



Etude de la détection de ton dans le bruit par le système auditif humain

Azal LE BAGOUSSE

Master Mécanique, Spécialité Acoustique

Stage de M1 sous la direction de :

Léo VARNET

Chercheur CNRS, Laboratoire des Systèmes Perceptifs

Ecole Nationale Supérieure, Paris V

Contexte

- Par **quels mécanismes** le **bruit** perturbe notre **perception des sons simples** à la base de la parole ?
 - Etudier les **indices acoustiques** qui influencent la détection de **ton dans le bruit** et les **stratégies** d'écoute
- } **TDS + revcor**

PLAN

- I. Répliquer *Time and frequency analyses of auditory signal detection*, A. Ahumada et al. (1975) sur la **détection de ton dans le bruit** :
 - **Expérience** de perception de ton dans le bruit —> ici utilisation de *fastACI*
 - Implémenter le **modèle de Green** (modèle système auditif) qui se base sur les **indices énergétiques** du stimulus pour détecter le ton
- II. Implémenter un nouveau **modèle** du système auditif (**M**odulation **F**ilter**B**ank) : modèle plus sophistiqué et moderne du système auditif

Time and frequency analyses of auditory signal detection

Al Ahumada Jr.

School of Social Sciences, University of California, Irvine, California

Richard Marken and Arthur Sandusky

Department of Psychology, University of California, Santa Barbara, California

(Received 24 May 1974; revised 4 November 1974)

Observers rated **500-msec** bursts of wide-band Gaussian noise for presence or absence of a 100-msec, 500-Hz signal tone. The tone was present on half of the **400 trials** and was centered in the noise

En-tête de l'article (1975)

Réplication

Expérience

—> 8 blocs de 400 bruits blancs gaussiens (500msec) = 3200 stimuli distincts

➔ 1600 SN (avec ton, signal + noise)
➔ 1600 N (sans ton, noise only)

—> **Le ton** : 100msec au centre du stimulus (bruit), 500Hz

* $f_e = 10000 \text{ Hz}$

* stimuli filtrés de 20 à 4000 Hz

* **RSB** : —> -21.19 dB (par calcul à partir de l'article)

—> -15 dB (= performances de l'étude)

—> 4 participants

—> 9 participants

* 5h / participant



➔ **DONNÉES**

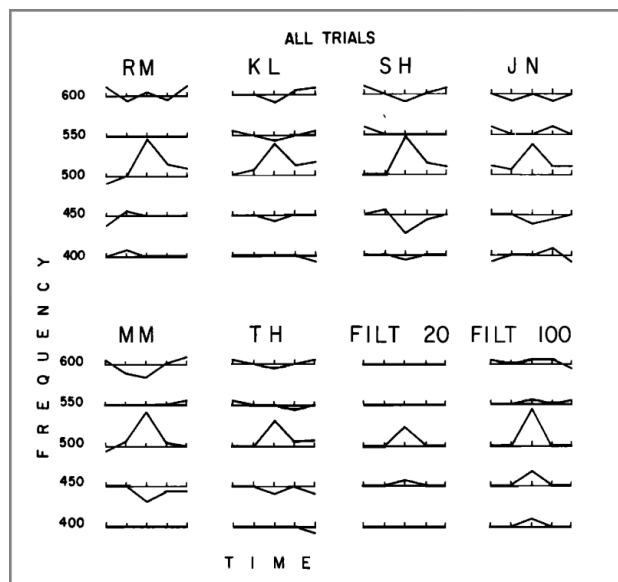
Traitement des données

- **Quantification performance**: Critère de détection (biais) **c**, Pourcentage correct **%co**, Mesure de sensibilité (sans biais) **d'**

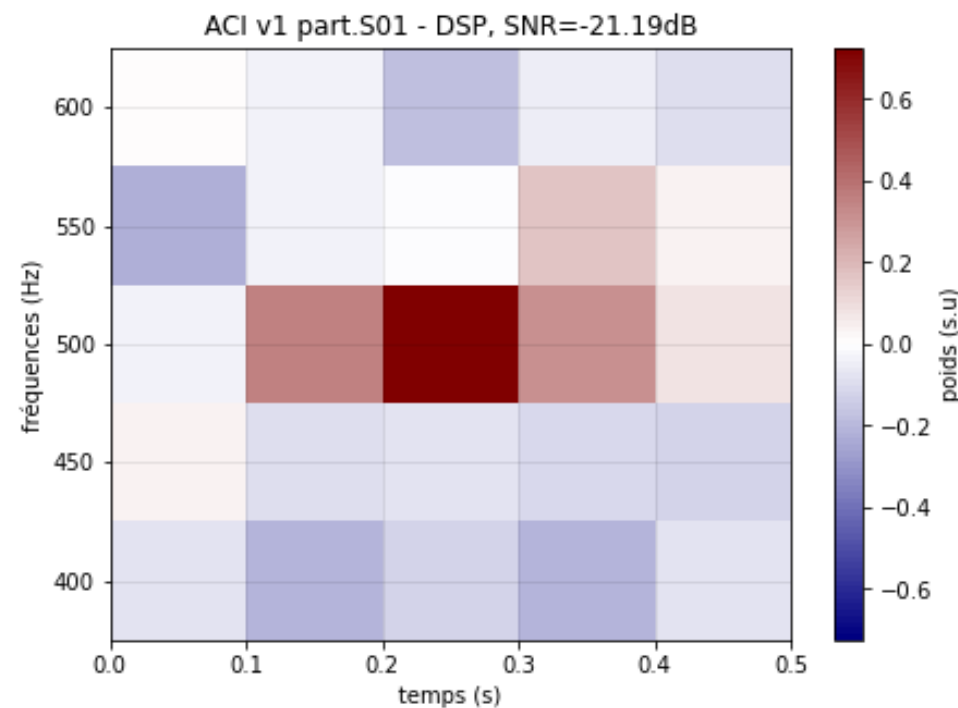
- **ACIs** (**A**uditory **C**lassification **I**mages = Images de classification auditive) :

→ Visualisation de la stratégie d'écoute, 2 formes **EQUIVALENTES** : matricielles (pixels colorés) ou linéaires (pics et creux)

