



Laboratoire des Systèm**e**s Perceptifs



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



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 (Modulation FilterBank) : 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,

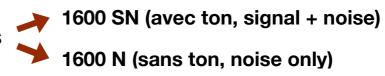
En-tête de l'article (1975)

500-Hz signal tone. The tone was present on half of the 400 trials and was centered in the noise

Réplication

Expérience

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



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

* fe = 10000 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)

-> 9 participants
-> 9 participants



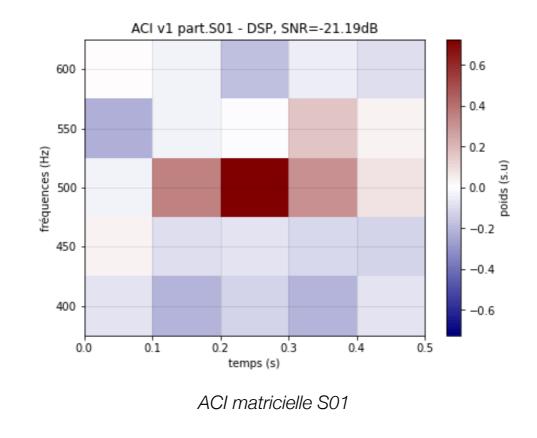


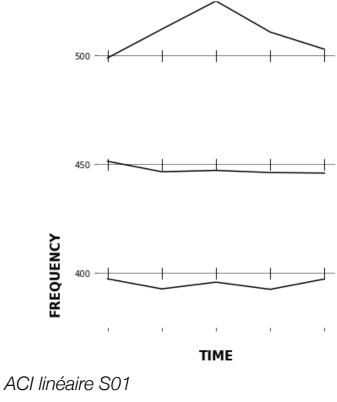
Traitement des données

- Quantification performance: Critère de détection (biais) c, Pourcentage correct %co, Mesure de sensibilité (sans biais) d'
- ACIs (Auditory Classification Images = 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

TIME

Référence article : ACIs linéaires (1975)





ACI v2 part.S01, SNR=-21.19dB

Résultats exp. — Performances

	d'
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

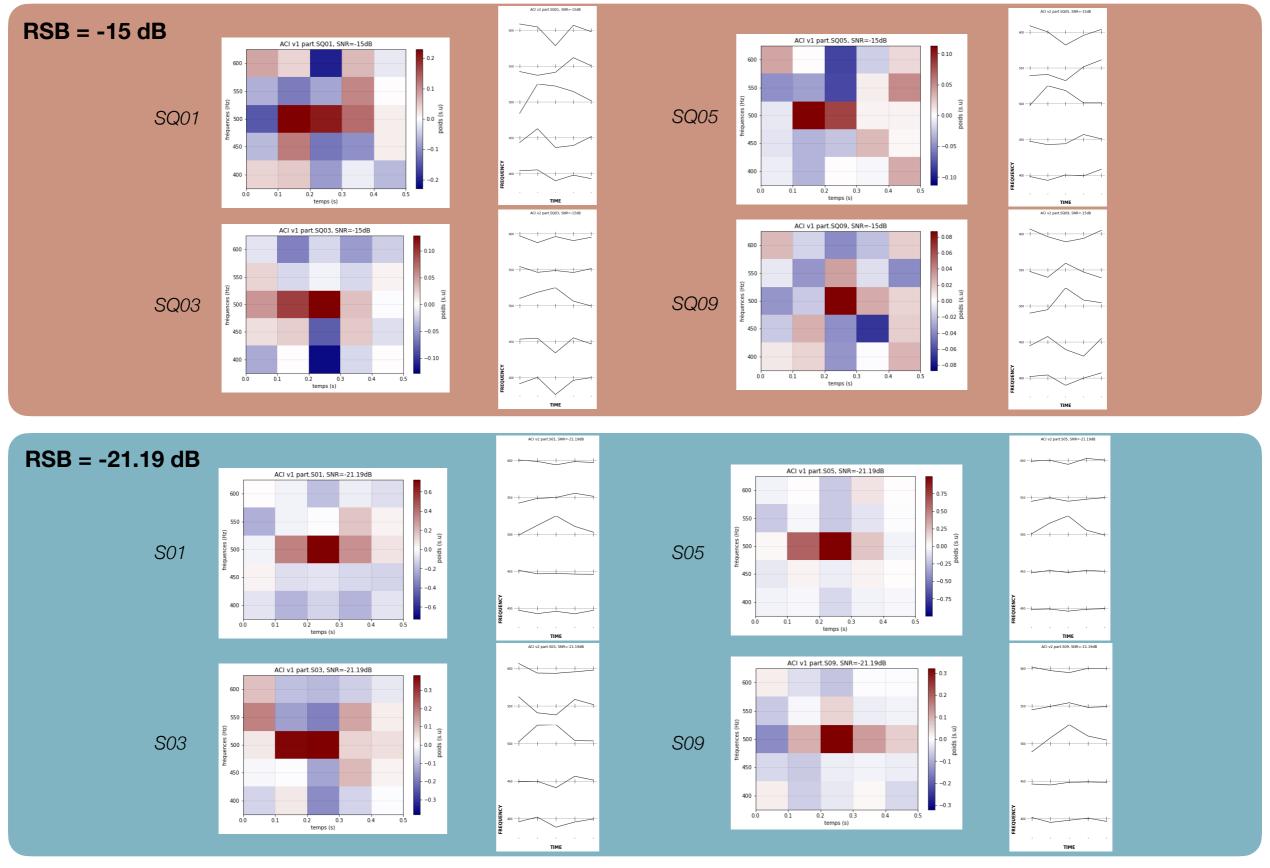
Observer :	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	S01	S03	S05	S09
SNR (dB)	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-21.19	-21.19	-21.19	-21.19
Nb trials	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
% correct	87,88	83,69	81,62	85,41	89,41	69,06	70,88	89,22	88,06	59,35	53,91	62,56	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
С	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



