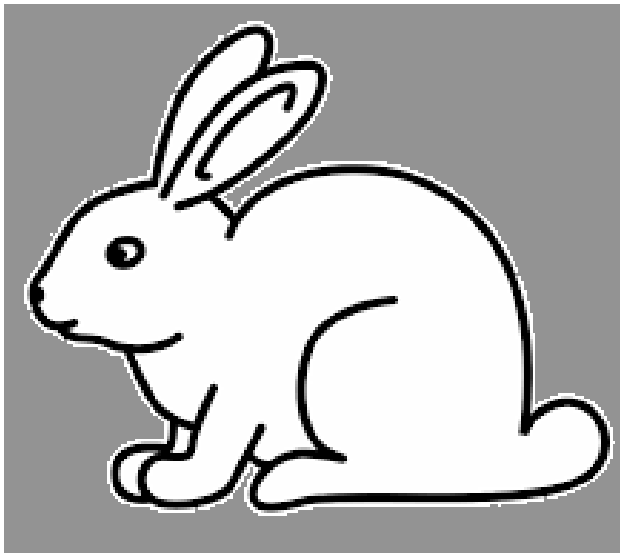
# L'écoute comme interaction dynamique



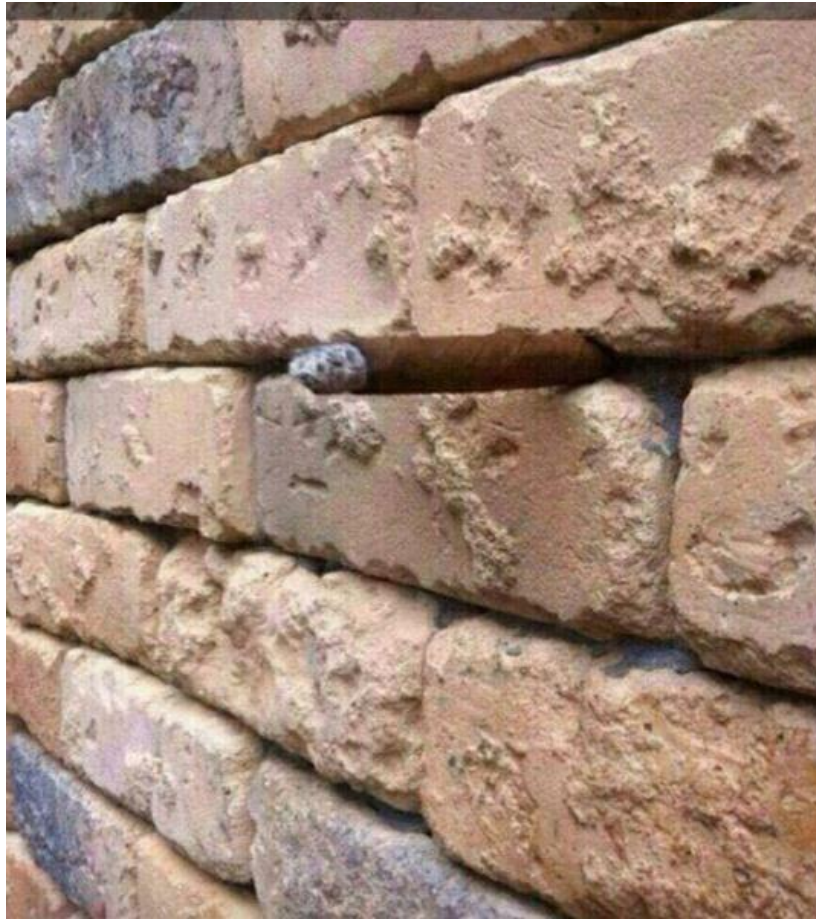
# Une pluralité de réels perçus



# Une pluralité de réels perçus



# Prédictions et instabilité perceptuelle



Quel réel ? Qu'est-ce que entendre?



« Ce soir j'ai les pieds qui puent »

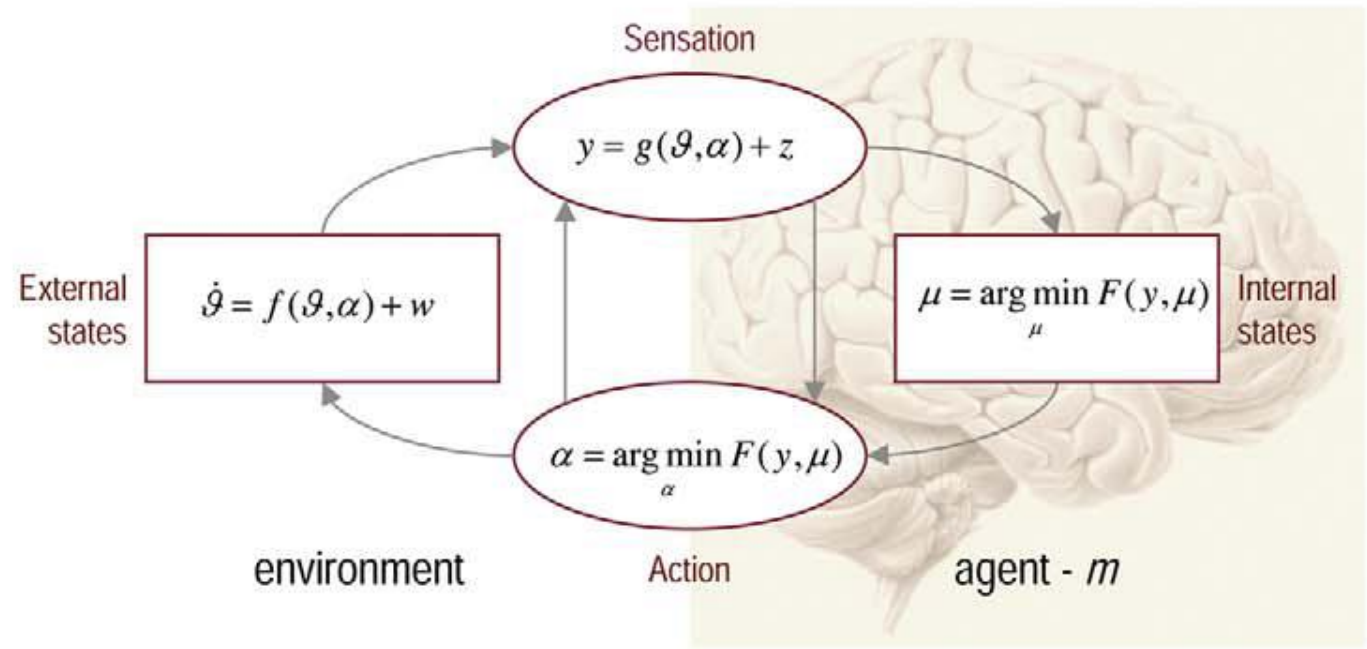
Quel réel ? Qu'est-ce que entendre?



« So strong that I can't get through »

# Théorie du codage prédictif

- L'individu tente de minimiser la différence entre input sensorielle et le model interne (inférence perceptuelle)
- Ceci implique d'agir sur l'environnement pour réduire la surprise (inférence active)
- L'action repose sur des inférences bayésiennes (probabiliste) sur le monde.



