

Influence de la sonorité sur la perception des frontières syllabiques à l'oral et à l'écrit :

lecture experte, dyslexie et amorçage musical

Nathalie BEDOIN



Laboratoire Dynamique Du Langage
UMR 5596 – CNRS, Université Lyon 2



UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2
UNIVERSITÉ DE LYON

Lyon, 16 décembre 2016

Définitions de la sonorité

- **En phonologie** : **force relative** d'un son par rapports aux autres, s'ils ont les mêmes durée, hauteur, accentuation (Ladefoged, 1975).
- **Echelle unique** : continuum voyelles - consonnes.
- **Degré de sonorité d'un phonème**
 - **Point de vue articulatoire** : corrélé au degré d'aperture (Selkirk, 1984).
 - **Point de vue acoustique** : corrélé à l'intensité (Parker, 2008).
- ➔ voyelles > liquides > nasales > fricatives > occlusives sonores > sourdes (obstruantes).

Segment

Indice de Sonorité

Jespersen (1904)

Voyelle

/a/

10

Foley (1970)

/e/ /o/

9

Selkirk (1984)

/i/ /u/

8

liquide

/R/

7

Durand (1994)

/l/

6

nasale

/m/ /n/

5

fricative

/s/

4

/v/ /z/

3

/f/

2

obstruente

/b/ /d/ /g/

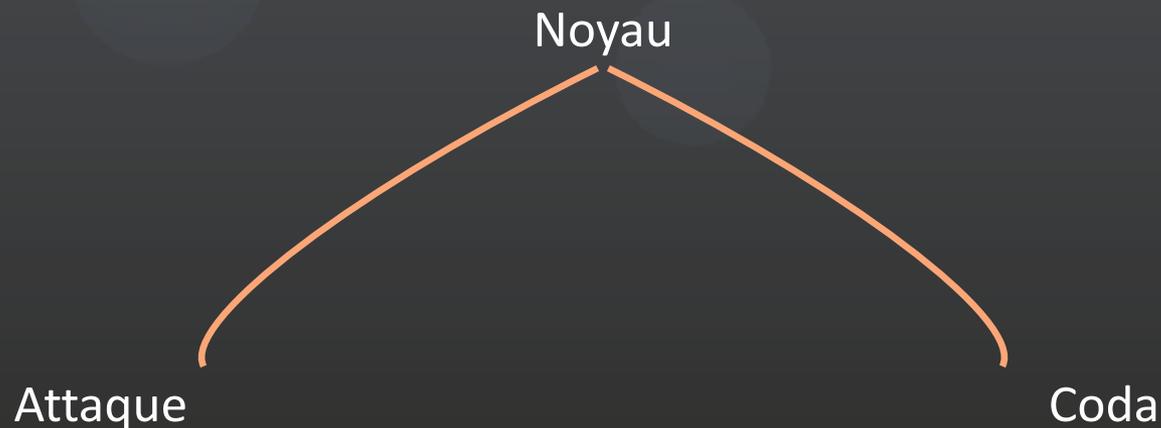
1

/p/ /t/ /k/

0,5

Principe de sonorité séquentielle

- Toute syllabe est constituée autour d'un segment représentant un pic de sonorité, précédé et/ou suivi d'une séquence de segments progressivement décroissants en sonorité.

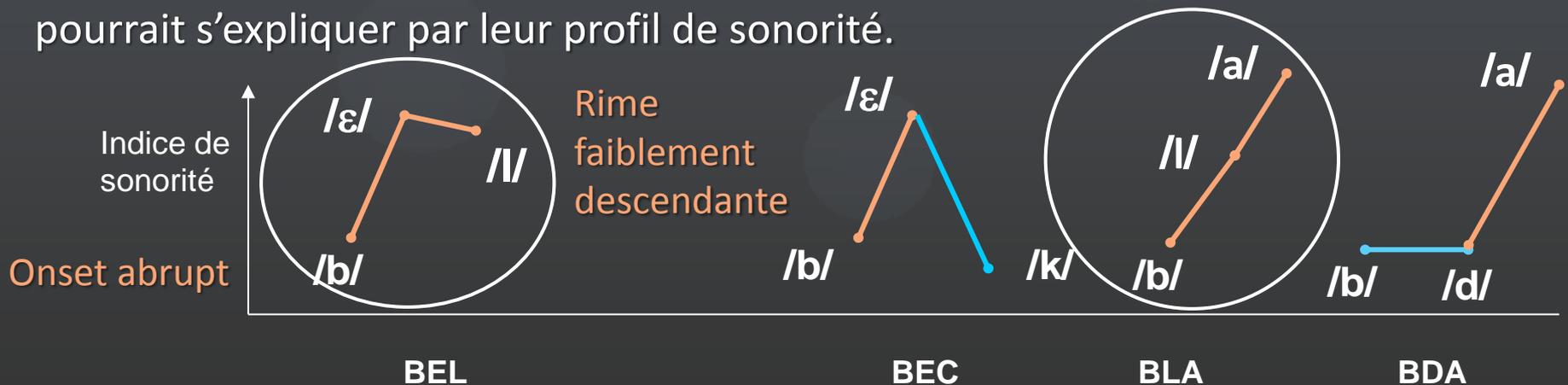


Sonority Sequencing Principle (SSP)

Principe du cycle de sonorité

- La sonorité des segments guide leur organisation dans la syllabe (Clements, 1990).

→ La + grande fréquence de certaines structures syllabiques dans les langues pourrait s'expliquer par leur profil de sonorité.



Syllabe préférée : profil de sonorité séquentiel croissant de façon maximum jusqu'au pic de sonorité et décroissant de façon minimum jusqu'à la fin de la syllabe (Clements, 1990)

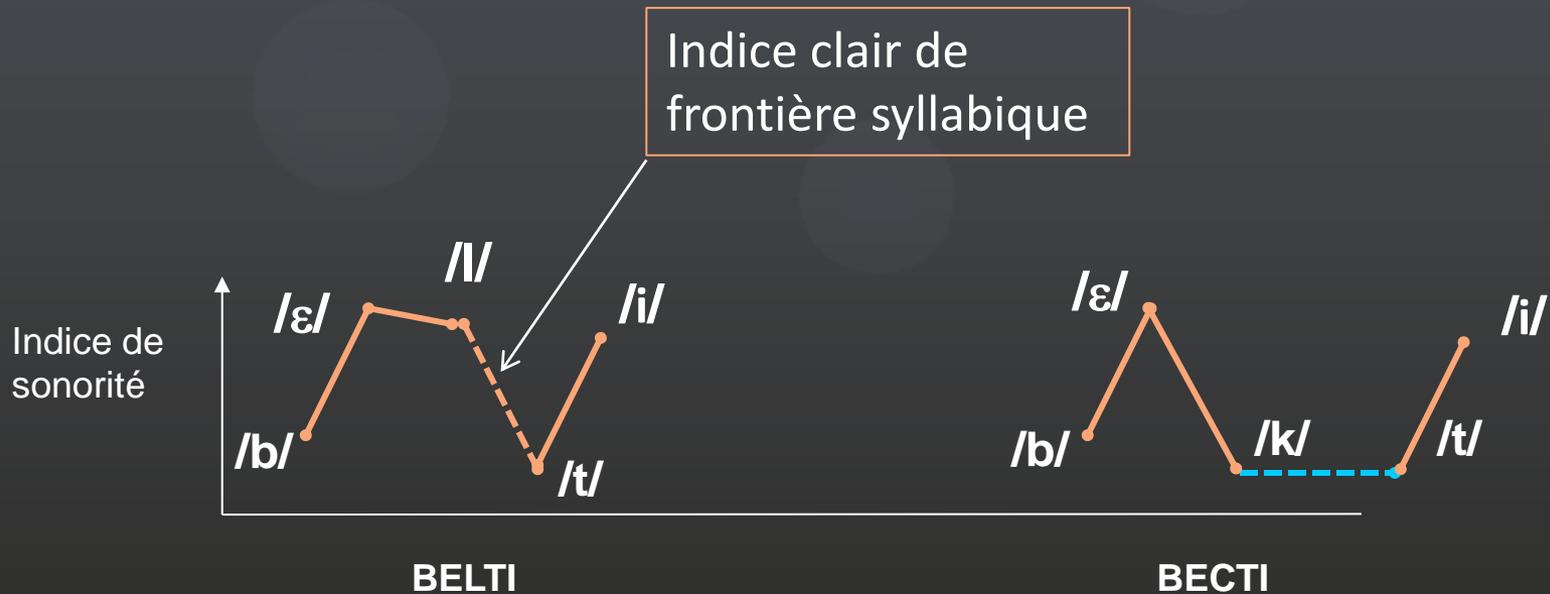
→ préférence pour les CV.

Analyse distributionnelle dans les langues : attaque /b/ préférée à attaque /bd/

(Greenberg, 1978).

Loi de contact syllabique

- une suite de 2 segments appartenant à des syllabes distinctes est optimale si le premier segment dépasse le second en sonorité (Murray & Vennemann, 1983).