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.



12 modèles auditifs/énergétiques de Green :

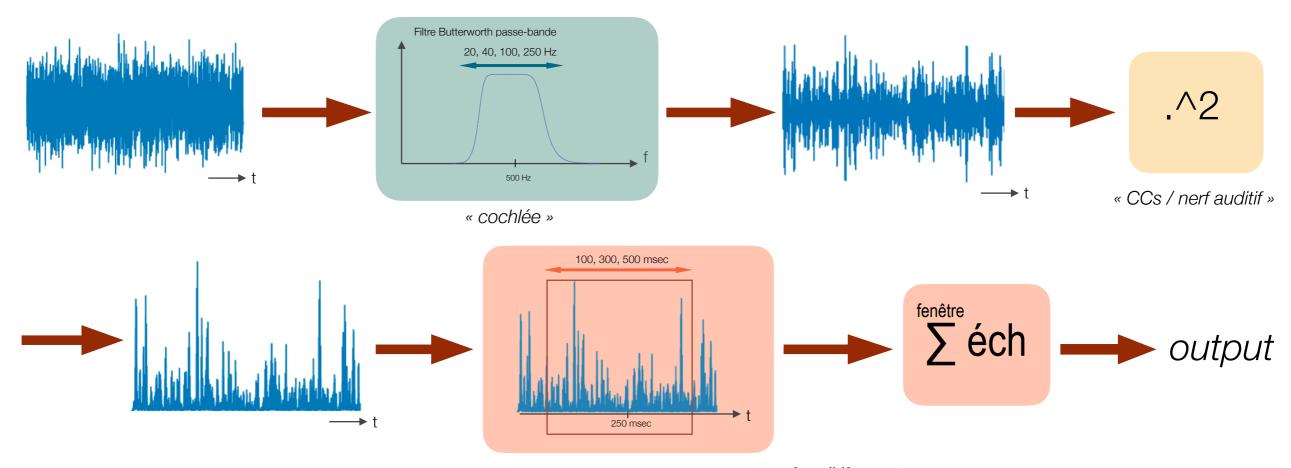
3 durées d'intégration (100-300-500 msec)

- * 4 bandes passantes (20-40-100-250 Hz)
- = sélection des régions spectro-temporelles à étudier

