



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

**Léo Varnet**, Christian Lorenzi, Alejandro Osses

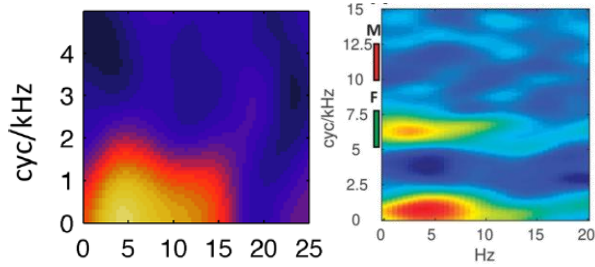
Laboratoire des Systèmes Perceptifs, ENS Paris, CNRS

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

high level

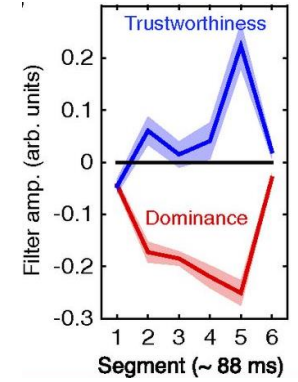
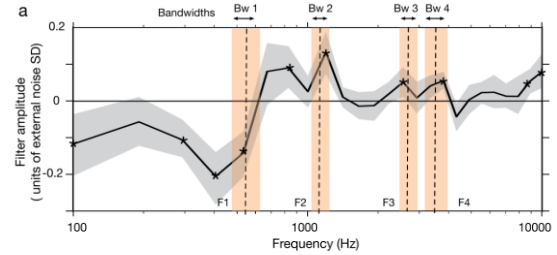
## sentence recognition

[Venezia et al., 2016, 2019]



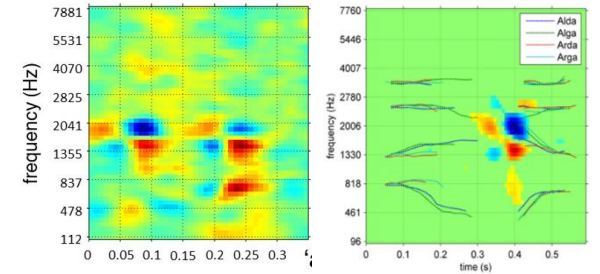
## paralinguistics

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

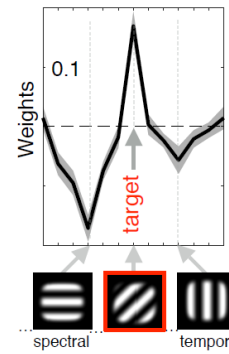
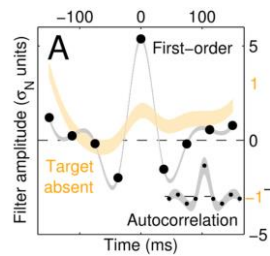
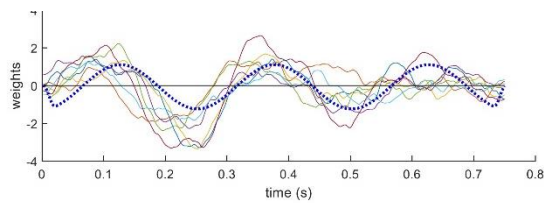


## phoneme categorization

[Varnet et al., 2013, 2015]



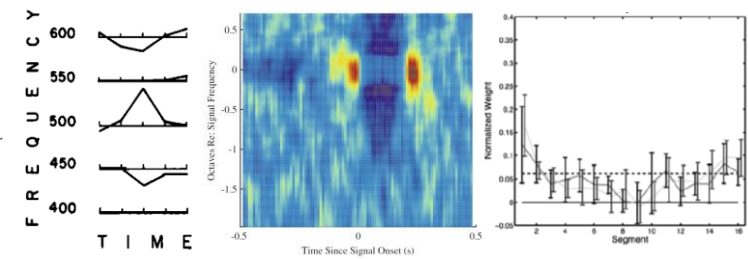
## modulation perception



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

## pure-tone detection & loudness perception

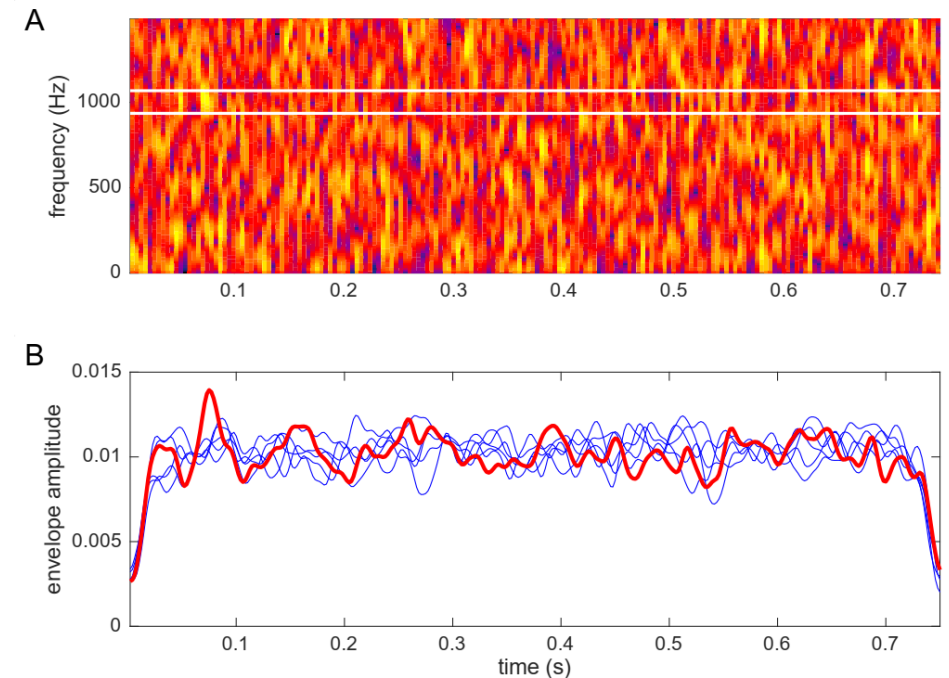
[Ahumada & Lovell, 1971; Shub & Richards, 2009; Ponsot et al. 2013]



low level

# 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

# 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**

[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**

DAGA 2021 Wien

Consonant-in-noise discrimination using an auditory model with different

speech-based decision devices

Alejandro Osses Vecchi, Léo Varnet

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

Abstract

This study presents insights into the discrimination of consonants presented in vowel-consonant-vowel words embedded in speech-shaped noise (SSN).

to which the participants gave possible answers (/aba/ or /ada/) is implemented as a one-in-two choice (1-I, 2-AFC) experiment.

JASA ARTICLE

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

Léo Varnet<sup>(a)</sup> and Christian Lorenzi<sup>(b)</sup>  
<sup>(a)</sup> Laboratoire des Systèmes Perceptifs, Département d'Études Cognitives, École Normale Supérieure, Paris, France  
<sup>(b)</sup> Institut de Neurosciences Cognitives, CNRS UMR5304, Lyon, France

frontiers in  
HUMAN NEUROSCIENCE

Using auditory classification images of fine acoustic cues used in speech perception

Léo Varnet<sup>1,2\*</sup>, Kenneth Knoblauch<sup>3</sup>, Fanny Meunier<sup>1,2,4</sup> and Michel Sussman<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup> Neuroscience Research Centre, Brain Dynamics and Cognition Team, INSERM U1028, CNRS UMR5175, Université de Lyon, Université Lyon 1, Lyon, France

<sup>2</sup> Ecole Doctorale Neurosciences et Cognition, Université de Lyon, Université Lyon 1, Lyon, France

<sup>3</sup> Integrative Neuroscience Department, Cell and Brain Research Institute, INSERM U846, Bron, France  
<sup>4</sup> Integrative Neuroscience Department, Cell and Brain Research Institute, INSERM U846, Bron, France, Cognition, CNRS UMR5304, Lyon, France



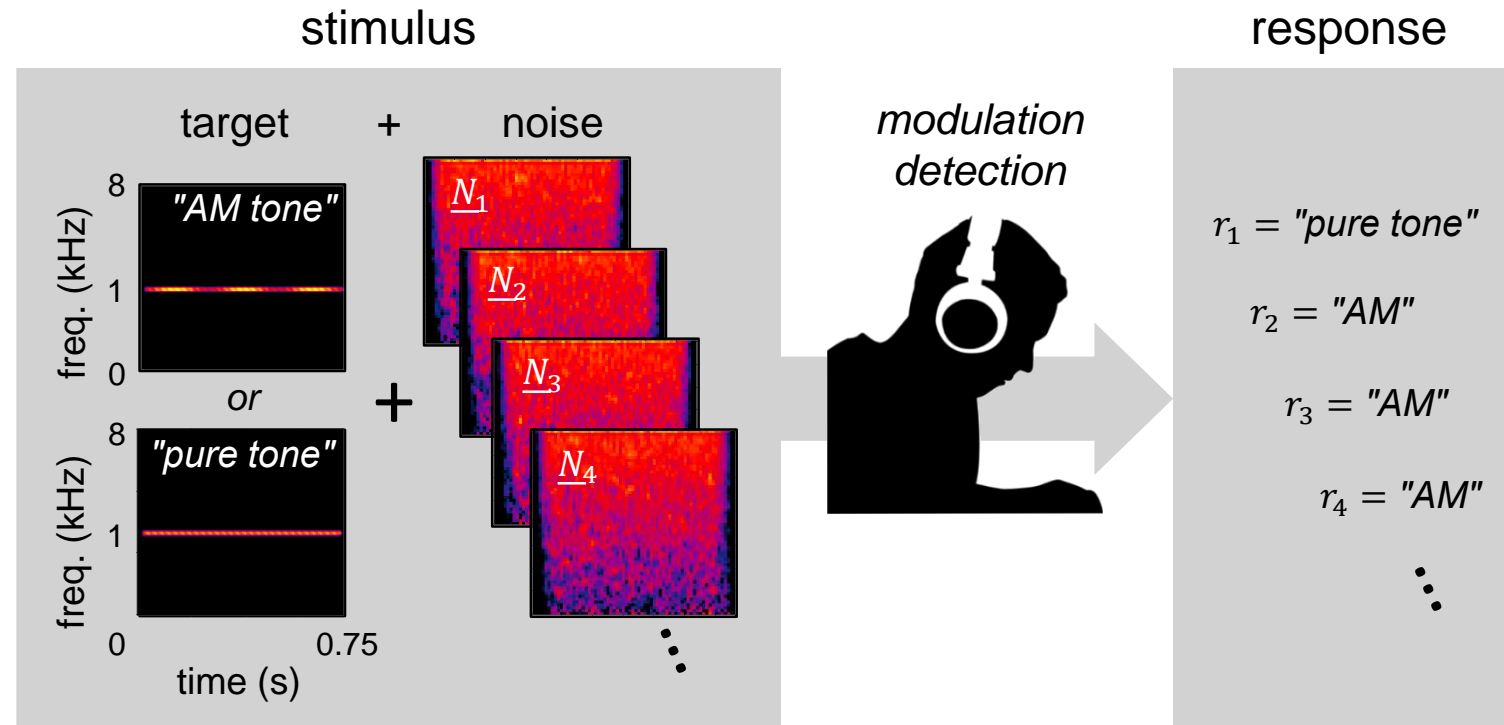
essential step in understanding the process of perceptual categorization is to identify which acoustic cues are used in the behavior of our perceptual system. Moreover, to understand speech comprehension, it is still a major open challenge to identify the cues used to categorize a speech stimulus as one of the two words relevant for the categorical perception of speech. Here, we have adapted a method relying on a Generalized Linear Model (GLM) already used in the visual domain for the analysis of auditory experiments. This statistical method allows us to detect non-Gaussian noise, as it is often the case in the presence of noise 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