Effets des profils de sonorité sur le traitement du langage

- **Attaque** mal organisée en sonorité (e.g., plateau)
 - ➔ mal perçue à l'oral (Berent et al., 2007 ; Maïonchi-Pino et al., 2013).
 - ➔ Effet non expliqué par les propriétés statistiques : répliqué avec attaques absentes dans langue de l'auditeur (Berent et al., 2011 ; Tamasi & Berent, 2014).
- **Rime** bien organisée en sonorité (faiblement descendante)
 - ➔ Perçue comme homogène, unifiée en :
 - perception de parole (Treiman, 1984)
 - production de parole (Stemberger, 1983)
 - mémoire à court terme (Treiman & Danis, 1988)
 - connaissance orthographique (Treiman et al., 1995)
 - détection de syllabes en français (Content, Meunier, Kearns, & Frauenfelder, 2001)
- **Les rapports de sonorité expliquent aussi partiellement :**
 - erreurs de production dans l'aphasie (Stenneken et al., 2005)
 - erreurs de production chez jeune enfant (Ohala, 1999 ; Pater & Barlow, 2003).

Exemple (1) de résultat expérimental

• Production de parole

- Diane K. Ohala (1999)
- Répétition de pseudo-mots : analyse des réductions chez enfants
- 1 ans 9 mois à 3 ans 2 mois

➔ Les prédictions de la théorie sur la sonorité sont validées :

Les omissions rapprochent de constructions optimales pour la sonorité.

Stimulus

Répétition

Cluster initial (fricative + obstruente) [skub] ➔ obstruente seule [kub] = attaque montante

Cluster final (fricative + obstruente) [fisk] ➔ fricative seule [fis] = coda peu descendante

Exemple (2) de résultat expérimental

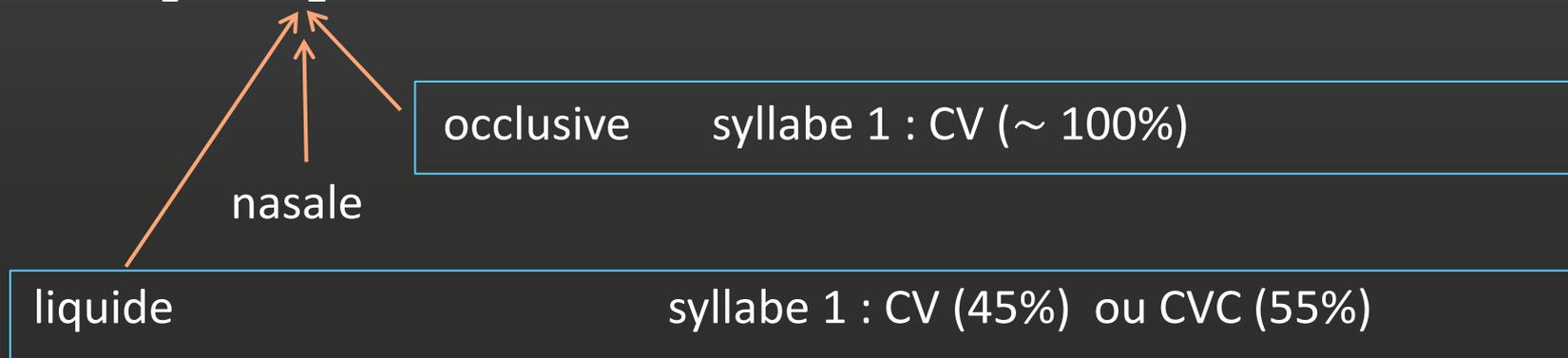
- **Détection de syllabe en perception de parole**

- Mehler et al. (1981) : **/ba/** mieux détecté dans **balance** que dans **balcon**
/bal/ mieux détecté dans **balcon** que dans **balance**
→ **importance de la syllabe comme unité de traitement.**
- Effet répliqué en amorçage, en lecture (Ferrand et al., 1996 ; Colé et al., 1999).
- L'effet de Mehler et al. (1981) ne marche que si la coda est **liquide**
(Content, Meunier, Kearns, & Frauenfelder, 2001)
Répliqué sur des mots (Leclercq, Content, & Frauenfelder, 2002).

Exemple (3) de résultat expérimental

- **Audition** de mot disyllabique et **production syllabe 1**
puis **production syllabe 2**
- **Evaluation de l'homogénéité** entre les réponses
- Content, Kearns, & Frauenfelder (2001).

Mots $C_1 V . C_2 V (C)$



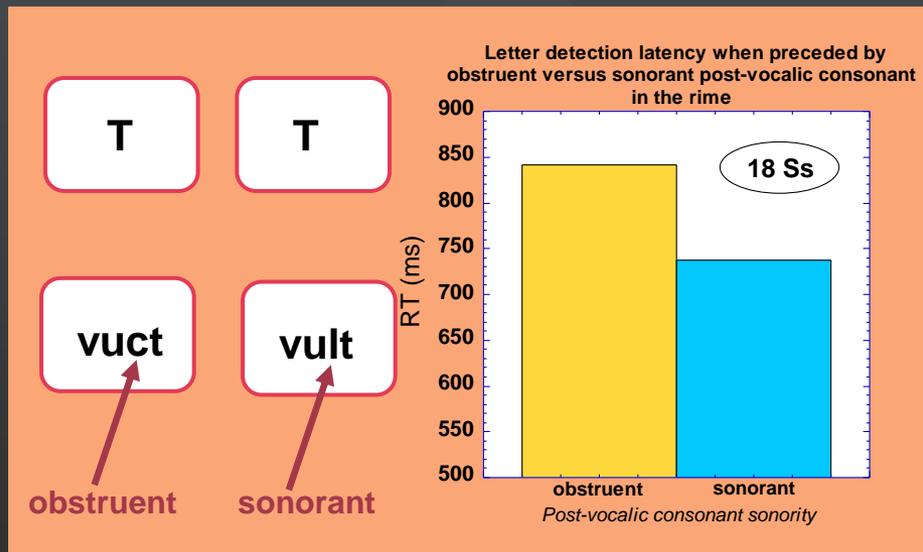
Et en lecture ?

Expérience de détection de lettre dans pseudo-mot écrit

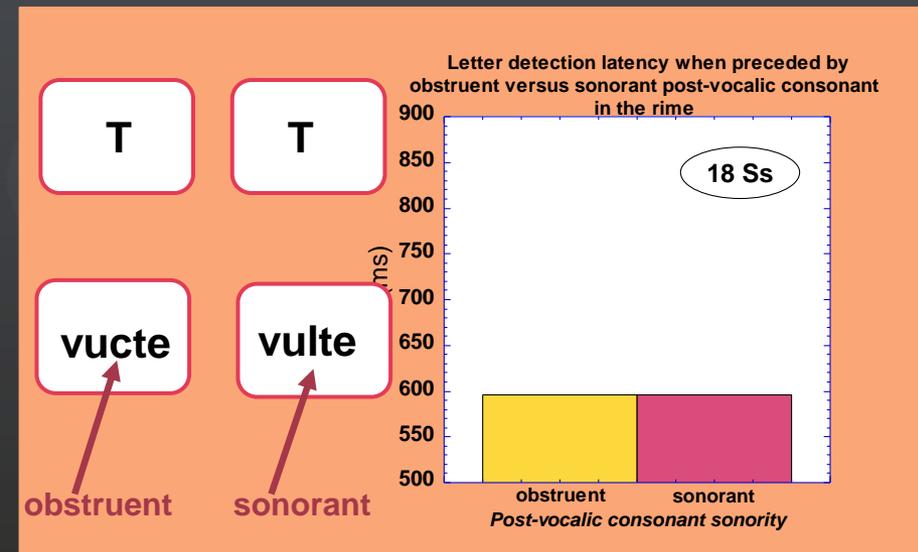
- Gross, Treiman, & Inman (2000) : en anglais

- Hypothèse : dans $C_1VC_2C_3$ VULT \rightarrow VULT \rightarrow VUL / T
VUCT \rightarrow VUCT \rightarrow VU / CT

C_3 (lettre T) + facile à détecter dans VULT car UL, proches en sonorité, ont une forte cohésion \rightarrow T se dissocie de UL à l'intérieur de la rime.



➔ En anglais, la sonorité détermine partiellement la structure interne de la rime à l'écrit.



➔ En français, la sonorité ne détermine pas la structure de la rime à l'écrit.