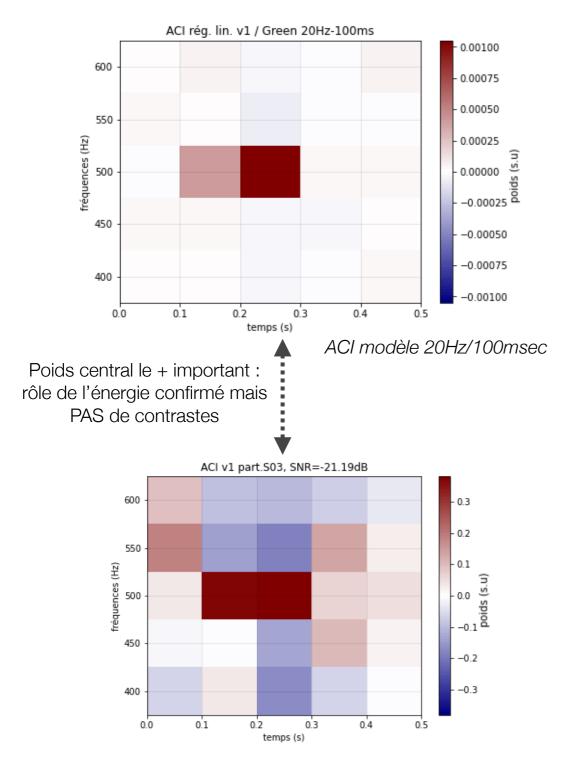
Référence article : modèles

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

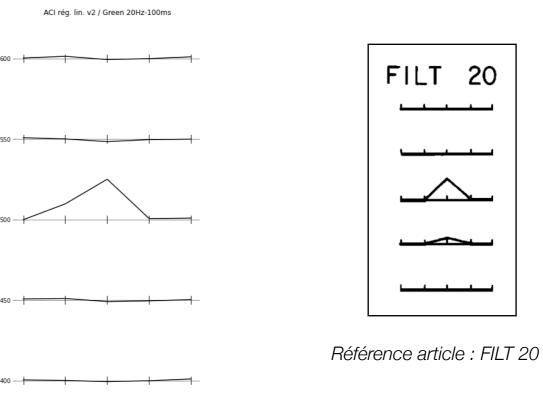
MODÈLE DE GREEN



Modèle BW 20Hz, IT 100msec



Rappel: ACI S03 (-21.19dB)



FREQUENCY

TIME

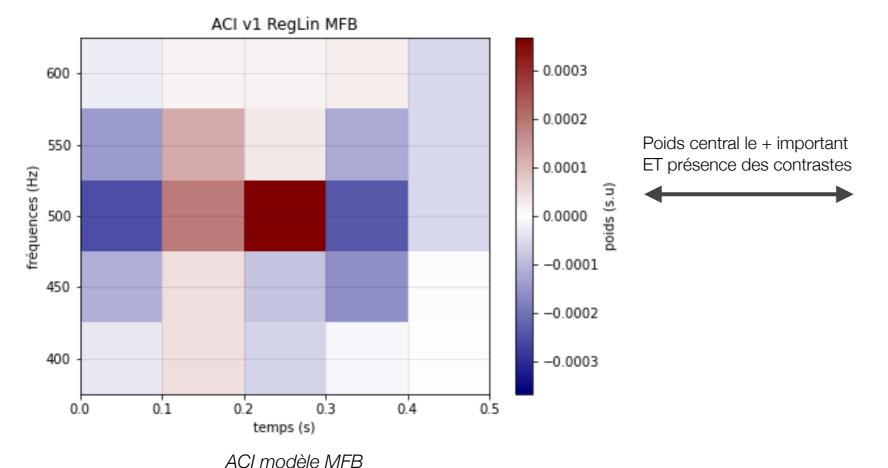
ACI modèle 20Hz/100msec

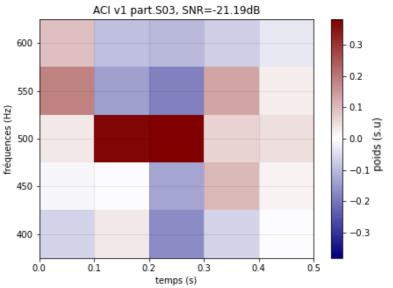
Modulation Filterbank model (MFB)

- 1) Filtrage audio: membrane basilaire -> canaux gammatone
- 2) Extraction enveloppe canaux + non-linéarité : cellules ciliées + nerf auditif
- 3) Filtrage de modulations : tout le système -> 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 -> ACI

2 nouveaux mécanismes :

- incertitude temporelle
- incertitude fréquentielle

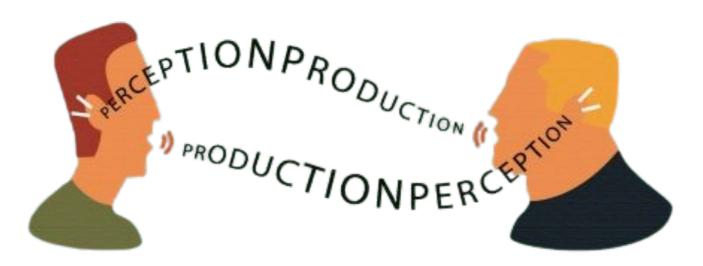




Rappel: ACI S03 (-21.19dB)