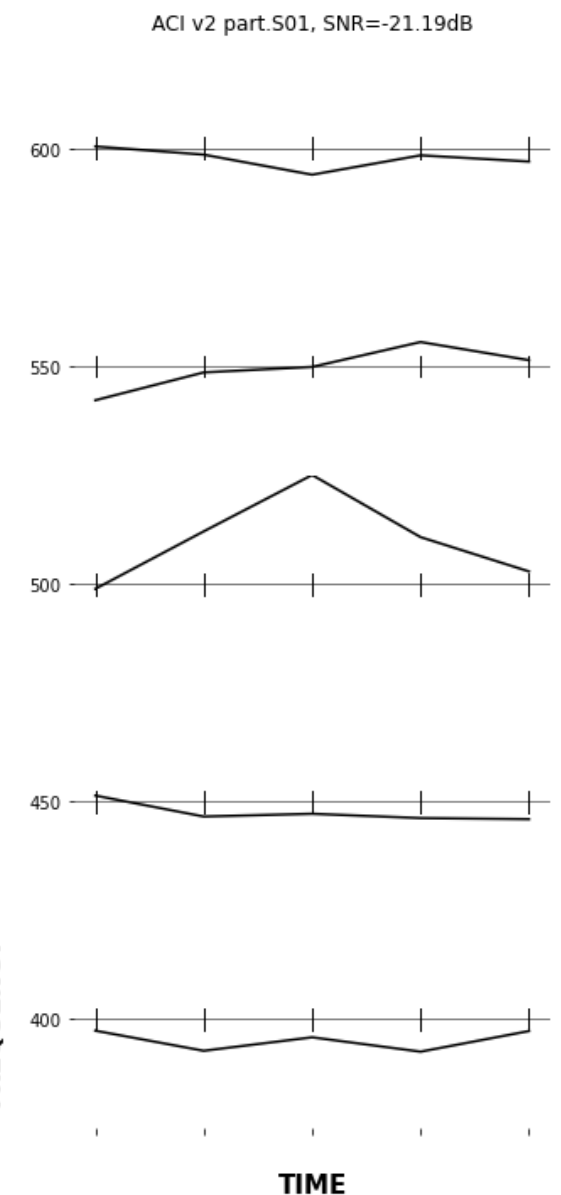
→ Permet de comprendre l'effet des indices acoustiques du bruit sur la détection du ton



Référence article : ACIs linéaires (1975)



ACI matricielle S01



ACI linéaire S01

Résultats exp. — Performances

<i>d'</i>	
RM	2.36
KI	1.70
JN	1.86
SH	2.11
TH	1.71
MM	1.94

d' des participants de l'exp. de 1975

Observer :	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	S01	S03	S05	S09
SNR (dB)	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-21.19	-21.19	-21.19	-21.19
Nb trials	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
% correct	87,88	83,69	81,62	85,41	89,41	69,06	70,88	89,22	88,06	59,35	53,91	62,56	61,31
Hit rate	0,87	0,79	0,72	0,87	0,92	0,58	0,63	0,89	0,85	0,56	0,42	0,54	0,53
Miss rate	0,13	0,21	0,28	0,13	0,08	0,42	0,37	0,11	0,15	0,44	0,58	0,46	0,47
False Alarm rate	0,12	0,12	0,09	0,16	0,13	0,2	0,22	0,11	0,09	0,37	0,34	0,29	0,31
Correct Rejection rate	0,88	0,89	0,91	0,84	0,87	0,8	0,78	0,89	0,91	0,63	0,66	0,71	0,69
c	1,19	1,2	1,34	0,99	1,14	0,83	0,79	1,23	1,34	0,34	0,42	0,57	0,5
d'	2,34	2	1,93	2,11	2,51	1,04	1,13	2,48	2,38	0,48	0,21	0,66	0,59
Hr + Mr = 1													
Far + Crr = 1													

Mesures de performance, expérience répliquée (2024)

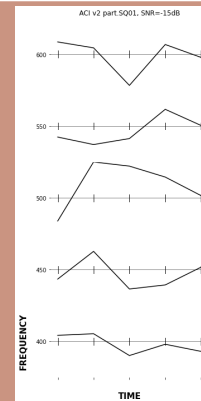
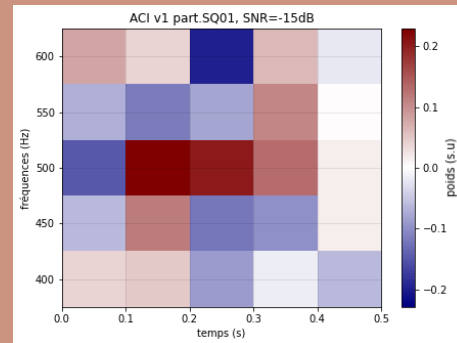
Expérience à RSB = -15dB : les d' correspondent aux d' de l'expérience de 1975

Expérience à RSB = -21.19dB : résultats trop faibles —> les participants de Ahumada sont sur-entraînés à des tâches de discrimination

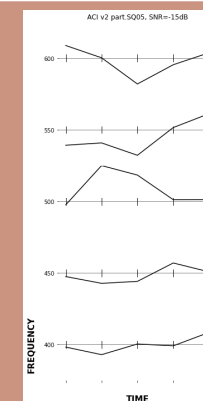
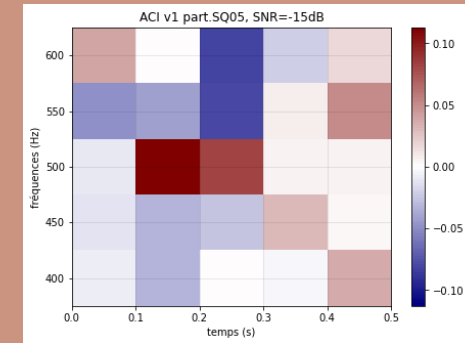
Résultats exp. — ACIs

RSB = -15 dB

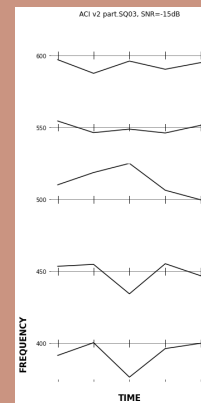
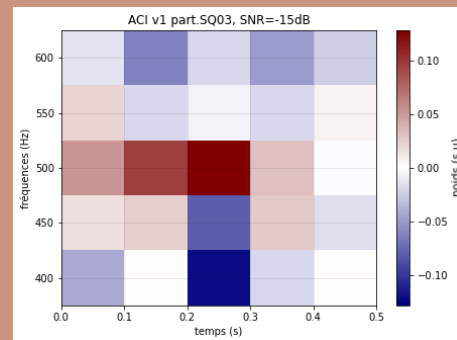
SQ01



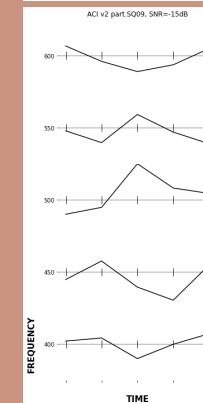
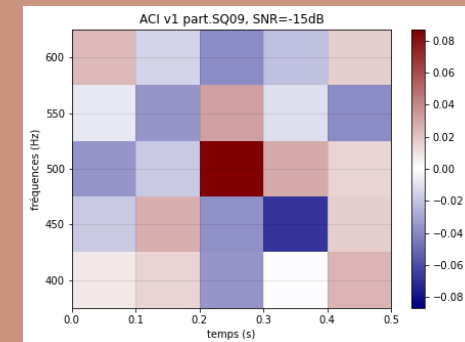
SQ05



