



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Université de Lorraine
Faculté de pharmacie**

**Etude qualitative des effets des paramètres de
compression sur la transmission des sons de
parole et de bruit par une aide auditive de
dernière génération**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme
d'Etat d'Audioprothésiste**

Par

Clémence ARNOULT

Maître de mémoire : M. Christian RENARD

Année 2015

A Monsieur Christian RENARD,

Pour son soutien lors du choix de ce sujet d'étude. Je pense que personne d'autre n'aurait pu le concevoir avec un tel enthousiasme face à l'envergure du travail que cela nécessitait.

Merci pour le temps accordé et pour la guidance tout au long de l'avancement de ce mémoire. Je vous remercie d'avoir mis à ma disposition autant de ressources techniques et humaines pendant toute la durée de mon étude. J'ai eu beaucoup de chance de vous avoir comme mentor, vous, qui avez soutenu une grande partie de mes idées de mesures acoustiques et avez su m'aider à me réorienter quand ce fut nécessaire, de manière à concevoir des expérimentations plus pertinentes. Merci de m'avoir fait profiter de vos connaissances en terme de traitements du signal ainsi que de votre insatiable curiosité, qui ont été des atouts précieux lors de l'élaboration des nombreuses mesures acoustiques réalisées dans le cadre de ce mémoire.

A Monsieur le Professeur Joël DUCOURNEAU,

Pour ses judicieux conseils qui m'ont aidée à préciser l'objet de cette étude.

Je vous suis sincèrement reconnaissante de la quantité et de la qualité du matériel technique que vous avez mises en oeuvre pour réaliser les différentes mesures acoustiques de ce travail.

Je vous adresse un chaleureux remerciement pour le temps dont j'ai pu bénéficier pour effectuer des analyses spectrales sur le KEMAR au sein des locaux de la faculté de Pharmacie de Nancy.

Merci de m'avoir appuyée à chaque fois que des mesures acoustiques supplémentaires furent nécessaires.

Je vous suis grée de votre aide régulière ainsi que de votre disponibilité tout au long de ce travail.

Je vous remercie du temps que vous avez consacré aux dernières corrections et relectures. Elles m'ont permis d'améliorer notablement la rédaction de ce mémoire.

A Mes Parents,

Pour m'avoir toujours soutenue dans mes choix, notamment dans celui de reprendre des études.

Pour m'avoir donné les moyens d'y arriver.

A Paul,

Tu m'as permis de croire en moi-même. Merci pour ta patience et ton soutien pendant toute cette année. La distance n'affaiblit en rien ta bienveillance quotidienne.

Sommaire

Introduction	1
Partie théorique	3
I. Généralités sur les sons	3
A. Les sons périodiques	3
1. Le son pur	4
2. Le son wobulé	4
3. Les sons périodiques complexes	4
B. Les sons aléatoires	4
1. Les sons stables	5
2. Les sons fluctuants	5
3. Les sons impulsionnels	5
II. Représentation graphique des sons	5
A. Le spectre	5
B. La représentation temporelle	5
C. Le spectrogramme	6
II. Rappel de phonétique	6
A. Les phonèmes	6
B. Les voyelles	7
1. Traits articulatoires	7
2. Traits acoustiques	7
C. Les consonnes	7
1. Traits articulatoires	8
2. Les traits acoustiques	9
D. Les indices acoustiques	9
E. Les paires minimales	10
IV. Le signal de parole	11
A. Caractéristiques physiques	11
1. Au niveau temporel	11
2. Enveloppe de la parole à long terme	11
B. Décomposition d'un signal de parole	11
1. La structure fine	12
2. L'enveloppe temporelle	12
C. Perception de la parole par le cerveau : le codage neural	13
V. Le signal de bruit	13
A. Définition	13
B. Quelques mots sur le traitement du bruit par le cerveau	13
1. L'effacement du bruit de fond	13
2. L'émergence d'un son informant du bruit de fond	14
C. Le bruit de cocktail party	14
VI. Perception de la parole dans le bruit	14
A. Analyse en flux auditifs	14
1. Définition	14
2. Les indices spectraux	15