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** + <u>variations</u> 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

ANNEXE

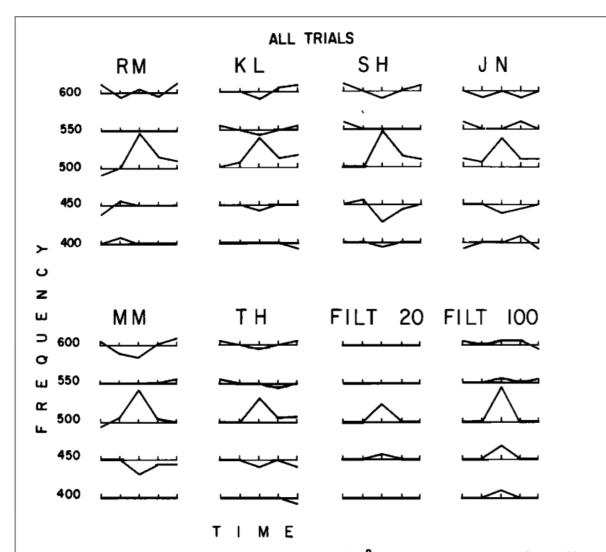
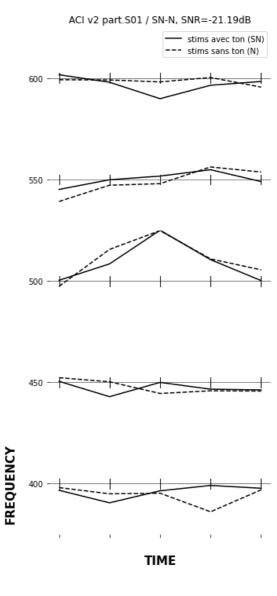


FIG. 1. Regression coefficients of A_{ij}^2 on rating sums for all 400 stimuli. Relative regression coefficients c_{ij} are shown for each observer and two energy detectors (FILT 20 and FILT 100) as a function of 100-msec time intervals for five separate frequency bands.