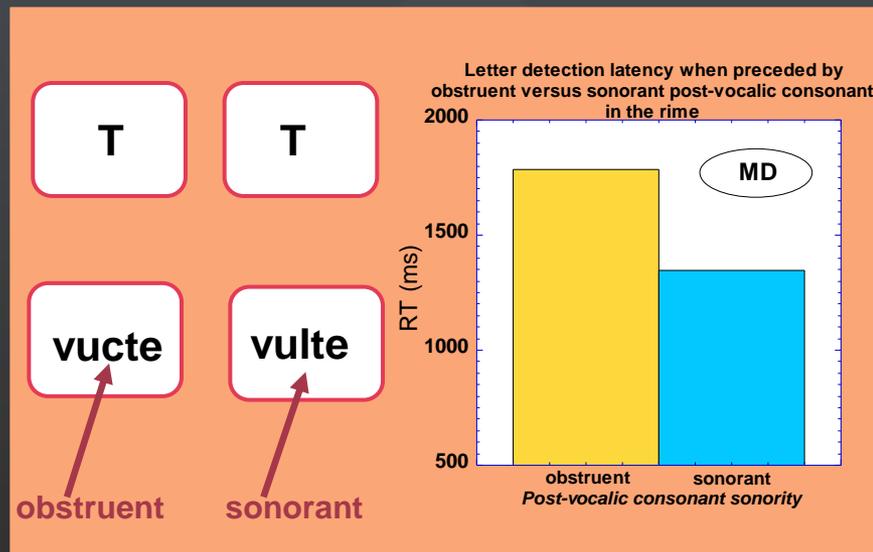
Expérience de détection de lettre dans pseudo-mot écrit

L'absence d'effet de sonorité en français est-elle due à notre liste (*e final*) ?

→ **MD** : enfant bilingue, ayant appris à lire seulement en anglais, réalise l'épreuve sur la liste en français.

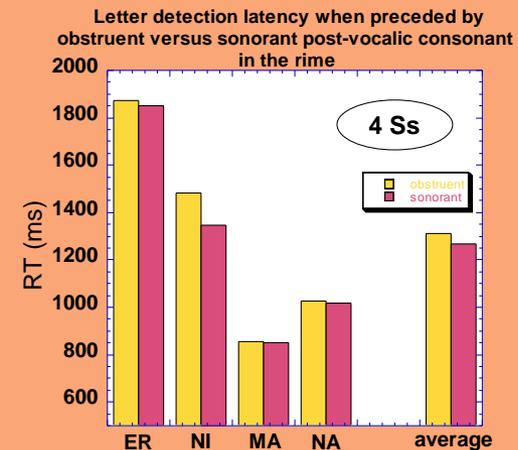
→ **Hypothèse** : effet de sonorité sur structure de la rime chez MD, dans liste française.

MD



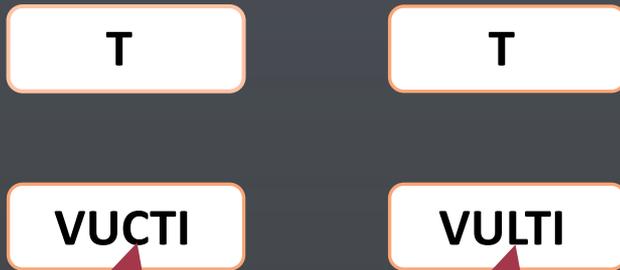
→ L'absence d'effet de sonorité sur la structure de la rime dans traitement de la liste française n'est pas due au « e ».

4 enfants français monolingues appariés en âge et niveau lecture

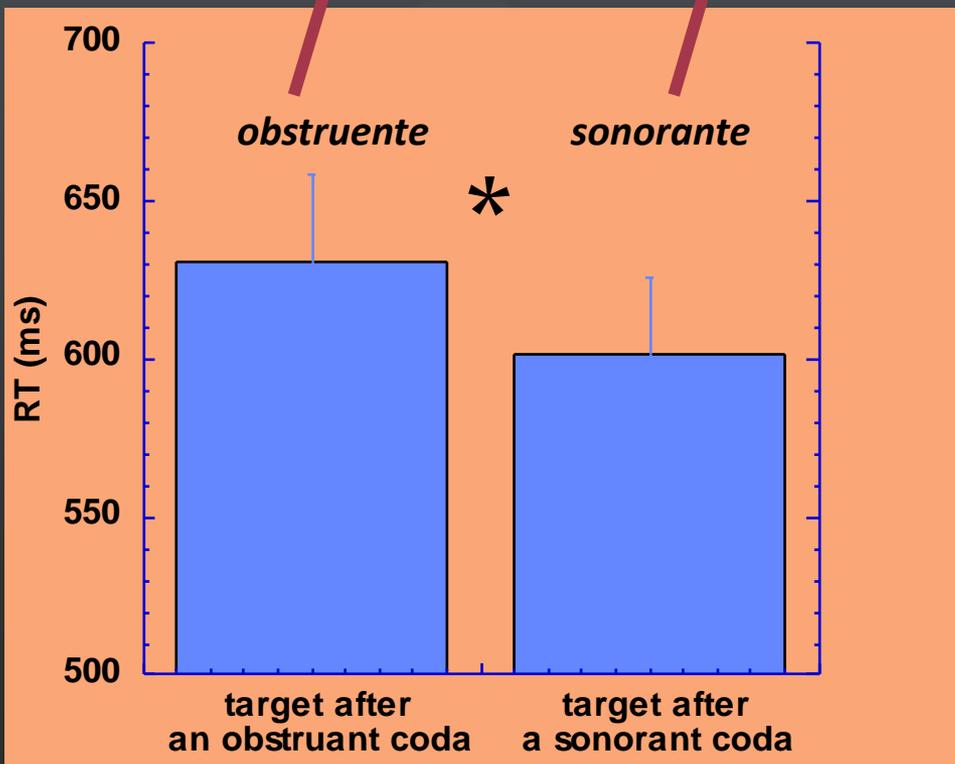


→ Enfants francophones monolingues : pas d'effet de sonorité sur structure de la rime

Expérience de détection de lettre dans pseudo-mot écrit disyllabique, en français



Détection du T
dans VUCTI ou VULTI



→ Les lecteurs adultes français sont sensibles à la sonorité dans des stimuli écrits di-syllabiques

$$F_1(1,17) = 13.41, p = .002$$

$$F_2(1,11) = 4.61, p = .005$$

→ En français écrit, la sonorité pourrait guider la segmentation syllabique.

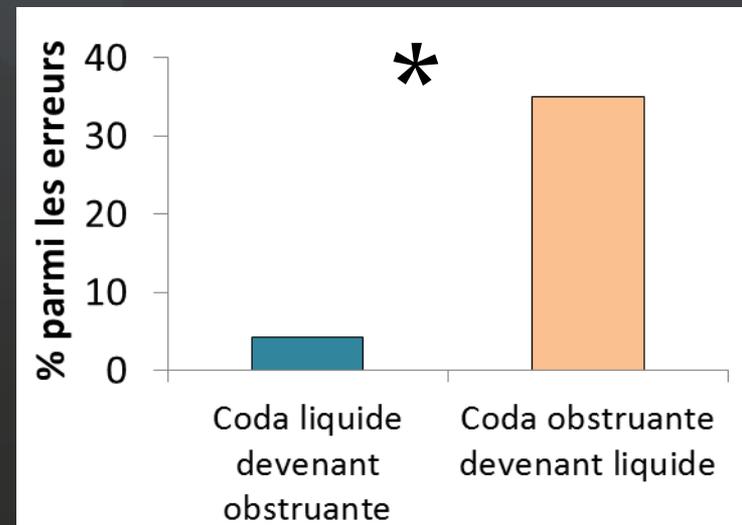
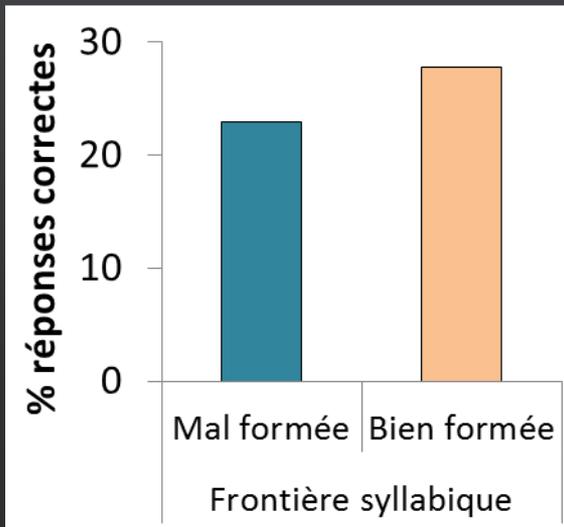
Expérience d'apprentissage de mots nouveaux, en français

Collection Espace-Temps Science Fiction

Les insurgés galactiques
J. G. First

An 2460 ap. J-C. Fuyant la Terre et la tyrannie exercée par XXXX depuis sa victoire totale sur les Empires Humains, une poignée de rebelles quitte la planète bleue à bord de XXXX, un astronef de fortune, dernier espoir pour le peuple des Hommes... L'avenir est incertain, mais l'astronef est le dernier îlot d'espoir pour l'humanité promise à l'anéantissement depuis son asservissement par le tyran et son armée de cybersoldats. La fuite, imaginée par le Cercle des Derniers Sages, a été organisée et mise en œuvre par XXXX qui fut l'un des premiers à brandir l'étendard de la révolte. Saura-t-il conduire les rebelles sur la planète XXXX, où la présence d'eau et d'une atmosphère respirable a été détectée ? L'enthousiasme initial suscité par l'existence de cette planche de salut fera bientôt place à l'inquiétude lorsque l'astronef se posera sur la mystérieuse planète...