SQ03

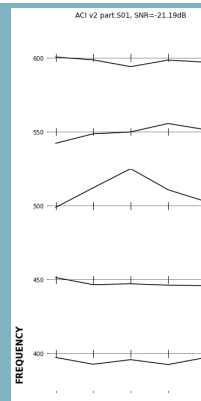
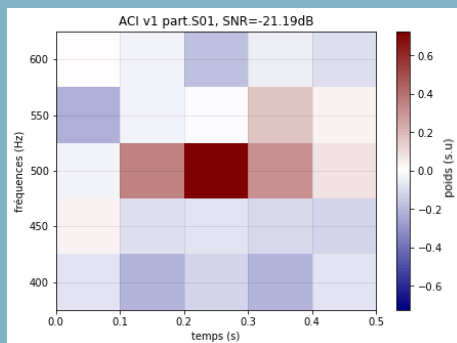


SQ09

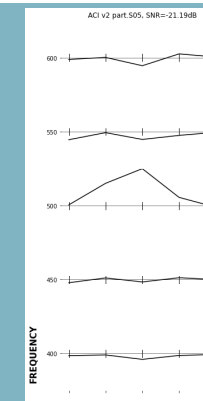
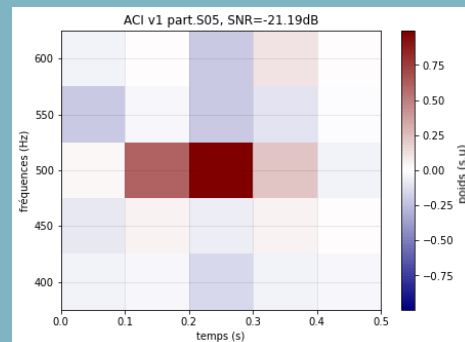


RSB = -21.19 dB

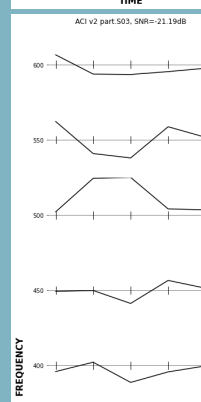
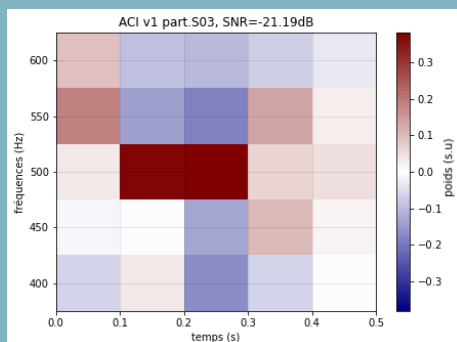
S01



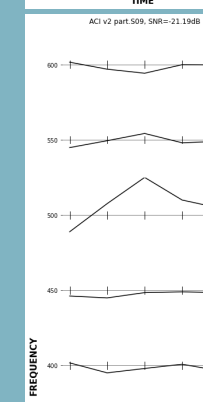
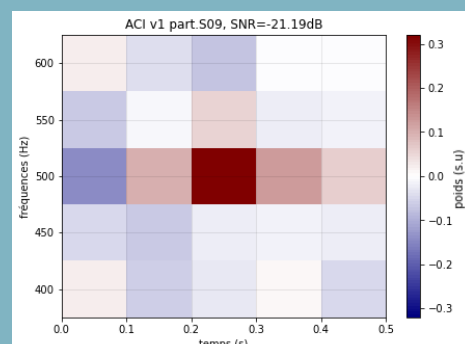
S05



S03



S09



Modèle de Green

For each of the 400 stimuli, outputs of energy detectors of various bandwidths and integration times were computed to find which parameters of the energy detector model best predicted the observers' responses. Single-tuned digital filters with bandwidths of 20, 40, 100, and 250 Hz had their squared output summed over integration times of 100, 300, and 500 msec. The integration periods were centered with respect to the signal interval.

Référence article : modèles

12 modèles auditifs/énergétiques de Green :

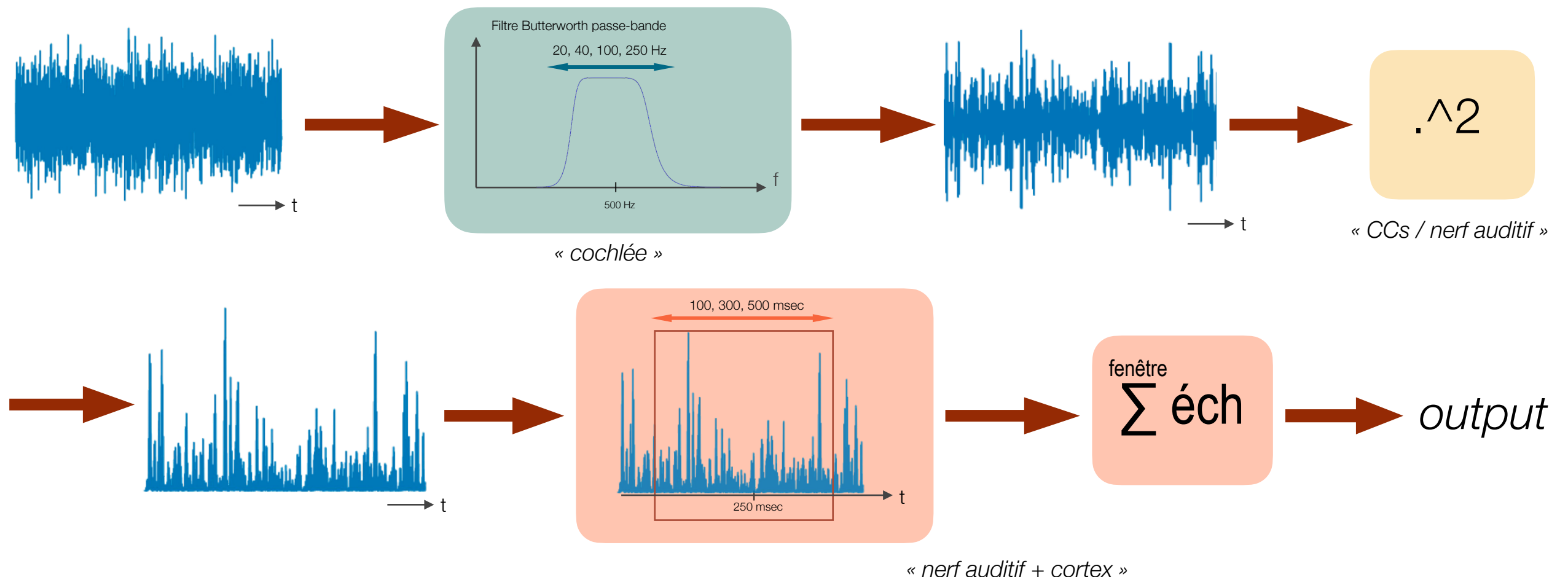
3 durées d'intégration (100-300-500 msec)

* 4 bandes passantes (20-40-100-250 Hz)