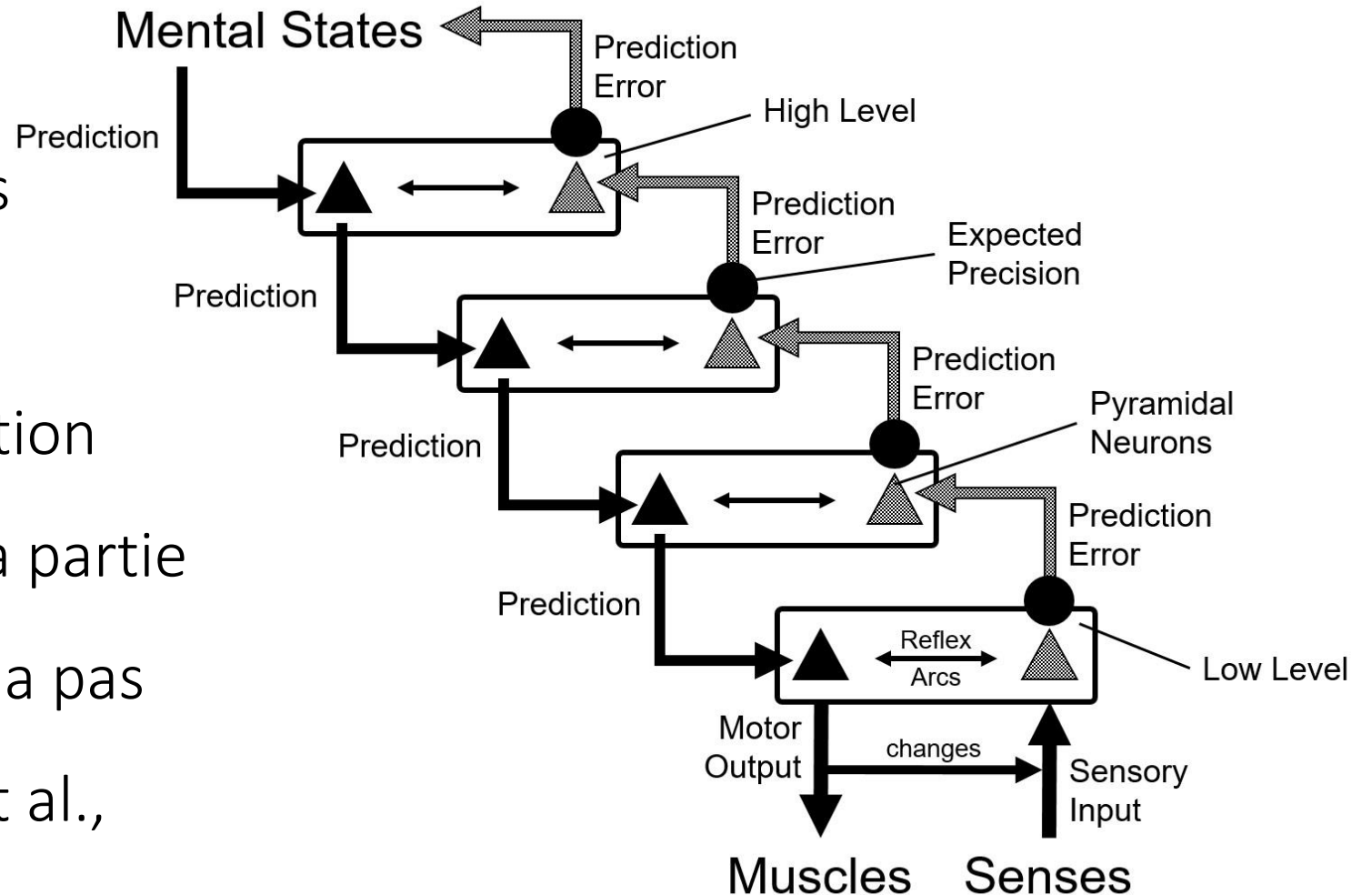
Friston et al.  $\sum_{k=2002}^{2023} \binom{n}{k} \int$

Action et perception opèrent ensemble pour minimiser l'erreur de prédiction

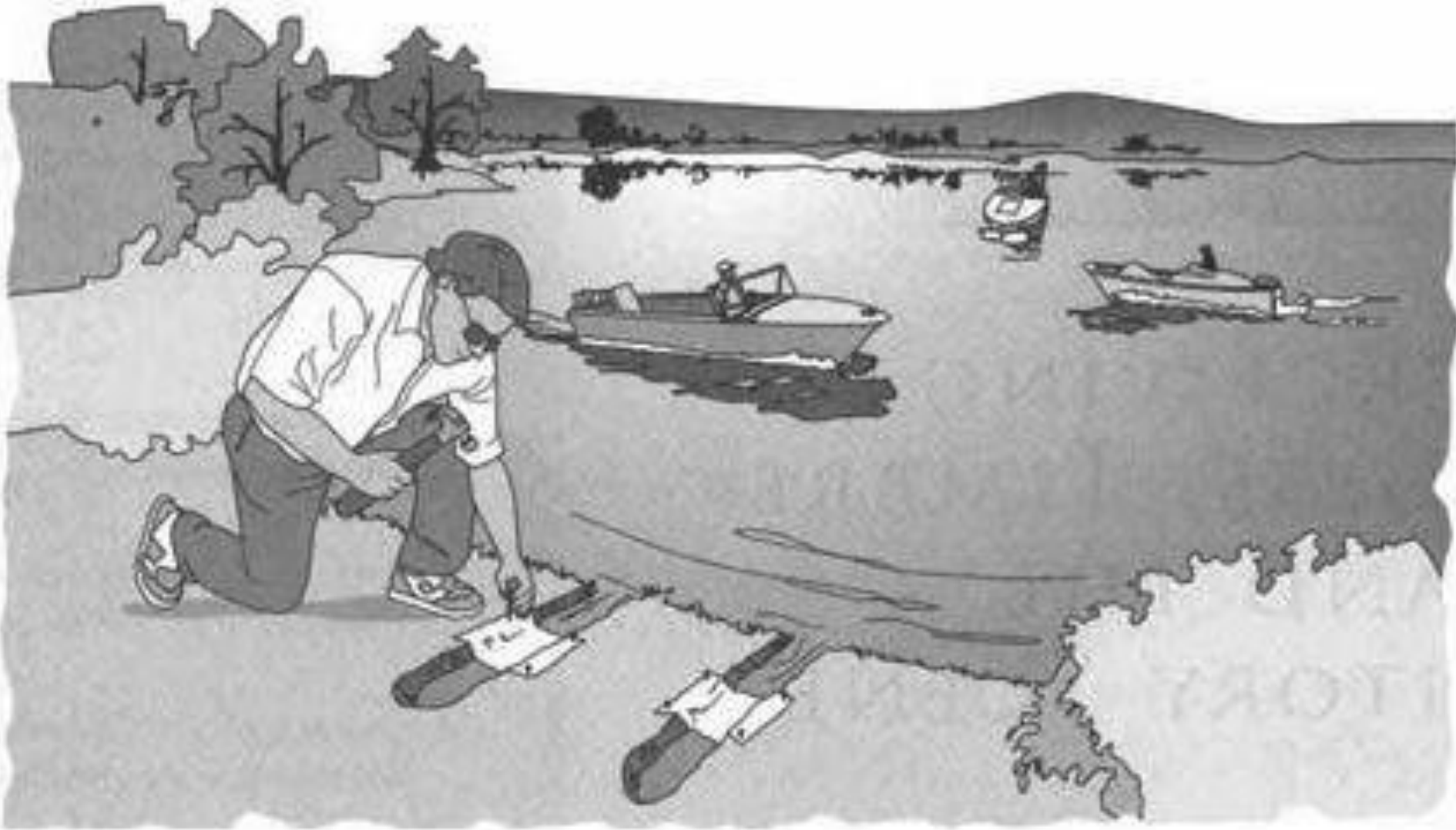


# Conséquences du codage prédictif

L'activation dans les aires sensoriels primaires ne représente pas l'information per se, mais seulement la partie de l'input sensoriel qui n'a pas été bien prédit (de Wit et al., 2010)