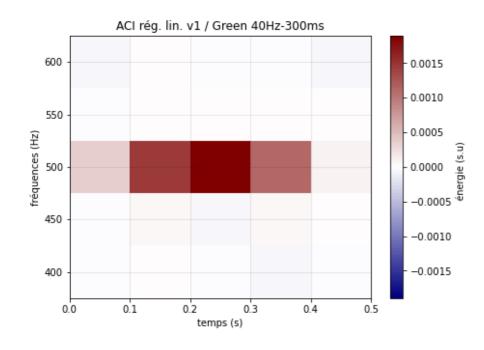




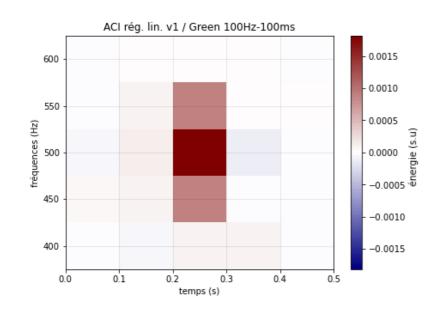
ACI SN/N - S01

ANNEXE

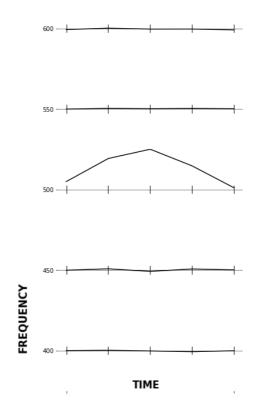
2. Green: BW 40Hz, IT 300msec



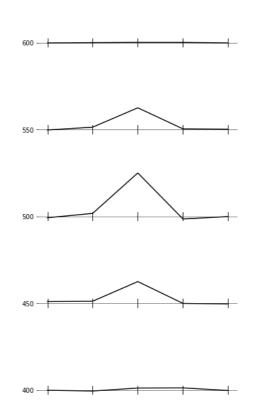
3. Green: BW 100Hz, IT 100msec



ACI rég. lin. v2 / Green 40Hz-300ms



ACI rég. lin. v2 / Green 100Hz-100ms



TIME

FREQUENCY

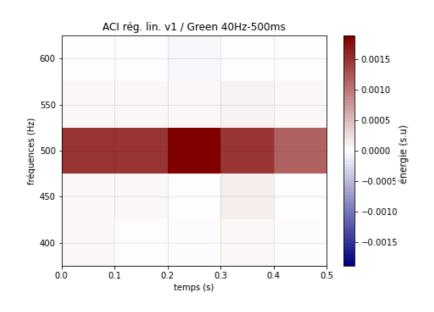
FILT 100

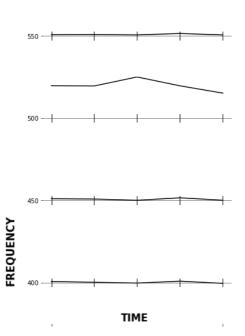
Référence article : FILT 100

ANNEXE

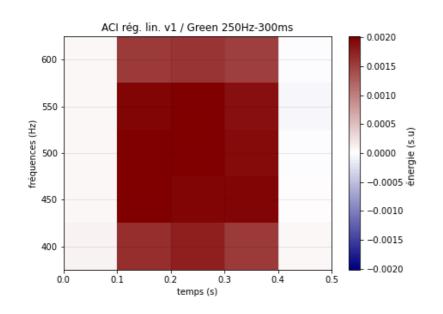
ACI rég. lin. v2 / Green 40Hz-500ms

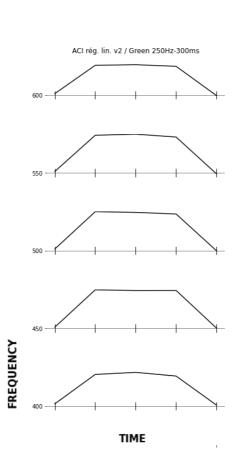
4. Green: BW 40Hz, IT 500msec





5. Green: BW 250Hz, IT 300msec





Azal LE BAGOUSSE - M1 Mécanique parcours Acoustique, Sorbonne Université							LADNANG Laboration des Octable 20 17 (EVAL) 2011										(the dates are approximated, can take longer or shorter periods to finish the tasks)														
	INTERNSHIP TITLE Étude de la détection humaine du ton dans le bruit INTERNSHIP MANAGER Léo VARNET						truit LAB NAME Laboratoire des Systèmes Perceptifs (ENS Ulm - PSL) DATE 02/05/2024 -> 31/07/2024												(the dates	are approxir	nated, can	take long	er or shorter p	eriods to fini	ish the tasks)					
	IN TERNSHIP MANAGER	Leo VARN	EI					DAI	02/05	5/2024 -> 31/07	/2024																				
								PHASE ON					PHASETWO					PHASE THREE								PHASE FOUR					
WBS		START DATE	DUE	DURATION	PCT OF TASK	WEE	K1	WEEK 2		WEEK 3		WEEK 4		WEEK 5		WEEK 6		WEEK 7		WEEK 8		WEEK 9		WEEK 10		WEEK 11		WEEK	12	WEEK	13
NUMBER	TASKTITLE	(2024)	(2024)	(days)	COMPLETE	M TU W	TH F M	TU W T	H F	M TU W TH	F M	TU W T	H F M	TU W T	H F N	M TU W TH	F M 1	ти w тн	F M	TU W TH	F M TU	W TH	F M	TU W T	H F M	TU W T	H F M	ı TU W	TH F	M TU W	TH F
1	Signal detection theory + understand why Ahumada studied this (biblio)					6 7 8	3 0 10 12	14 15 1	16 17	20 21 22 23	24 27	28 29 3	0 31	3 4 5	6 7 :	10 11 12 13	14 17	18 10 20	21 24	25 26 27	28 1	2 3 4	E 8	0 10 1	1 12 15	16 17 :	18 10	21 22 23	24 25	20 20 21	
ARTICLES	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,						, ,,	-7 -3	-/		,,		5-	3 4 3			-4 -/			-5/		3 7	,	9 20					17 13	-9 30 3-	
	Time and frequency analyses of auditory																														\Box
1.1	signal detection - Ahumada & al., 1975	2-May	13-May	11	100%																										$\sqcup \sqcup$
1.2	Stimulus Features in Signal Detection - Ahumada & al., 1971	2-May	13-May	11	100%																										
1.3	Detection of Tones Masked by Noise: A Comparison Ahumada, 1967	2-May	13-May	11	100%																										
1.4	The detection of a tone added to a narrow band of noise Richards & al., 1991	27-May	3-Jun	6	100%																										
	Probing temporal modulation detection in																														
1.5	white noise Lorenzi & al., 2022	4-Jun	29-Jul	55	100%												++											++-	+++		H
1.6 BOOKS	Segments of other articles	4-Jun	29-Jul	55	100%																										
BOOKS	Signal detection theory and psychophysics -																														
1.7	Green & Swets, 1966 (imp. chaps.)	2-May	22-Jul	80	100%																										
