



HAL
open science

Etude de paramètres acoustiques des voix de patients traités pour un cancer ORL dans le cadre du projet C2SI

Etienne Sicard, Julie Mauclair, Virginie Woisard

► To cite this version:

Etienne Sicard, Julie Mauclair, Virginie Woisard. Etude de paramètres acoustiques des voix de patients traités pour un cancer ORL dans le cadre du projet C2SI. 7èmes Journées de Phonétique Clinique, Laboratoire de Phonétique et Phonologie UMR 7018, Jun 2017, Paris, France. hal-01510418

HAL Id: hal-01510418

<https://hal.science/hal-01510418>

Submitted on 19 Apr 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude de paramètres acoustiques des voix de patients traités pour un cancer ORL dans le cadre du projet C2SI

E. Sicard⁽¹⁾, J. Mauclair⁽²⁾, V. Woisard⁽³⁾

(1) INSA de Toulouse, France - etienne.sicard@insa-toulouse.fr

(2) IRIT-Samova, France - julie.mauclair@irit.fr

(3) IUCT - Oncopole Toulouse, Octogone-Lordat, France - Woisard.Virginie@iuct-oncopole.fr

Résumé :

Dans le cadre du projet “*Carcinologic Speech Severity Index*” (C2SI), les voix de 35 patients ayant été traités pour un cancer oral et pharyngé ont été étudiées selon différents paramètres acoustiques, couplée à la reconnaissance vocale automatisée. L’étude révèle, par comparaison avec un groupe témoin, une pauvreté harmonique significative sur un /a/ tenu ainsi que sur du texte lu, ainsi qu’une dégradation spectrale des voyelles et des consonnes, notamment dans les zones des formants F2 à F4, corrélée avec l’intelligibilité et les erreurs d’alignement sur un ensemble de pseudo-mots. L’étude ne révèle cependant pas de différence significative de l’histogramme du fondamental de la voix pour un texte lu, entre le groupe témoin et le groupe patients. En revanche, on constate une faible différenciation fréquentielle des voyelles et consonnes extrêmes (notamment /s/m/) pour plus de 50% des cas de patients, corrélée avec la perte d’intelligibilité.

Mots clé : cancer, voix, indicateurs, LTASS, segmentation, pauvreté harmonique

Abstract:

As part of the Carcinologic Speech Severity Index project (C2SI), the voices of 35 patients who were treated for oral and pharyngeal cancer were studied using different acoustic parameters, coupled with automated speech recognition. The study revealed, by comparison with a control group, significant harmonic poverty on sustained /a/ as well as on read text, as well as a spectral degradation of vowels and consonants, in particular in the areas of formants F2 to F4, correlated with intelligibility and misalignment on a set of pseudo-words. However, the study does not reveal any significant difference in the histogram of the fundamental of the voice between the control and patient groups. On the other hand, there is a poor frequency discrimination of vowels and extreme consonants (in particular /s/m/) for more than 50% of patients, correlated with loss of intelligibility.

Keywords : Cancer, voice, indicators, LTASS, segmentation, harmonic poverty

Introduction

La diminution de la mortalité en cancérologie rend prioritaire l’attention apportée à la qualité de vie après cancer. Chez les patients traités pour un cancer de la cavité buccale ou du pharynx, la mesure d’intelligibilité de la parole est en général peu fiable en raison notamment de l’effet de familiarisation du personnel soignant à ce type de parole ainsi qu’à la faible reproductibilité inter-juge. Récemment, les progrès en traitement automatiques de la parole ont permis

l'émergence d'outils et de méthodes d'évaluation objective des troubles de la communication consécutifs aux troubles de la production de la parole.

L'analyse acoustique à l'aide d'outils dédiés est communément utilisée pour l'évaluation et la rééducation des pathologies vocales d'origine cancéreuse, mais des limites apparaissent rapidement, liées à la difficulté d'utilisation et d'interprétation des résultats, en particulier du fait d'un manque de résonance, de structuration harmonique, voire de sonorisation [8][9].

Dans ce contexte, l'équipe du Dr. Woisard de l'Institut Universitaire du Cancer de Toulouse a proposé de développer le projet C2SI d'évaluation de la sévérité des troubles de la parole (C2SI *Carcinologic Speech Severity Index*) [1]. L'objectif principal du projet est d'évaluer dans quelle mesure le traitement automatique peut être équivalent ou supérieur à un score d'intelligibilité obtenu par des auditeurs humains, en terme de prédiction du handicap de parole, pour des patients traités pour un cancer de la cavité buccale ou du pharynx.

Dans cet article, nous analysons différentes mesures appliqués à la voix des patients, et discutons de leur capacité à mesurer la gravité des troubles de la parole et leur conséquences sur les capacités de communication du patient.

Critères d'inclusion/exclusion

La population incluse dans l'analyse correspond à :

- un cancer classé T2 à T4 (selon la classification TNM [2], voir tableau 1) de la cavité buccale et/ou du pharynx
- un traitement par chirurgie et/ou radiothérapie et/ou chimiothérapie
- 6 mois au moins au-delà de la fin du traitement

Code	Classe	Description	Subdivisions
T	Tumeur	Augmentation de volume d'un tissu suite à un dérèglement de la croissance cellulaire.	T1 : Tumeur < 2 cm T2 Tumeur < 4 cm T3 Tumeur > 4 cm T4a Tumeur envahissant les structures adjacentes T4b Tumeur envahissant les fonctions systémiques
N	Adénopathie	Inflammation chronique des ganglions lymphatiques qui sont le point de rencontre des vaisseaux lymphatiques	N1 Métastase localisée <3 cm N2 Métastase localisée <6 cm N2b Métastase double <6 cm N2c Métastase multiple <6 cm N3 Métastase > 6 cm
M	Métastase	Croissance d'un organisme pathogène ou d'une cellule tumorale à distance du site initialement atteint par voie sanguine ou lymphatique.	M0 Pas de métastase distante M1 Métastase distante

Tableau 1 : Classification TNM selon [2]

