

Probing Amplitude-Modulation Detection and Phoneme Categorization with Auditory Reverse Correlation

Léo Varnet, Christian Lorenzi, Alejandro Osses

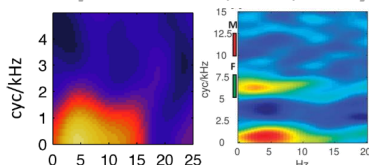
Laboratoire des Systèmes Perceptifs, ENS Paris, CNRS

Auditory revcorr studies (full diagram on <https://dbao.leo-varnet.fr/>)

high level
low level

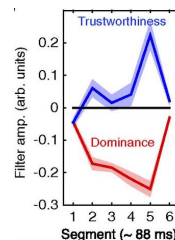
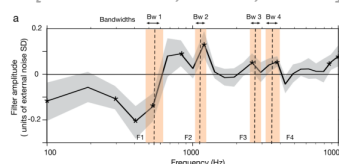
sentence recognition

[Venezia et al., 2016, 2019]



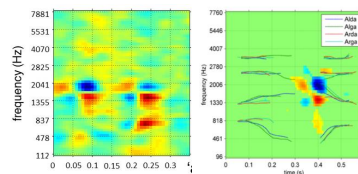
paralinguistics

[Ponsot et al., 2018a, 2018b]

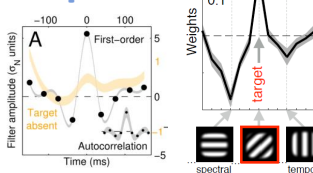
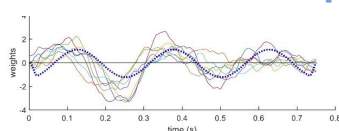


phoneme categorization

[Varnet et al., 2013, 2015]



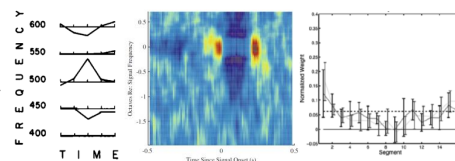
modulation perception



[Ponsot et al., 2020;
Joosten & Neri, 2012;
Varnet & Lorenzi 2022]

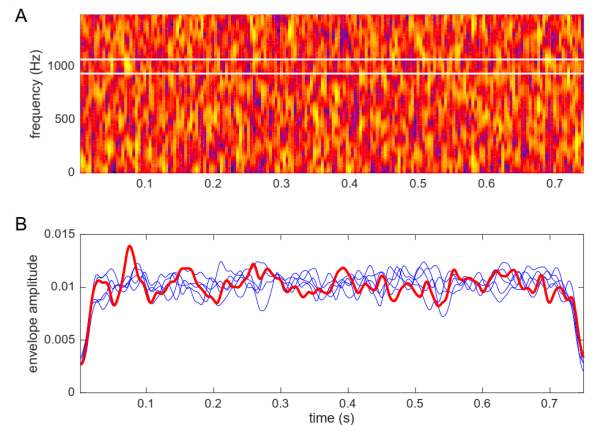
pure-tone detection & loudness perception

[Ahumada & Lovell, 1971; Shub & Richards, 2009; Ponsot et al. 2013]



Fluctuations intrinsèques et revcorr

- L'effet masquant du bruit stationnaire est en partie dû à la présence de fluctuations aléatoire d'enveloppe dans les canaux cochléaires (aka **fluctuations intrinsèques**)
- L'approche **revcorr** permet d'explorer l'effet de fluctuations aléatoires sur la perception



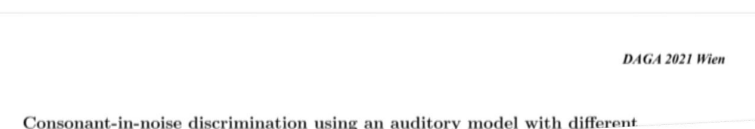
Objectif : utiliser la méthode revcorr pour visualiser les **stratégies d'écoute dans différentes tâches** en s'appuyant sur les fluctuations intrinsèques d'un bruit stationnaire

[Varnet et al., 2013]
[Osses & Varnet, 2021]
[Varnet & Lorenzi, 2022]

Au menu

Comparaison des stratégies d'écoute :

- de 2 participants (LV et AO)
- dans 4 expériences :
 - **mod22**: détection de **modulation temporelle** dans le **bruit blanc**
 - **abda22-white**: catégorisation **aba-ada (paire #1)** dans le **bruit blanc**
 - **abda13-white**: catégorisation **aba-ada (paire #2)** dans le **bruit blanc**
 - **abda21-SSN**: catégorisation **aba-ada (paire #2)** dans le **bruit SSN**