# Prédictions dans l'analyse d'une scène auditive



A. Bregman

# Prédiction et écoute de la musique

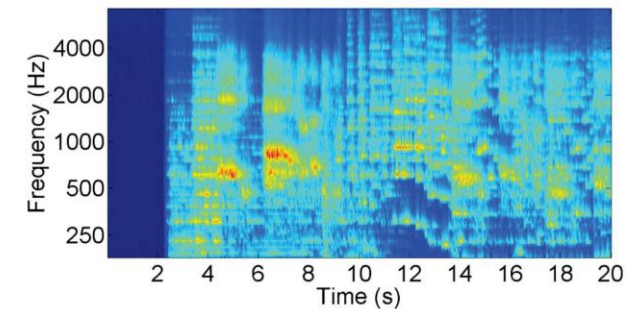
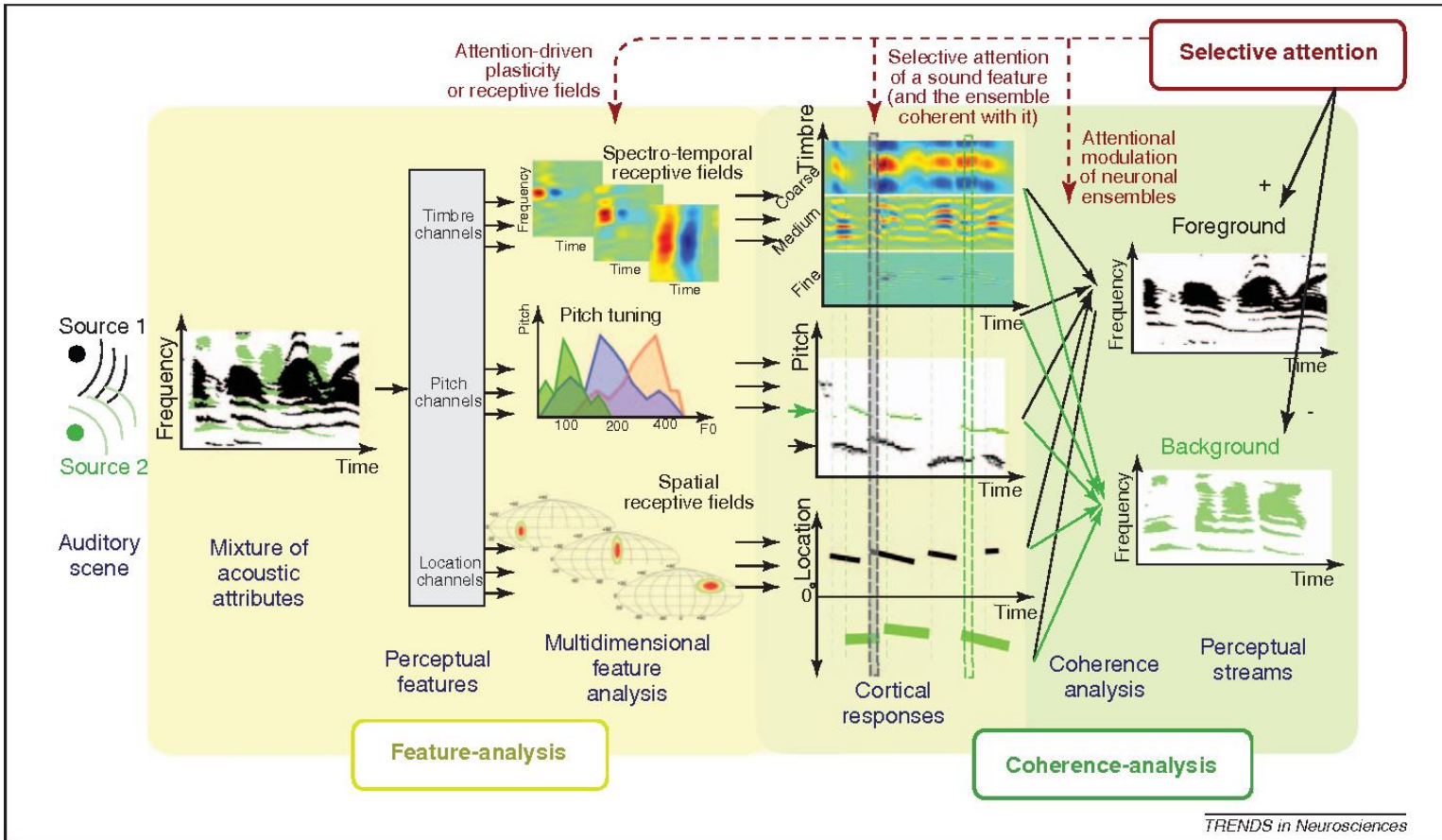


Figure 2. Schematic of the proposed model of auditory stream formation. From left to right: Multiple sound sources constitute an auditory scene, which is initially analyzed

# Musique et prédiction spectrale

La musique est très contraignante sur la dimension spectrale

Un exemple



Handwritten musical score for a flute, titled "Gloria Fug, von P. S. Bach 2. originaler Flötenstück." The score is written on four staves, each with a treble clef and a key signature of one flat. The notation includes various rhythmic values, accidentals, and dynamic markings. Two speaker icons are overlaid on the score, one on the first staff and one on the third staff, indicating that the music is being played or recorded.