| xxLTxx | xxRTxx | xxCTxx | xxPTxx |
|--------|--------|--------|--------|
| BELTI | BIRTA | BUCTO | BOPTÉ |
| NELTI | NIRTA | NUCTO | NOPTÉ |
| ZELTI | ZIRTA | ZUCTO | ZOPTÉ |
| VELTI | VIRTA | VUCTO | VOPTÉ |



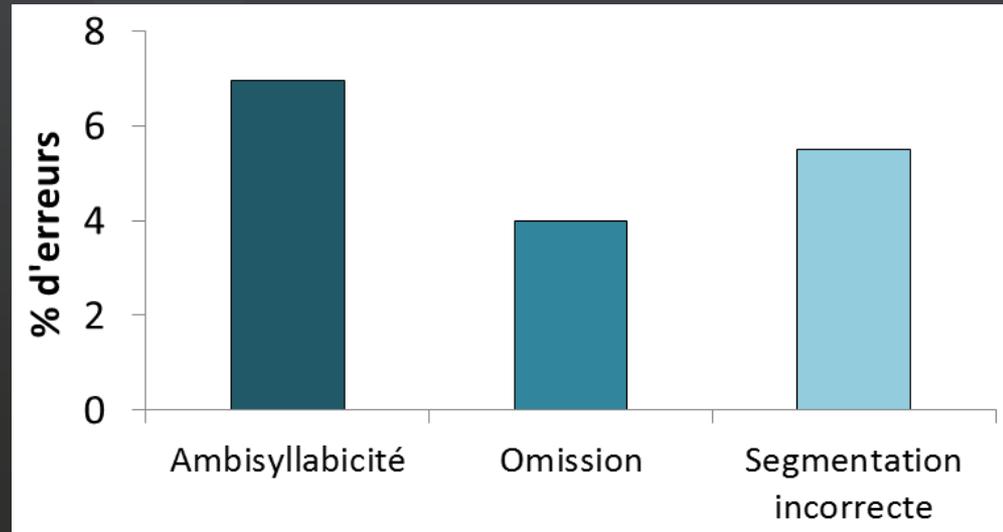
Expérience d'extraction de syllabes (lecture)

Pseudo-mot CVC.CV

- **Semaine 1** : chaque pseudomot CVC.CV est lu par le sujet, qui doit **entourer la syllabe 1**
 - **Semaine 2** : chaque pseudomot CVC.CV est lu par le sujet, qui doit **entourer la syllabe 2**
- ➔ Evaluation de la cohérence des réponses.

Résultats

- % de réponses correctes CVC.CV
+ élevé si frontière syllabique correcte pour la sonorité, $F_1(1, 19) = 13.90, p = .001$
- Les 3 types d'erreurs sont faibles et assez équilibrées.



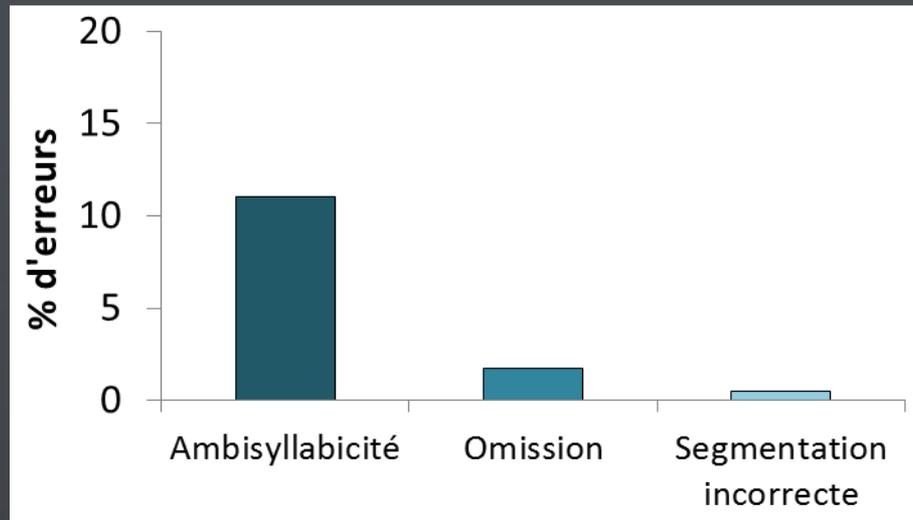
Expérience d'extraction de syllabes (perception de parole)

Pseudo-mot CVC.CV

- **Semaine 1** : répéter **syllabe 1**
- **Semaine 2** : répéter **syllabe 2**

Résultats adultes

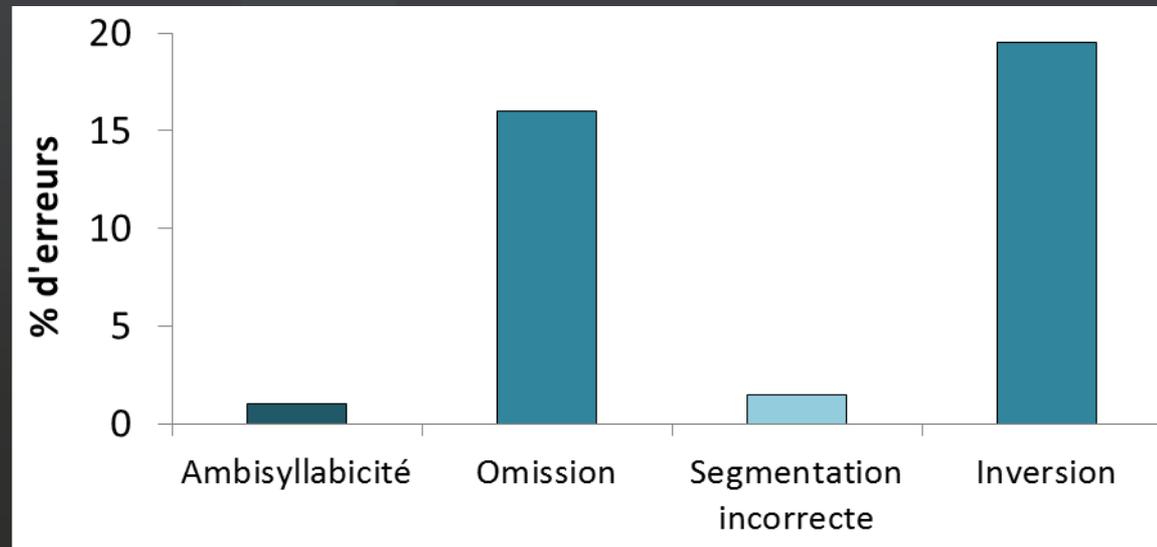
pour mauvais contact syllabique



Résultats enfants dyslexiques

→ Ne traitent pas C_2 dans

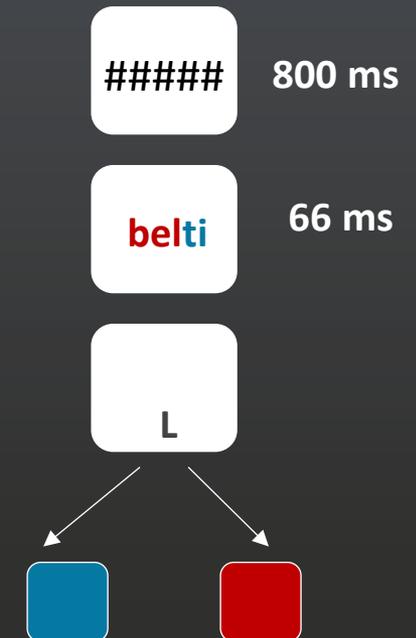
$C_1 V C_2 . C_3 V$



Expérience de conjonctions illusoires : rappel de la couleur

- **Question** : la sonorité affecte-t-elle la cohésion des lettres dans des pseudomots CVC.CV ?
- **Tâche** : rappel de la couleur d'une lettre cible située à la frontière syllabique dans pseudomot CVCCV brièvement présenté en 2 couleurs.
- **Rapports de sonorité à la frontière** : respectent (**RT, LT**) ou non (**PT, CT**) la règle du bon contact
 - Fréquence de bigramme équilibrée entre bon et mauvais contact syllabique en position médiane.
 - Voisinage orthographique équilibré entre bon et mauvais contact.
- **Distribution des couleurs** : compatible ou incompatible avec la structure CVC.CV