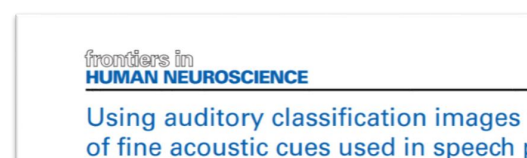
Alejandro Osses Vecchi, Léo Varnet
Laboratoire des systèmes perceptifs, ENS, PSL University, Paris, France, Email: {alejandro.osses, leo.varnet}@enscm.fr

tract
study presents insights into the discrimination of consonants presented in vowel-consonant-vowel (VCV) stimuli embedded in speech-shaped noise (SSN) to which the participants provided two possible answers (/aba/ or /ada/) implemented as a one-to-one choice (1-I, 2-AFC) experiment.



Probing temporal modulation detection in white noise using intrinsic envelope fluctuations: A reverse-correlation study

Léo Varnet^{a)} and Christian Lorenzi^{b)}
^{a)} INSERM U1028, CNRS UMR5282, Neurosciences Research Centre, Brain Dynamics and Cognition Team, INSERM U1028, CNRS UMR5282, Ecole Doctorale Neurosciences et Cognition, Université de Lyon, Université Lyon 1, Lyon, France
^{b)} Integrative Neuroscience, INSERM U846, Cell and Brain Research Institute, INSERM U846, Bron, France



Léo Varnet^{1,2*}, Kenneth Knoblauch³, Fanny Meunier^{1,2,4} and Michel Sussman^{1,2,4}

¹ Neuroscience Research Centre, Brain Dynamics and Cognition Team, INSERM U1028, CNRS UMR5282, Ecole Doctorale Neurosciences et Cognition, Université de Lyon, Université Lyon 1, Lyon, France

² Integrative Neuroscience, INSERM U846, Cell and Brain Research Institute, INSERM U846, Bron, France
³ Cognition, CNRS UMR5304, Lyon, France



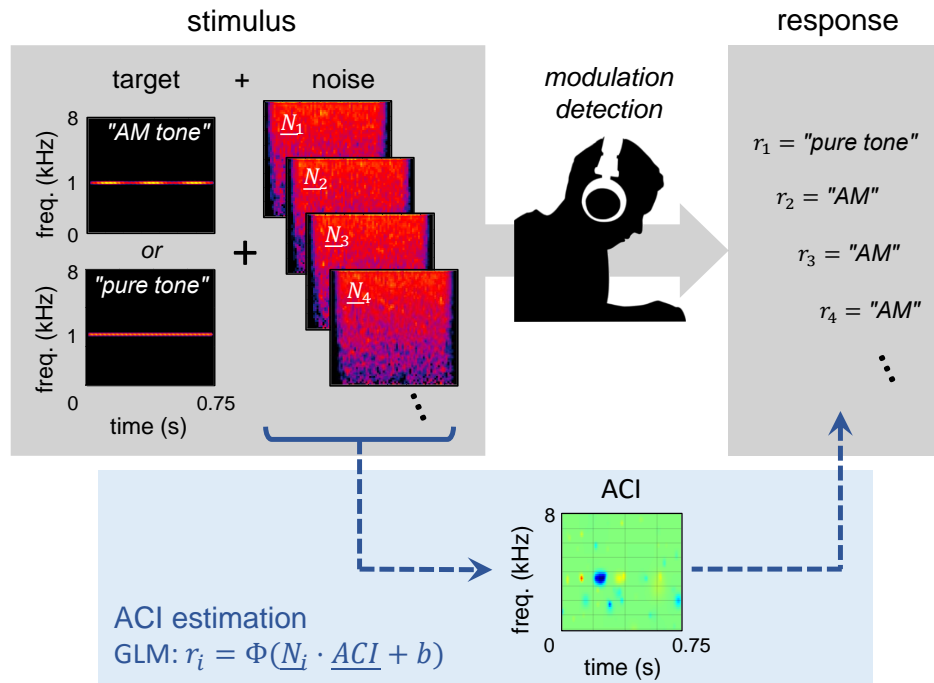
essential step in understanding the perceptual categorization is to identify which behavior of our perceptual system. In comprehension, it is still a major open challenge to categorize a speech stimulus as one of the two possible answers (/aba/ or /ada/) for the categorical perception of speech. We adapt a method relying on a Generalized Likelihood Estimation (GLE) model, widely used in the visual domain for the auditory experiments. This statistical model, non-Gaussian noise, as it is often the case, is often the first step in the estimated template.