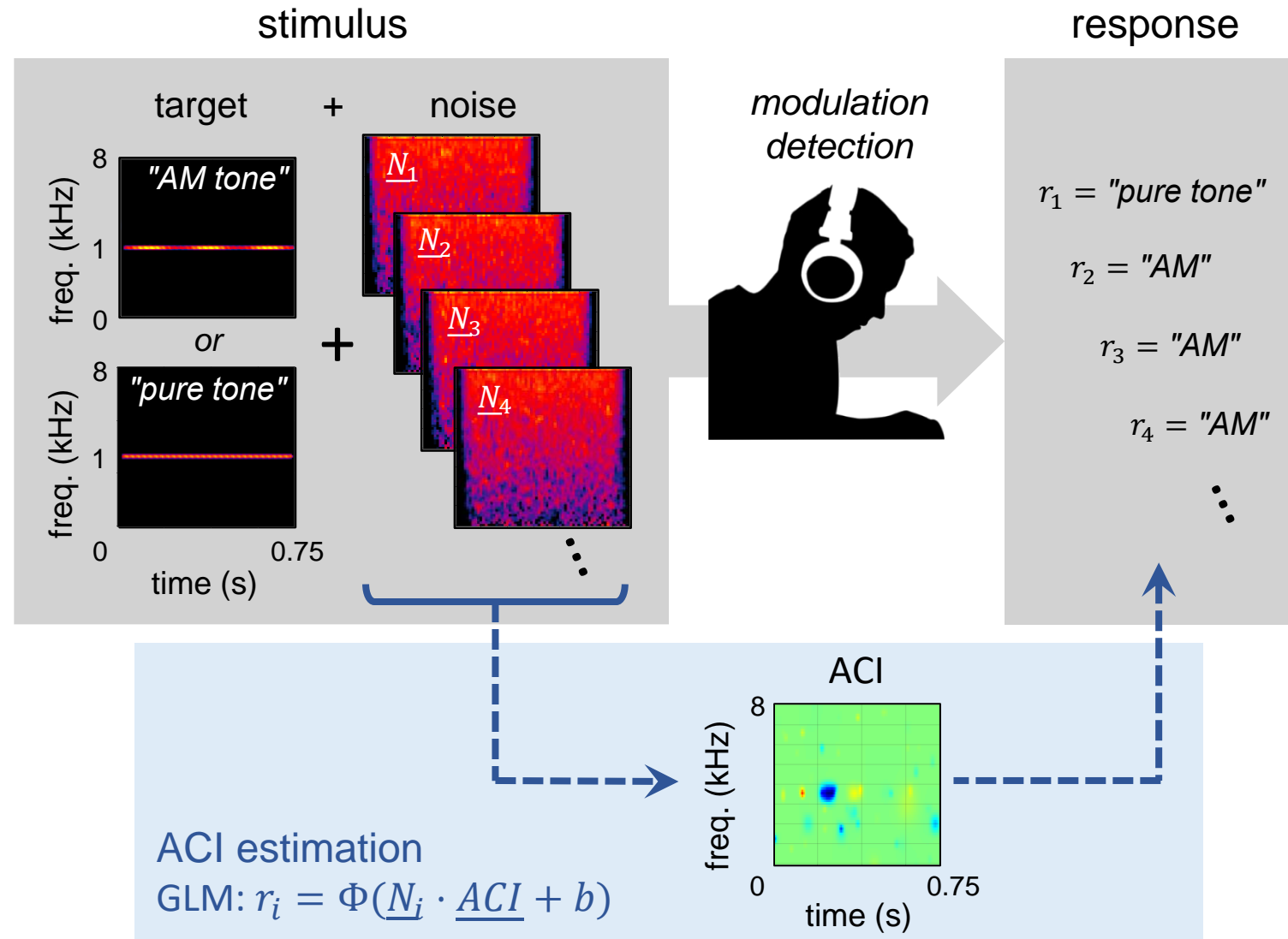


# Détection de modulations temporelles

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

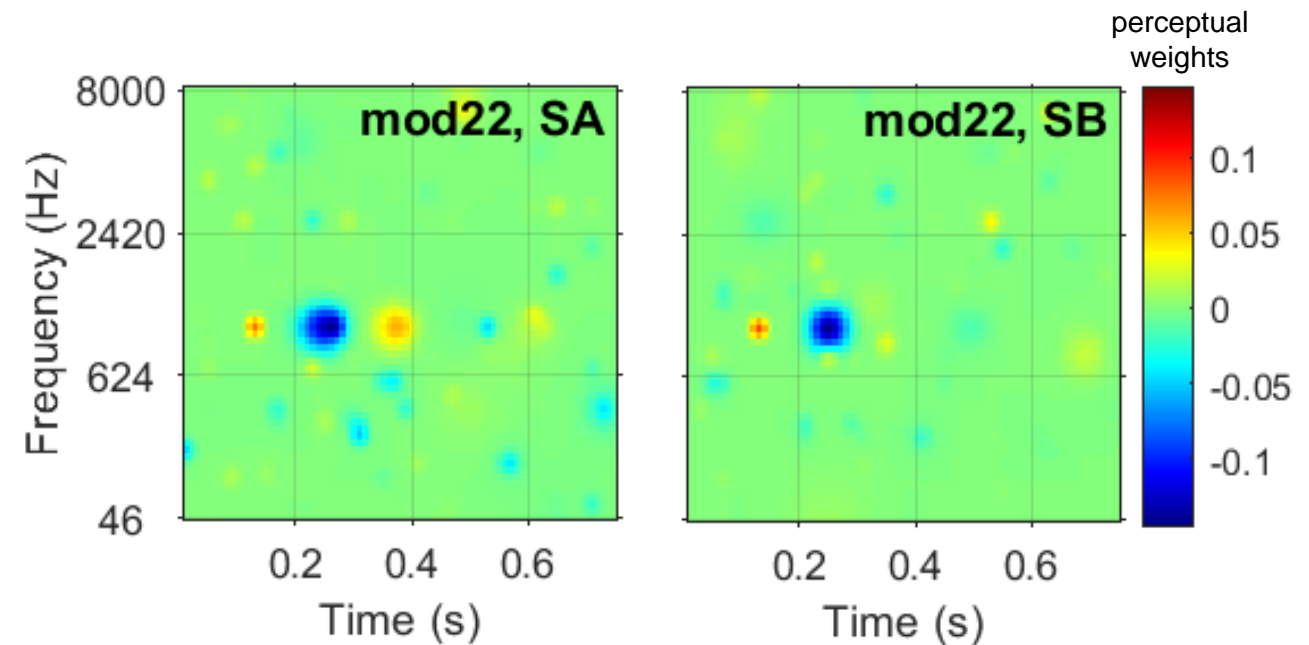
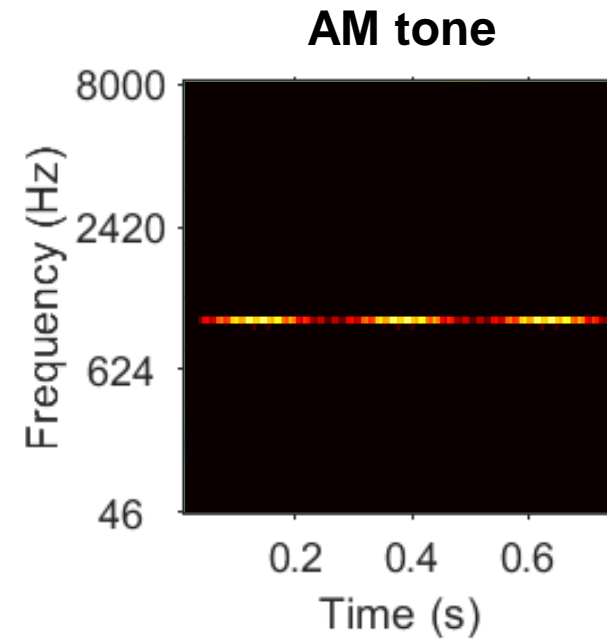
**Tâche** : catégorisation en tant qu'AM ou pure tone

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



# Résultats

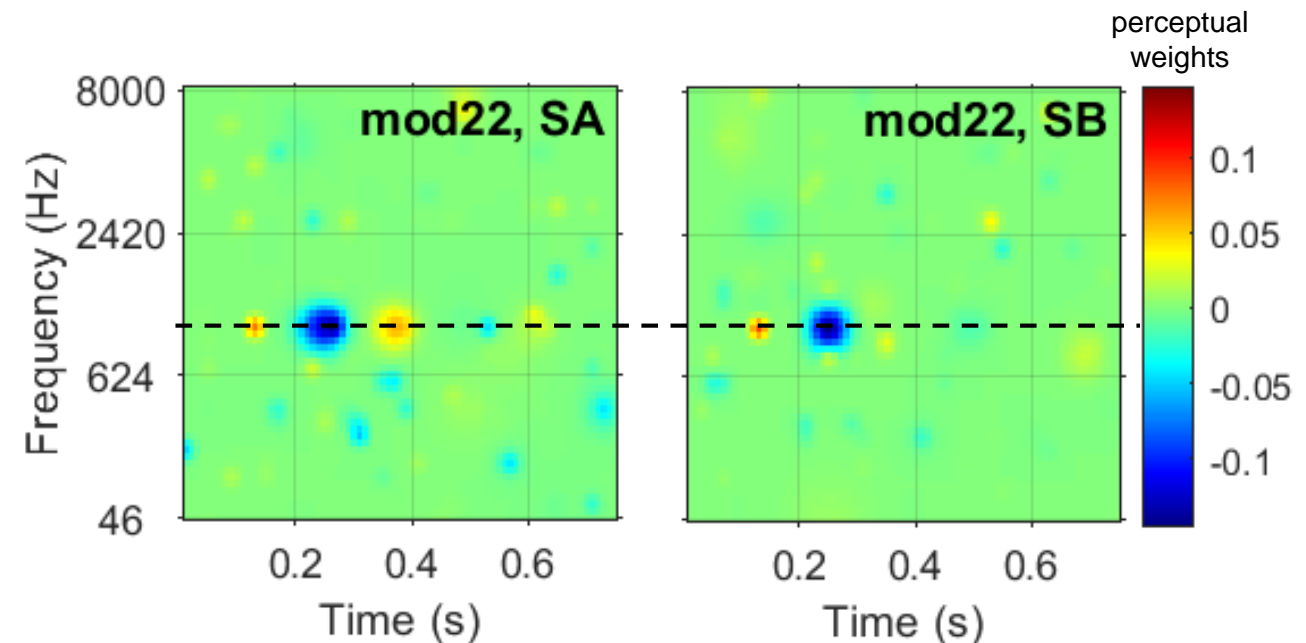
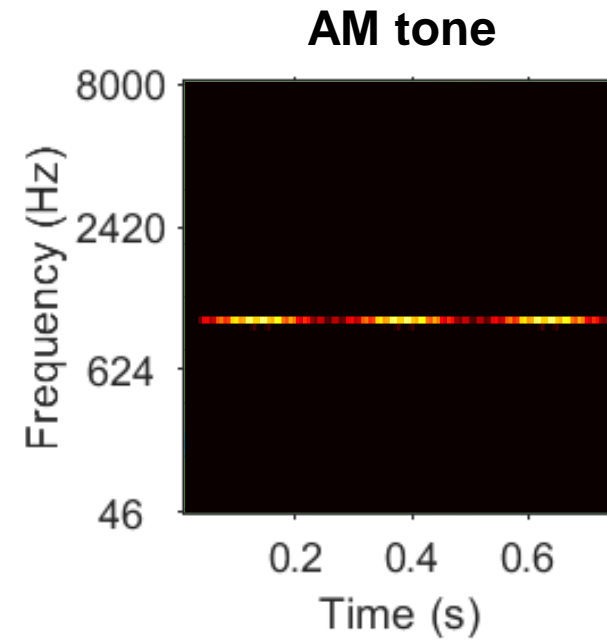
- Ensembles de poids **positifs** et **négatifs** disposés horizontalement