# Quel rôle joue la musique ?

Prédictions temporelles:  
synchronisation

La musique est très contraignante sur  
la dimension temporelle



Prédictions spectrales

La musique est très contraignante sur  
la dimension spectrale

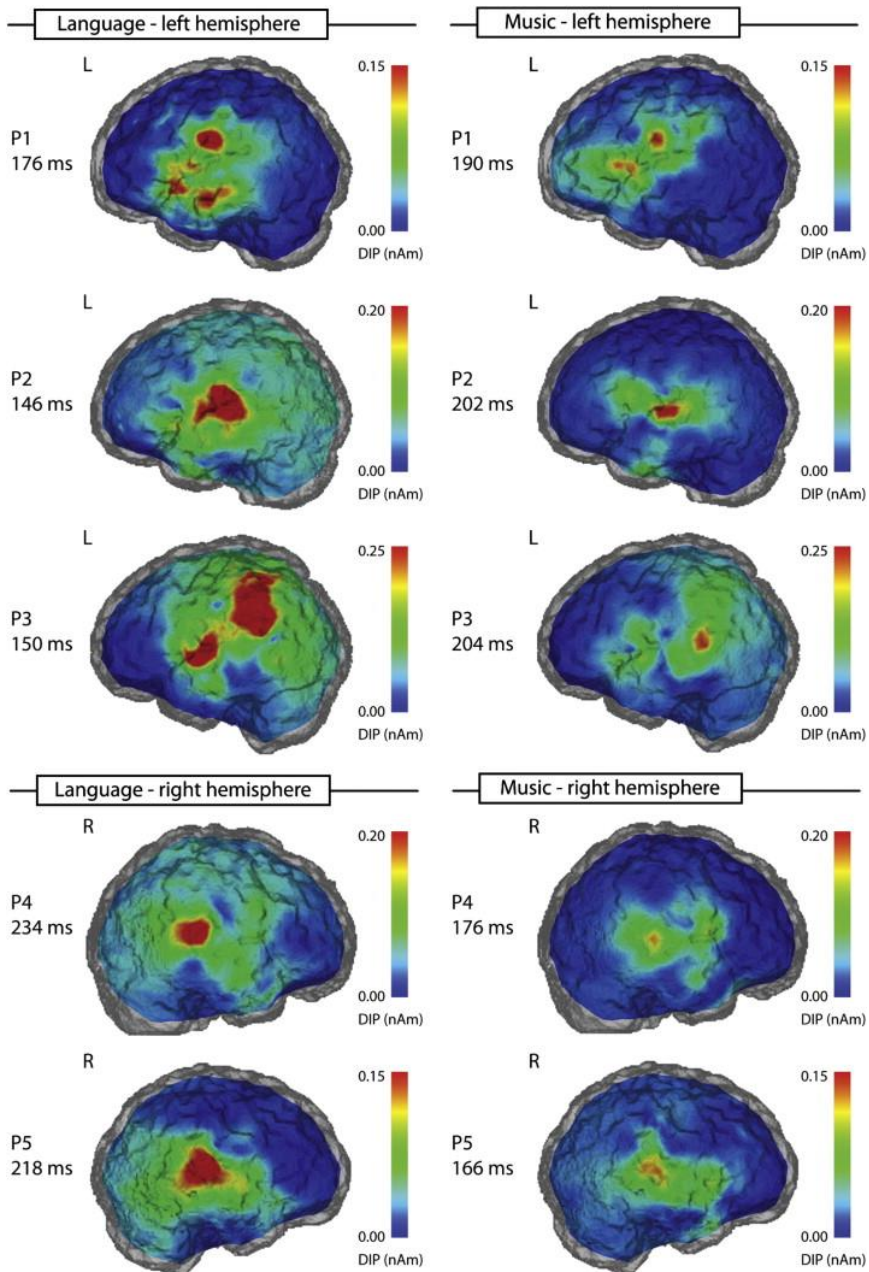


# Langage & Musique partagent



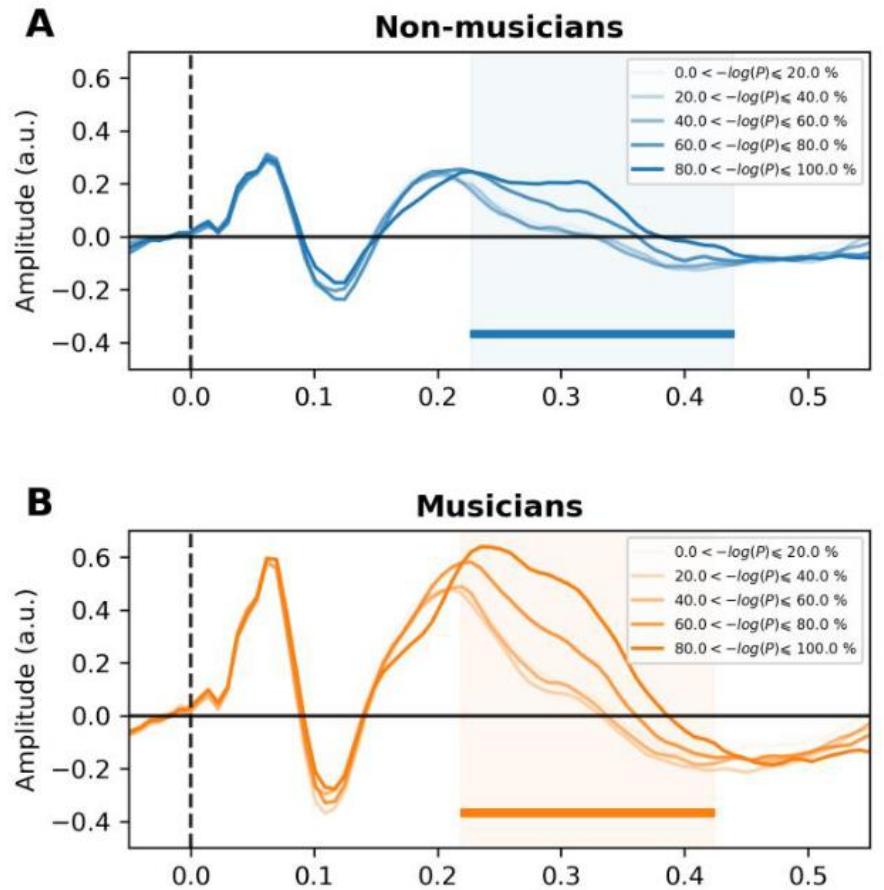
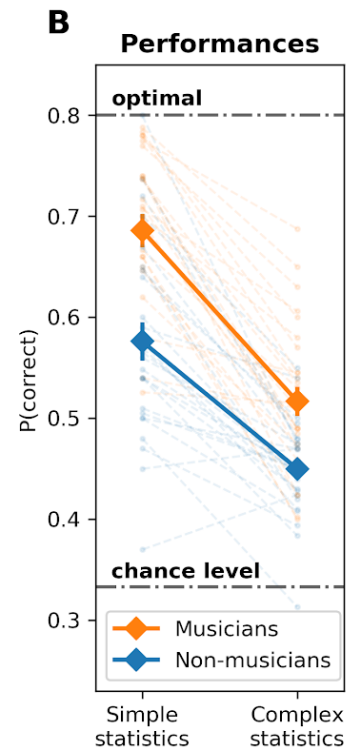
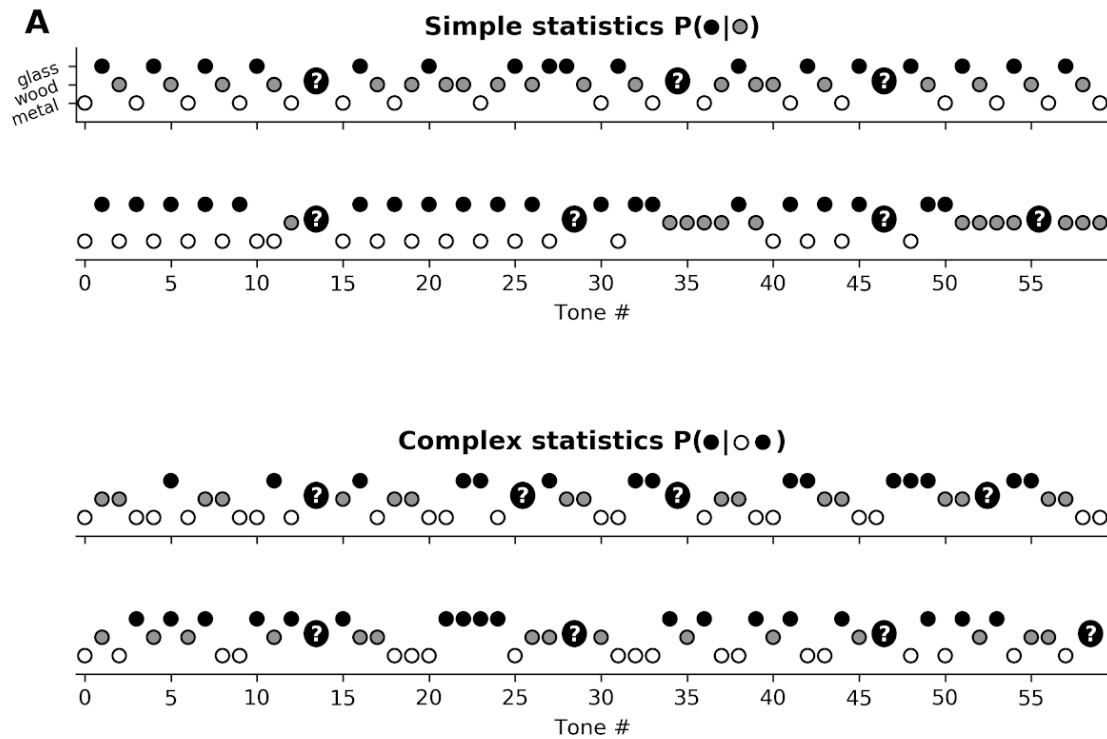
- Analyse du son
- Reconnaissance/identification
- Analyse de la scène auditive
- Mapping son-action
- Mise en place d'une structure temporelle pour maintenir les sons
- Extraire des règles
- Mémoriser des règles/primitifs
- Compositionnalité/Générativité
- Diriger l'attention vers
- Anticiper/prédire
- Sélectionner l'information pertinente
- Interagir pour communiquer
- ...