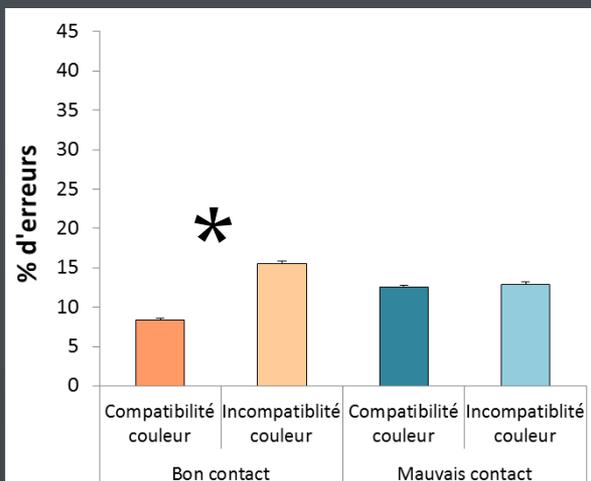
| Bon contact | | Mauvais contact | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Compatibilité de couleurs | Incompatibilité de couleurs | Compatibilité de couleurs | Incompatibilité de couleurs |
| belti | belti | bepti | bepti |



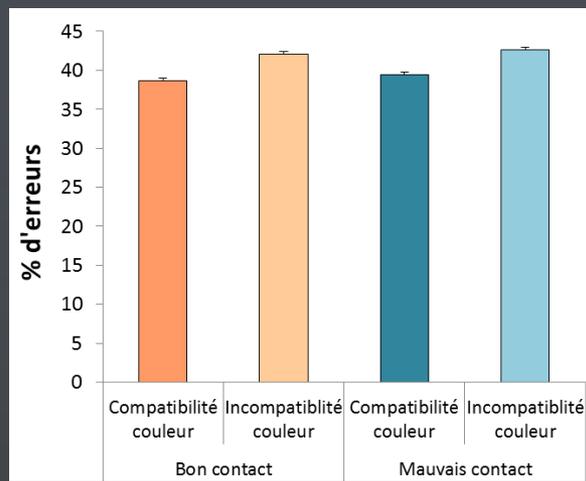
- **144 stimuli expérimentaux** : cible = 3^{ème} lettre.
- **288 fillers** : cible = 2^{ème} ou 4^{ème} lettre.

Résultats

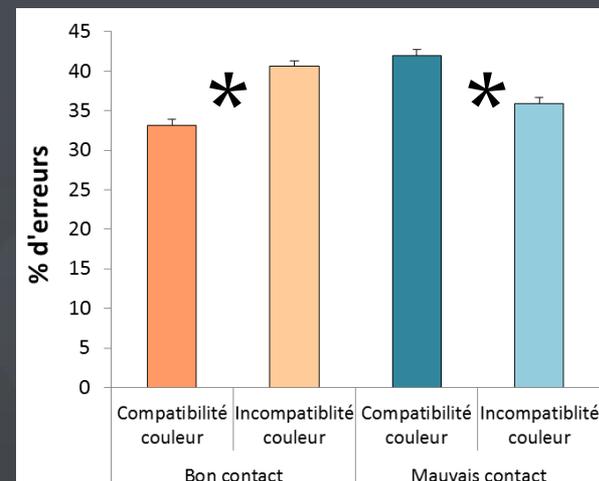
24 adultes bon lecteurs



15 enfants appariés niv. Lecture



15 enfants dyslexiques



- La compatibilité syllabes-couleurs aide si bon contact de sonorité ($p = .0001$).
- Si la cohésion Voyelle-Coda n'est pas forte en termes de sonorité → pas d'effet de compatibilité syllabes-couleurs.

• Rien de significatif

• Bons contact syllabique → couleurs compatibles avec **CVC . CV** aident ($p = .02$)

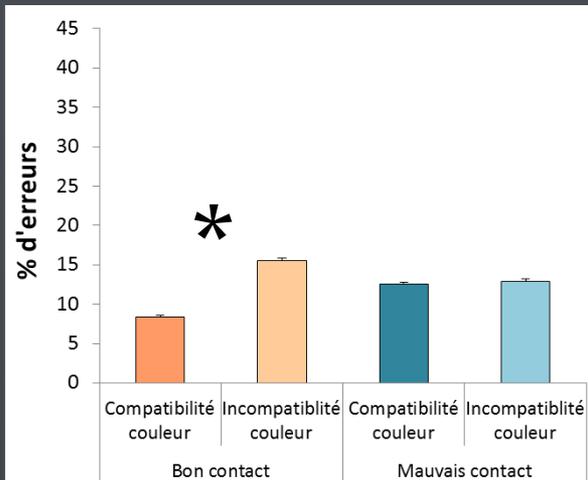
• Mauvais contact syllabique → couleurs compatibles avec **CV . CCV** aident ($p = .05$).

➔ Segmentation syllabique **CVC . CV** automatique seulement si frontière bien formée en sonorité

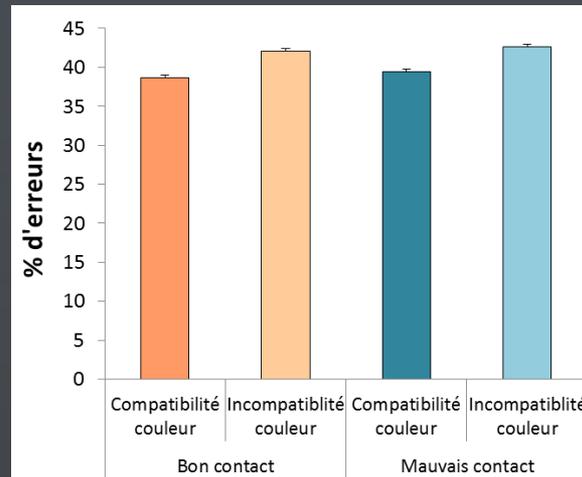
| Bon contact | | Mauvais contact | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Compatibilité de couleurs | Incompatibilité de couleurs | Compatibilité de couleurs | Incompatibilité de couleurs |
| belti | belti | bepti | bepti |

Résultats

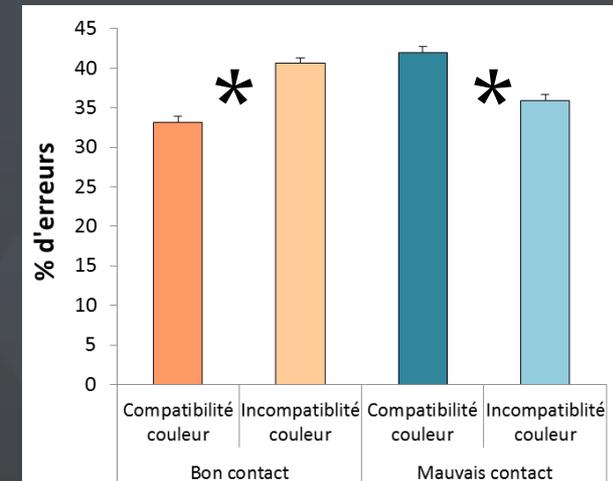
24 adultes bon lecteurs



15 enfants appariés niv. Lecture



15 enfants dyslexiques



- La compatibilité syllabes-couleurs aide si bon contact de sonorité ($p = .0001$).
- Si la cohésion Voyelle-Coda n'est pas forte en termes de sonorité → pas d'effet de compatibilité syllabes-couleurs.
- ➔ Segmentation syllabique **CVC . CV** automatique seulement si frontière bien formée en sonorité

• Rien de significatif

- Bons contact syllabique → couleurs compatibles avec **CVC . CV** aident ($p = .02$)
- Mauvais contact syllabique → couleurs compatibles avec **CV . CCV** aident ($p = .05$).

- ➔ Influence des règles de sonorité pour lire, organiser en syllabes.
- ➔ **Dyslexie** : sensibilité positive au bon contact syllabique.
- ➔ **Dyslexie** : application trop rigide d'1 règle de sonorité → grosse difficulté à se représenter une syllabe avec coda descendante.
- ➔ **Dyslexie** : préférence atypique pour une bonne coda par rapport à une bonne attaque (en sonorité), contraire à *Syllable Onset Hypothesis* (Content et al., 2001).

Vers des tentatives d'aide à la lecture chez des enfants en difficulté : Attention temporelle et oscillations cérébrales

- **Théorie de l'Attention Dynamique** (Jones, 1976, 2009)
 - Attention répartie de façon cyclique, **rythmique**, instants de diffusion optimale de ressources de traitements.
 - Rythme attentionnel : efficace si permet de détecter début des unités → le rythme de l'attention temporelle doit être adapté pour pouvoir anticiper.
- **Oscillations cérébrales :**
 - Rythme de l'attention temporelle, guidée par oscillations cérébrales.
 - Dans le cerveau, des groupes de neurones se synchronisent pour émettre des signaux électromagnétiques, d'origine endogène, selon un certain rythme : oscillations cérébrales.
 - Ces oscillations déterminent les potentiels d'action. Elles correspondent à des variations cycliques de l'excitabilité neuronale
→ guident l'attention.