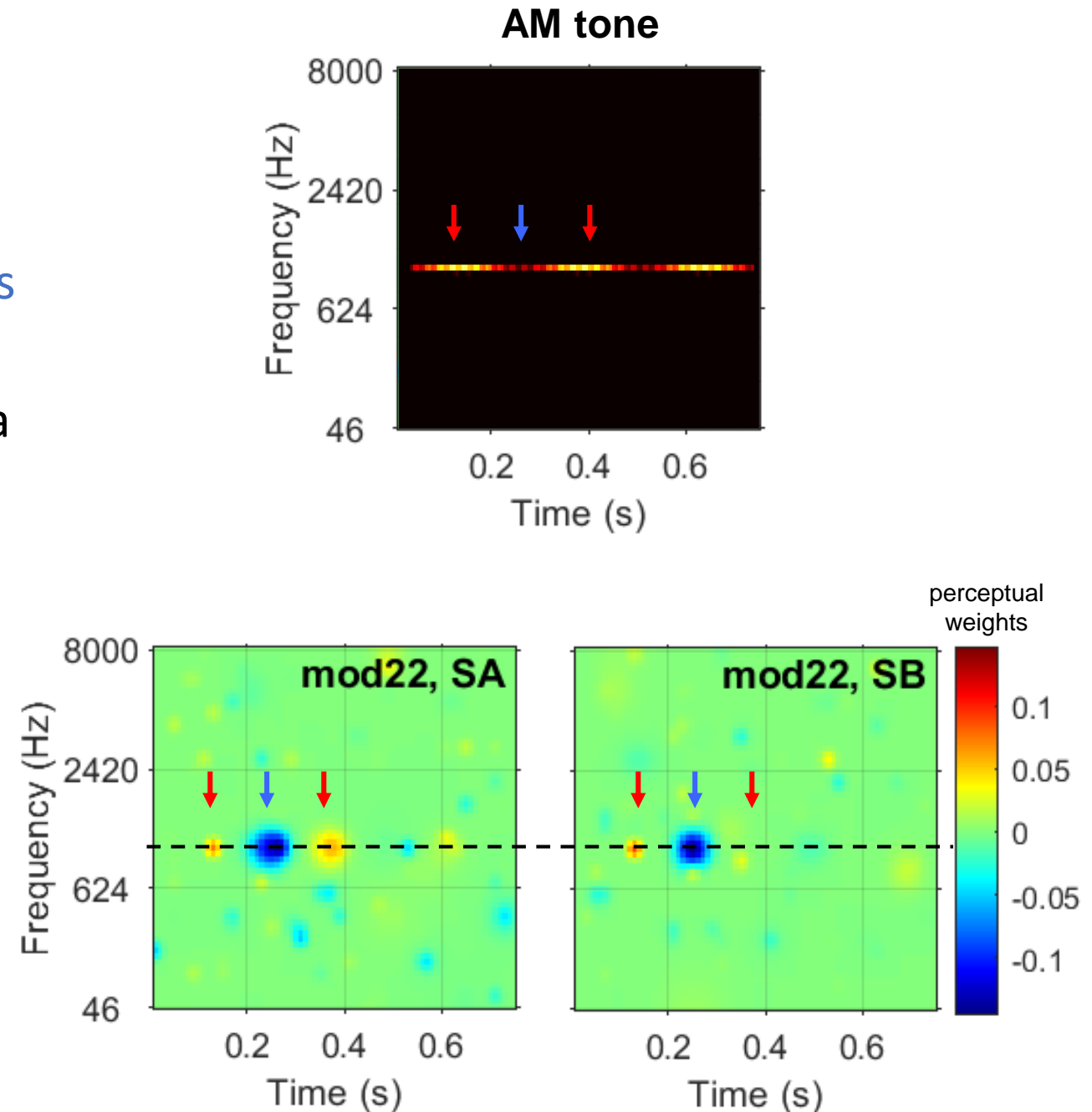
# Résultats

- 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



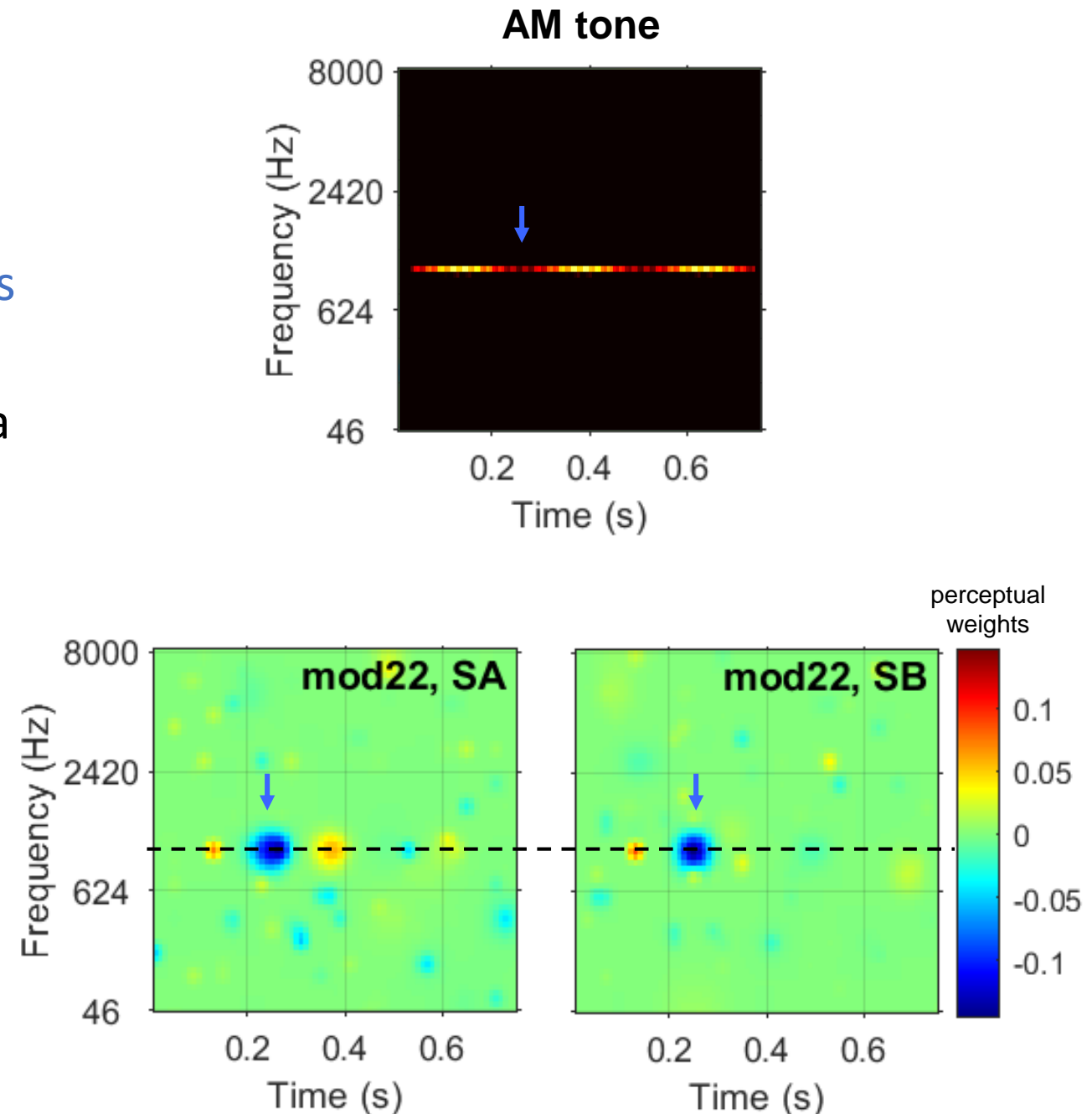
# Résultats

- 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 »