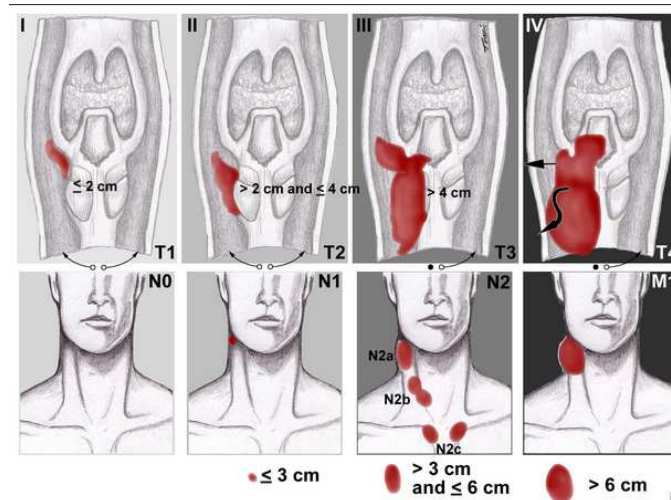


Figure 1 : Illustration des cancers de la cavité buccale ou du pharynx T1 à T4, N0 à N2, selon la classification TNM [2]

Les principaux critères d'exclusion sont de présenter une autre source de troubles de la parole ou des troubles cognitifs ou visuel incompatibles avec la réalisation du protocole. Un groupe de 35 locuteurs normaux (notés TTT) a aussi été construit pour l'entraînement des systèmes automatiques et pour l'extraction de valeurs de référence pour les mesures différentielles.

Score d'intelligibilité

L'équipe médicale a évalué différents index auprès des patients et des témoins, parmi lesquels le Speech Handicap Index [3][4], sur une échelle de 0 (pas de handicap) à 120 (handicap maximal), des mesure d'intelligibilité et de sévérité de troubles de la parole. La combinaison des différents scores a permis d'établir un grade d'intelligibilité global, sur une échelle de 0 à 10, où 0 correspond à une voix très dégradée, et 10 une voix normale. La classification de quelques patients selon cette échelle est reportée figure 2.

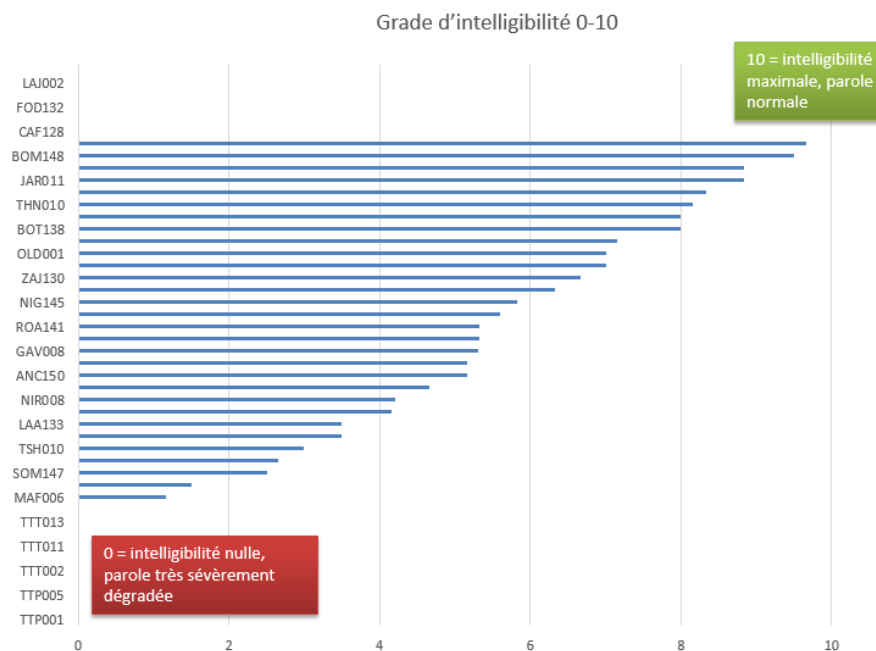


Figure 2 : Classement de 25 patients par échelle d'intelligibilité combinant différents index

Mode opératoire

L'enregistrement de la voix a été conduit selon un protocole et avec un matériel identique, comprenant notamment un /a/ tenu, la lecture d'un texte extrait de la nouvelle « La chèvre de M. Seguin », d'Alphonse Daudet, et la reproduction d'un modèle sonore de 50 pseudo-mots aléatoires. Environ 45 enregistrements ont été utilisés dans cette étude, répartis en 35 patients et 10 témoins. L'analyse a été conduite en utilisant deux types d'outils : l'un ciblé sur le bilan et la rééducation orthophonique VOCALAB [5], l'autre sur l'analyse de la voix OpenSmile [7].

Valeurs de référence

L'enregistrement d'un /a/ soutenu est une mesure très classique du bilan de la voix [5]. Le /a/ est une voyelle ouverte et universelle, la plus riche en harmoniques. Cinq indicateurs de qualité de la voix sont utilisés, comme indiqué au tableau 2, ainsi que la mesure du temps de phonation et d'interruptions éventuelles de phonation. Nous mesurons aussi sur le texte lu la variation du fondamental, en considérant une voix monotone comme <4 notes et hyperprosodique comme >7 notes, le Fondamental Usuel Moyen (FUM) de la voix, ainsi que la distance /s/m/ après segmentation du mot /monsieur/.

Type	Outil	Paramètre	Valeur repère voix normale
/a/ tenu	VOCALAB	Altération de l'attaque	< 1.0
		Instabilité en amplitude	<1.0
		Instabilité en amplitude	<1.0
		Bruit/Signal	<1.0
		Pauvreté harmonique	<1.0
		Durée de phonation	>10 secondes
Texte lu	VOCALAB	Interruptions de phonation	<1%
		Variation du fondamental	>4 notes et <7 notes
		Fondamental Usuel	>170Hz (F)
		Moyen (FUM) de la voix	<160Hz (H)
		Distance /s/m/	>1500 Hz

Tableau 2 : Analyse du /a/ tenu, paramètres évalués et seuils de référence

Egalisation

Plusieurs étapes préliminaires sont nécessaires pour homogénéiser le corpus, fiabiliser le calcul des indicateurs, tout en évitant des biais trop importants dans les statistiques :

- Conversion de tous les fichiers initiaux (44, 48 KHz) en 22 KHz, 16 bit, mono
- Elimination de restes de consignes, de bruits ou de phénomènes parasites pour isoler la voix du patient
- Amplification de certains enregistrements (3 à 15 dB selon les cas) de niveau trop faible, pour passer au-dessus du seuil de détection de l'attaque, du F0 et des harmoniques
- Filtrage du bruit basse-fréquence pour quelques cas, afin de faciliter la détection de F0
- Amplification du F0 dans de rares cas bruités, pour améliorer la détection de F0

Résultats

Nous donnons ci-après différents résultats d'exploitation des fichiers de voyelle /a/ tenue, ainsi que de texte lu (/monsieur seguin.../). D'autres enregistrements tels que des logatomes et de la description de scènes qui font partie du protocole ne sont pas utilisés ici.