Les oscillations cérébrales



**Niveau
neurophysiologique**

**Niveau
psychologique**

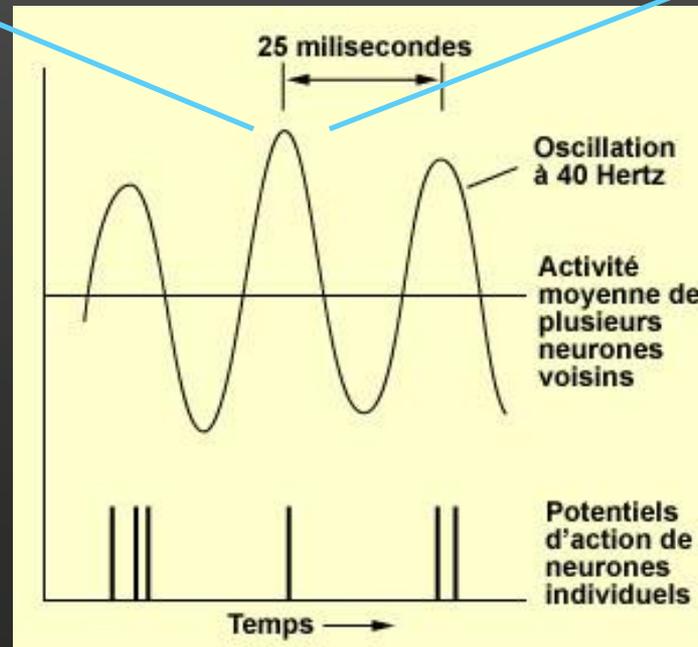
Potentiel d'action

Pic attentionnel

→ Pic d'excitabilité
neuronale

→ traitement efficace

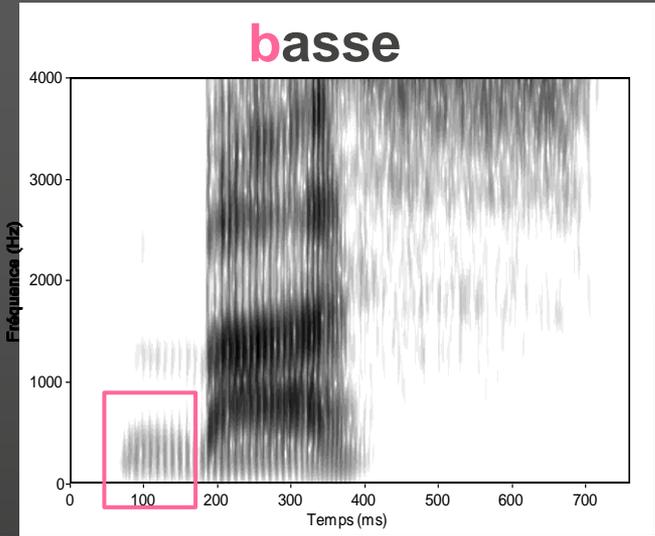
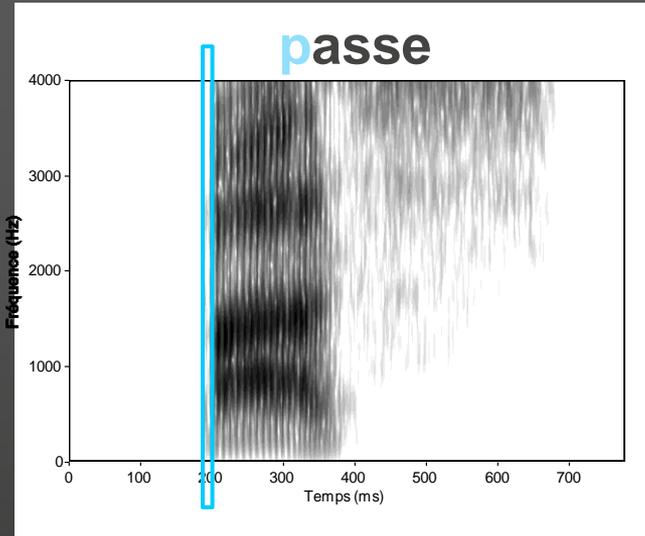
→ détection du début
d'une unité d'info



Fenêtre d'analyse étroite
HG

Modèle AST,
Asymmetric Sampling in Time
(Poeppel, 2003)

Fenêtre d'analyse large
HD

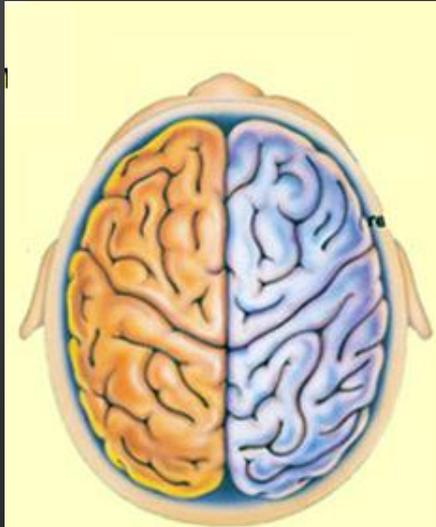


Oscillations

gamma



bêta

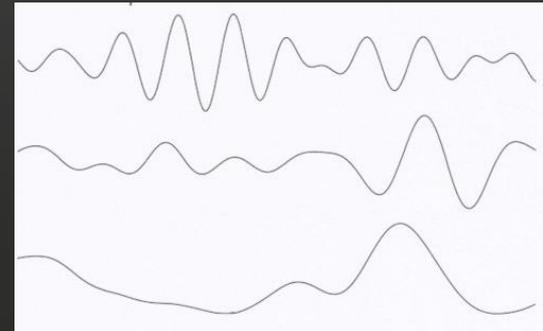


Oscillations

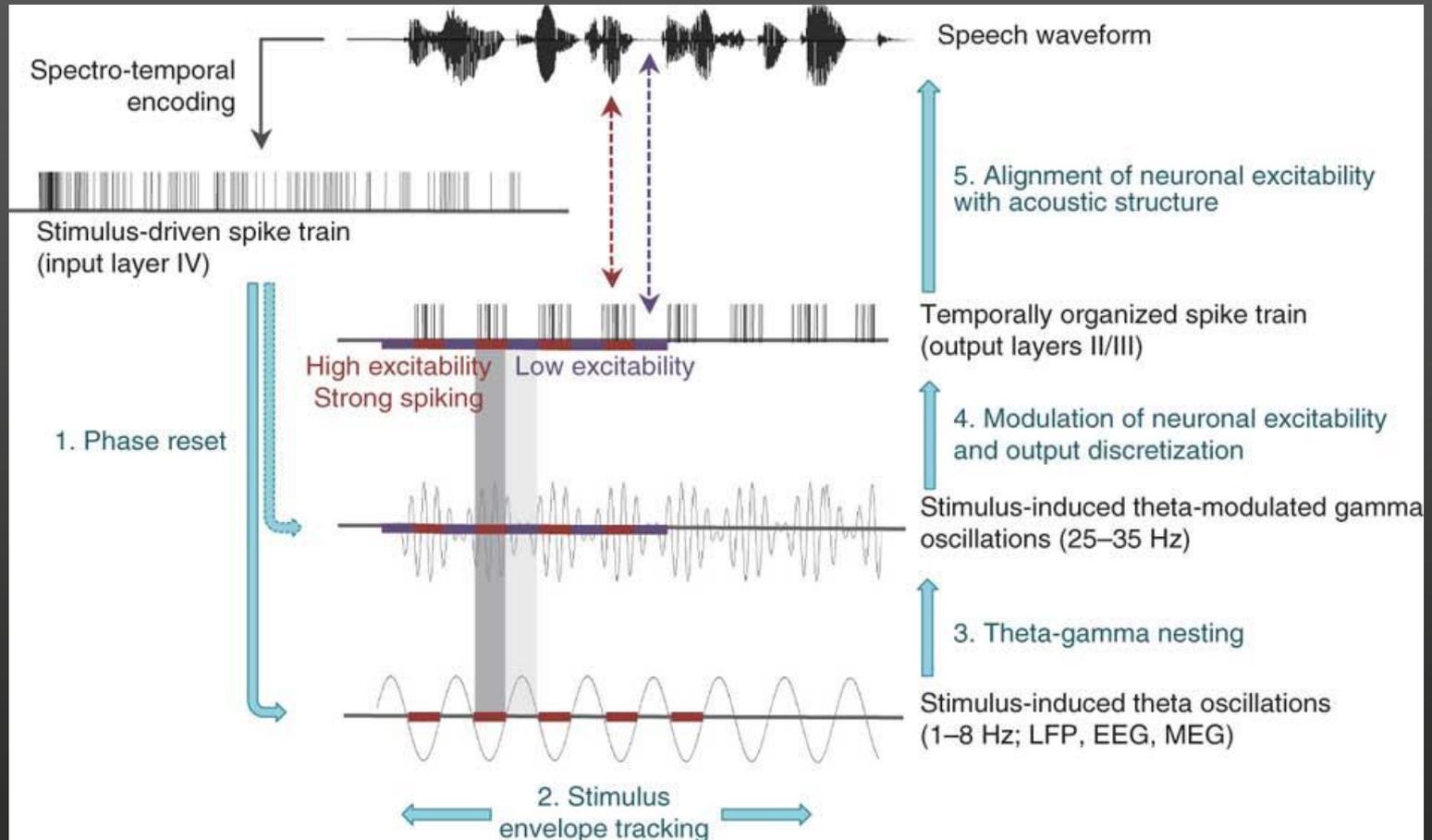
alpha

thêta

delta



Synchronisation des oscillations cérébrales au rythme de la parole



Rythme de l'information

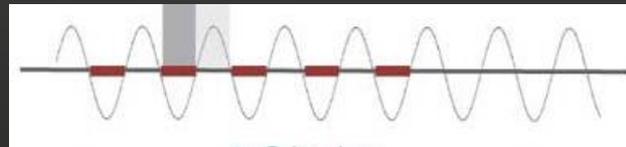


Tendance à
l'ajustement

Entrainement

Synchronisation

Phase-locking



Oscillations cérébrales

Goswami (*Temporal Sampling Framework*, 2011) :
difficultés de synchronisation
oscillations cérébrales / rythme de la parole

- Car la rythmicité de la parole n'est pas très régulière
- Ajustement particulièrement difficile si **Dysphasie**
Dyslexie

Mais la musique a un rythme plus régulier que la parole
oscillations cérébrales / rythme de la musique

➔ Aider le traitement du langage par l'écoute préalable d'une musique qui prépare des oscillations cérébrales adaptées ?