# Elaboration de la syntaxe linguistique et musicale



Language	Music
<p>correct sentence:</p> <p>Das Geheimnis wurde geflüstert. [The secret was whispered.] Np Aux Pp</p>	<p>regular sequence:</p>
<p>incorrect sentence:</p> <p>Der Plan wurde im geflüstert. [The plan was in-the whispered.] Np Aux P Pp</p>	<p>irregular sequence:</p>
<p>filler sentence:</p> <p>Der Name wurde im Versteck geflüstert. [The name was in-the cranny whispered.] Np Aux P Np Pp</p>	

# L'expertise est associée à des meilleures prédictions dans le domaine auditif





# Apprentissage statistique/segmentation de la parole

Les frontières entre les mots peuvent être découvertes grâce au calcul de propriétés statistiques d'une séquence de mots

Probabilités conditionnelles entre 2 syllabes adjacentes

BELLABIMBA

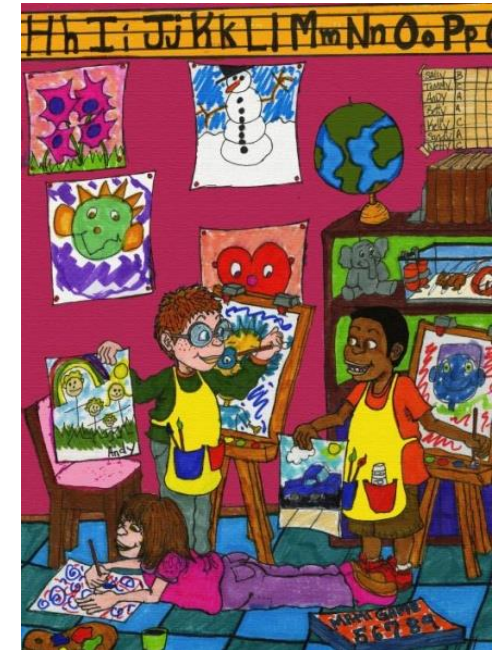
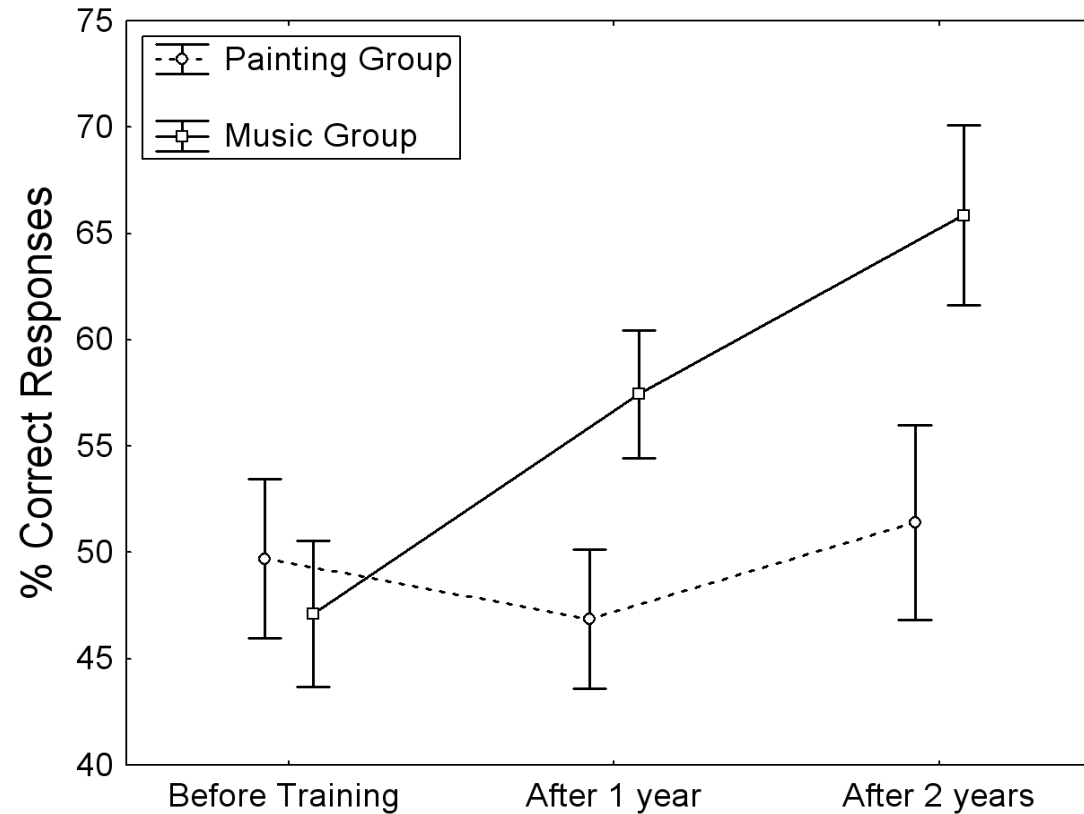
La probabilité conditionnelle entre BEL et LA est plus importante que entre LA et BI: bella bimba, bella manina, bella tazza, bella bambola, ...