1.8	Signals, Sound & Sensation - Hartmann, 2005 (imp. chaps.)	2-May	22-Jul	80	100%																	Ш.									
1.9	Detection theory, A User's Guide - Hautus, Macmillan & Creelman, 2022 (imp. chaps.)	2-May	22-Jul	80	100%																										
2	Ahumada's Experiment					6 7 8	9 10 13	14 15 1	16 17	20 21 22 23	24 27	28 29 3	0 31	3 4 5	6 7 :	10 11 12 13	14 17	18 19 20	21 24	25 26 27	28 1 2	2 3 4	5 8	9 10 1	1 12 15	16 17	18 19 :	21 22 23	24 25	29 30 31	
2.1	Setting : parameters, Matlab scripts review	13-May	21-May	8	100%																										
2.2	Try-outs (team only) + corrections	13-May	21-May	8	100%																								\Box		$\sqcup \sqcup$
2.3	External participants experimentation (-15)	21-May	14-Jun	23	100%																										
2.4	External participants experimentation (-21)	17-Jun	25-Jun	8	100%																										
2.5	Team experimentation (ALB+LV)	27-May	14-Jun	17	100%																										
3	Exp.: Data processing & analysis					6 7 8	9 10 13	14 15 1	16 17	20 21 22 2	3 24 27	28 29 3	0 31	3 4 5	6 7 :	10 11 12 13	14 17	18 19 20	21 24	25 26 27	28 1 :	2 3 4	5 8	9 10 1	1 12 15	16 17 :	18 19 :	21 22 23	24 25	29 30 31	
3.1	Python code : %, d', c	15-May	18-May	3	100%																										
3.2	Python code : 5*5 ACIs, w & w/o tone	22-May	29-May	7	100%																										
3.3	Python code : compare ACIs with Ahumada	12-Jun	14-Jur	2	100%																										$\sqcup\sqcup$
3.4	Python code : Green's energy models	19-Jun	5-Ju	16	100%																								$\sqcup \sqcup$		$\sqcup\sqcup$
3.5	Compare the simulations/replications	5-Jul	11-Ju	6	100%																										
3.6	Python code : implement new model	5-Jul	29-Ju	24	100%																										
3.7	Link and interpret all the results left	29-Jul	31-Ju	2	100%																										
4	Reports & presentations					6 7 8	9 10 13	14 15 1	16 17	20 21 22 23	24 27	28 29 3	0 31	3 4 5	6 7 :	10 11 12 13	14 17	18 19 20	21 24	25 26 27	28 1 :	2 3 4	5 8	9 10 1	1 12 15	16 17 :	18 19 :	21 22 23	24 25	29 30 31	
4.1	Mid-term report				100%												\perp												\square		$\sqcup\sqcup$
4.1.1	Writing	30-May	10-Jur	10	100%																								+		$\sqcup \sqcup$
4.1.2	Proofing+corrections	10-Jun	14-Jur	4	100%																								+		$\sqcup \sqcup$
4.2	Final report				100%																								\sqcup		-
4.2.1	Writing	21-May			100%																										$\sqcup\sqcup$
4.2.2	Proofing+corrections	29-Jul	15-Aug	16	100%												\perp												+		$\sqcup\sqcup$
4.3	Presentations				100%												\perp												+		+
4.3.1	Group meeting - results : preparation	5-Jul			100%												\perp												+		$\sqcup\sqcup$
4.3.2	Group meeting - results	11-Jul			100%												\perp												+		$\sqcup\sqcup$
4.3.3	Final presentation : preparing	31-Jul	23-Aug	23	100%																										Ш
																															/

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) <u>Signal Detection and Psychophysics</u>
- Hautus M.J., Macmillan N.A., Creelman C.D. (2022) <u>Detection Theory: A User's Guide</u> (3rd ed.)
- Hartmann W.M (2005) Signals, Sound and Sensation