3. Les indices temporels	15
B. Mécanisme de démasquage	15
1. Définition	15
2. Paramètres du bruit masquant	15
3. Nature des indices auditifs	16
C. Autres mécanismes jouant un rôle lors de la perception de la parole dans le bruit	16
VII. Rappel de quelques traitements du signal utilisés dans la prothèse auditive	16
A. La compression d'entrée ou AGC-i (Automatic Gain Control input)	16
1. Facteur ou taux de compression	17
2. Seuils d'enclenchement de la compression	17
3. Constantes de temps	18
B. La compression de sortie ou AGC-o (Automatic Gain Control output)	19
C. Interaction entre les réglages et visualisation grâce au logiciel Spectra Plus	20
VIII. Rappel des méthodologies de présélection	20
A. Rappel succinct des méthodologies de présélection	20
1. Objectif	20
2. Les principaux courants de pensée à l'origine des différentes méthodologies	20
3. Méthodologies présentes aujourd'hui au sein des appareils de correction auditive	21
B. La méthodologie du pré-réglage de RENARD (1978)	21
1. Origine	21
2. Principes	22
3. Pré-requis	22
4. Intérêts	22
Protocole expérimental	23
I. Objectif de ce mémoire	23
II. Les mesures acoustiques et les tests effectués	24
III. La patiente test, Mlle L.	24
IV. Dispositif	25
A. Le KEMAR destiné aux tests in situ	25
1. Le local	25
2. Le matériel	25
3. La disposition	26
4. La calibration	26
5. Positionnement des appareils sur le KEMAR	27
B. La cabine insonorisée destinée à tester la patiente	27
V. Les appareils utilisés et leurs réglages	28
A. Les appareils auditifs	28
B. Les réglages insérés	28
1. Réglages servant de base et méthode de pré-réglage	28
2. Particularités des réglages étudiés	29
3. Les étapes de ces réglages	29
4. Les algorithmes de traitement du signal utilisés	30
VI. Le matériel sonore utilisé	31
A. Liste de paires minimales de Beraha	31
B. Les environnements bruyants étudiés	31
C. Association du matériel vocal et des bruits	32

D. Particularités des environnements sonores sélectionnés	32
Etude préliminaire des traitements du signal utilisés	36
I. Etude du True Ear par comparaison au mode test	36
A. Protocole expérimental	36
B. Résultats en mode test	36
C. Résultats en True Ear	37
1. Comparaison des spectres obtenus en mode test et en True Ear pour chaque azimut	37
2. Discussion	40
3. Conclusion	42
II. Etude du réducteur de bruit TPB	43
A. Données du fabricant SIEMENS	43
B. Comportement du réducteur de bruit	43
1. Ambiance sonore de rame de métro	44
2. Ambiance sonore d'une salle de jeux pour enfants	44
3. Ambiance sonore de restaurant	44
4. Remarques	44
C. Etude de l'action du réducteur de bruit TPB en linéaire (sans compression) sur différentes sources sonores	45
1. Protocole expérimental commun aux différentes mesures	45
2. Etude de l'action du TPB sur différents environnements sonores	46
3. Etude de l'action du TPB sur des sons purs wobulés	48
4. Etude de l'action du TPB sur différents niveaux d'intensité en entrée	53
D. Etude de l'action du réducteur de bruit TPB sur différentes sources sonores avec compression	57
1. Protocole	57
2. Résultats	57
3. Analyse	57
E. Récapitulatif	58
F. Remarque	60
G. Conclusion	61
Etude préliminaire de l'action des paramètres de compression étudiés	62
I. Données du fabricant	62
A. Compression rapide, Syllabic	62
B. Compression lente, Dual	62
II. Protocole	63
A. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées	63
B. Rappel des programmes choisis pour l'étude expérimentale de ce mémoire	63
C. Déroulement de chaque étude	64
III. Etude sur un matériel sonore classique	64
A. Etude des niveaux de sortie sur chaîne de mesure	64
1. Protocole	64
2. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées	65
3. Visualisation de ces effets avec le second jeu de programmes	67
B. Etude d'un bruit blanc continu	68
1. Protocole	68
2. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées	69