bupadadutabapatubibupadapatubi

bupada vs tabapa

PT plus élevés à l'intérieur d'un mot qu'à travers les frontières

# La pratique de la musique améliore l'apprentissage statistique

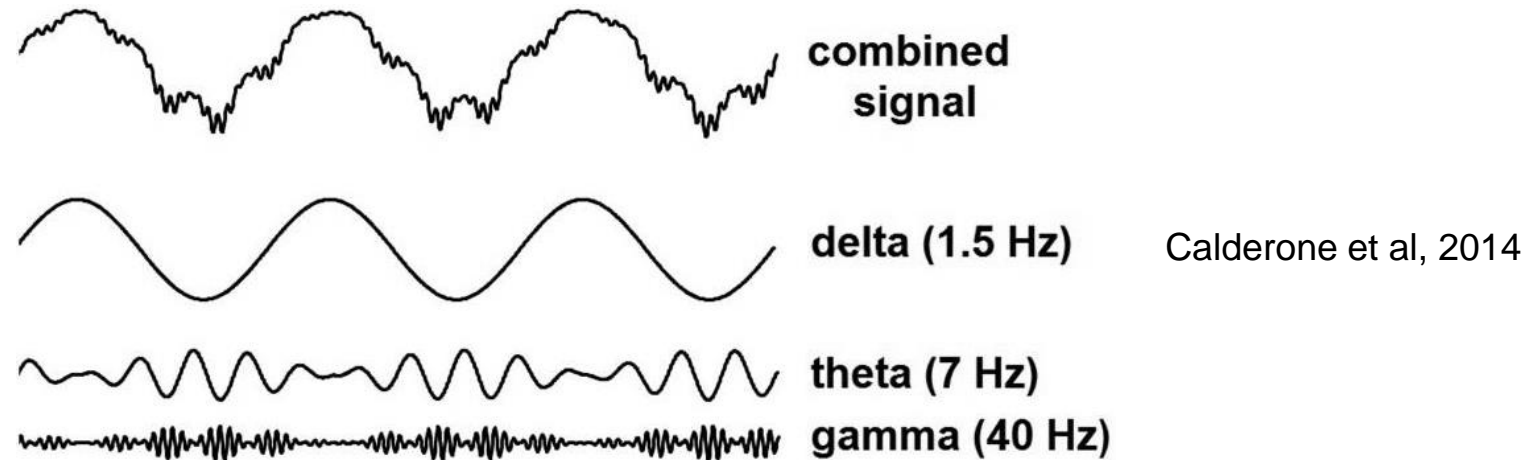


François & Schön, 2011

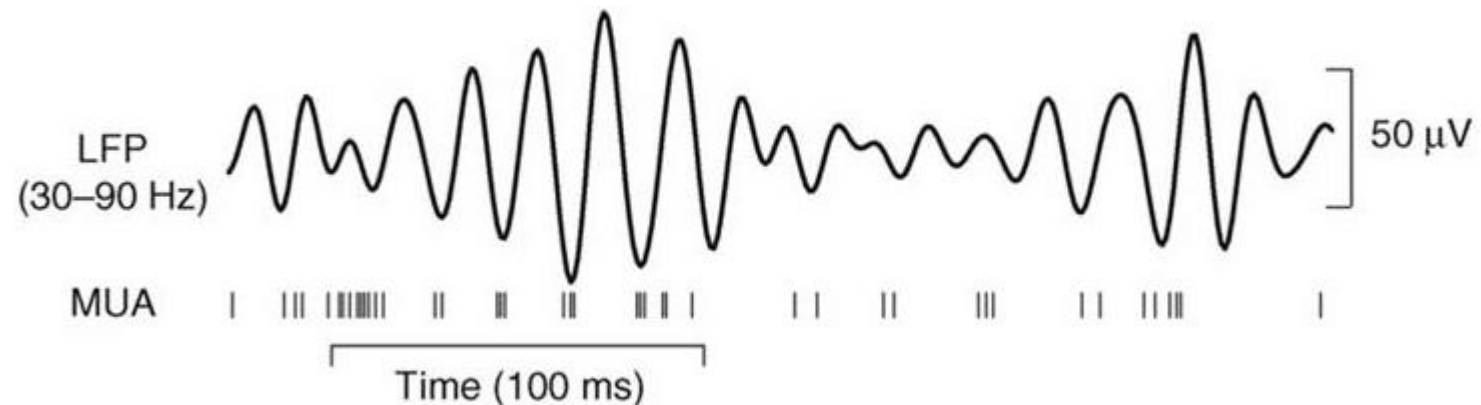
François et al, 2013

# Oscillations neurales

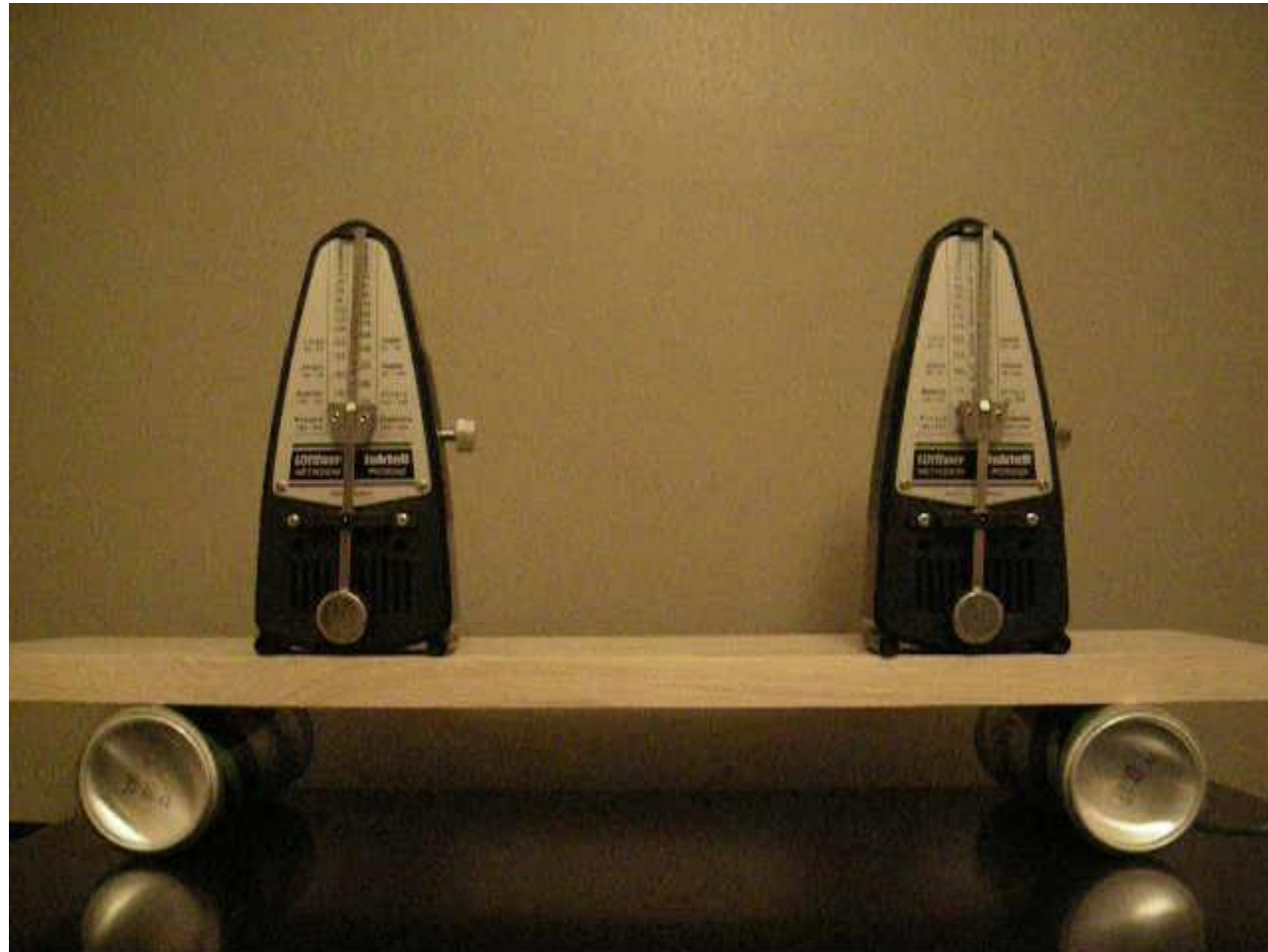