# 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]

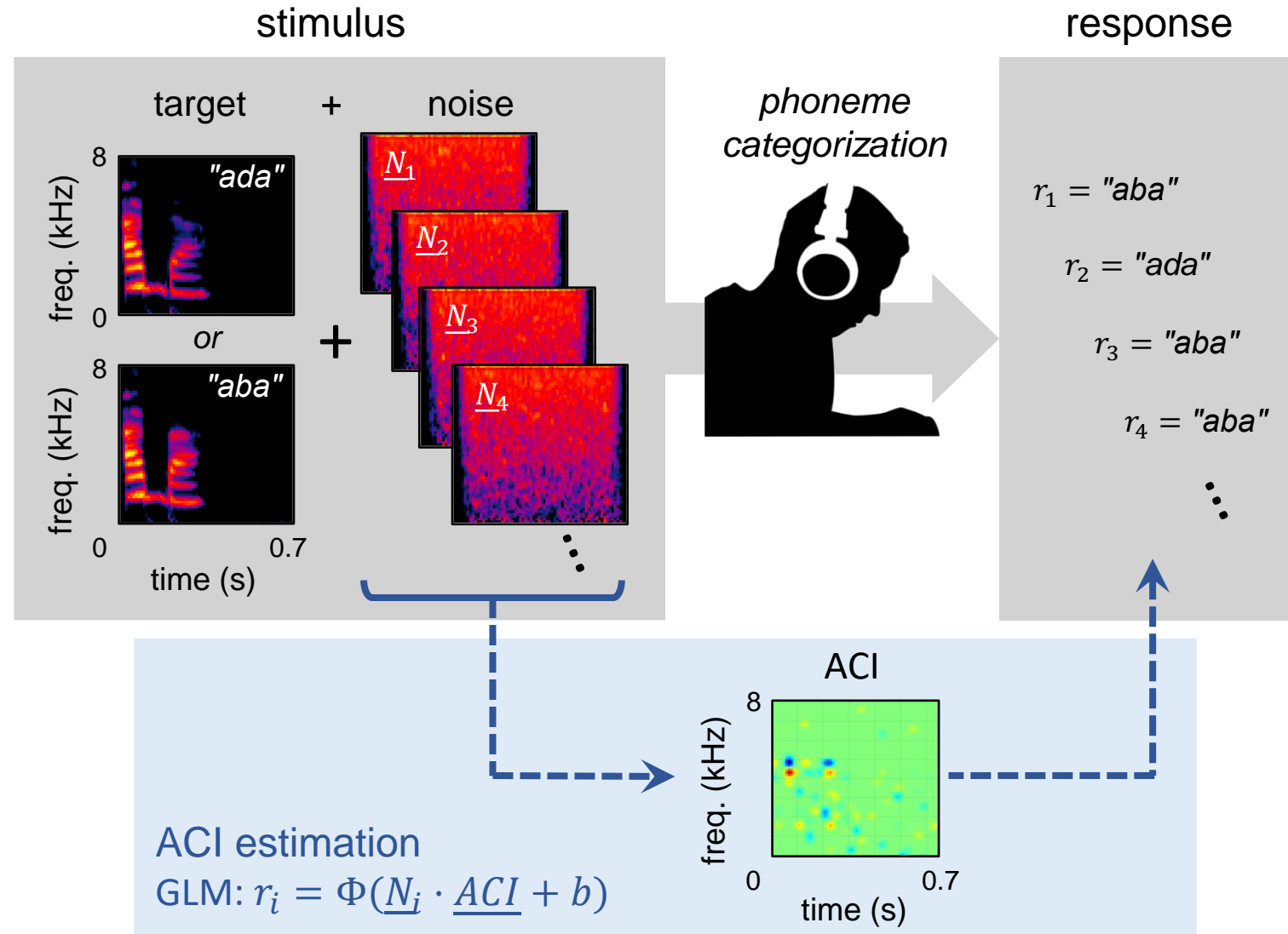


# Catégorisation aba-ada

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

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

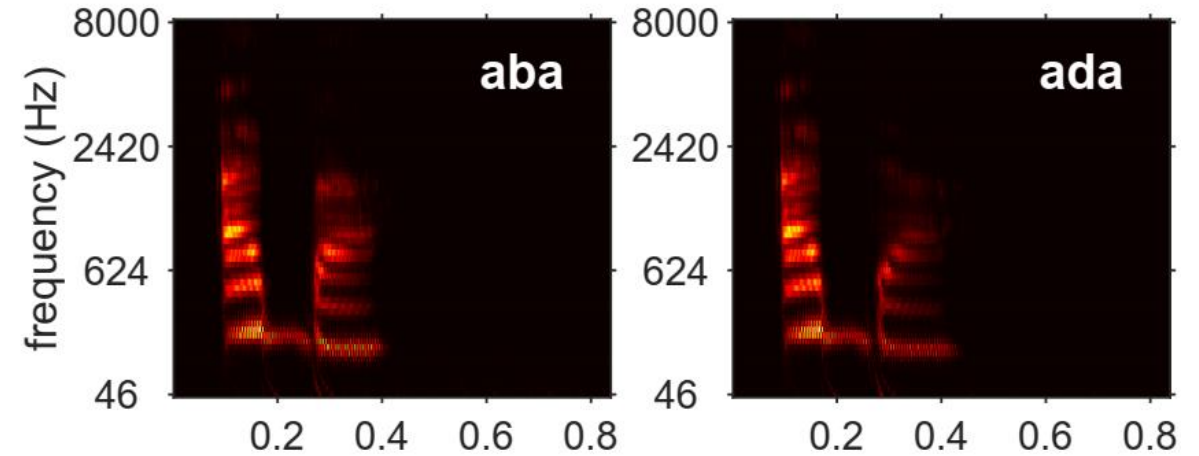
**SNR** : adapté en cours d'expérience pour viser 70.7% de réponses correctes



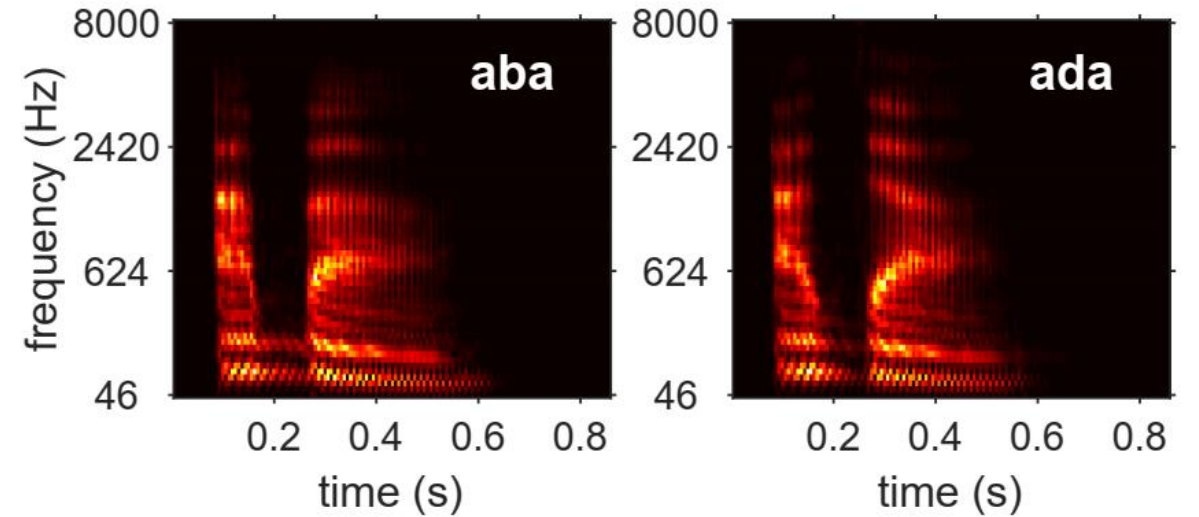
# Stimuli

- Deux paires de aba-ada (prononcées par un locuteur ou une locutrice)

**pair #1, female speaker**

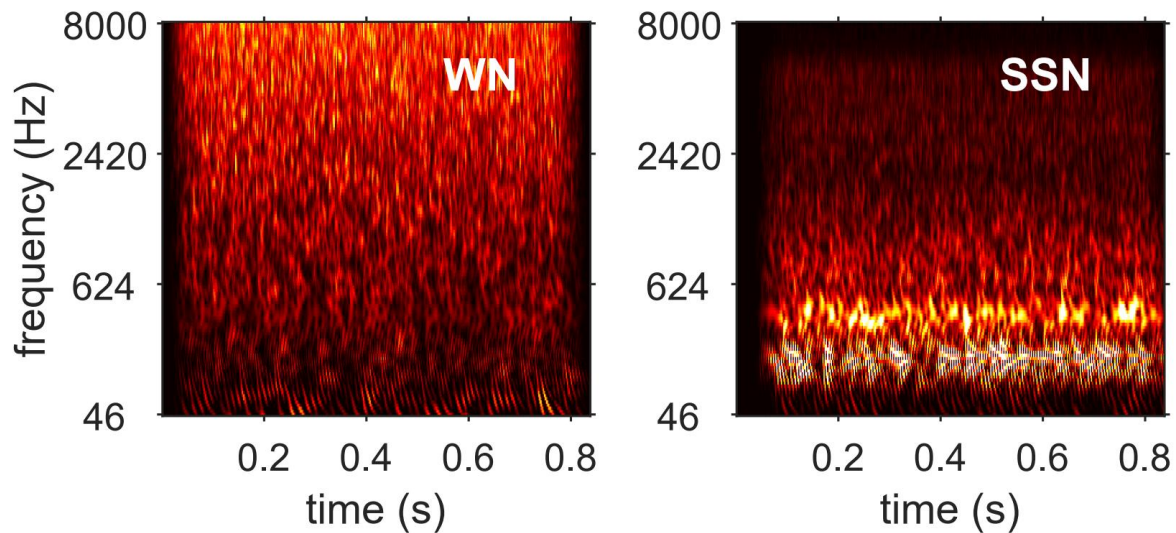


**pair #2, male speaker**

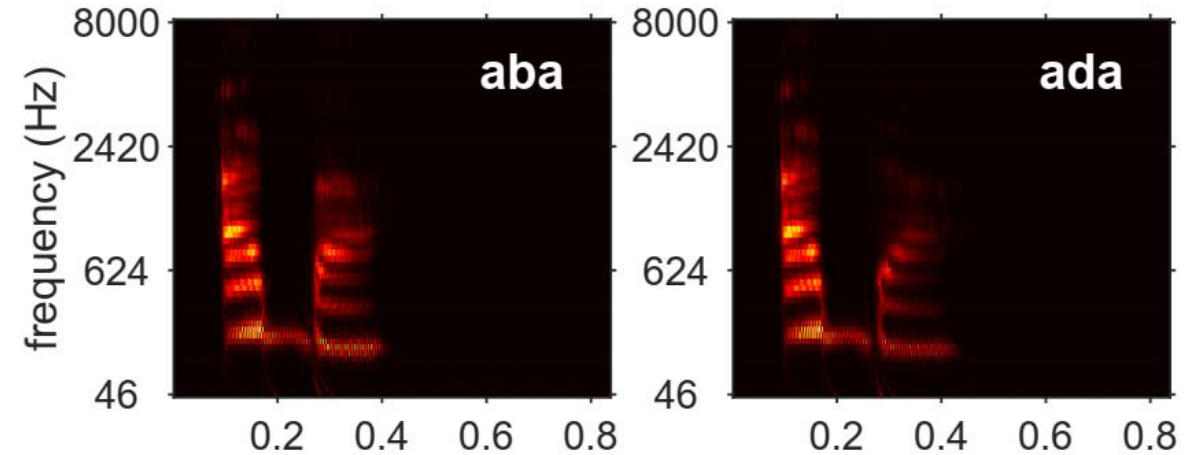


# Stimuli

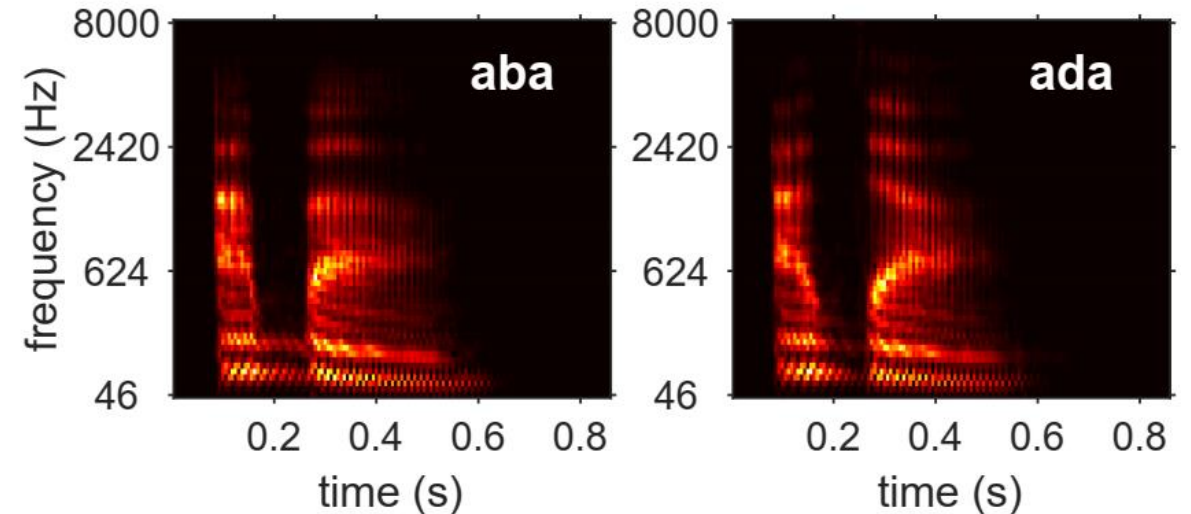
- Deux paires de aba-ada (prononcées par un locuteur ou une locutrice)
- Deux types de bruit : bruit blanc (WN) ou bruit SSN