Répartition en âge

La figure 3 donne une répartition de l'âge du patient en fonction du fondamental de la voix extrait sur le /a/ tenu. On note une forte concentration de témoins dans la plage 55-75 ans. Les groupes homme/femme sont relativement bien différenciés, avec cependant 2 cas de voix d'homme très aigu, pouvant provenir des conséquences du traitement du cancer, mais aussi d'erreurs de détection ou de mauvaise compréhension du protocole (/a/ chanté dans un registre aigu au lieu d'un /a/ conversationnel).

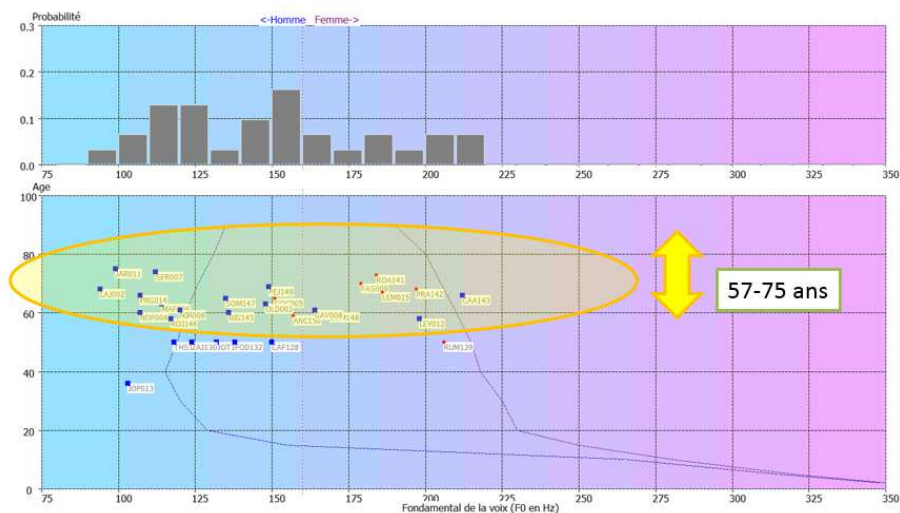


Figure 3 : Positionnement des patients selon la fréquence fondamentale (Axe X) et l'âge (Axe Y)

Analyse du /a/

Les indicateurs d'altération de la voix sont en moyenne tous <1.0 pour le groupe normal (Figure 4), ce qui était le résultat attendu. On note cependant une certaine coloration de l'indicateur de pauvreté harmonique de plusieurs témoins TTT, dont la valeur s'approche de la limite. La calibration de cet indicateur a été effectuée sur un /a/ impliqué, en recherchant la résonance dans un contexte de prise en charge orthophonique, ce qui diffère de la consigne d'un /a/ tenu, demandé lors de l'enregistrement des témoins du projet C2SI.

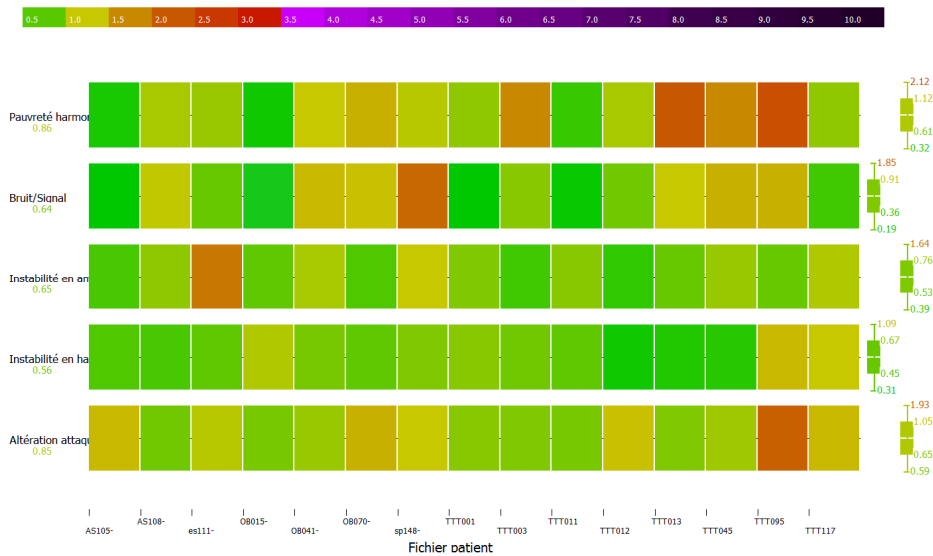


Figure 4: Indicateurs d'altération de la voix des /a/ tenus pour le groupe de 15 témoins [2]

Concernant le groupe des patients, on observe une altération significative de la pauvreté harmonique du /a/ (figure 5), avec une moyenne à 1.76. L'indicateur bruit/signal, mais aussi l'altération de l'attaque et l'instabilité en hauteur sont plus élevés que le seuil normal/altéré.



Figure 5 : Indicateurs d'altération de la voix des témoins - /a/ tenus [2]

La pauvreté harmonique peut se l'altération de l'attaque et l'instabilité en hauteur sont plus élevés que le seuil normal/altéré.