3. Visualisation de ces effets avec le second jeu de programmes	73
C. Conclusion	73
1. Dual versus Syllabic	73
2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs	74
IV. Etude sur le matériel sonore utilisé pour l'audiométrie vocale dans le bruit	75
A. Etude sur un mot de type CVC (Consonne-Voyelle-Consonne) : « cil »	75
1. Protocole	75
2. Visualisation des effets obtenus avec les programmes dont les paramètres de compression sont élevés	75
3. Visualisation de ces effets avec le second jeu de programme	77
B. Etude sur les spectres de bruits	79
1. Protocole	79
2. Pré-requis à l'étude des bruits	79
3. Emission des bruits à 55 dB SPL	80
4. Emissions des bruits à 40 dB SPL	90
C. Conclusion	94
1. Dual versus Syllabic	94
2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs	94
V. Conclusion générale de l'étude préliminaire des paramètres de compression étudiés	95
A. Dual versus Syllabic	95
B. Ck dégressifs versus Ck à 20 dB	95
C. Incidence sur la perception des sons de parole	96
1. Dual versus Syllabic	96
2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs	96
Synthèse des études préliminaires	97
I. Synthèse de l'étude préliminaire sur les traitements du signal	97
A. Le mode microphonique TRue Ear	97
B. Le réducteur de bruit Traitement de la Parole et du Bruit (TPB)	97
II. Synthèse de l'étude préliminaire sur les paramètres de compression étudiés	98
A. Compression de type Dual ou de type Syllabic	99
B. Ck à 20 dB ou dégressifs	99
III. Conclusion	99
Etude expérimentale	101
I. Audiométrie vocale dans le bruit	101
A. Protocole	101
B. Résultats	101
1. Résultats bruts : erreurs commises	101
2. Résultats avec prise en compte des traits acoustiques erronés	104
C. Analyse	110
1. Analyse par nombre d'erreurs	111
2. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par programme	111
3. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par type de compression	114
4. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par réglage de seuils d'enclenchement	115
5. Analyse qualitative des omissions par les indices acoustiques	116

6. Analyse quantitative des omissions par programme	117
7. Analyse quantitative des omissions par type de compression	117
8. Analyse quantitative des omissions par réglage des seuils d'enclenchement	118
D. Conclusions partielles	118
1. Dual versus Syllabic	118
2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs	118
E. Conclusion générale	119
II. Mesures acoustiques illustrant les effets des différents types de compression en milieu bruyant	119
A. Protocole	120
1. Objectif	120
2. Principe	120
3. Création des fichiers sonores	120
4. Appareil et réglages utilisés	121
5. Déroulement des tests	121
B. Pré-requis : analyse du matériel vocal « oreille nue du KEMAR »	122
1. Le mot « soupe »	122
2. Le logatome « oufou »	123
3. Le logatome « sasse »	123
C. Résultats	124
1. Spectrogrammes du mot « soupe » + bruit blanc	124
2. Spectrogrammes du logatome « oufou » + bruit blanc	126
3. Spectrogrammes du logatome « sasse » + bruit blanc	127
D. Analyse	128
1. La compression Syllabic	129
2. La compression Dual	130
E. Conclusion	133
III. Questionnaire et discussion qualitative	133
A. Protocole	133
B. Dans le calme	134
C. Dans les différents bruits seuls	134
D. Lors d'une discussion à voix moyenne sur fond des environnements sonores étudiés	135
IV. L'effet de pompage sur le KEMAR	137
A. Protocole	137
B. Résultats	138
1. Représentations temporelles obtenues avec le réglage par bandes du TPB (min, max, max, max)	138
2. Représentations temporelles obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB	146
3. Représentations temporelles obtenues lorsque le TPB est désactivé	154
C. Analyse	161
1. Réducteur de bruit réglé par bande (min, max, max, max)	161
2. Réducteur de bruit réglé au maximum en bande large	162
3. Réducteur de bruit inactif	162
D. Conclusion partielle	163
1. Réducteur de bruit réglé par bandes	163
2. Réducteur de bruit au maximum	163
3. Réducteur de bruit rendu inactif	164

E. Conclusion générale	164
Discussion	165
Conclusion	169
Bibliographie	171

Introduction

La réglementation définit l'audioprothésiste par : « *toute personne procédant à l'appareillage des personnes déficientes de l'ouïe* ». Le terme appareillage est lui-même défini ensuite comme comprenant « *le choix, l'adaptation, la délivrance, le contrôle d'efficacité immédiate et permanente de la prothèse auditive et l'éducation prothétique du déficient de l'ouïe appareillé* » [1]. Cette définition nous donne un aperçu de la prise en charge et de l'accompagnement que sous-entend l'appareillage d'un patient malentendant. Néanmoins, aussi vastes que puissent paraître les domaines en lien avec ce suivi, le champ d'action de l'audioprothésiste se soldera toujours par l'introduction de réglages au sein d'un appareil électronique de correction auditive.

C'est la raison pour laquelle des méthodologies de réglages ont vu le jour et ont évolué, afin de servir de base à l'audioprothésiste dans l'élaboration de chaque appareillage. Depuis l'apparition des appareils numériques, les progrès technologiques se sont multipliés et les algorithmes présents à l'intérieur des prothèses auditives n'ont cessé de se perfectionner. Parallèlement à ces évolutions, la prise en compte du patient en tant qu'individu singulier reste un invariant indéniable dans la réussite de l'appareillage.