## Nesting of oscillatory activity



## Oscillation neuronales comme instrument de selection d'information

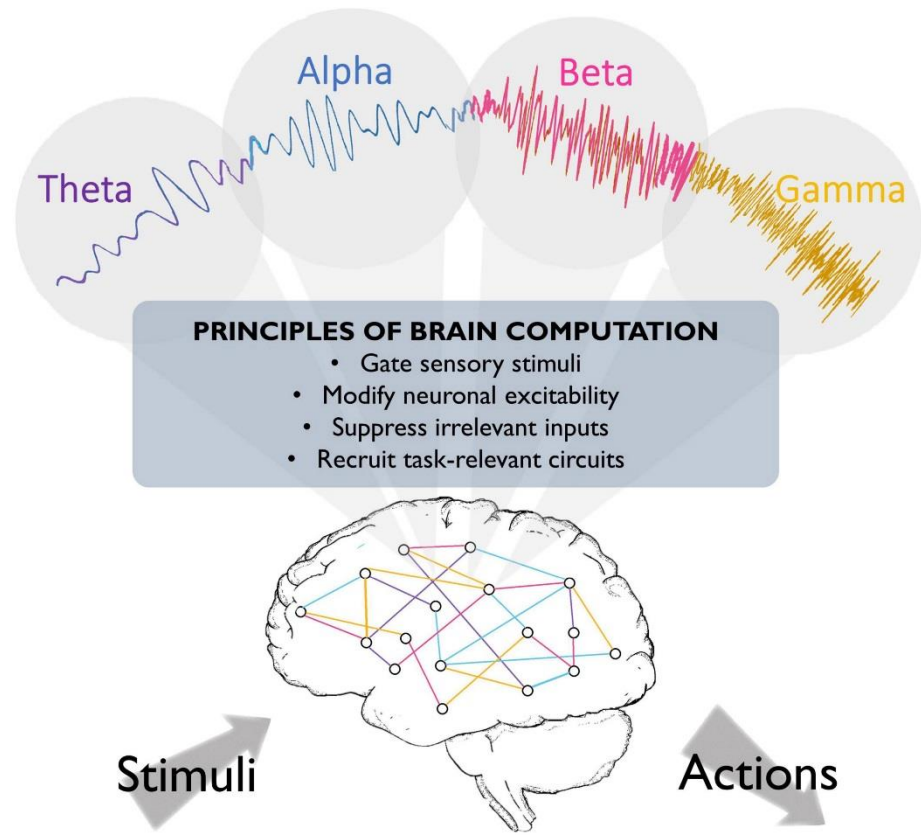


# Synchronisation: une propriété neuronale



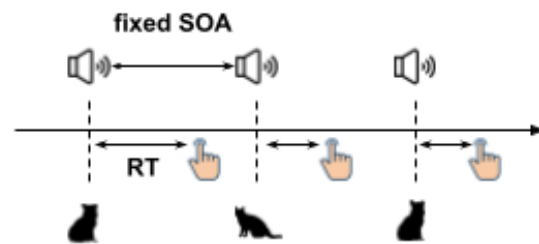
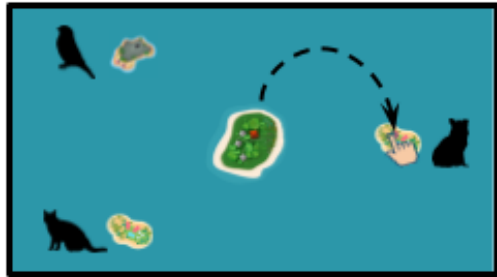
# Oscillations neurales

## Du modèle à la métaphore



Régulation des émotions, interactions sociales et apprentissages

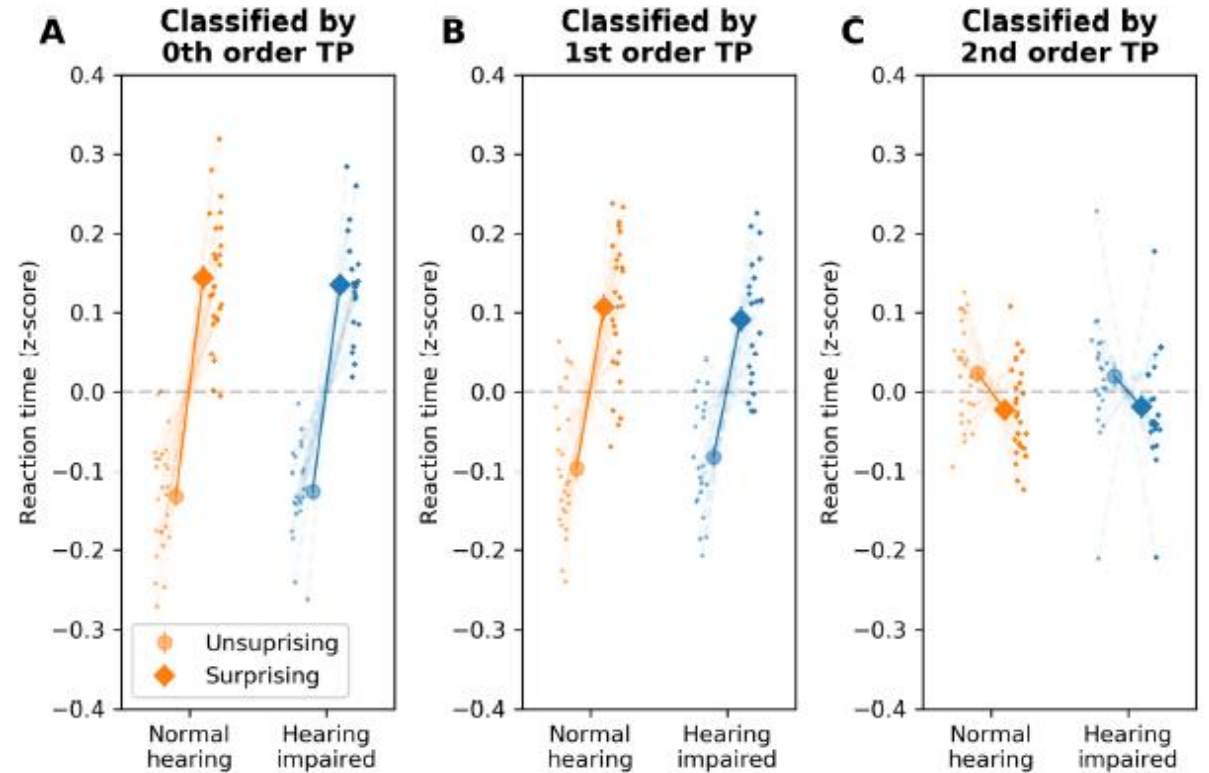
# L'apprentissage statistique est préservé chez l'enfant avec IC