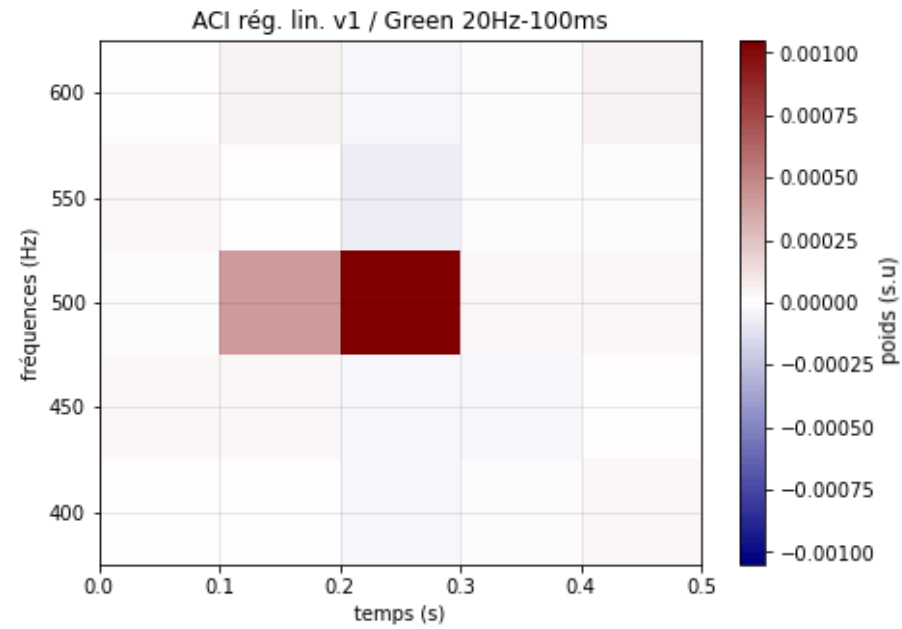
= **sélection des régions spectro-temporelles à étudier**

—> Les modèles passent la même expérience que les participants à -21.19dB.

MODÈLE DE GREEN

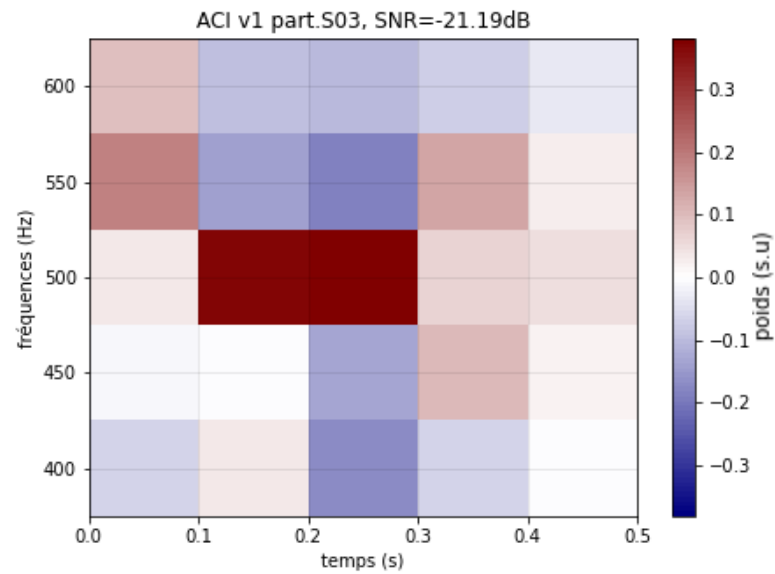


Modèle BW 20Hz, IT 100msec

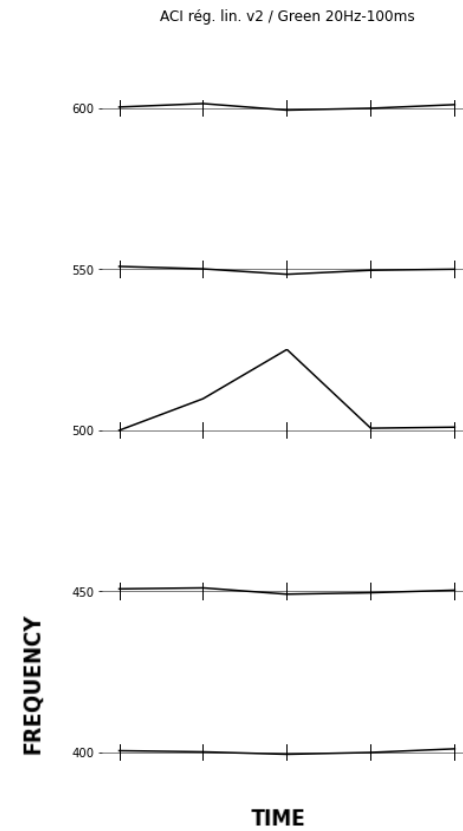


ACI modèle 20Hz/100msec

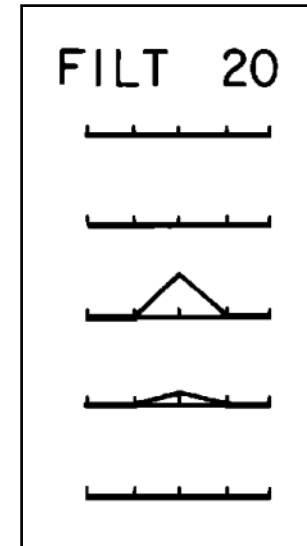
Poids central le + important :
rôle de l'énergie confirmé mais
PAS de contrastes



Rappel : ACI S03 (-21.19dB)