Ainsi, pour un jeune audioprothésiste, la connaissance de ces différentes méthodes et la compréhension des algorithmes actuels sont primordiales pour procéder à des choix éclairés à chaque étape de l'appareillage et ce, pour chacun de nos patients.

Lors de la formation d'audioprothésiste, les enseignements théoriques et pratiques se côtoient dans un objectif de complémentarité, mais parfois, il arrive que certaines informations inculquées soient contradictoires.

C'est pourquoi, nous avons décidé de profiter de ce mémoire pour approfondir nos connaissances en terme de réglages, en testant finement et de manière qualitative, les effets de deux paramètres de compression dans des environnements bruyants proches du réel. Il s'agira en effet, de définir l'impact du type de compression, lente ou rapide, ainsi que des seuils d'enclenchement de cette compression sur l'intelligibilité dans le bruit.

Pour répondre à cette problématique, nous mettrons en corrélation des mesures acoustiques obtenues par l'intermédiaire d'une tête artificielle de KEMAR, avec des tests cliniques effectués sur une patiente-test malentendante appareillée.

Après un rappel succinct de certaines notions indispensables dans une première partie théorique, nous présenterons, dans un second temps, le protocole expérimental, qui regroupera l'ensemble du matériel aussi bien technique que sonore, dont nous nous sommes servis, ainsi que le déroulement des différentes expérimentations que nous avons conduites.

Nous réaliserons ensuite deux études préliminaires permettant de dissocier l'effet de chaque algorithme susceptible d'interférer au sein même de notre étude expérimentale.

C'est par cette étude que nous tenterons d'objectiver par des mesures acoustiques certains effets et ressentis constatés en clinique lors des tests réalisés sur notre patiente.

L'ensemble des résultats récoltés tout au long de ce mémoire nous permettra d'établir une discussion construite sur les effets engendrés par les paramètres de réglages étudiés et de tirer des conclusions.

Partie théorique

La partie théorique de ce mémoire sera consacrée aux rappels de différentes notions acoustiques, phonétiques, et audioprothétiques nécessaires à la compréhension de notre étude.

Dans un premier temps, nous réaliserons un bref rappel sur les sons ainsi que leurs représentations graphiques que nous ne cesserons d'interpréter tout au long de notre étude à partir d'un logiciel d'analyse spectrale, Spectra Plus.

Une partie de notre étude expérimentale portera sur une analyse par traits et indices acoustiques des confusions phonétiques commises par une patiente-test lors d'une audiométrie vocale dans le bruit.

C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire d'effectuer un rappel des différentes caractéristiques des phonèmes.

De même, la compréhension du message d'un interlocuteur en milieu bruyant fait intervenir deux éléments : un signal de parole et du bruit. Nous traiterons dans cette partie ces deux notions, la façon dont chacune d'entre elles est analysée seule par le cerveau, ainsi que les mécanismes qui nous permettent de décoder un signal de parole quand il est émis en présence de bruit.

Notre objet d'étude porte sur deux paramètres de compression : le type de compression utilisé et les seuils d'enclenchement de cette compression. Nous redéfinissons donc clairement ces points ainsi que les différents traitements du signal que nous sommes susceptibles d'utiliser. Nous évoquerons l'éventualité d'une interaction entre ces algorithmes et l'intérêt d'un logiciel d'analyse spectrale pour la visualiser.

Finalement, toutes études d'un paramètre de réglages d'un appareil de correction auditive nécessite l'insertion préalable d'une méthode de pré-sélection. Nous rappellerons brièvement l'ensemble de ces méthodes pour approfondir celle que nous avons employée.

I. Généralités sur les sons

Il existe différents types de sons [2].

A. Les sons périodiques

Un son périodique est un phénomène sonore qui se caractérise au niveau temporel par une onde sinusoïdale.

1. Le son pur

C'est un son périodique dont le spectre se compose idéalement d'une raie unique c'est-à-dire d'une seule fréquence.

2. Le son wobulé

Définition

C'est un son pur modulé en fréquence. Son spectre se compose de la raie spectrale centrale correspondant au son pur, de part et d'autre de laquelle se trouvent symétriquement d'autres raies spectrales moins intenses.

Utilité

Ce son est particulièrement utilisé en audioprothèse pour l'audiométrie tonale en champ libre dans le but d'éviter la création d'ondes stationnaires d'une part, et pour son caractère réactogène, d'autre part.