pair #1, female speaker

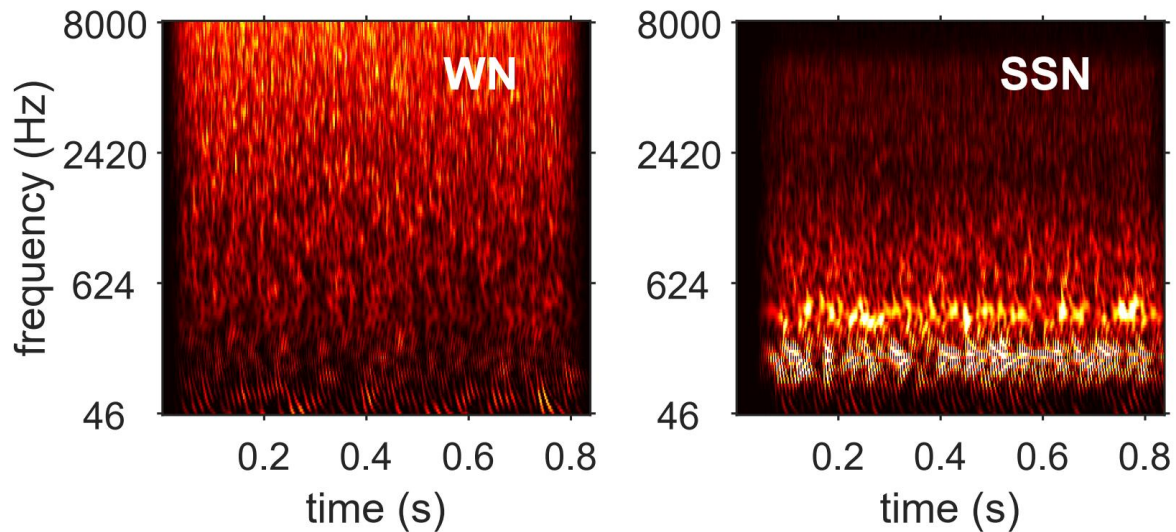


pair #2, male speaker

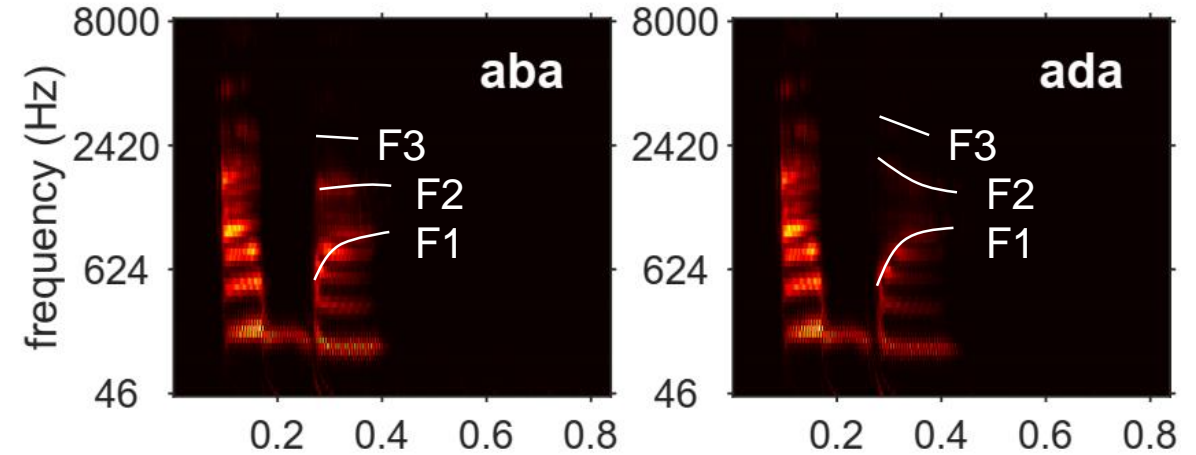


# Stimuli

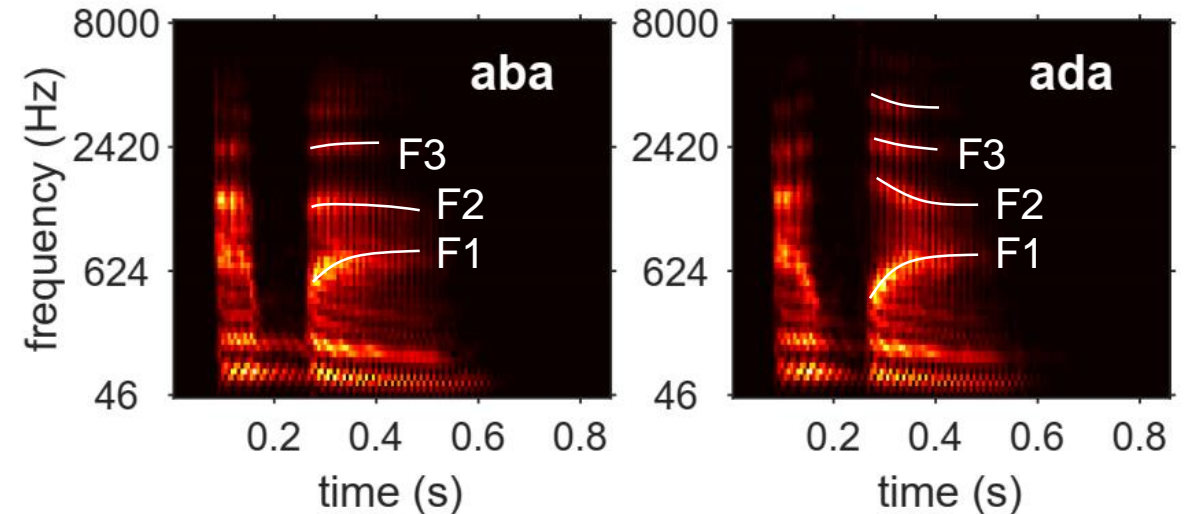
- Deux paires de aba-ada (prononcées par un locuteur ou une locutrice)
- Deux types de bruit : bruit blanc (WN) ou bruit SSN



pair #1, female speaker



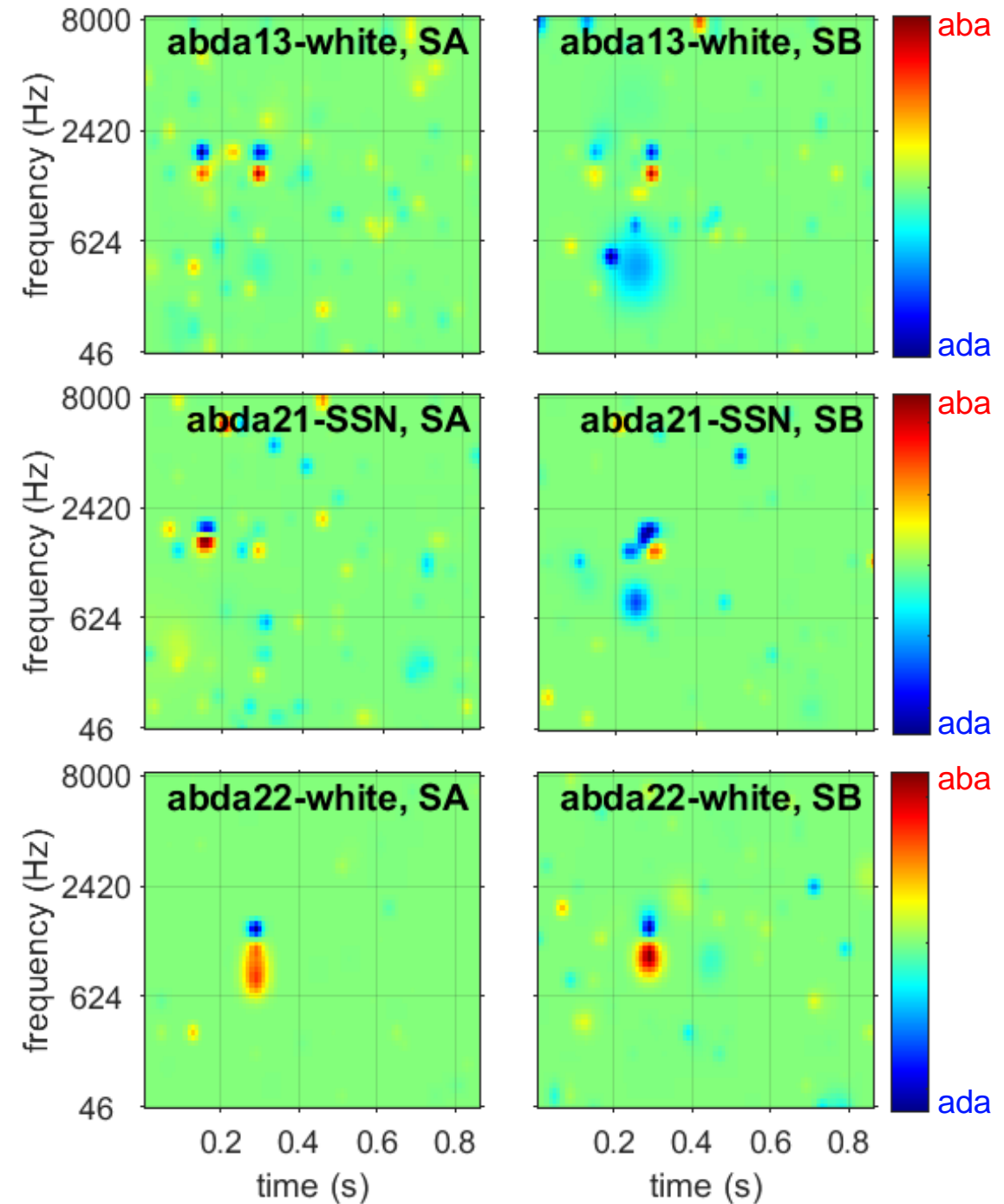
pair #2, male speaker



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

# Résultats

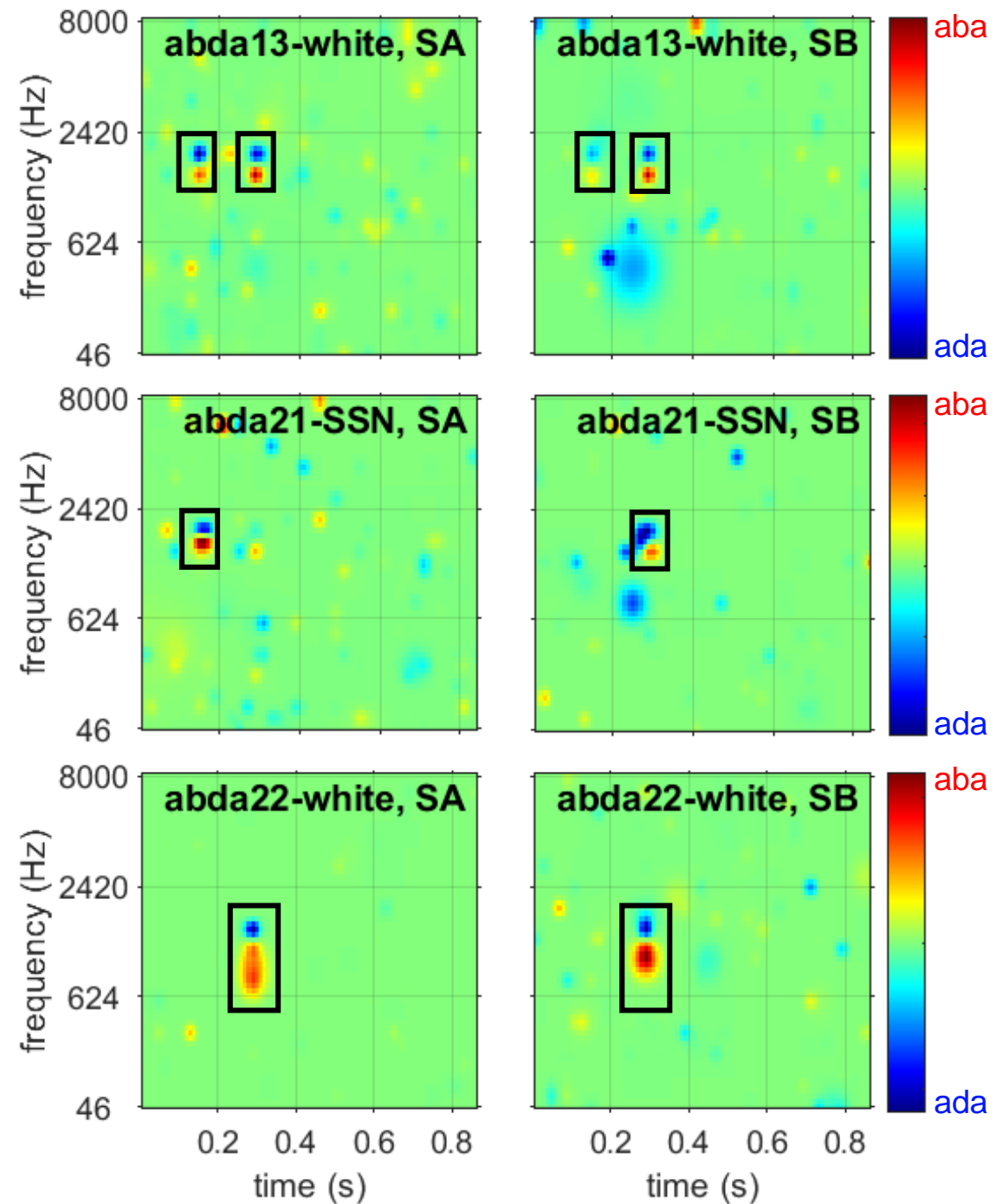
- Ensembles de poids **positifs** et **négatifs** disposés **verticalement**...