ACI modèle 20Hz/100msec



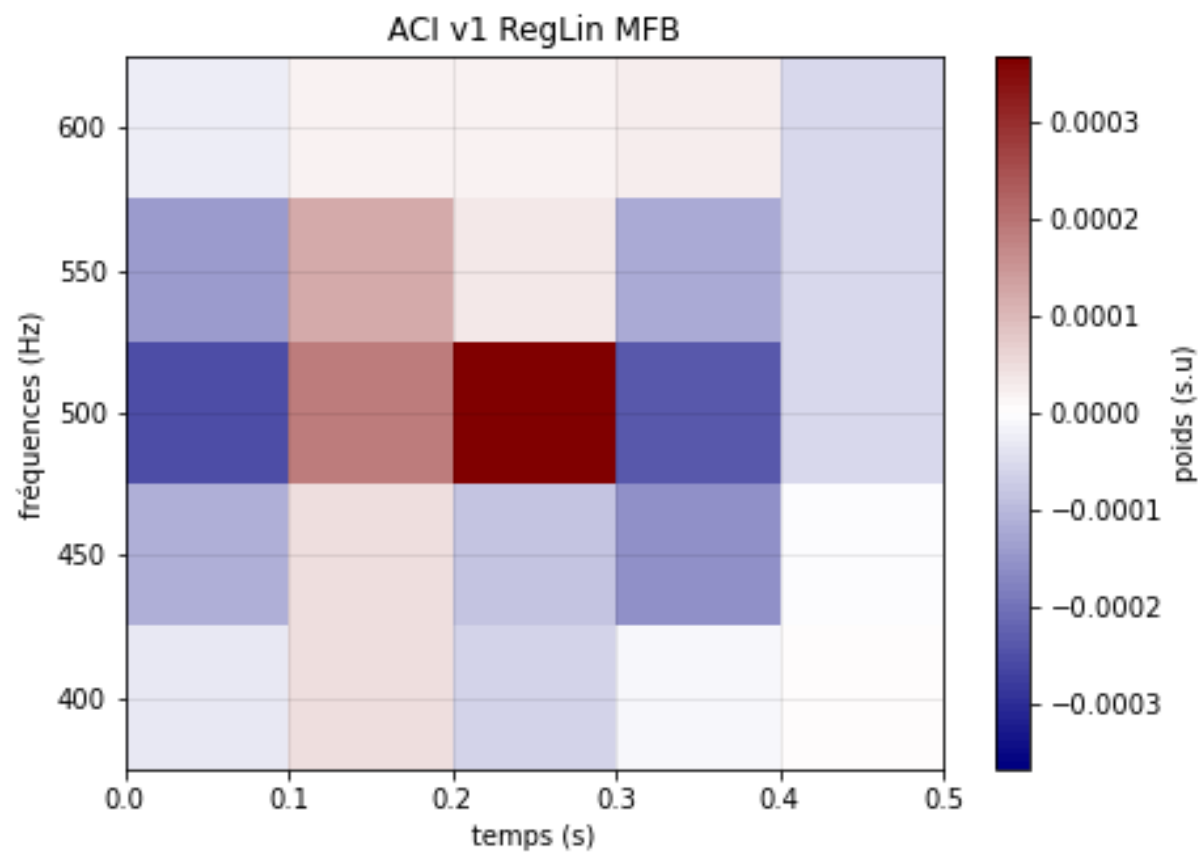
Référence article : FILT 20

Modulation Filterbank model (MFB)

- 1) Filtrage audio : membrane basilaire \rightarrow canaux gammatone
- 2) Extraction enveloppe canaux + non-linéarité : cellules ciliées + nerf auditif
- 3) Filtrage de modulations : tout le système \rightarrow canaux de modulation
- 4) Bruit interne (perte d'information) : tout le système depuis les cellules ciliées
- 5) Corrélation croisée MFB(ton)/MFB(stim) pour tous les 3200 essais \rightarrow ACI

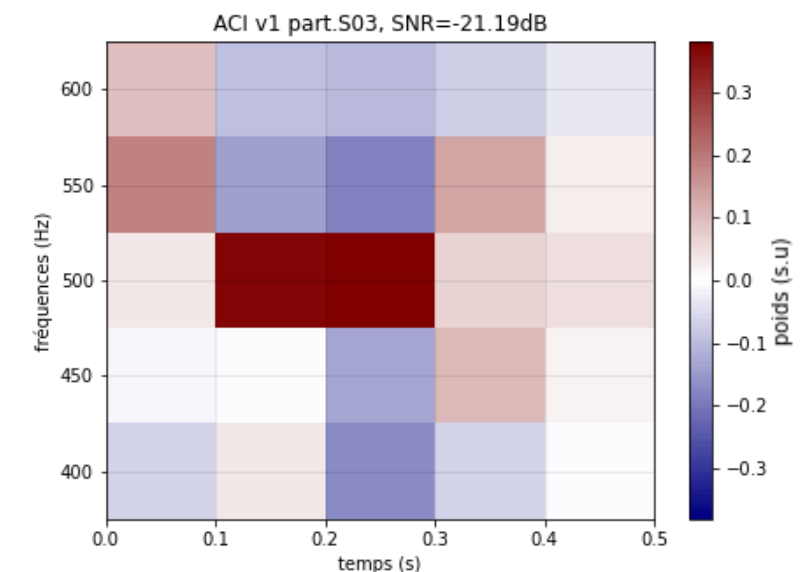
2 nouveaux mécanismes :

- incertitude temporelle
- incertitude fréquentielle



ACI modèle MFB

Poids central le + important
ET présence des contrastes



Rappel : ACI S03 (-21.19dB)

Conclusions

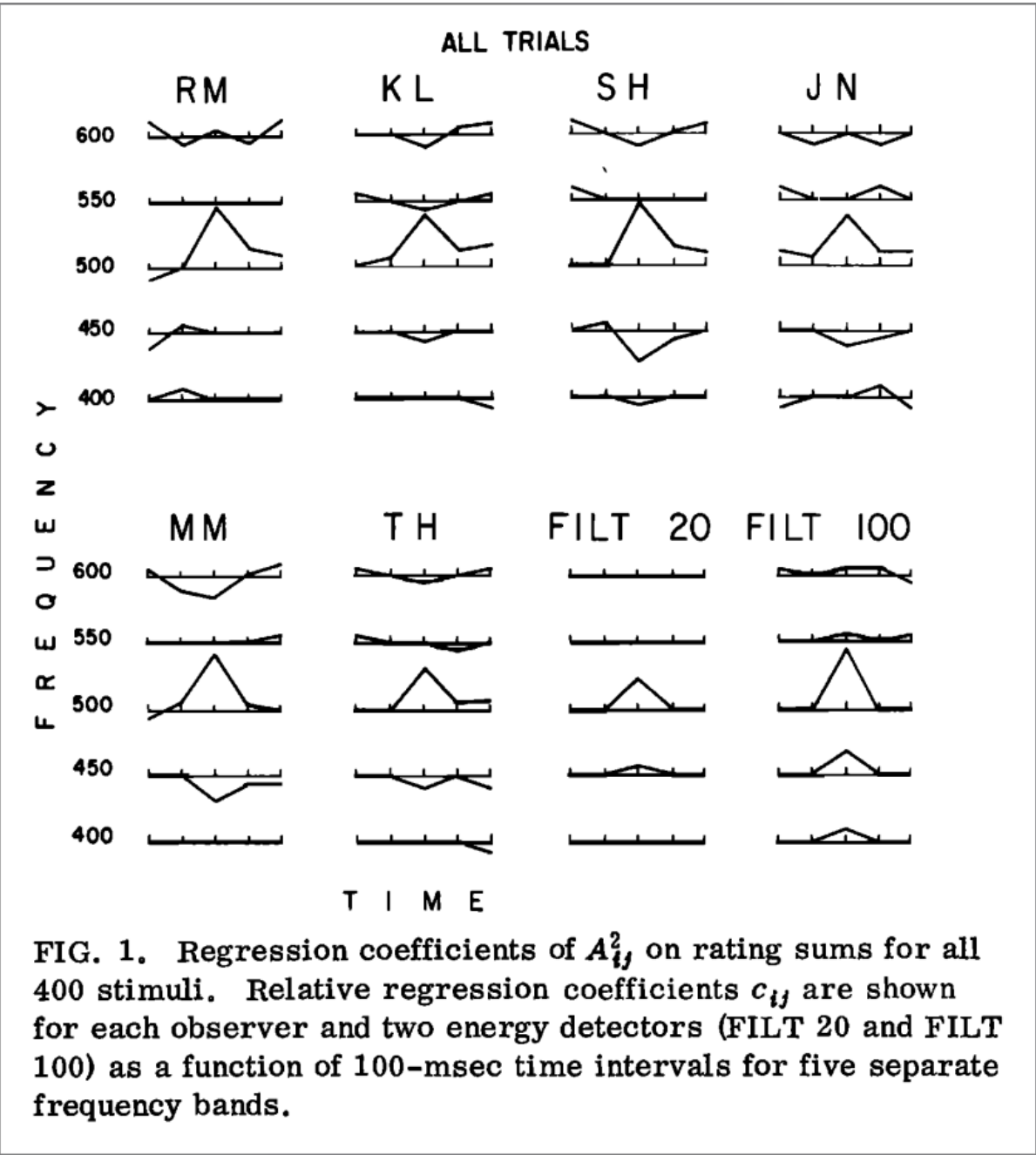
- Le modèle de Green (mesure d'énergie absolue) n'est pas une bonne modélisation du système auditif. Le MFB s'en rapproche plus avec les **contrastes**