Les ondes stationnaires

Ces ondes sont la résultante de la réflexion d'un son sur une paroi. Celle-ci entraîne alors la formation locale de zones dont l'intensité acoustique diffère selon si l'on se trouve au sein d'un ventre, zone où l'amplitude de l'intensité acoustique est maximale, ou au sein d'un noeud, zone où l'amplitude de l'intensité acoustique est nulle.

3. Les sons périodiques complexes

Ce sont des sons périodiques dont le spectre se compose de plusieurs raies spectrales correspondant à une fréquence fondamentale et des harmoniques, multiples entiers de la fondamentale. Ils correspondent aux sons musicaux.

B. Les sons aléatoires

Ce sont des sons dont les variations de pression acoustique sont aléatoires. Ils peuvent contenir des variations brusques qu'on appelle transitoires.

1. Les sons stables

Définition

Les sons sont dits stables quand leurs variations d'intensité acoustique ne dépassent pas 3 dB SPL.

Le bruit blanc

C'est un bruit aléatoire stable qui comporte la même énergie par fréquence (densité spectrale plate en dB/Hz). Chacune d'entre elles a la même équiprobabilité d'apparition. Comme la bande passante double d'un octave à l'autre, son énergie croît proportionnellement de 3 dB en dB/oct.

2. Les sons fluctuants

Par opposition aux sons stables, ce sont des sons qui fluctuent de plus de 3 dB pendant leur durée d'émission.

3. Les sons impulsionnels

Ils sont caractérisés par un délai d'apparition très bref. Au niveau fréquentiel, ils correspondent donc à des spectres large bande, d'autant plus large que leur durée d'émission se rapproche de 0.

II. Représentation graphique des sons [3a]

A. Le spectre

Le spectre nous permet de visualiser l'énergie d'un son en fonction des fréquences qui le composent. Le spectre nous communique donc des informations sur la structure fine de notre signal.

B. La représentation temporelle

La représentation temporelle ou signal temporel représente l'énergie du signal en fonction du temps. L'enveloppe de cette énergie est appelée enveloppe temporelle. Nous l'obtenons par la transformée de HILBERT.

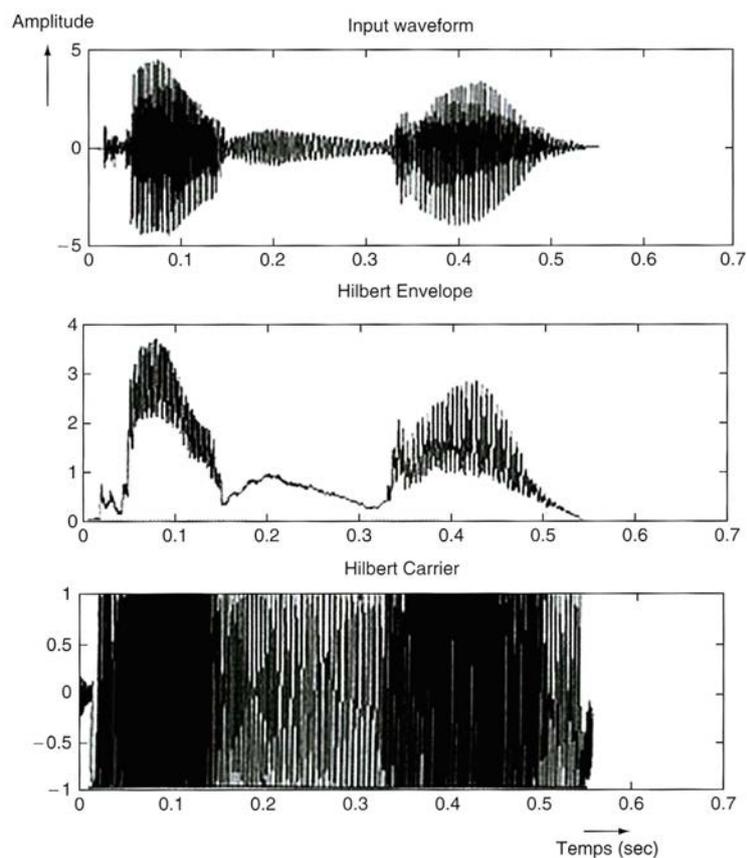


Figure n°1 : Signal d'onde (en haut), enveloppe temporelle (au milieu « Hilbert Envelope ») et structure temporelle fine (en bas : « Hilbert carrier ») du logatome /aba/ prononcé par une locutrice française dans le silence. D'après LORENZI C., et al. (2006) [4]

C. Le spectrogramme

Le spectrogramme ou sonagramme permet une visualisation en trois dimensions de notre signal avec les fréquences en ordonnée, le temps en abscisse et l'intensité énergétique représentée par une échelle de couleur.