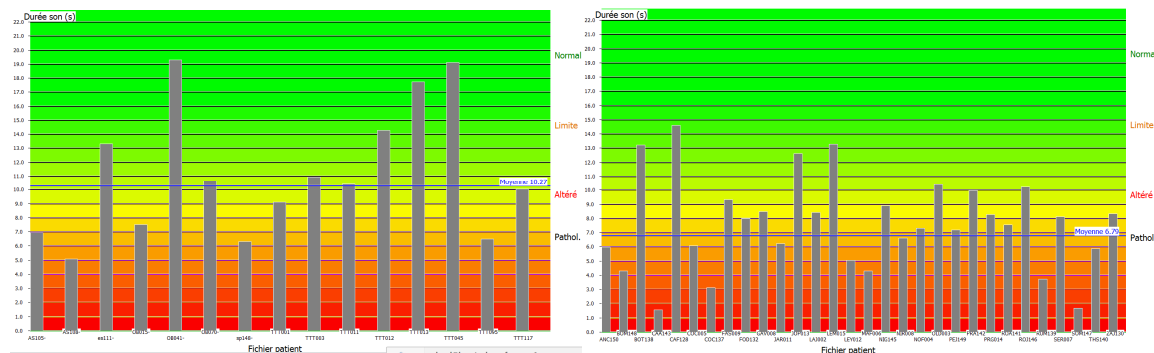


Figure 6 : Durée du /a/ tenu – Groupes témoins (gauche) et patients (droite)

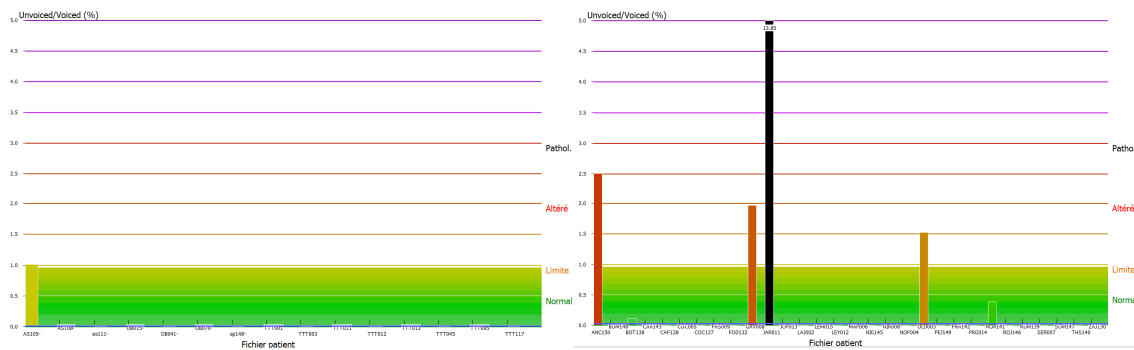


Figure 7 : Interruptions du /a/ tenu – Groupes témoins (a) et patients (b)

La durée du /a/ tenu est révélatrice du rendement vocal et d'éventuelles difficultés à produire un son sur un intervalle de temps significatif. Les repères sont ici ceux du Temps Phonatoire Maximum, ce qui explique l'échelle de couleurs pessimiste. On note une baisse globale de la moyenne du temps de phonation, avec plusieurs cas de phonation très courte chez certains patients (Fig. 6). On ne note aucune discontinuité de phonation du /a/ normal, et 4 cas avec plus de 1% d'interruption de phonation chez les patients.

Analyse long terme moyennée du /a/

La moyenne cumulée du spectre (inspirée du *Long Term Average Speech Spectrum* [6]) de tous les /a/ des témoins et patients permet de reconfirmer la tendance observée par l'indicateur de pauvreté harmonique, c'est-à-dire un appauvrissement significatif de la zone F2-F4, ce qui peut influencer sur l'intelligibilité de la parole, notamment en contexte bruyant et en tentant d'utiliser un registre impliqué : comme indiqué à la figure 8, une réduction de 15dB des composants haute fréquence est observée sur les /a/ patients par rapport aux /a/ témoins.

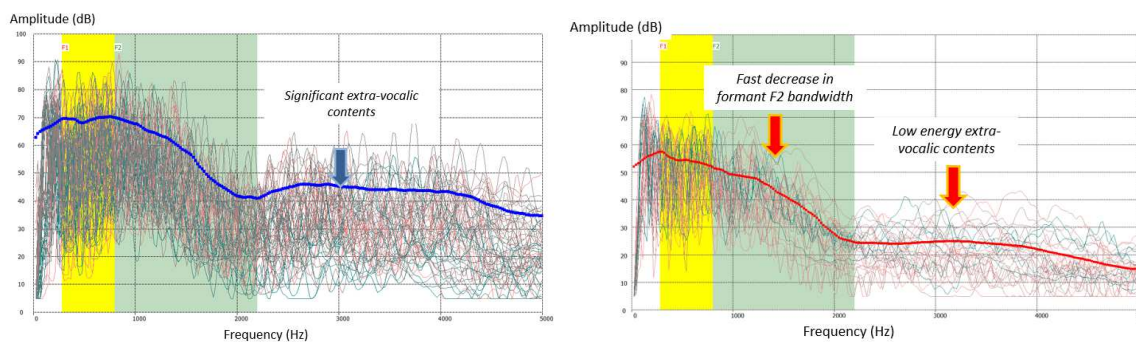


Figure 8 : Moyenne groupée des /a/ tenus – Groupes témoins (a) et patients (b)

Histogramme du fondamental sur un texte lu

L'histogramme du fondamental sur un texte lu /Monsieur Seguin/ d'A. Daudet extrait des *Lettres de Mon Moulin*, permet d'extraire l'excursion typique du F0 exprimé en notes. Le texte n'est pas très équilibré phonétiquement (Figure 9). En particulier, l'un des extrêmes du triangle vocalique /ou/ n'est présent qu'à la deuxième phrase. On note que 'Monsieur' inclut les extrêmes de la banane vocalique, le /m/ le plus basse fréquence et le /s/ la plus haute fréquence.

Monsieur Seguin – A. Daudet,
Lettres de mon moulin

Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres. Il les perdait toutes de la même façon. Un beau matin, elles cassaient leur corde, s'en allaient dans la montagne, et là-haut le loup les mangeait.