Détection de modulations temporelles

Stimuli : AM tone ou pure tone dans le bruit blanc (65 dB SPL).
Fréquence porteuse = 1 kHz.
Modulation sinusoïdale de fréquence 4 Hz.

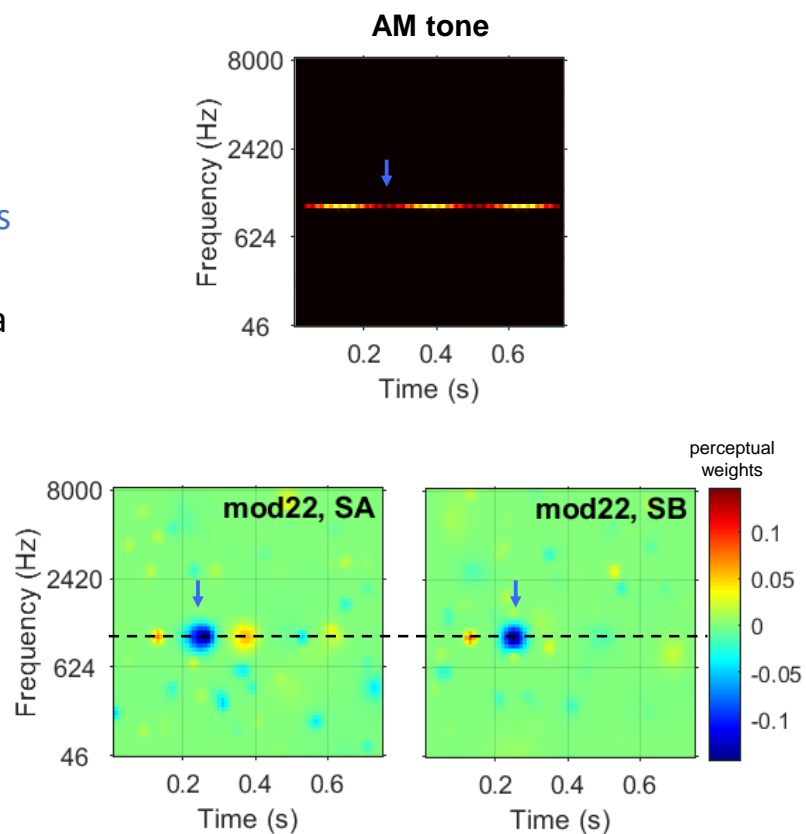
Tâche : catégorisation en tant qu'AM ou pure tone

Profondeur de modulation :
adaptée en cours d'expérience
pour viser 70.7% de réponses
correctes



Résultats

- Ensembles de poids **positifs** et **négatifs** disposés horizontalement
- Seules les fluctuations du bruit dans la région de la porteuse (1 kHz) influent sur la décision
- Les bruits présentant des fluctuations intrinsèques ressemblant à la modulation-cible induisent des réponses « AM tone »
- L'indice principal pour la tâche est la présence d'un minimum d'enveloppe autour de 0,25 s [Varnet & Lorenzi, 2022]