# Résultats

- Ensembles de poids **positifs** et **négatifs** disposés **verticalement**...

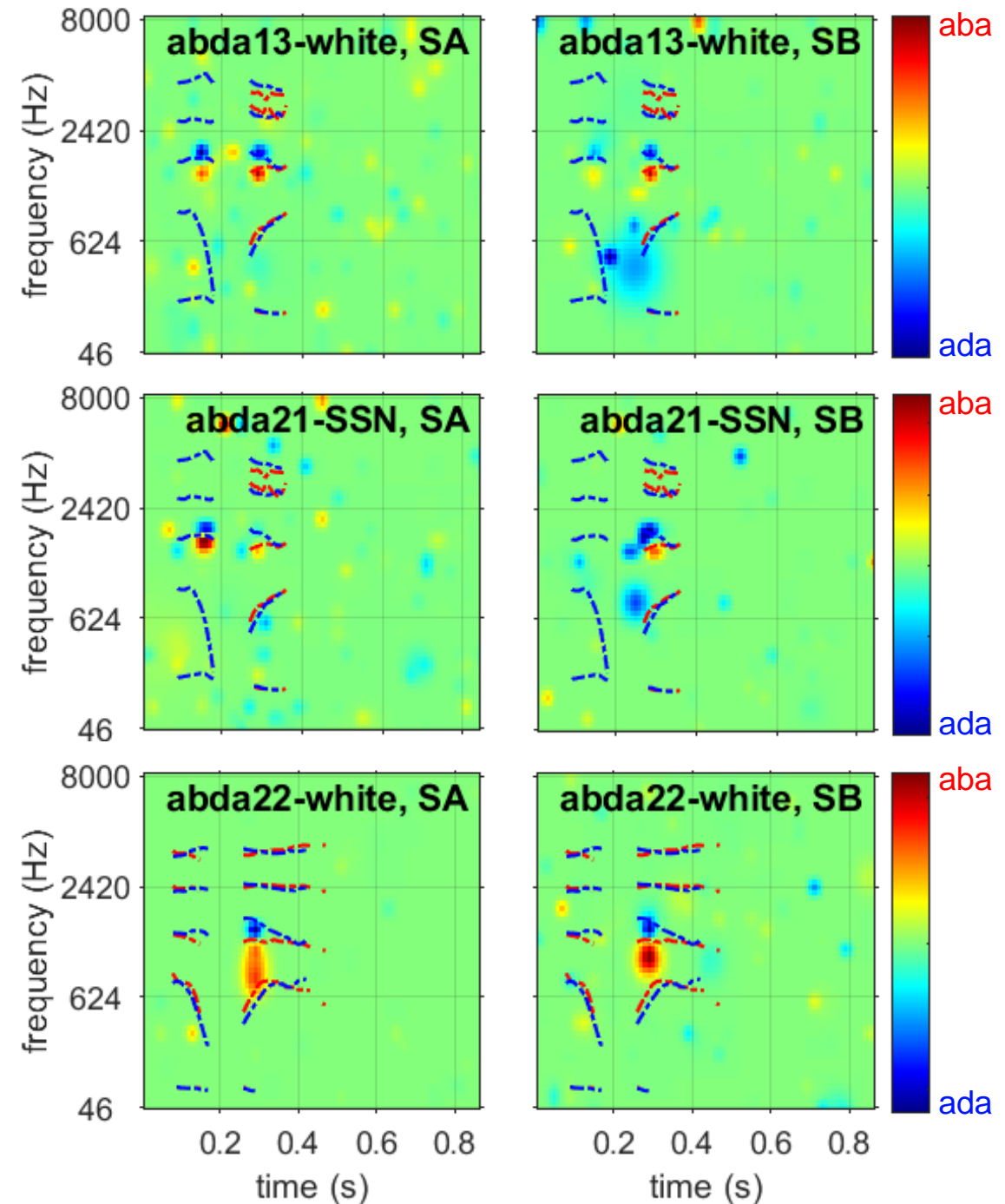


# Résultats

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

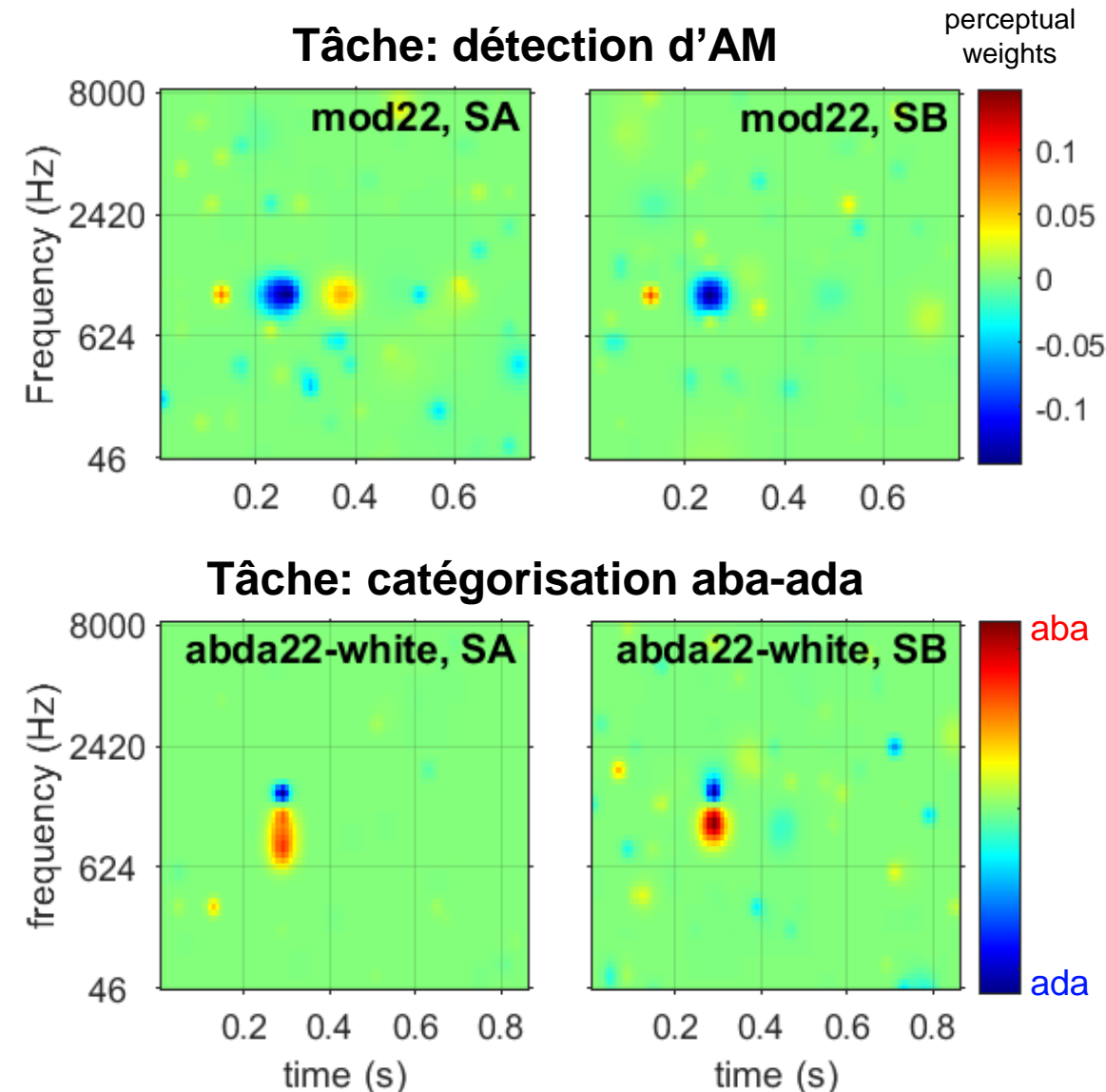
Le F2 est un indice acoustique pour la catégorisation /aba/-/ada/

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



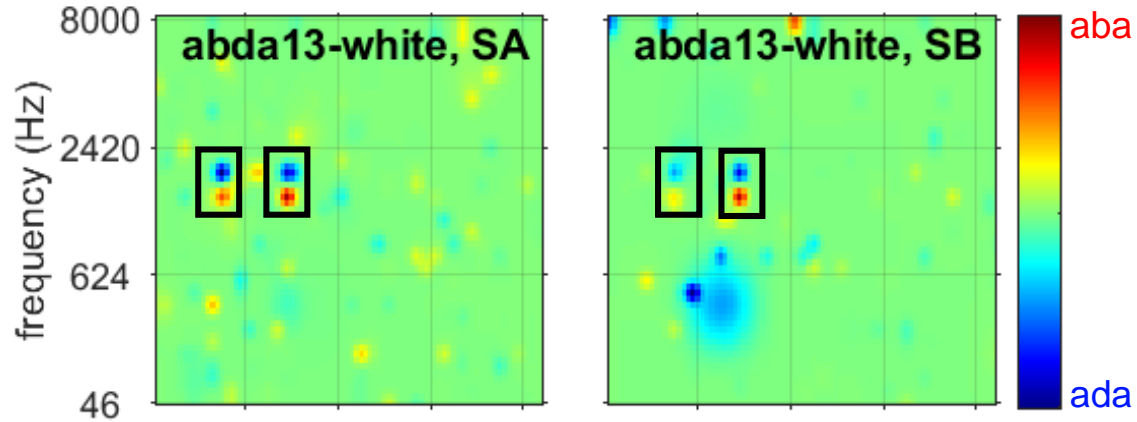
# Détection d'AM vs. catégorisation aba-ada

- 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



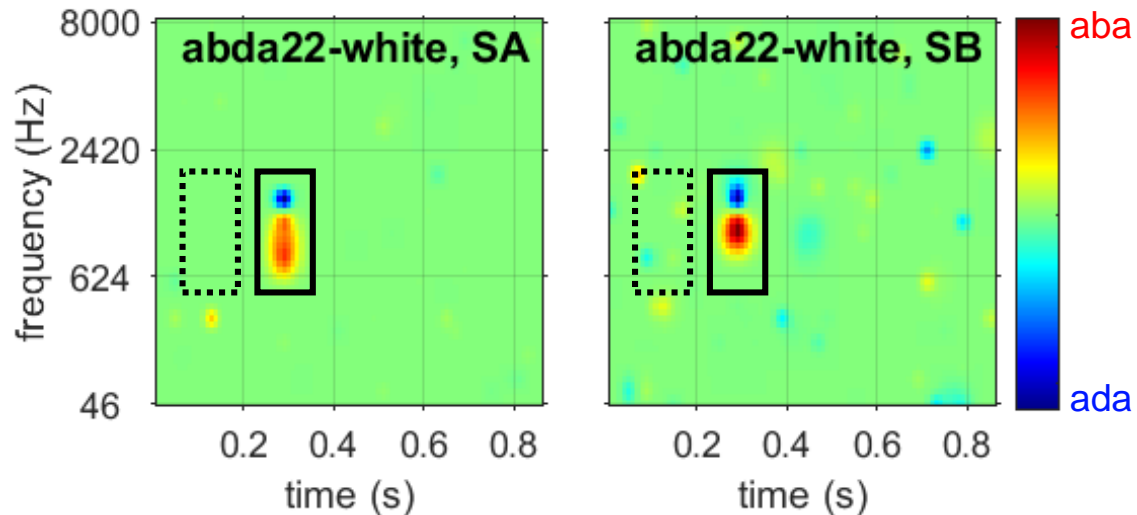
# Comparaison des stratégies d'écoute

pair #1, female speaker



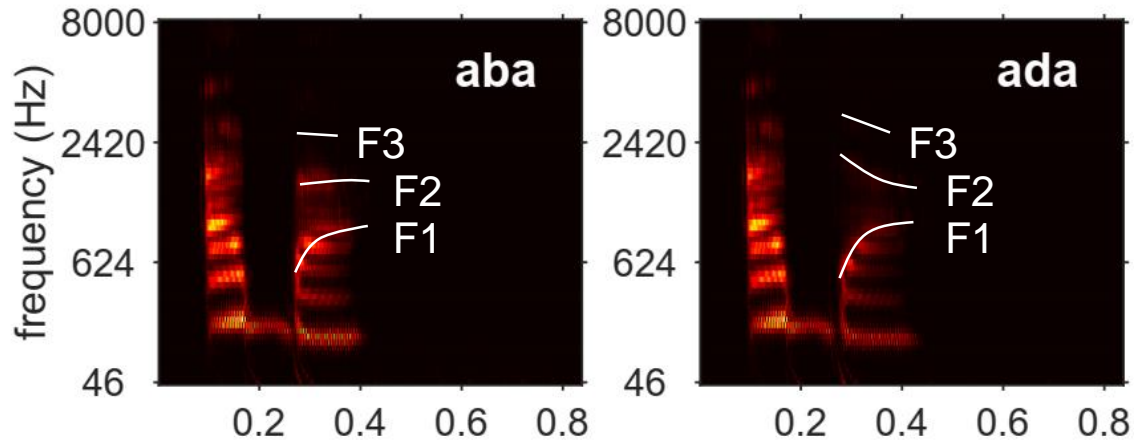
- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.