/Diadolab/

m e s i e u s e u g i n
n a v è j a m è u d
e b o n e u r a v è k
s é c h è v r
i l l é p è r d è t o u
t d e l a m è m f a s
o n
u n b o m a t i n è l k
a s è l e r k o r d s
a n a l è d a n l a m
o n t a n i e u é l a o
l e l o u l é m a n j è

Voyelles

V	N°
E	4
Eu	3
A	2
I	3
È	10
É	2
O	4
An	2
ou	2
in	1
U	1

Consonnes

C	N°
M	6
s	5
G	1
N	3
V	3
J	2
D	3
B	2
R	3
K	3
Ch	1
L	10
P	1
T	4

Figure 9 : Enregistrement du même texte pour patients et témoins

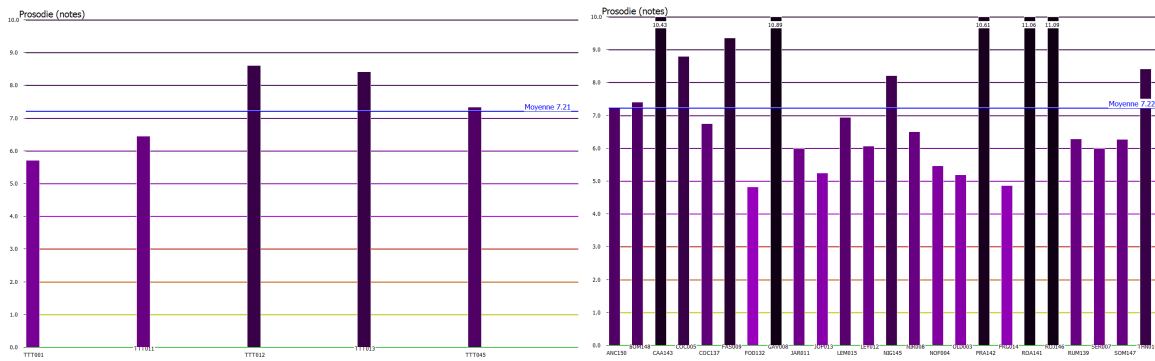


Figure 10: Prosodie en notes du groupe témoin (gauche) et patient (droite)

La comparaison entre le groupe patient et témoin sur la variation de la fréquence fondamentale sur le texte lu ne révèle pas de différence significative (Figure 10), les moyennes étant autour de 7 notes. Cependant, on peut noter un excès de fluctuation (10 à 12 notes) pour certains patients, pouvant indiquer que le patient compense un problème d'articulation par des variations de fondamental au-delà de la moyenne. L'observation sur le /a/, à savoir un appauvrissement harmonique dans la zone F3-F4.

Distance /s/m/

Le concept de triangle vocalique positionne autour des extrêmes des voyelles /a/, /i/ et /ou/ toutes les voyelles de toutes les langues, sous forme d'une représentation que l'on peut raisonnablement corrélérer, d'une part, avec la valeur des formants F1 et F2, de l'autre avec l'ouverture de la bouche et le positionnement de la langue. La figure 11 représente donc deux axes fréquentiels, en X, le formant F2, en Y le formant F1 [5].

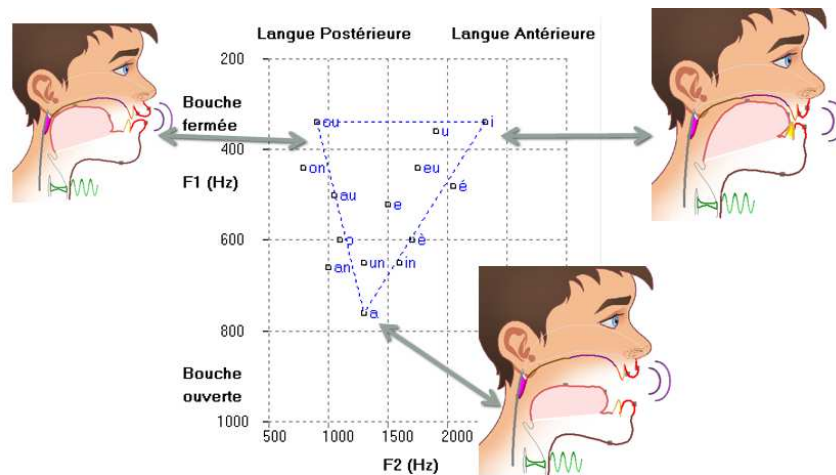


Figure 11: Le triangle vocalique permet de positionner toutes les voyelles de la langue française dans un espace /a/i/ou/ [5]

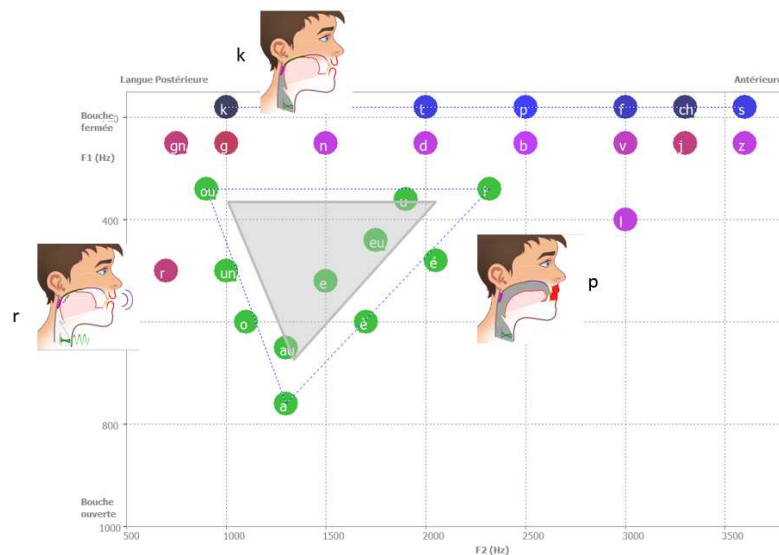


Figure 12: Extension du triangle vocalique pour positionner toutes les voyelles et consonnes de la langue française dans un espace fréquentiel F1/F2

Par extension, on peut placer les consonnes de manière similaire par rapport au positionnement de la langue et l'ouverture de la bouche, ce qui permet de réaliser une représentation mixant l'ensemble des voyelles et des consonnes. Le lien fréquentiel est partiellement perdu pour les consonnes, sauf pour les fricatives dont on peut classer la position horizontale en fonction du maximum d'énergie en fréquence (Figure 12). Les notions de pressions et de voisement sont matérialisées par un jeu de couleurs différentes. Ainsi, le /s/ se situe à l'extrême en termes de fréquence haute, suivi par le /ch/ et le /f/.