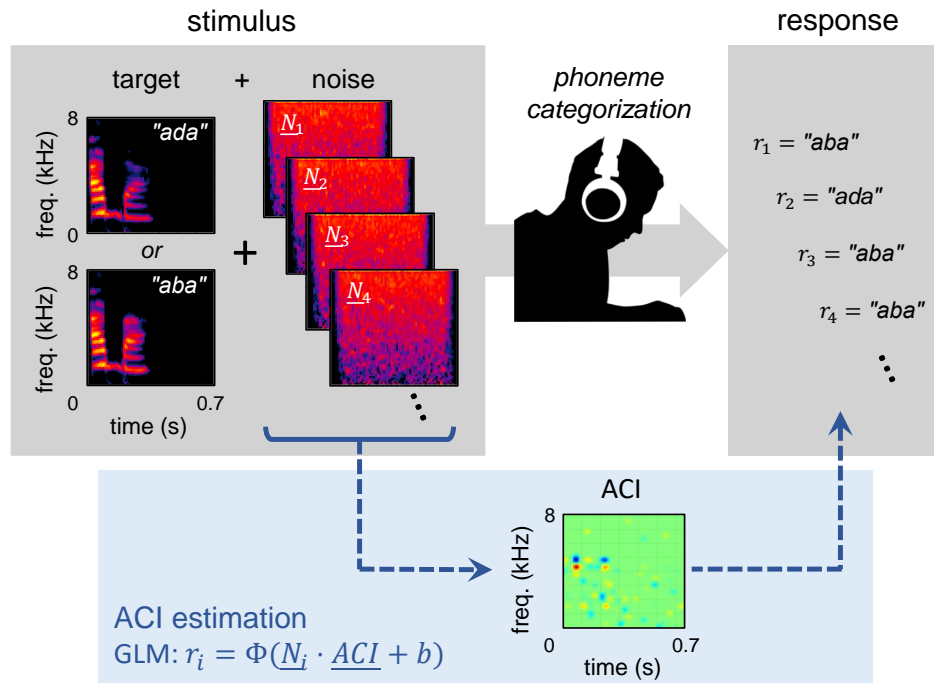


Catégorisation aba-ada

Stimuli : « aba » ou « ada » dans le bruit (65 dB SPL).

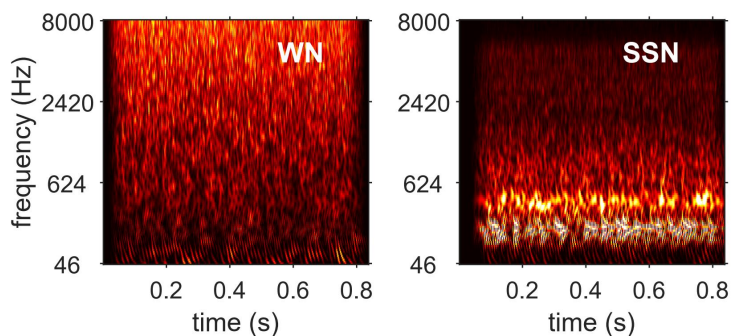
Tâche : catégorisation en tant que « aba » ou « ada »

SNR : adapté en cours d'expérience pour viser 70.7% de réponses correctes

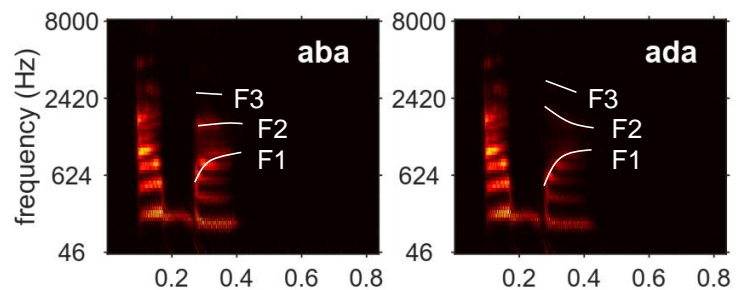


Stimuli

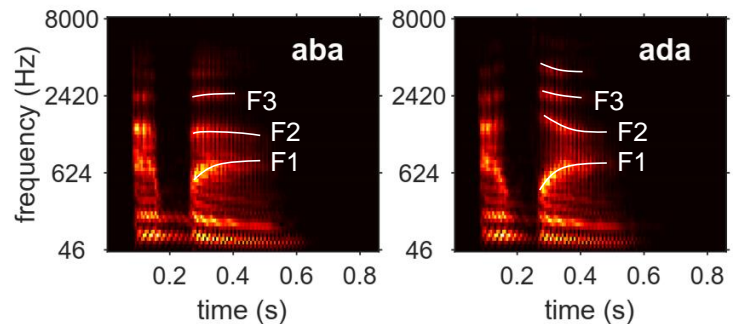
- Deux paires de aba-ada (prononcées par un locuteur ou une locutrice)
- Deux types de bruit : bruit blanc (WN) ou bruit SSN