Recherches conduites avec **Barbara Tillmann**



Musique

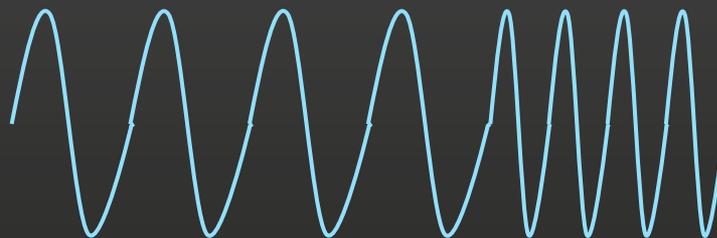


Langage

musique
pulsation = 2 Hz



oscillations
cérébrales



entraînement

Ajustement
de phase
2 Hz



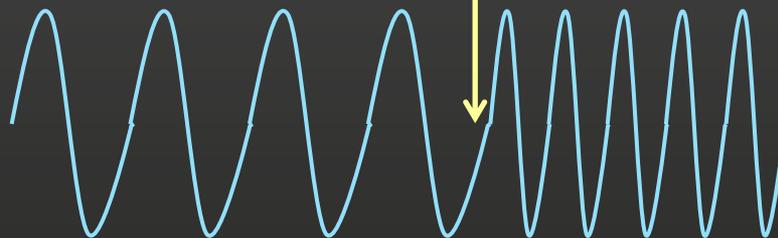


synchronisation

musique
pulsation = 2 Hz



oscillations
cérébrales



entraînement

Ajustement
de phase
2 Hz

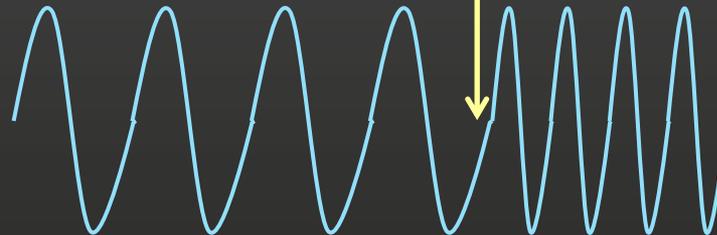
synchronisation



musique
pulsation = 2 Hz



oscillations
cérébrales



entrainment

Ajustement
de phase
2 Hz

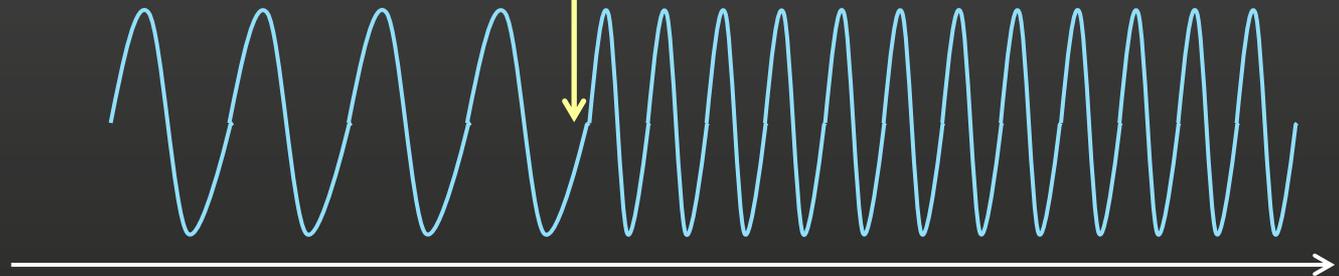


synchronisation

musique
pulsation = 2 Hz



oscillations
cérébrales



entrainment

Ajustement
de phase
2 Hz

Maintien des
oscillations

Effet de la régularité du rythme musical sur le jugement syntaxique

30 secondes musicales

Amorce régulière

Amorce irrégulière



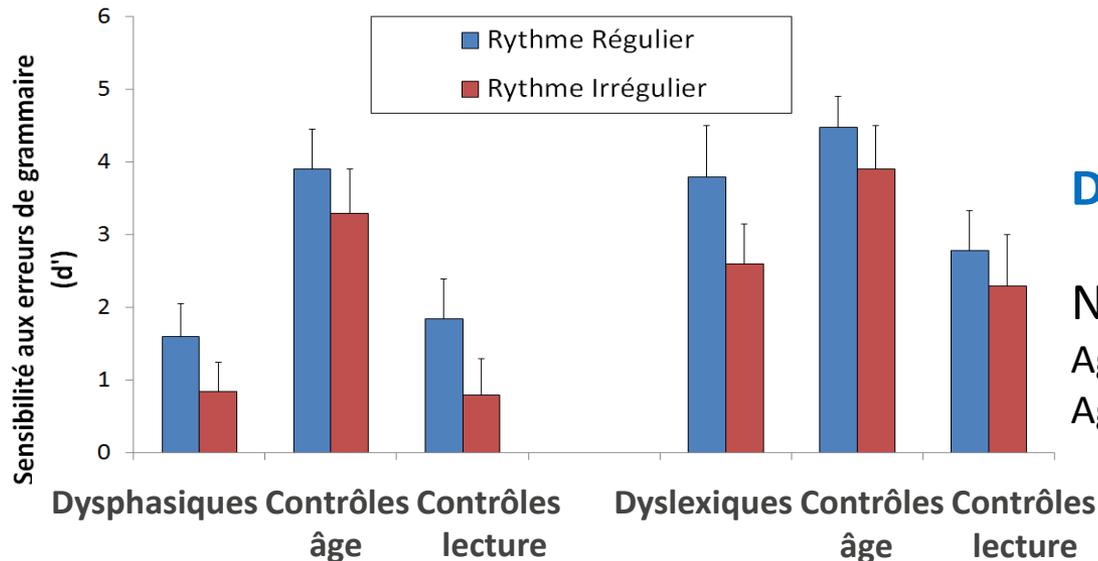
6 phrases

grammaticalement correcte

Ex : « nous verrons la neige tomber »

grammaticalement incorrecte

Ex : « Marie a oublié sa violon »



Dyslexiques

N = 10

Age moy : 9 ans 9 mois

Age lecture : 7;7

Dysphasiques

N = 12

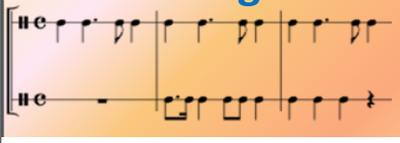
Age moy : 9 ans 6 mois

Age lecture

L'effet se maintient si comparaison avec amorce neutre

30 secondes musicales

Amorce régulière



Bruit environnement



6 phrases

grammaticalement correcte

Ex : « nous verrons la neige tomber »

grammaticalement incorrecte

Ex : « Marie a oublié sa violon »

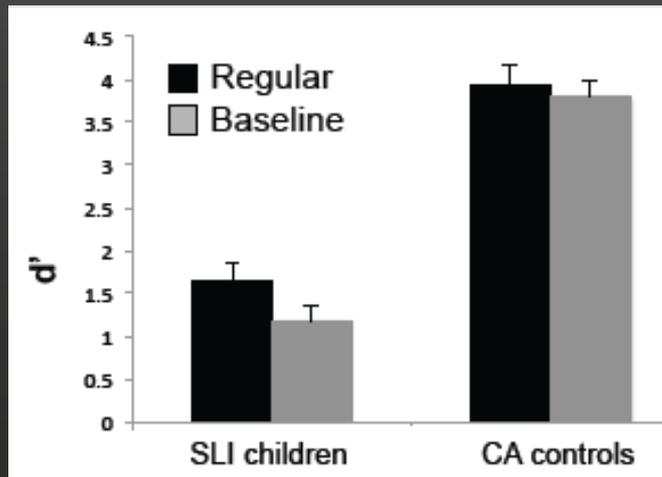


Dysphasiques

N = 16

Age moy : 9 ans 7 mois

Age lecture : 6;11



- ➔ **Confirmation** : le rythme perçu apporte un bénéfice
- ➔ Sans doute en facilitant la **segmentation**

➔ Malgré leurs difficultés connues en traitement du rythme, les enfants dysphasiques et dyslexiques traitent mieux la syntaxe après l'écoute de 30 s de **musique au rythme régulier**.