=> **Détection** d'un ton dans un bruit = détection **énergie + variations d'énergie** (mesure d'énergie relative)

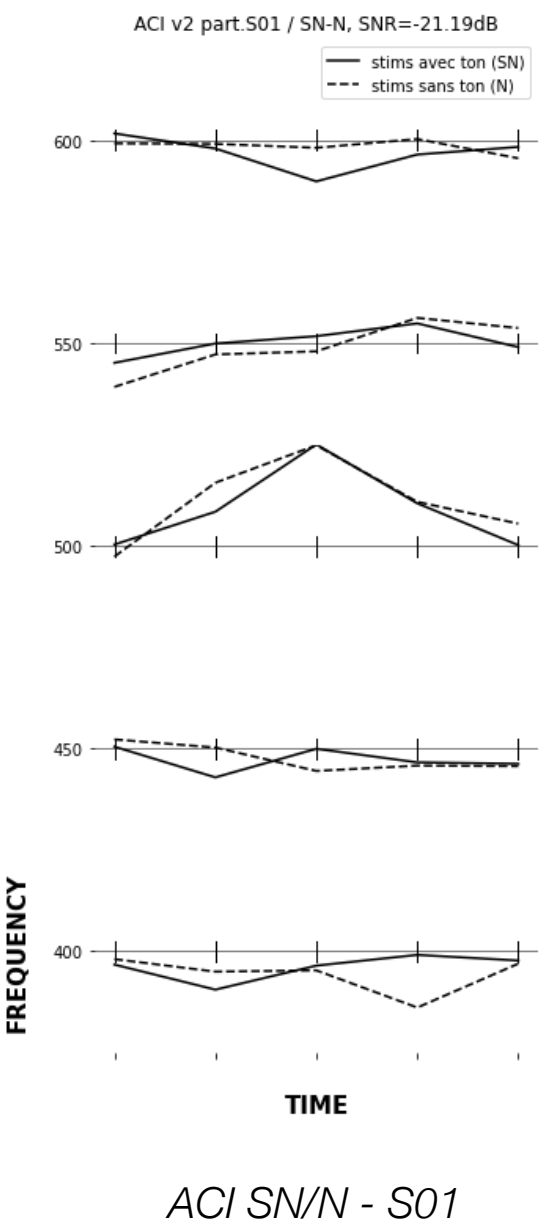
- La **réplication** est une **étape importante** du parcours d'un chercheur :
 - les défis sont nombreux : s'adapter aux technologies + gérer le manque d'informations
 - quels aspects sont importants ?
- Ce projet est une bonne ouverture sur l'étude de la perception des phonèmes dans le bruit et de la **compréhension de la parole**.



Img : mappingignorance.org, Brain mechanisms beneath prediction during speech perception

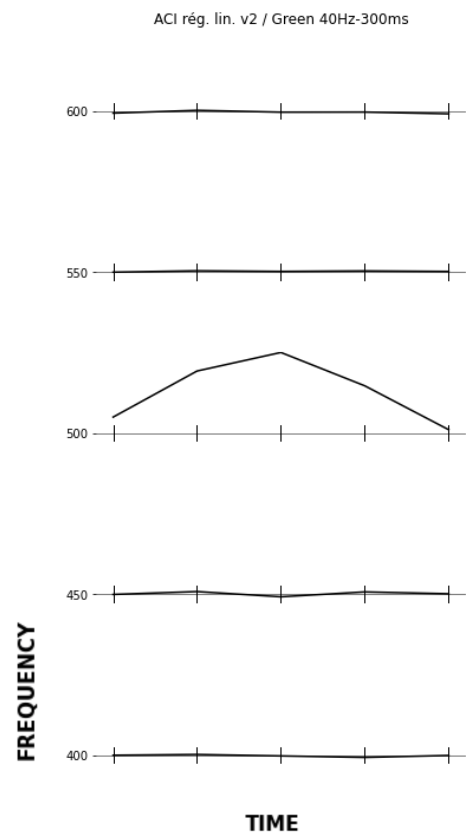
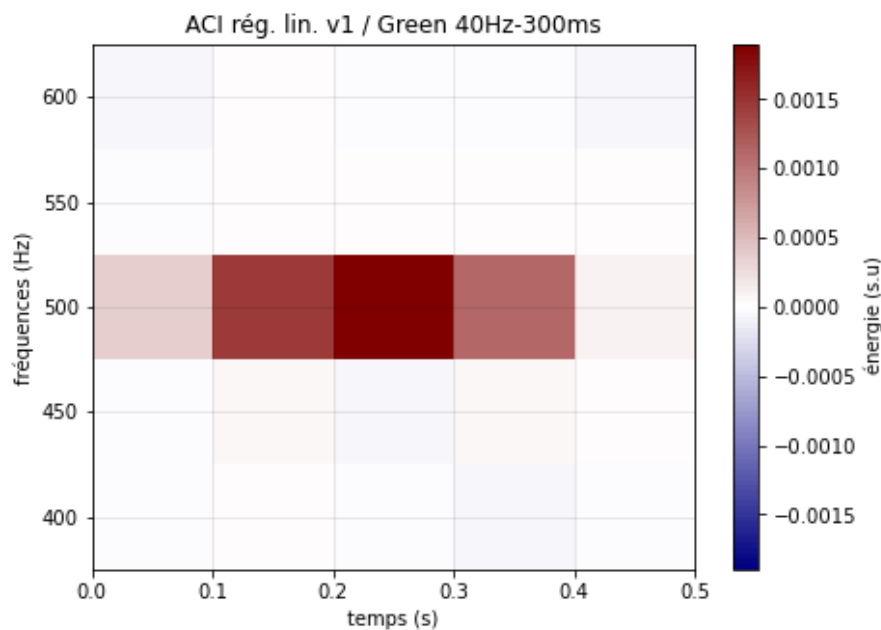