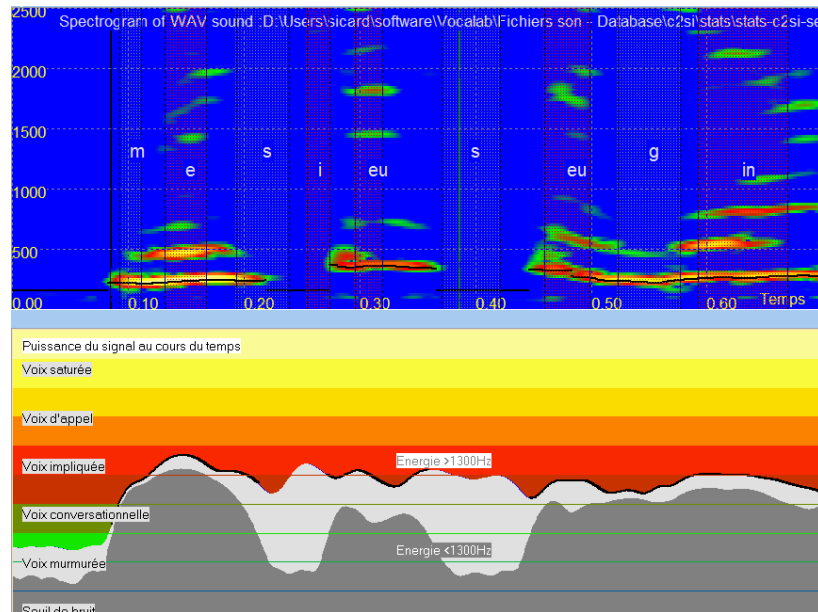
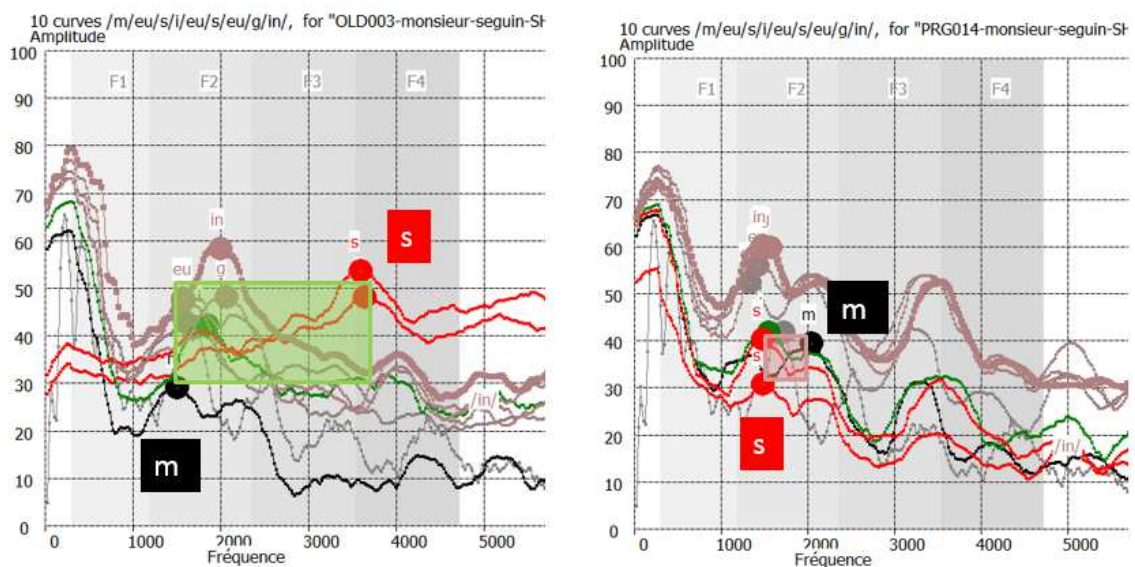


Figure 13: Exemple d'alignement manuel de /monsieur/ sur un texte lu, voix normale

L'alignement manuel d'une portion du texte lu a été réalisé sur l'ensemble des voix normales et pathologiques. Cet alignement pilote le calcul du spectre moyen d'un ensemble de consonnes et voyelles. Le spectre est normalement bien différencié en termes de fréquence d'énergie, avec des extrêmes tels que le /s/ et le /m/ (Points rouge et noir de la Figure 14). Le /s/ a un maximum à la plus haute fréquence (zone indicative F3-F4), le /m/ à la plus basse fréquence (zone indicative F1-F2). Nous pouvons constater que la distance fréquence se réduit, voire s'annule ou s'inverse pour les voix pathologiques, comme illustré à la figure 14-b.



(a) Voix normale

(b) Voix Pathologique

Figure 14: Spectre moyen des consonnes et voyelles de /monsieur seguin/, avec localisation du /s/ et /m/ pour un cas de voix normale avec une distance /s/m/ supérieure à 2500 Hz (gauche) et pathologique (droite) avec une distance /s/m/ négative (-500 Hz)

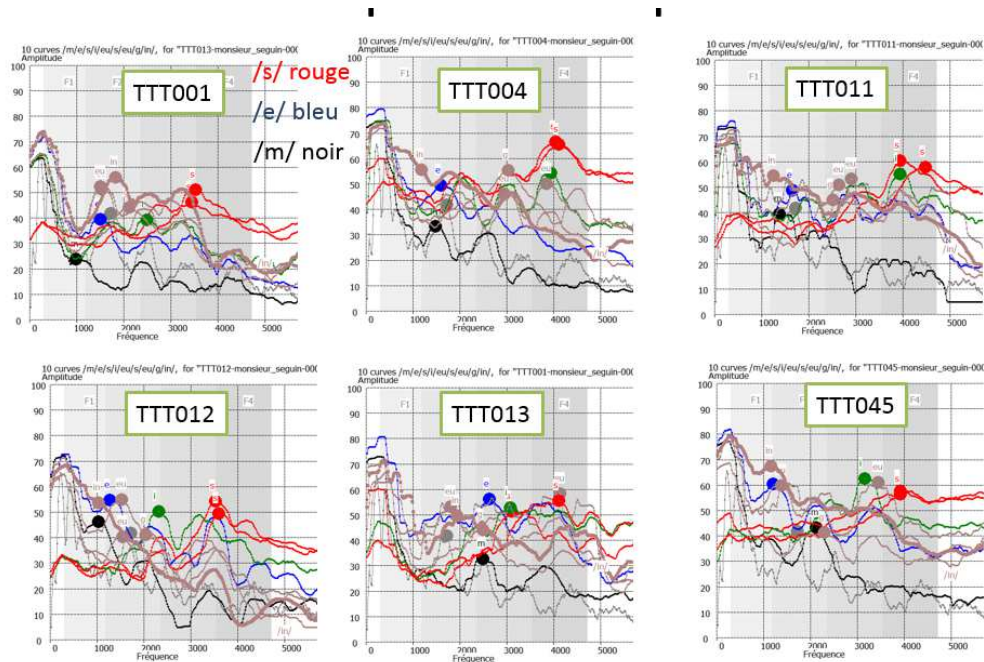


Figure 15: Différentiation des voyelles et consonnes en fréquence – groupe témoin

Nous présentons à la figure 15 une sélection de courbes de densité spectrales issues de la segmentation de /monsieur seguin/ pour 6 cas du groupe témoin. Si l'on observe des différences importantes dans la forme des spectres, en lien avec le timbre, le sexe et l'âge du patient, la distance fréquentielle /s/m/ est bien nette, et largement au-dessus de 1500 Hz. Elle est cependant moins nette en amplitude (Axe des Y), avec une grande variabilité des valeurs.