pair #1, female speaker



pair #2, male speaker



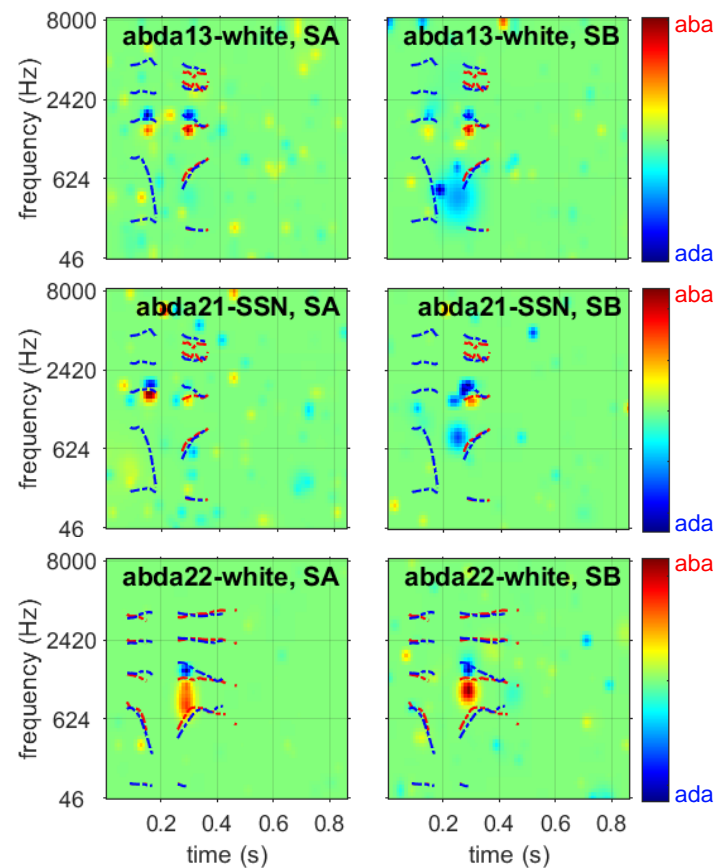
- La **transition du second formant (F2)** permet de distinguer aba et ada [Liberman et al., 1952]

Résultats

- Ensembles de poids **positifs** et **négatifs** disposés **verticalement**...
- ... et correspondant à la transition du second formant (F2)

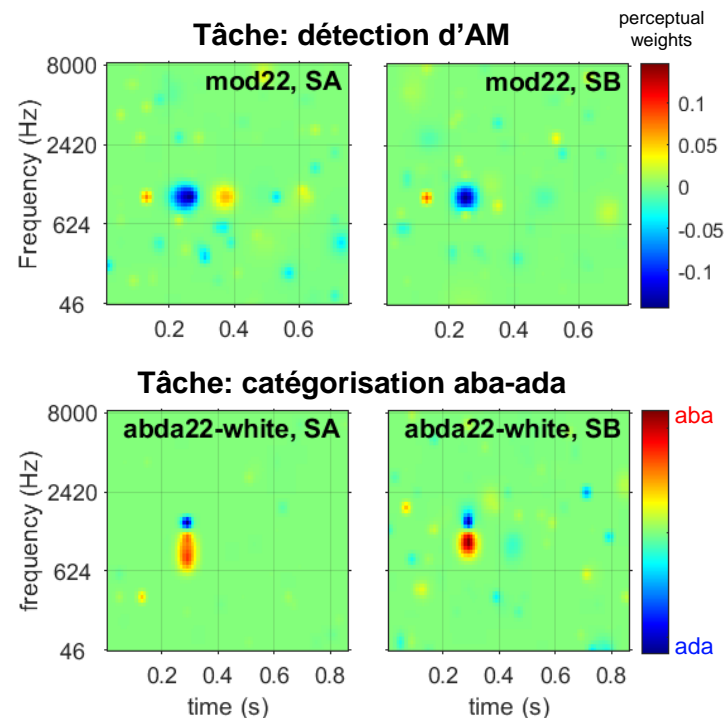
Le F2 est un indice acoustique pour la catégorisation /aba/-/ada/

- D'autres indices sont peut-être impliqués dans cette tâche



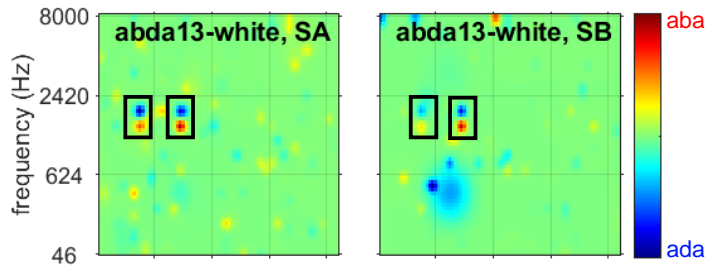
Détection d'AM vs. catégorisation aba-ada

- La méthode revcorr peut révéler les **stratégies d'écoute** dans différentes tâches de catégorisation auditive, c-à-d identifier les **indices acoustiques** effectivement utilisés par les auditeurs
- Organisation horizontale ou verticale des poids selon que la tâche est essentiellement temporelle ou spectrale