pair #2, male speaker



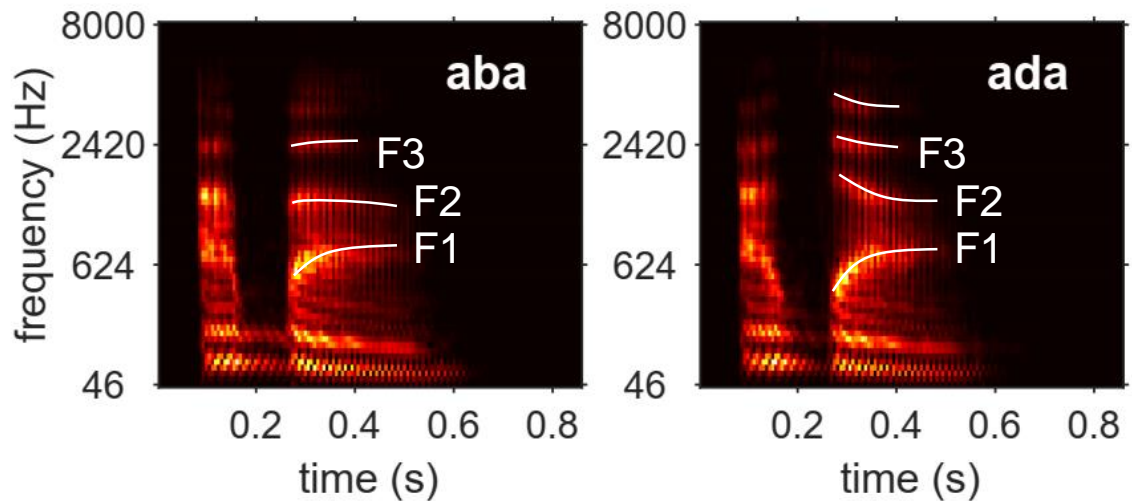
# Comparaison des stratégies d'écoute

**pair #1, female speaker**



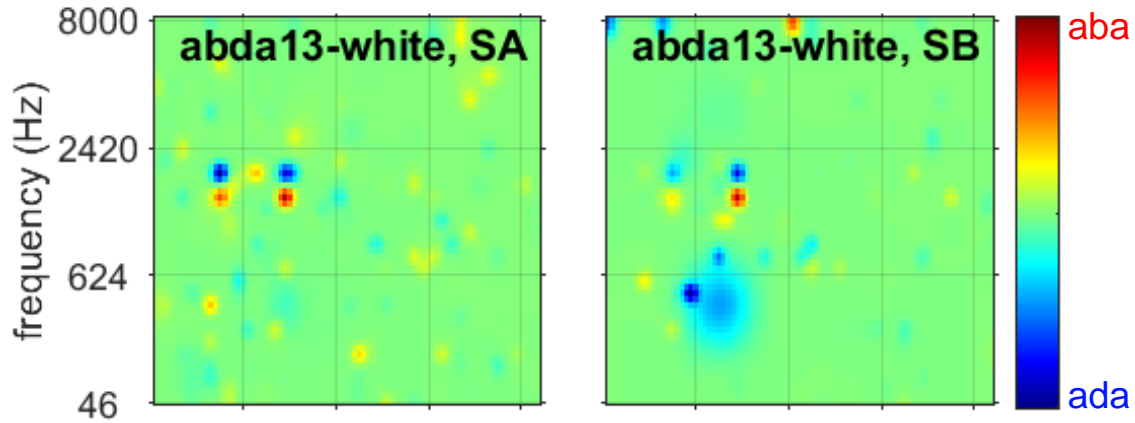
- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.

**pair #2, male speaker**



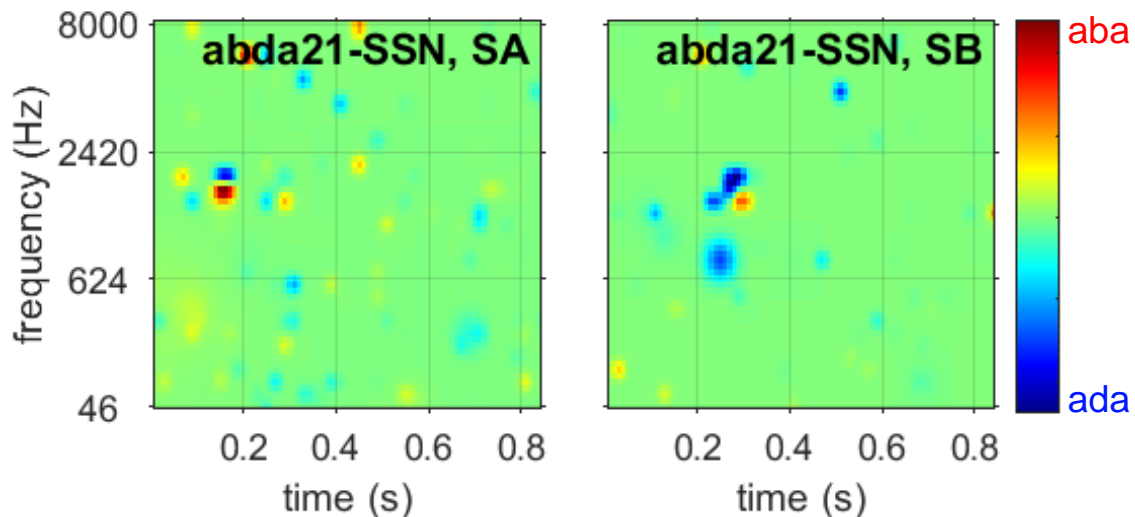
# Comparaison des stratégies d'écoute

## White noise (WN)

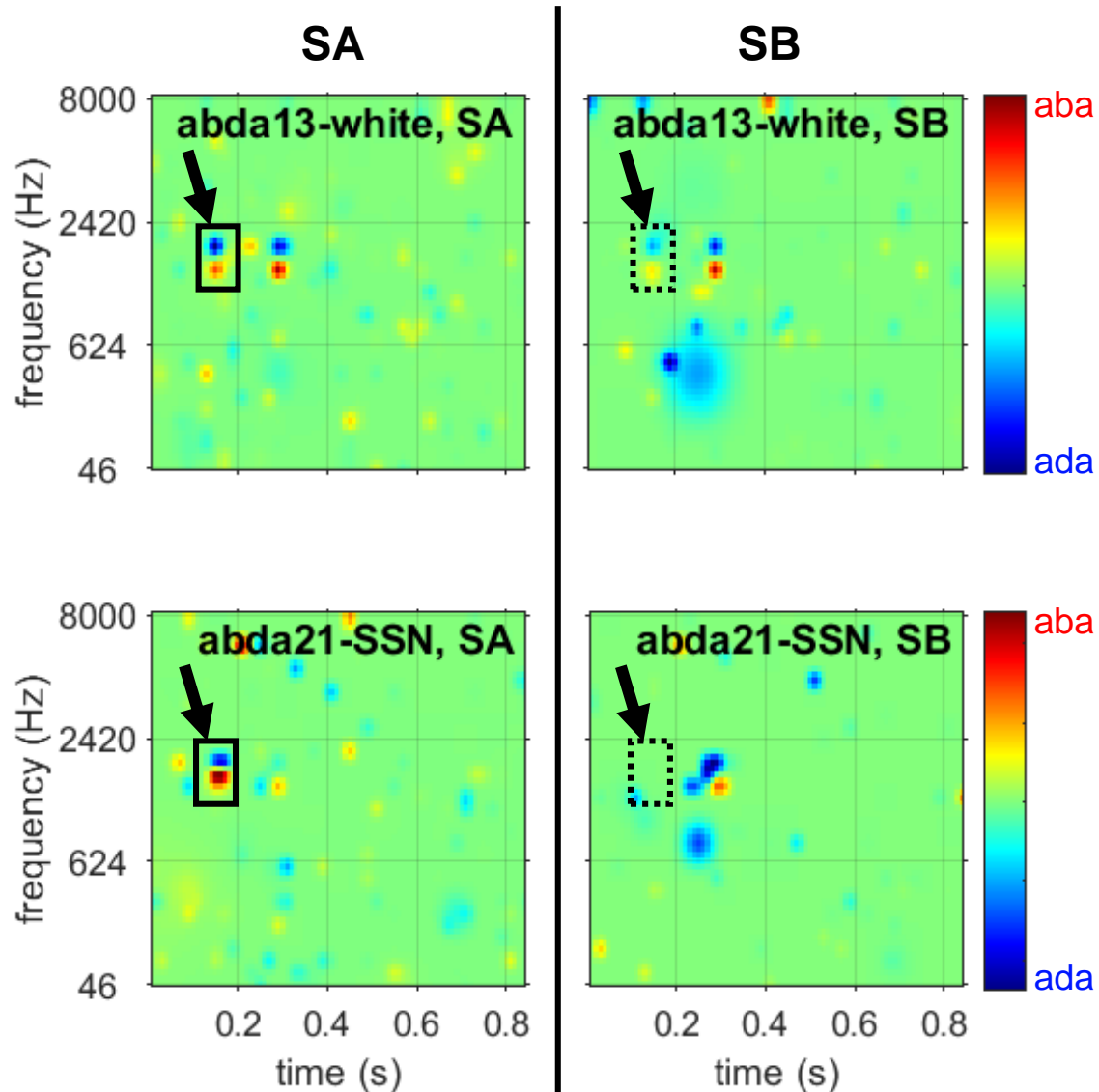


- La paire aba-ada #2 ne présente pas d'indice saillant sur la première syllabe, contrairement à la paire #1.
- Pas de différence systématique liée au type de bruit utilisé (WN ou SSN)

## Speech-shaped noise (SSN)



# Comparaison des stratégies d'écoute



- 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 tâches 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