Les voix pathologiques se distinguent certes par la pauvreté harmonique déjà observée sur le /a/, ce qui s'illustre ici par une tendance à la décroissance rapide de l'énergie en fonction de la fréquence. L'appauvrissement harmonique n'est toutefois pas un facteur suffisant pour compromettre l'intelligibilité.

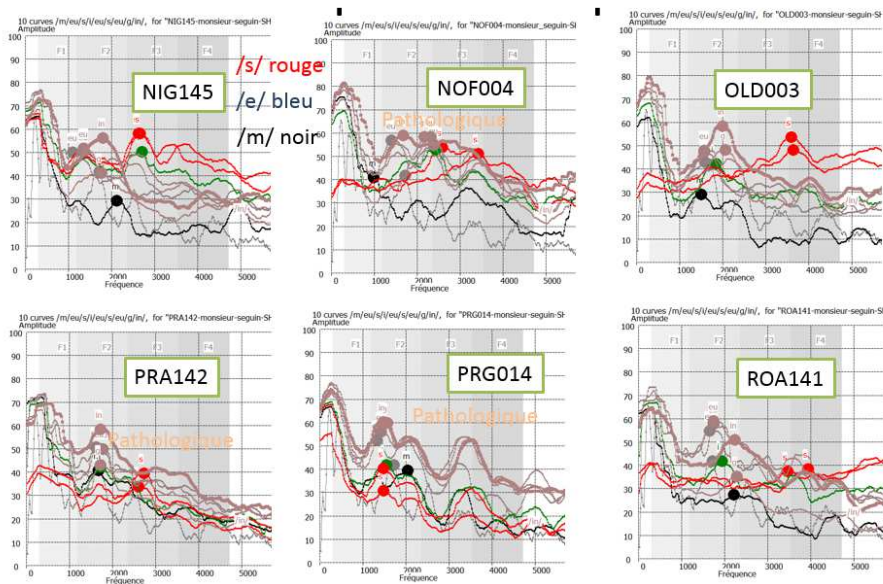


Figure 16: Analyse du spectrogramme des voyelles et consonnes de « Monsieur Seguin »

En effet, certains patients, malgré une énergie concentrée sur F1-F2, ont des spectres bien différenciés (OLD003, ROA141, NIG145). En revanche d'autres patients tels que NOF004 ou PRA142 ont des trajectoires de voyelles et consonnes assez confuses, avec des distances /s/m/ faibles voire négatives (Figure 16).

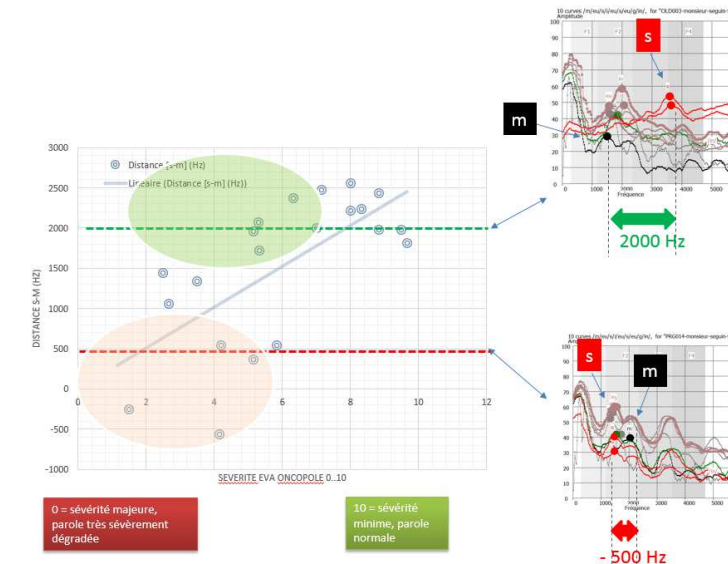


Figure 17: Corrélation entre sévérité et distance /s/m/

PATIENT	Sexe	Age	FUM	FUM STD Indic	INTEL Score 0..10	/s/M/ (dB)	/s/M/ (Hz)
ANC150	F	59	226	1,06	5	-4,24	366
BOM148	F	60	224	0,88	10	26,17	1981
BOT148	M	50	179	0,73	8	12,53	2562
CAA143	F	66	284	0,82	5	2,72	1960
COC005	F	65	215	0,69	7	13,28	2003
COC137	F	50	200	0,91	4	18,51	2347
FAS009	F	70	226	0,81	4	19,33	1335
FOD132	M	50	161	1,09	n.a	28,68	2670
GAV008	F	61	192	0,47	5	28,91	2067
GUY016	M	69	134	1,21	n.a	28,68	2670
JAR011	M	75	97	1,24	9	25,96	1981
JOP013	M	36	122	0,97	10	33,39	1809
LEM015	F	67	237	1,16	8	24,22	2239
LEY012	M	58	134	0,84	6	34,8	2369
NIG145	M	60	164	0,75	6	28,63	538
NIR008	M	61	146	1,15	4	28,63	538
NOF004	M	60	143	1,5	9	12,83	2433
OLD003	M	63	139	1,64	n.a	24,76	2089
PRA142	F	68	231	0,91	3	-1,18	1055
PRG014	M	66	101	1,38	4	0,82	-560
ROA141	F	73	187	0,46	5	11,1	1723
ROJ146	M	58	139	0,63	7	10,95	2476
RUM139	F	50	228	0,91	8	13,76	2218
SER007	M	74	137	1	1	-2,24	-258
SOM147	M	65	117	1,3	2	17,4	1443
THS140	M	50	130	1,53	n.a	14,81	-43