Sequence #4

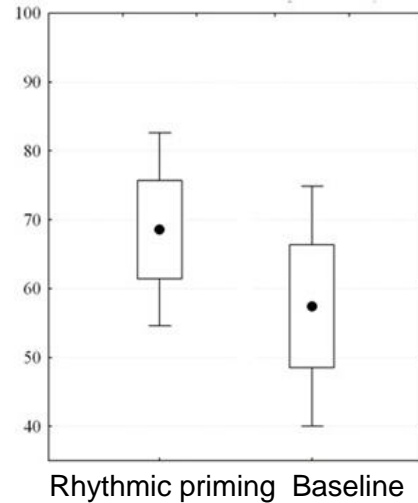


Model that estimates ... order TP	Sequence #4 is ...	Prediction on RT
0 <sup>th</sup>	Surprising	Increase
1 <sup>st</sup>	Unsurprising	Decrease
2 <sup>nd</sup>	Unsurprising	Decrease



# Entraîner la parole par la musique: pourquoi?

Améliorer la compréhension de la parole chez les enfants malentendant



**Baseline**

phrase



Tâche: reproduction



**Rhythmic priming**

“x x X x x X”



“ti ti PA ti ti PA”

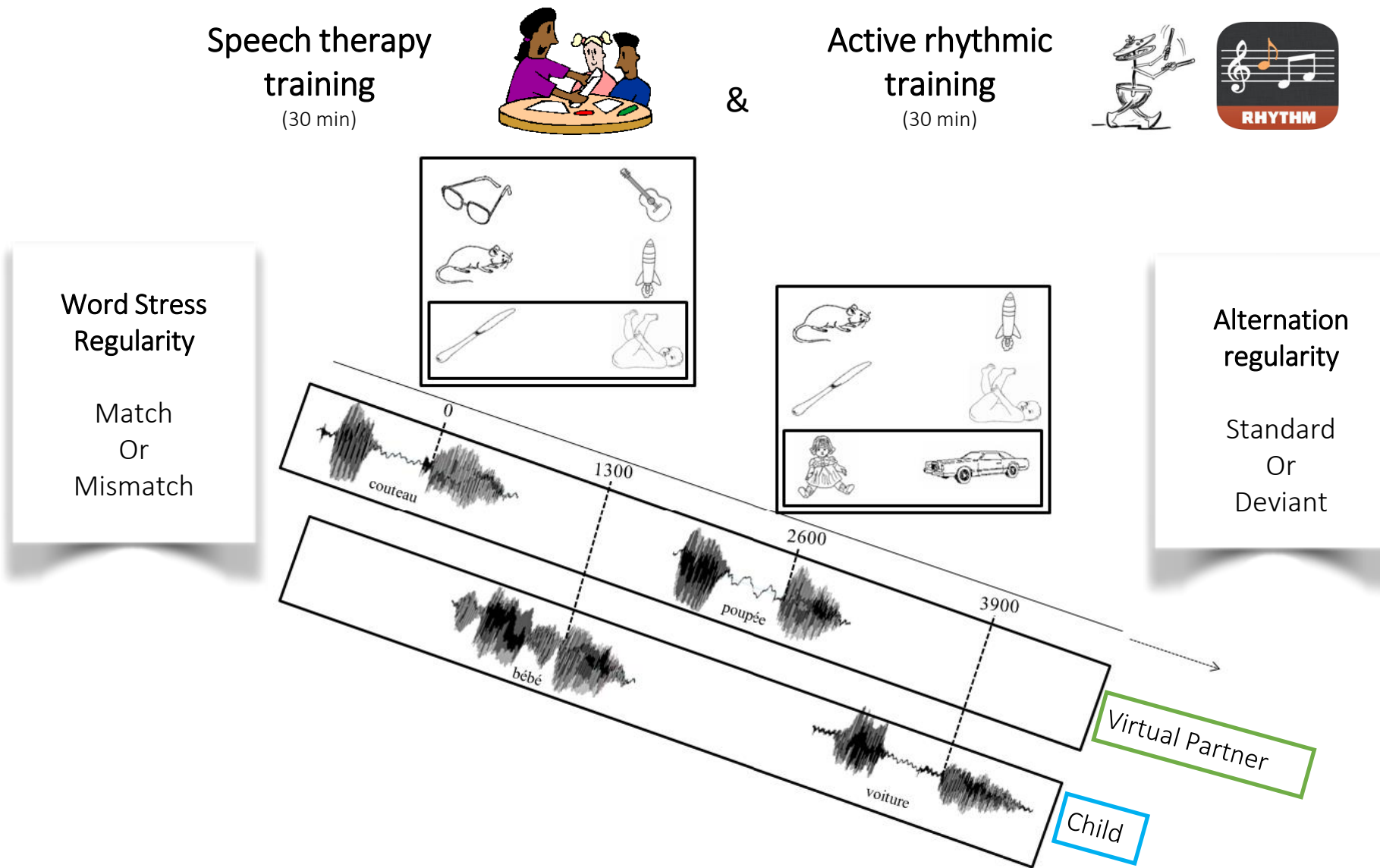
sentence



Task: reproduction



# 30 minutes de jeux rythmiques améliorent les capacité conversationnelle de l'enfant malentendant

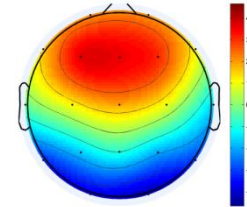
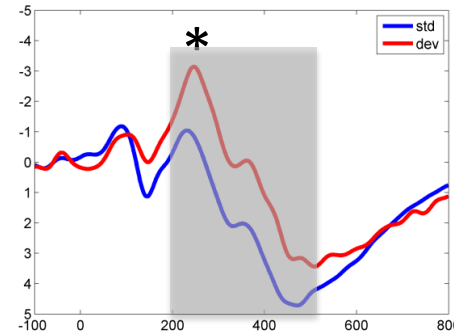


(Hidalgo, Falk and Schön, 2017; Hidalgo et al., in press)



# Effet du training rythmique sur les prédictions temporelle dans la conversation

## Children with Normal Hearing

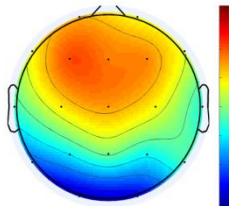
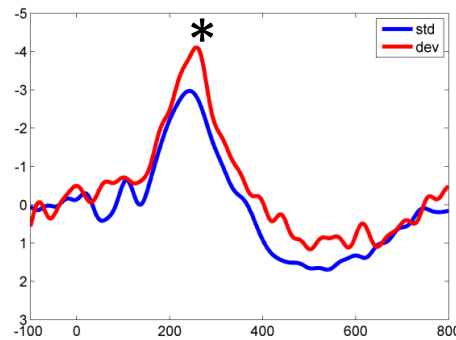


Regular Turn Intervals  
=  
Standards

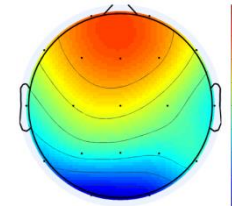
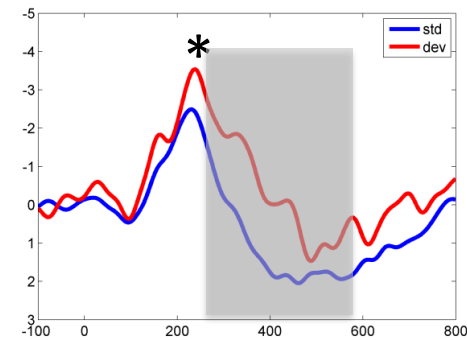
Irregular Turn Intervals  
=  
Deviant

## Children with Hearing Loss

### *Auditory training*



### *Rhythmic training*



Merci pour votre écoute