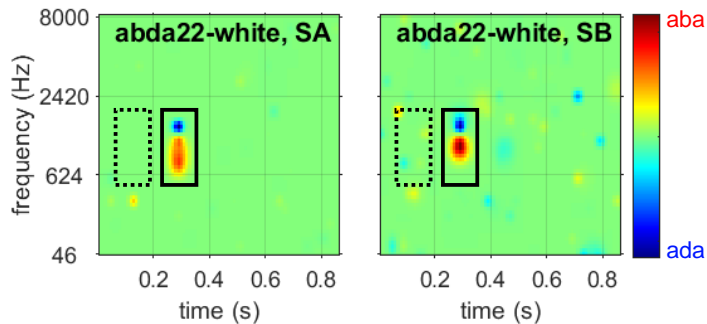
Comparaison des stratégies d'écoute

pair #1, female speaker



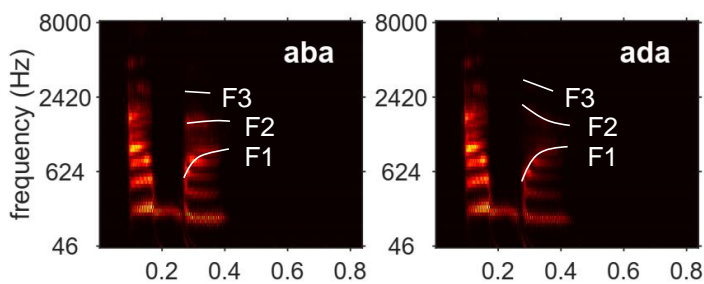
- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.

pair #2, male speaker



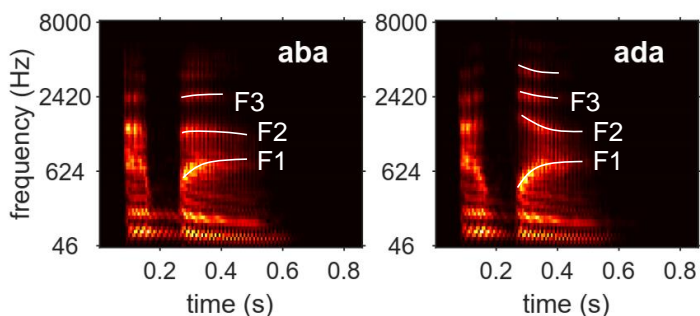
Comparaison des stratégies d'écoute

pair #1, female speaker



- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.

pair #2, male speaker



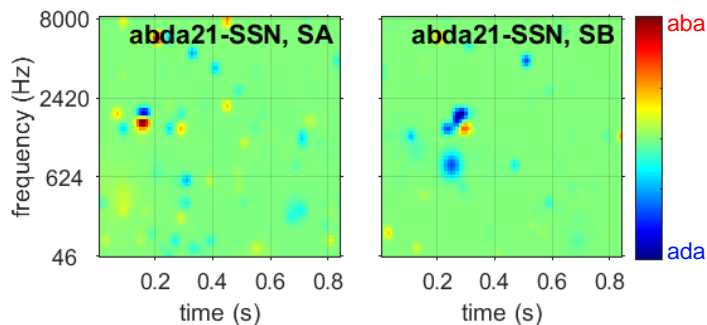
Comparaison des stratégies d'écoute

White noise (WN)



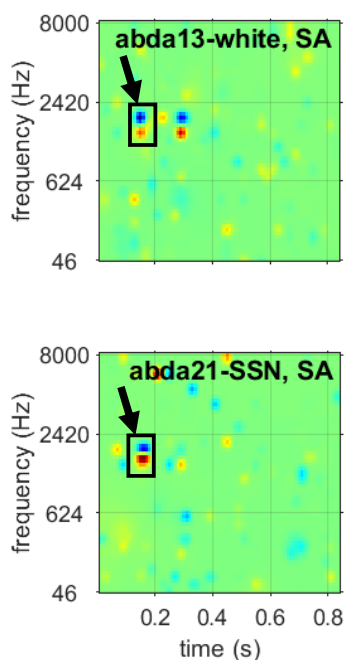
- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.
- Pas de différence systématique liée au type de bruit utilisé (WN ou SSN)

Speech-shaped noise (SSN)

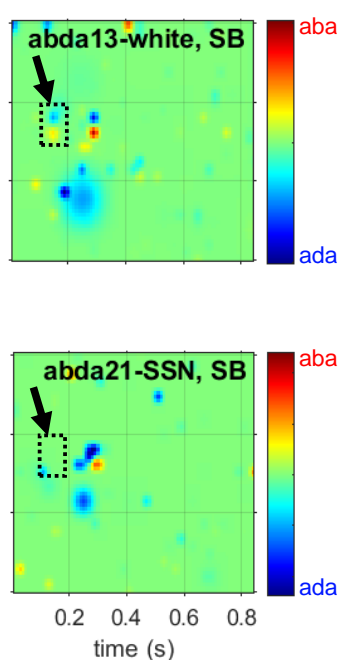


Comparaison des stratégies d'écoute

SA



SB



- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.
- Pas de différence systématique liée au type de bruit utilisé (WN ou SSN)
- Le sujet SA semble s'appuyer plus fortement sur l'indice situé dans la première syllabe que le sujet SB : suggère une stratégie d'écoute individualisée ? [Osses & Varnet, in prep.]