Référence article - ACIs linéaires

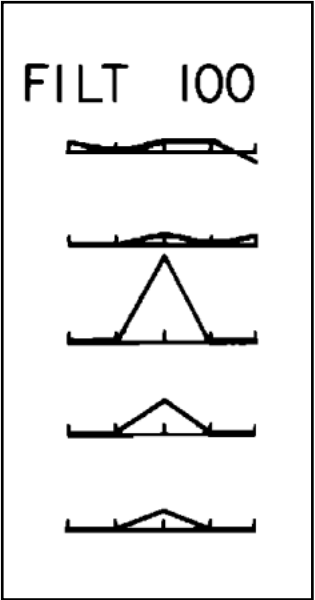
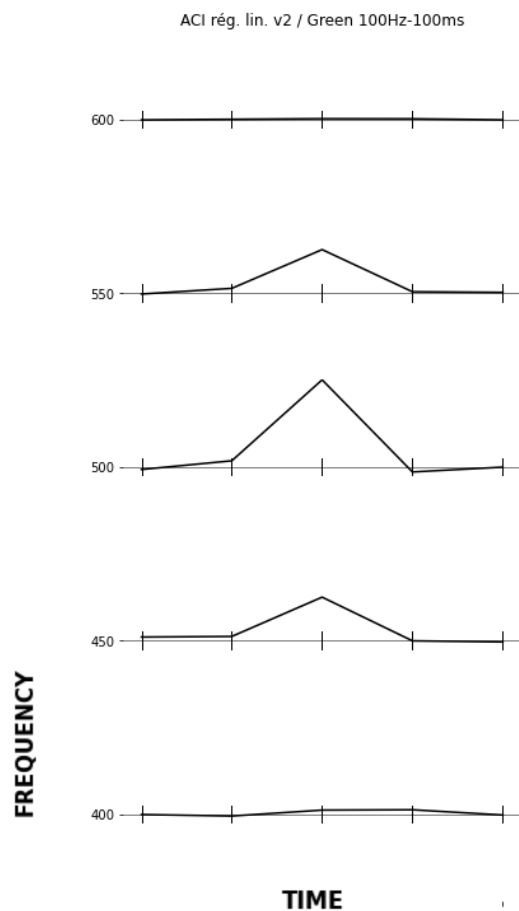
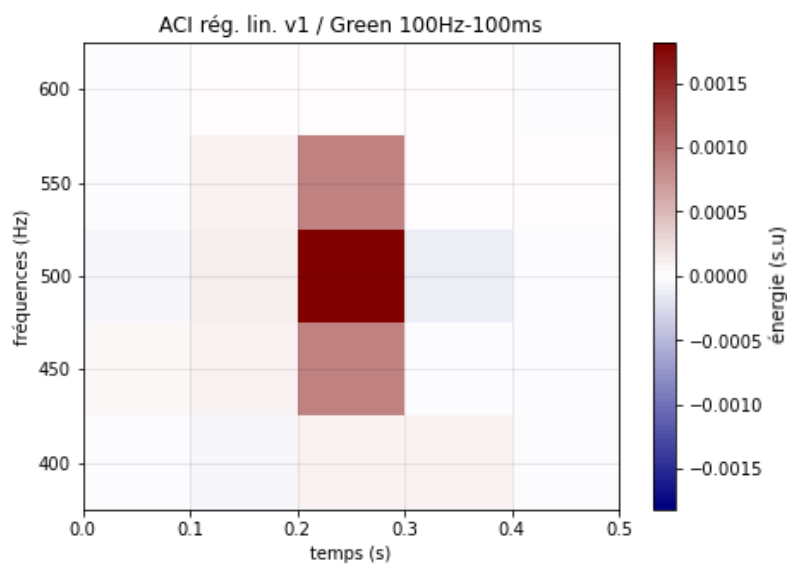


ANNEXE

2. Green : BW 40Hz, IT 300msec



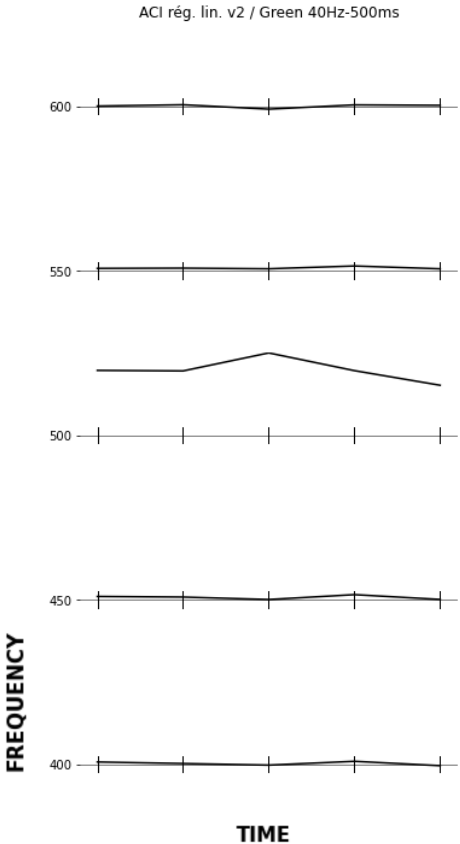
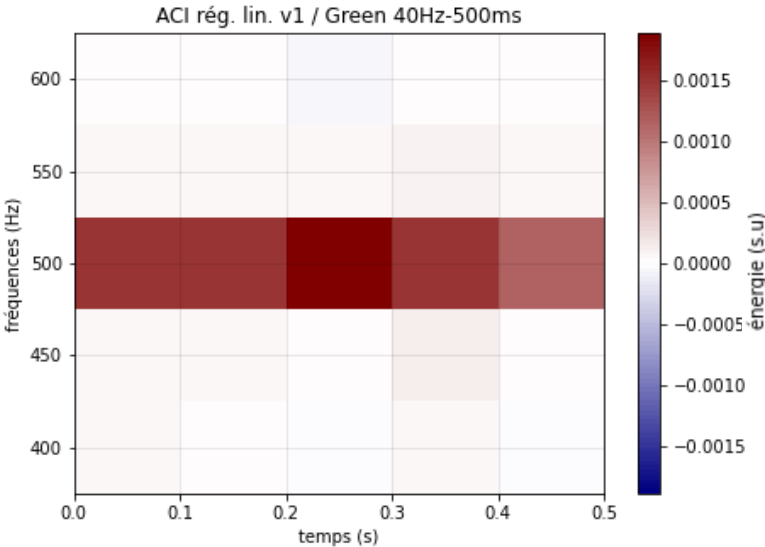
3. Green : BW 100Hz, IT 100msec