Tableau 3 : Détail des paramètres évalués sur des /a/ tenus et textes lus pour chaque patient

Discussion

Nous obtenons une corrélation de 0.67 entre l'indice d'intelligibilité et la distance /s/m/, comme illustré figure 17. Ainsi, une distance fréquentielle importante entre les extrêmes de la banane vocalique assure une bonne intelligibilité de la parole, tandis qu'une distance /s/m/ faible voire négative compromet l'intelligibilité. Par contre, la pauvreté harmonique détectée sur les /a/ et texte lu chez les patients ne présage pas d'une mauvaise intelligibilité (Figure 18). Ainsi on ne trouve pas de corrélation significative entre ces facteurs, même si l'on peut craindre qu'une voix pauvre en harmoniques résonne peu, ce qui représente un handicap pour les professionnels de la voix.

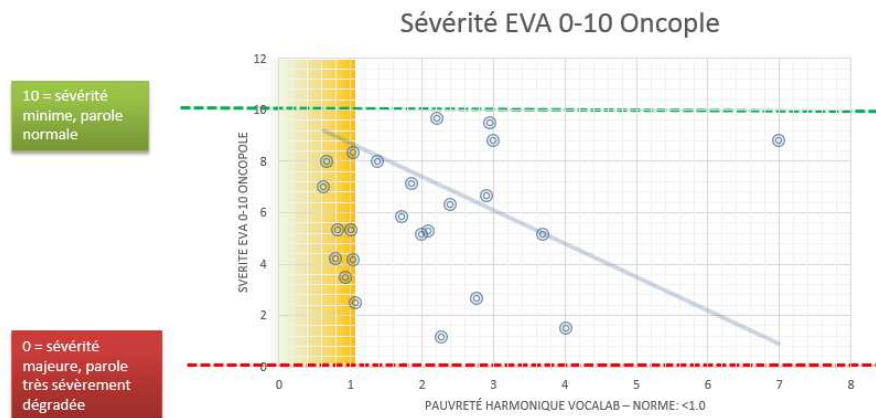


Figure 18 : Corrélation faible entre sévérité et pauvreté harmonique

Les enregistrements de voix normales et de patients devraient se poursuivre au cours de l'année 2017 pour permettre d'atteindre l'objectif initial fixé à au total plus de 100 cas, permettant de garantir une bonne représentativité des études statistiques. Le projet C2SI a aussi permis de développer dans VOCALAB différents outils nouveaux d'analyse statistique, qui seront prochainement mis à la disposition des orthophonistes, et devraient être réutilisés dans le cadre d'autres études, telles que les voix de patients atteints de syndromes Parkinsoniens. Nous donnons au tableau 4 une synthèse des différents paramètres étudiés en lien avec l'exploitation de 10 cas du corpus témoin et 30 cas de pathologies d'origine cancéreuse. Parmi les indicateurs significatifs, on note une pauvreté harmonique marquée, une durée de phonation courte, et une distance entre les consonnes /s/ et /m/ faible.

Type	Paramètre	Groupes témoin	Patients C2SI
/a/ tenu	Altération de l'attaque	Normal	Altéré
	Instabilité en hauteur	Normal	Altéré
	Instabilité en amplitude	Normal	Normal
	Bruit/Signal	Normal	Altéré
	Pauvreté harmonique	Normal	Pathologique
	Durée de phonation	Normal	Altéré
	Interruptions de phonation	Aucune	Rares
Texte lu	Analyse long terme	Normal	Formant extra vocalique atténué
	Variations du fondamental	Normale	Normale
	Fondamental de la voix	Normal	Rares cas altérés
	Distance /s/m/	Elevée	Souvent faible voire nulle

Tableau 4 : Synthèse des paramètres évalués sur des /a/ tenus et textes lus

Conclusion

L'analyse des voix de patients ayant été atteints et traités pour un cancer ORL a permis de dégager quelques tendances : une pauvreté harmonique marquée associée à une instabilité en hauteur et intensité un peu élevée, un histogramme du fondamental sur un texte lu normal, et une faible différenciation fréquentielle entre voyelles et consonnes, notamment dans la zone F3-F4, laissant craindre des confusions dans la perception des pseudo-mots et une perte d'intelligibilité. On note aussi une faible différenciation fréquentielle des voyelles et consonnes extrêmes (notamment /s/m/) pour plus de 50% des cas, corrélée avec la perte d'intelligibilité.

Références :

- [1] <https://www.irit.fr/recherches/SAMOVA/pagec2si.html>
- [2] BRIERLEY J. D. (2016), TNM Classification of Malignant Tumours, 8th Edition, Wiley, Blackwell, ISBN: 978-1-119-26357-9
- [3] RINKEL (2008), "Speech Handicap Index in patients with oral and pharyngeal cancer: better understanding of patients' complaints", *Head Neck*. 30(7):868-74
- [4] DEGROOTE (2010), "Le Speech Handicap Index, adaptation française, validation et comparaison avec le Voice Handicap Index », SFPPC 2010
- [5] MENIN-SICARD A., SICARD E., (2016) "Evaluation et réhabilitation de la voix - Approche clinique et objective", De Boeck Supérieur, ISBN 9782353273188, 288 pp.
- [6] LEINO, T. (2009), "Long-Term Average Spectrum in Screening of Voice Quality in Speech", *Journal of Voice*, Volume 23, Issue 6, pp. 671-676
- [7] GLOINEC B., (2016). "Development of Methods to Characterize the Intelligibility of Patients Recovering from Throat Surgery", Master 2 report, INP-ENSEEIH T Toulouse, Sept. 2016
- [8] OSTA A. (2010), « Intérêts et limites de l'analyse acoustique dans la prise en charge orthophonique des pathologies vocales d'origine cancéreuse », *Rééducation Orthophonique* - N° 243 - septembre 2010
- [9] SICARD E., MENIN-SICARD A., PERRIERE S., DAUMET M., BARBERA O. (2017) "Evaluation de la voix avant/après suivi orthophonique - à propos de la méthodologie d'évaluation et de la fiabilité des mesures chiffrées", XVIIèmes Rencontres internationales d'orthophonie, Dec. 2017, Paris