Auditory Classification Images

- Approche **purement comportementale** permettant de **visualiser les stratégies d'écoute individuelles** pour différentes tâche de categorization auditive (“ear-tracker”)



fastACI toolbox v1.0: a MATLAB toolbox for investigating auditory perception using reverse correlation (<https://github.com/aosses-tue/fastACI>)

- Combinaison avec des modèles du système auditif [*Osses & Varnet, 2021*]
- Limite : nombre d'essais ($N \approx 4000$)

Merci de votre attention!



Alejandro Osses

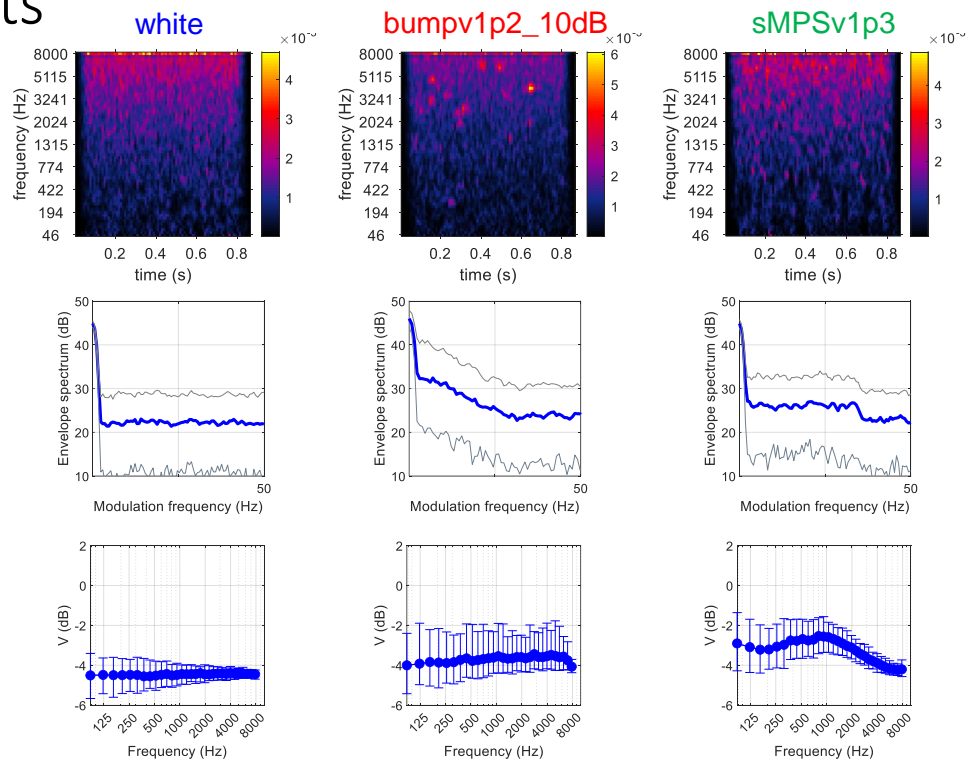


Christian Lorenzi

ACIs pour des bruits fluctuants

Comparaison de l'effet du
bruit blanc avec deux types
 de bruits non-stationnaires :
bump noise et **bruit MPS**