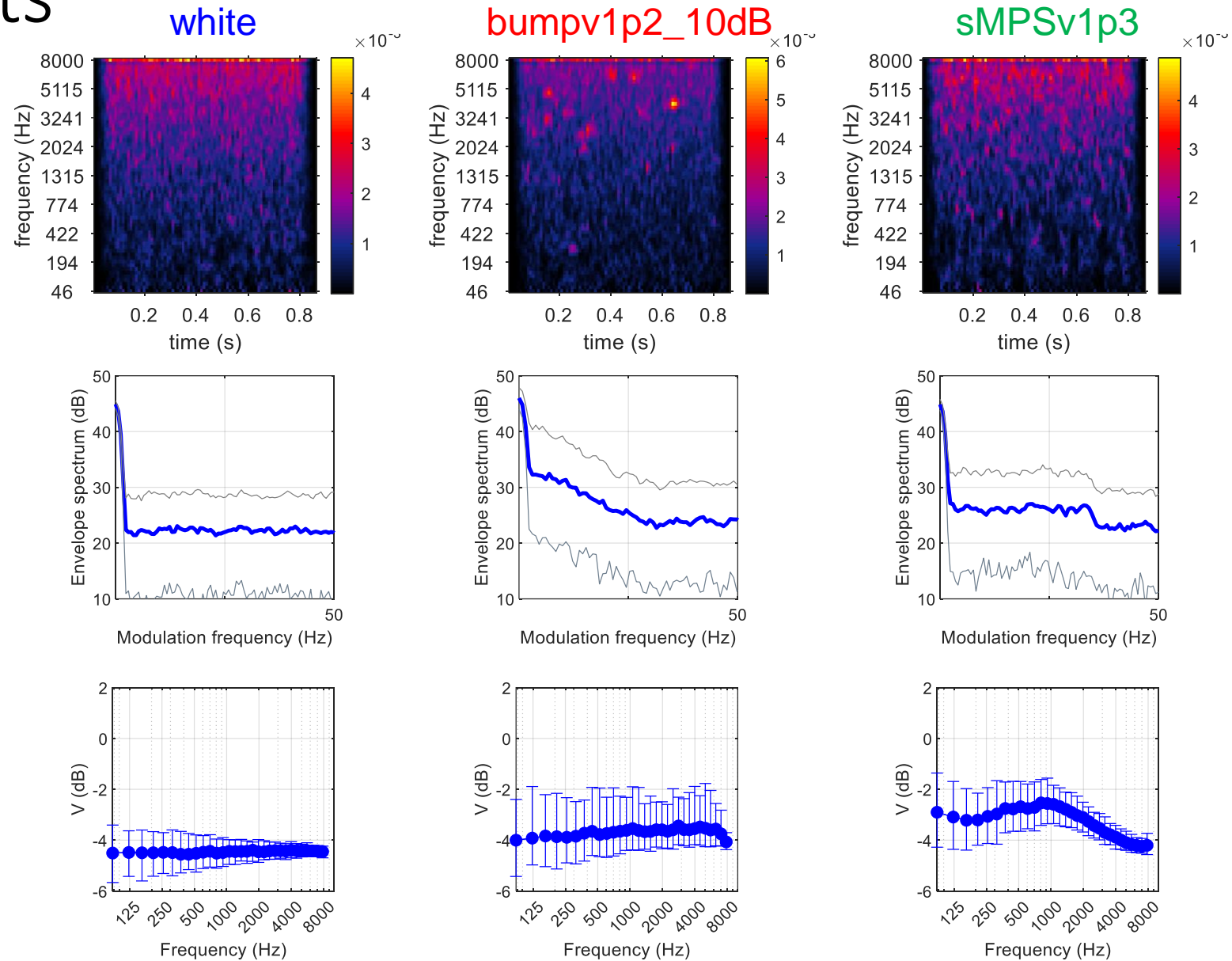


Christian Lorenzi

# ACIs pour des bruits fluctuants

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

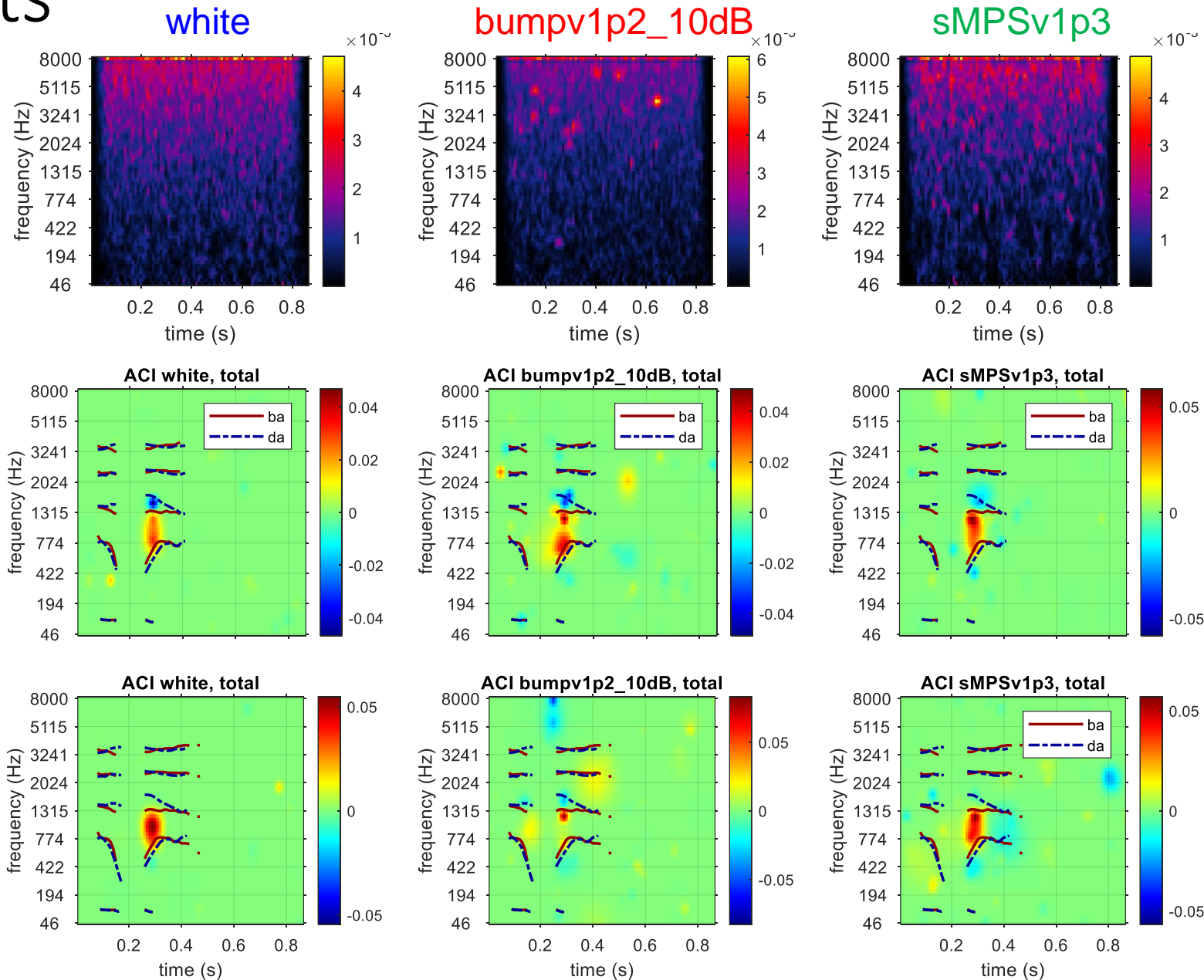
*[Varnet et Osses, in prep.]*



# 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.]*



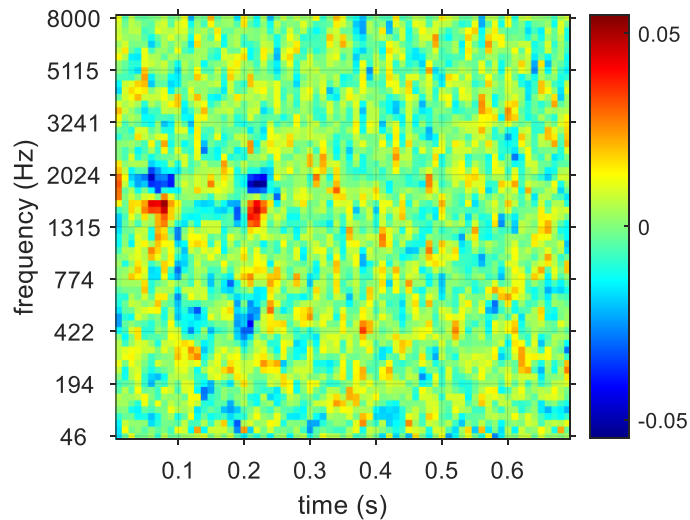
# The evolution of ACIs

Analysis of the same data using...

## Classic revcorr analysis

*[Varnet et al., 2013]*

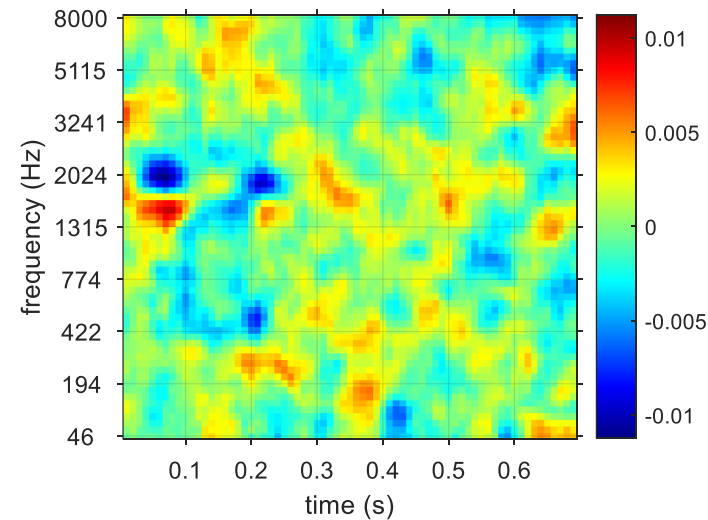
**N = 10 000 trials** ( $\approx$  8h)



## Ridge regression

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

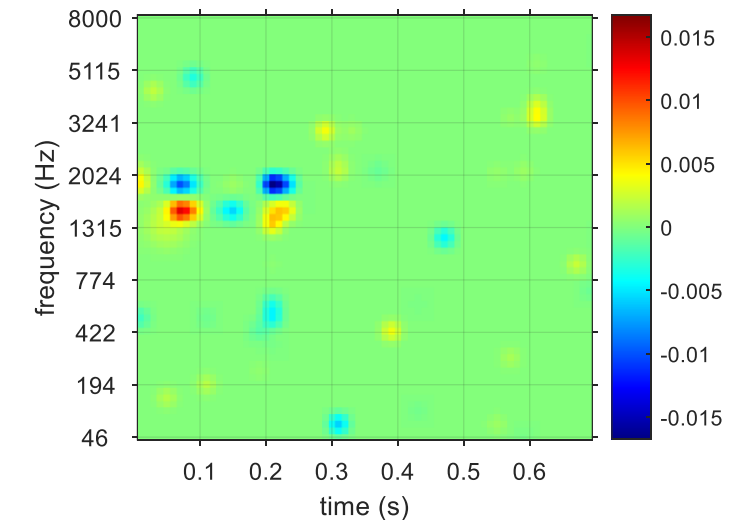
**N = 5000 trials** ( $\approx$  4h)



## Lasso on Gaussian pyramid

*[Osses & Varnet, 2021]*

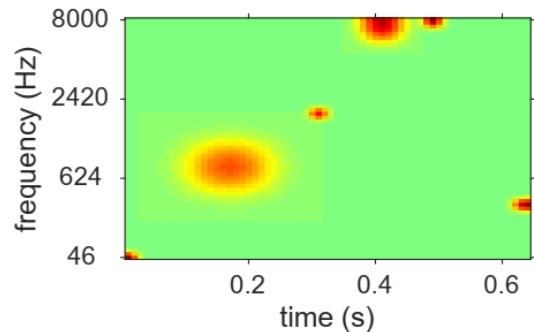
**N = 3000 trials** ( $\approx$  2,5h)



# 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