➔ Pulsation sous-jacente à **2 Hz**.

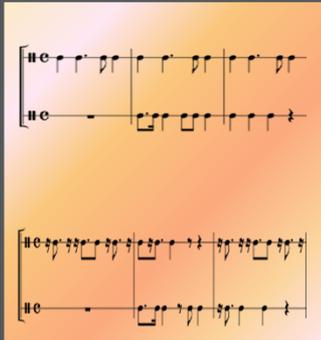
➔ Résultat cohérent avec effet d'une musique de marche

(Kotz et al., 2005, 2009) :
- adultes, **lésions ganglions de la base**
- **Parkinson**.

Effet de la régularité du rythme musical sur la lecture



Régulière
ou
Irrégulière



FACILES A SEGMENTER EN SYLLABES

Ex : carton

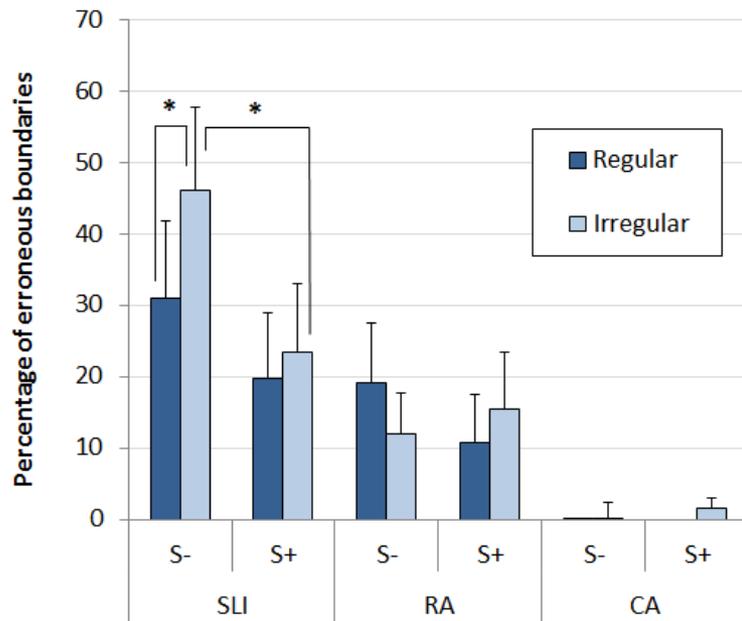
Lecture à voix
haute

DIFFICILES A SEGMENTER EN SYLLABES

Ex : cactus

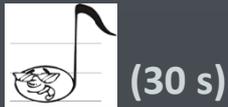
Dysphasiques

N = 12
Age moy : 9 ans 6 mois
Age lecture : 7;8

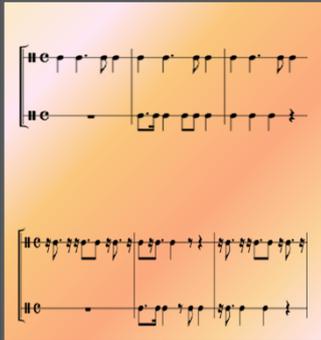


- ➔ Diminution des erreurs de lecture des consonnes placées en frontière syllabique
- ➔ Surtout si frontière floue du point de vue des rapports de sonorité
- ➔ **L'amorçage rythmique améliore la segmentation à l'écrit.**

Effet de la régularité du rythme musical sur la lecture



Régulière
ou
Irrégulière



FACILES A SEGMENTER EN SYLLABES

Ex : carton

Lecture à voix haute

DIFFICILES A SEGMENTER EN SYLLABES

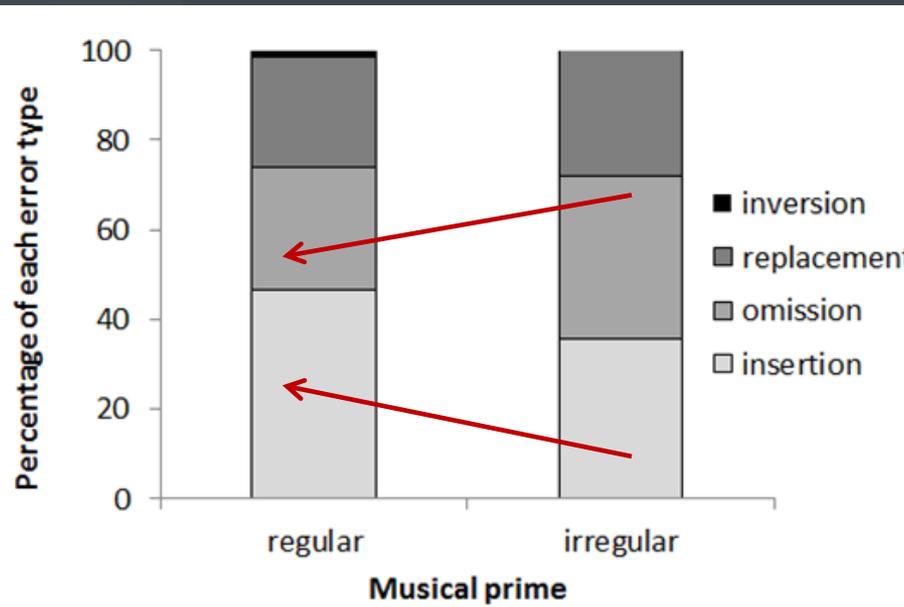
Ex : cactus

Dyslexiques

N = 10

Age moy : 9 ans 9 mois

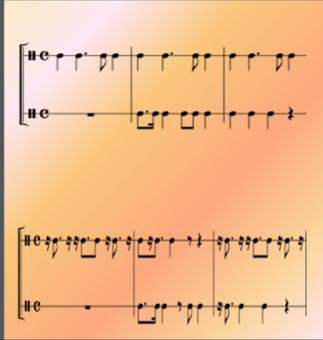
Age lecture : 7;7



- ➔ Diminution des omissions
- ➔ au profit de l'insertion de voyelle
- ➔ **Traitement plus correct de toutes les consonnes** en frontière syllabique

Effet de la régularité du rythme musical sur la lecture

Régulière
ou
Irrégulière



Lire la 1^{ère} syllabe
Puis lire à voix la 2^{ème} syllabe

CV.CV : FACILES A SEGMENTER

Ex : **bufril**

CV.CV : DIFFICILES A SEGMENTER

Ex : **biltir**

CV.CV : TRES DIFFICILES A SEGMENTER

Ex : **bictil**

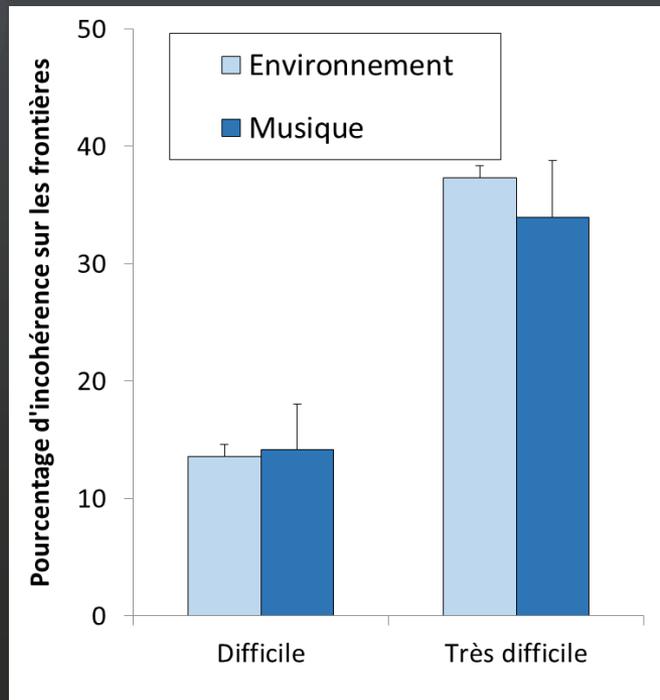
*Lecture à
voix haute*

Jeunes
adultes bons
lecteurs

N = 27

Avec l'aide de 5 étudiants en
Licence Sciences Cognitives :

- Lucie Burnier Framboret,
- Mélinda De Oliveira,
- Agathe Ferrandis,
- Florian Lecuelle,
- Justine Viannay.



- ➔ Diminution des segmentations incohérentes ($p = .0160$)
- ➔ surtout si frontière très complexe ($p = .0637$)
- ➔ **L'amorçage rythmique améliore la segmentation à l'écrit.**

Merci de votre attention

Pour information, je transmets à Ioana Chitoran quelques articles cités dans la présentation (en pdf).