III. Rappel de phonétique

A. Les phonèmes [5]

Un phonème est la plus petite unité distinctive de la langue. C'est la réalisation d'un son.

Les phonèmes se composent des consonnes et des voyelles qui, eux même, sont caractérisés par des traits acoustiques et des traits articulatoires.

Les traits articulatoires sont ceux qui rendent compte de l'articulation du phonème au sein de l'appareil supra-laryngé tandis que les traits acoustiques permettent la reconnaissance du phonème sur un spectrogramme.

B. Les voyelles

1. Traits articulatoires [3b]

L'articulation des voyelles se définit par :

- la position de la langue : antérieure, centrale ou postérieure,
- le degré d'ouverture de la cavité buccale : d'ouvert à fermé,
- le degré d'arrondissement des lèvres ou protrusion,
- le trait de nasalité qui indique le passage ou non de l'air dans les cavités nasales.

2. Traits acoustiques [3c] [5a]

Les voyelles sont caractérisées par leurs formants. Ce sont des zones fréquentielles de renforcement, marqué en intensité et en durée, des impulsions laryngées. Les premier et deuxième formants sont indispensables pour identifier la voyelle. Le troisième, aussi appelé formant supérieur, a une importance moindre et participe plutôt à la coloration du timbre propre à chaque voix. Néanmoins, il reste pertinent dans l'identification de certaines voyelles comme le [i] (F3 à 3200 Hz).

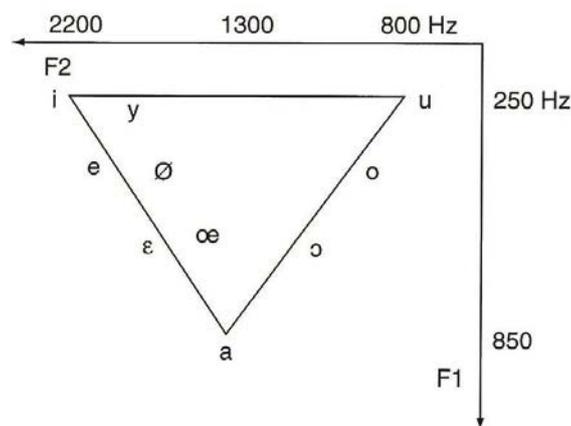


Figure n°2 : Triangle vocalique de Hellwag [6a]

C. Les consonnes

La langue française comporte 18 consonnes.

1. Traits articulatoires [3b]

On distingue quatre traits articulatoires qui permettent de caractériser les consonnes :

- le lieu d'articulation,
- le mode d'articulation,
- le trait de voisement,
- le trait de nasalité.

Le lieu d'articulation

Il correspond au point de constriction maximale. On distingue :

- les labiales : [p] ; [b] ; [m],
- les dentales : [t] ; [d] ; [n],
- les labio-dentales : [f] ; [v],
- les alvéolaires : [s] ; [z] ; [l] ; [r],
- les vélares : [k] ; [g] ; [ŋ],
- les palatales : [ʃ] ; [ʒ] ; [ɲ].

Le mode de constriction

Il exprime la manière dont est modifié le passage de l'air au point de constriction maximale. On distingue :

- les occlusives qui se caractérisent par une interruption du passage de l'air : [p] ; [b] ; [t] ; [d] ; [k] ; [g],
- les fricatives qui se caractérisent par une forte obstruction du passage de l'air sans interruption : [f] ; [v] ; [s] ; [z] ; [ʃ] ; [ʒ],
- les approximantes moins obstruantes que les fricatives : les semi-voyelles et le [r],
- la latérale où l'air se propage de chaque côté de la langue : [l],
- les vibrantes qui possèdent une faible constriction associée à une forte résonance : [r].

Le trait de voisement

Il correspond à la mise en vibration des cordes vocales.

Le trait de nasalité

Il induit le passage de l'air dans les cavités nasales par abaissement de la luette.

2. Les traits acoustiques [6b]

Les traits acoustiques sont au nombre de douze, rangés par paire :

- discontinu / continu,
- diffus / compact,
- vocalique / non vocalique (présence ou non de formant),
- nasal / oral,
- grave / aigu,
- sonore / sourd (présence ou non du fondamental laryngé).