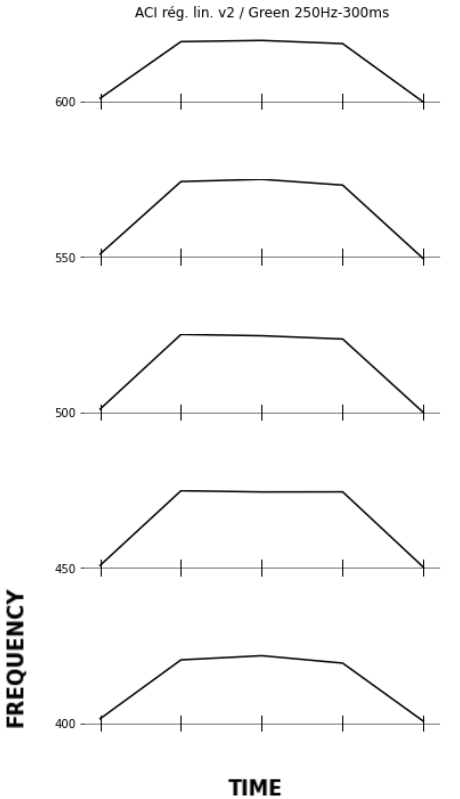
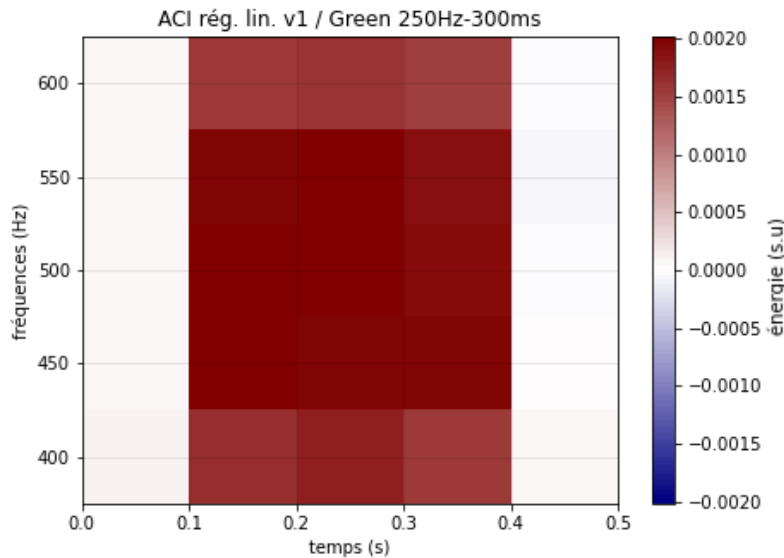
Référence article : *FILT 100*

ANNEXE

4. Green : BW 40Hz, IT 500msec



5. Green : BW 250Hz, IT 300msec



(the dates are approximated, can take longer or shorter periods to finish the tasks)

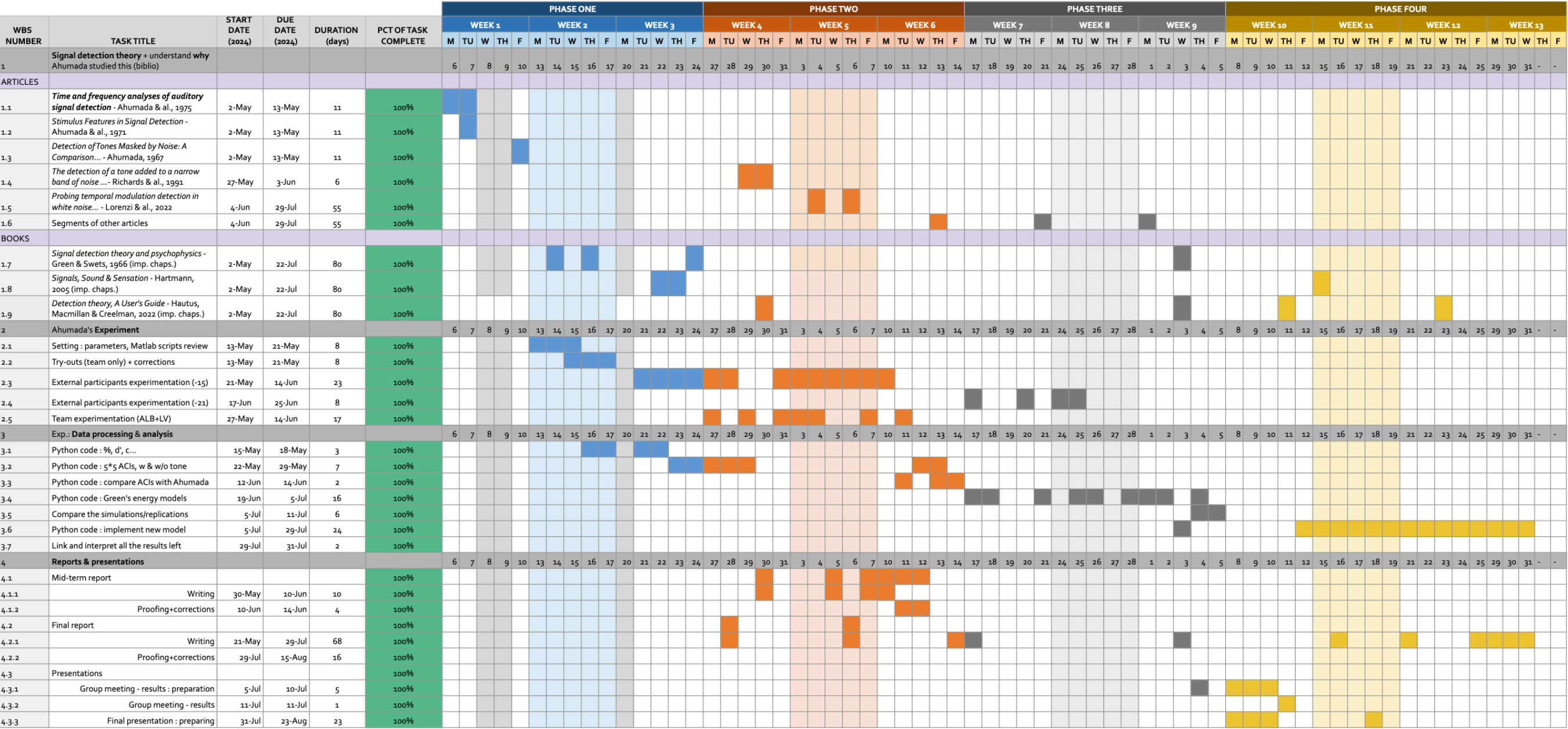


Diagramme de Gantt - organisation

BIBLIOGRAPHIE

ARTICLES

- ▶ **Ahumada A., Marken R., Sandusky A. (1975) Journal of Acoustic Society of America, 57(2), 385-390**
- ▶ Ahumada, A., Lovell, J. (1971) Journal of Acoustic Society of America, 49(6B), 1751-1756
- ▶ Ahumada A. (1967) Technical Report No. 29 [thèse]
- ▶ Virginia M. Richards , Laurie M. Heller & David M. Green (1991) The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 43:3, 481-501
- ▶ Varnet L. , Lorenzi C. (2022) The Journal of the Acoustical Society of America 151, 1353
- ▶ Murray, R. F. (2011) Journal of Vision, 11(5)2, 1–25

LIVRES

- ▶ Green D.M., Swets J.A., (1966) *Signal Detection and Psychophysics*
- ▶ Hautus M.J., Macmillan N.A., Creelman C.D. (2022) *Detection Theory : A User's Guide* (3rd ed.)
- ▶ Hartmann W.M (2005) *Signals, Sound and Sensation*