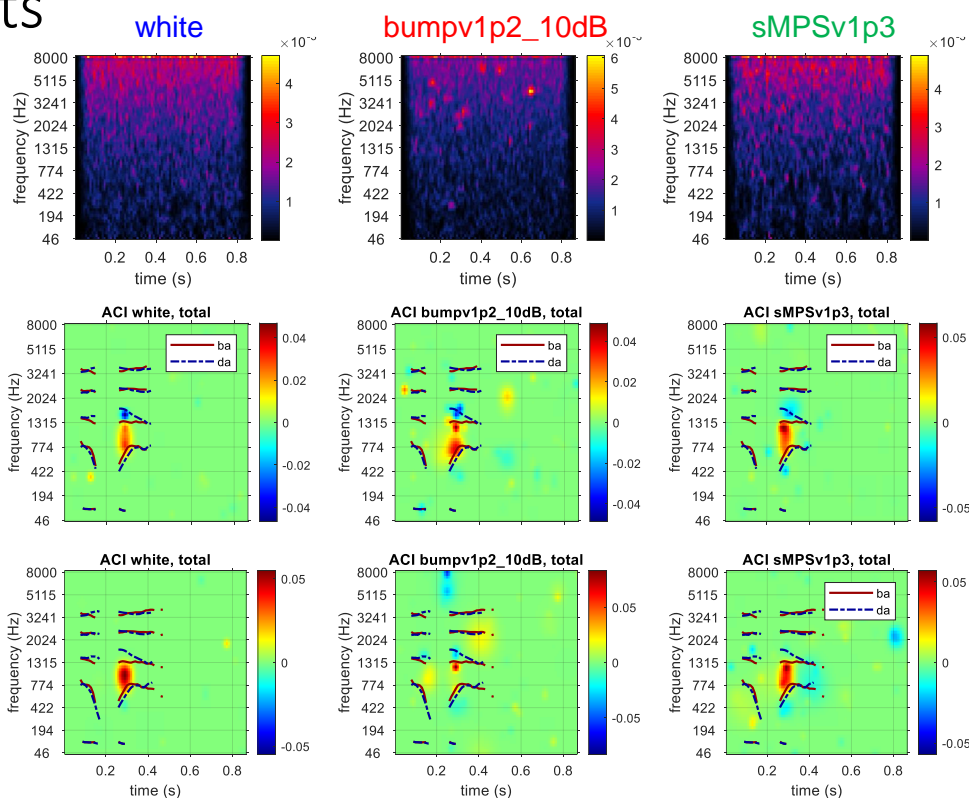
[Varnet et Osses, in prep.]



ACIs pour des bruits fluctuants

Comparaison de l'effet du
bruit blanc avec deux types
 de bruits non-stationnaires :
bump noise et **bruit MPS**

[Varnet et Osses, in prep.]



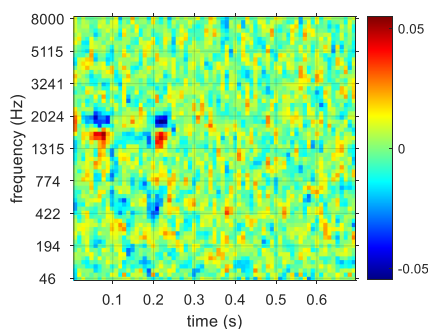
The evolution of ACIs

Analysis of the same data using...

Classic revcorr analysis

[Varnet et al., 2013]

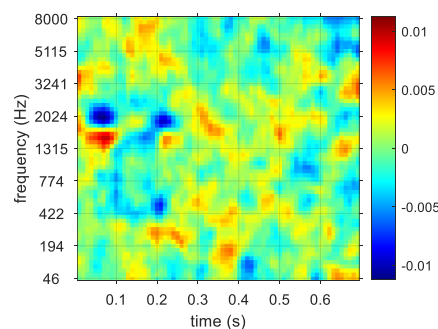
N = 10 000 trials ($\approx 8h$)



Ridge regression

[Varnet et al., 2015, 2016...]

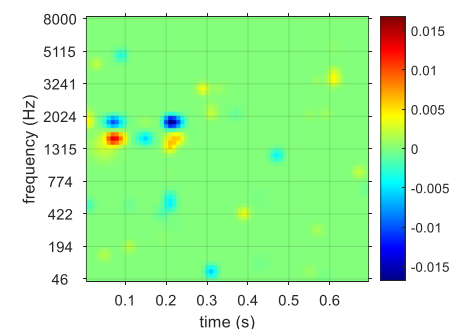
N = 5000 trials ($\approx 4h$)



Lasso on Gaussian pyramid

[Osses & Varnet, 2021]

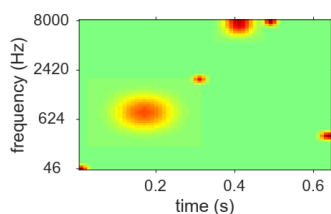
N = 3000 trials ($\approx 2,5h$)



Lasso GLM on sparse basis

Inspiré par les techniques d'estimation de STRF.

Hypothèse : l'ACI est composé d'un nombre limité d'éléments Gaussiens.



→ Optimiser le nombre d'éléments de façon à maximiser la prédiction crossvalidée