D. Les indices acoustiques [6c] [3c] [3d]

Définition

Chaque trait acoustique se compose d'un ensemble d'indices acoustiques qui peuvent être définis comme des indices spectraux permettant l'identification des phonèmes sur un spectrogramme.

La juste reconnaissance d'un phonème ne nécessite pas la présence de l'ensemble des indices acoustiques correspondants. Néanmoins, une confusion phonétique signifiera une mauvaise compréhension d'un trop grand nombre d'indices.

<i>Voyelles</i>
F2, F1, F3, F ₀
<i>Consonnes</i>
Transitions phonétiques F2, F1, F3
Présence ou absence de F2, F1, F3
Présence ou absence de F ₀
Présence ou absence de bruit d'explosion (Voice Onset Time) ou de friction

Figure n°3 : Principaux indices acoustiques des voyelles et des consonnes [6d]

Les transitions

Elles sont dues au caractère continu de la parole et correspondent à un changement progressif d'articulation. On parle de transition formantique pour caractériser ce changement d'articulation, visible au sein des formants, en terme de longueur et de direction et dont la fréquence caractéristique sera modifiée [3e].

Les travaux de synthèse ont montré que les transitions permettent une reconnaissance satisfaisante des signaux de parole par la transmission du « squelette des mots » et que la transition du second formant semble être la plus informative (Liénard, 1972 [7]).

Dans son mémoire de fin d'étude d'audioprothèse, C. Adda a montré qu'une bonne détection des transitions de formants chez les malentendants appareillés induit toujours une bonne intelligibilité de la parole mais que la réciproque n'est pas forcément vraie [8].

E. Les paires minimales

Une paire minimale est constituée de deux mots qui ne diffèrent que par un trait acoustique.

Les paires minimales permettent donc une analyse optimale des confusions phonétiques lors de la comparaison de programmes au niveau qualitatif [9].

	p	t	k	b	d	g	m	n	ɲ	l	ʀ	ʃ	s	f	ʒ	z	v	j	w	ɥ
grave	+	-	±	+	-	±	+	-	-	-	±	-	-	+	-	-	+	-	+	-
compact	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	±	+	-	-	+	-	-	+	-	-
oral	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
continu	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
interrompu	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vocalique	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	±	-	-	-	-	-	-	+	+	+
sonore	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+

Figure n°4 : Analyse en traits acoustiques des consonnes et semi-voyelles du français [6d]

	u	y	i	o	ø	e	ɔ	ə	œ	ɛ	a	a	õ	ã	œ̃	ẽ
oral	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
compact	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
grave	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-

Figure n°5 : Analyse en traits acoustiques des voyelles du français [6d]

En 1982, F. Lefèvre répertorie les confusions phonétiques commises par 70 patients au test cochléaire de Lafon [10]. Le test d'Adam (2006) montre, pour chaque phonème, que la confusion la plus courante porte sur un phonème ne différant de l'original que par un à deux traits acoustiques [11].

La compréhension en milieu bruyant fait intervenir deux signaux : ceux de la parole et du bruit. Voyons leurs caractéristiques propres puis les mécanismes nécessaires au démasquage de la parole émise en présence de bruit.

IV. Le signal de parole

A. Caractéristiques physiques

1. Au niveau temporel

Acoustiquement, la parole est constituée d'une succession continue de signaux impulsionnels (Professeur Jean-Claude Lafon, 1961) [12].

2. Enveloppe de la parole à long terme

Un spectre à long terme est obtenu en utilisant une fenêtre de pondération de durée équivalente à la durée du signal étudié. Il suffit ensuite de conserver les valeurs crêtes pour obtenir l'enveloppe à long terme. La figure suivante représente les spectres moyens à long terme pour des voix fortes, moyennes et chuchotées.

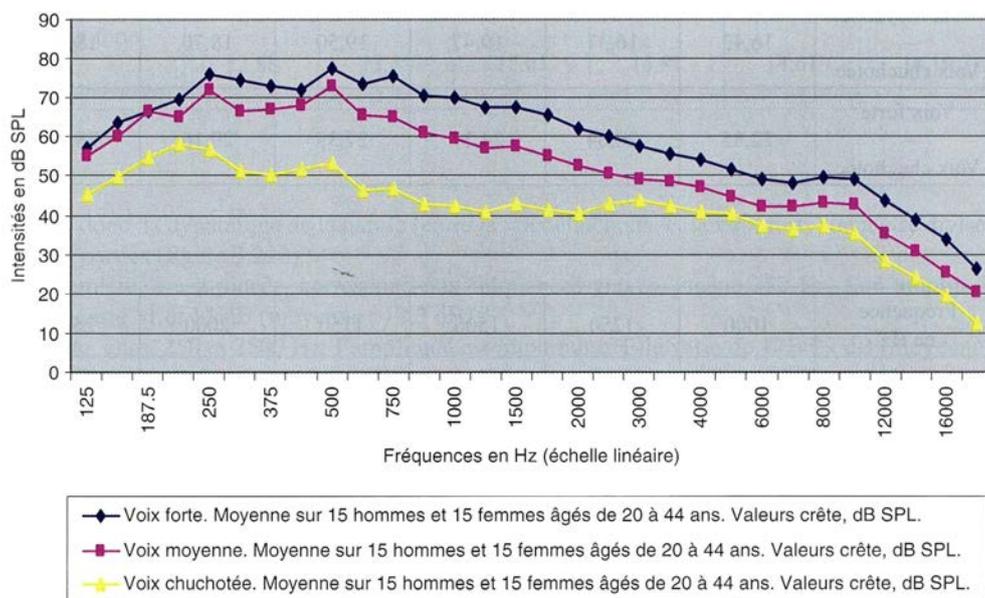


Figure n°6 : Spectres moyens à long terme de la parole, en valeurs crêtes, pour des voix fortes, moyennes et chuchotées d'une cohorte de 15 hommes et de 15 femmes âgés de 20 à 44 ans. Matériel vocal : liste 1 des phrases de COMBESURE. [6e]

B. Décomposition d'un signal de parole

Un son de parole se décompose en deux structures : la structure fine et l'enveloppe temporelle. La structure fine correspond aux modulations d'amplitude rapides, supérieures à 500 Hz et l'enveloppe temporelle aux variations lentes.

1. La structure fine

Des études ont montré que la structure fine d'un signal de parole véhicule des informations importantes pour la compréhension, notamment entre 1000 et 2000 Hz (Dupret et Lefèvre, 1991) [13]. En effet, la transmission d'un signal de parole filtré entre ces bandes suffit pour donner une intelligibilité de phrases de 90% (Moore, 1982) [14]. Néanmoins, vu l'importance informative des données fréquentielles contenues dans les indices acoustiques, l'analyse du système auditif ne peut se réduire à une simple analyse par bande.

2. L'enveloppe temporelle

Définition

Selon les auteurs, les fréquences de modulations qui définissent l'enveloppe temporelle varient légèrement. Rosen (1992) [15] la définit par les fluctuations d'amplitude inférieure à 50 Hz. Selon Houtgast et Steeneken (1985), ce sont les modulations de 3 à 4 Hz qui semblent les plus importantes [16].

Ses caractéristiques physiques [6f]

L'enveloppe temporelle est caractérisée par trois éléments principaux : les pics maxima d'amplitude, les creux et les variations d'amplitude. L'étude des paramètres de l'enveloppe temporelle de parole peut se traduire par l'étude du débit de parole, du synchronisme des attaques de différents signaux, du VOT (Voice Onset Time, indice qui détermine la nature voisée ou non voisée d'une consonne occlusive) et de la prosodie.

Ses caractéristiques informatives

Des études ont montré qu'un bruit blanc modulé en amplitude par l'enveloppe d'un signal de parole peut être perçu comme un mot (Katz et Berry, 1971) [17]. L'enveloppe temporelle serait porteuse d'informations jusque 6000 Hz [18]. Même dégradée, elle semble suffisante pour obtenir une excellente intelligibilité (Smith et al. 2002 [19], Shannon et al. 1995 [20]).

L'acuité temporelle

L'acuité temporelle correspond à la capacité à détecter des variations au sein de l'enveloppe temporelle. Des études ont montré que, contrairement à ce que l'on observe lors d'une atteinte centrale de l'audition, l'acuité temporelle (de 5 à 70 Hz) n'était pas affectée lors d'une atteinte périphérique cochléaire (Renard C., 2000) [21]. De même, les études de F. Lefèvre (1982) [10] et de

A. Adam (2006) [11] indiquent que, lors de confusions phonétiques, les traits acoustiques se référant à la sélectivité fréquentielle sont plus perturbés que ceux ayant trait à l'acuité temporelle.

C. Perception de la parole par le cerveau : le codage neural

La reconnaissance d'un signal de parole dépend des caractéristiques fréquentielles et temporelles de ce signal.

Au niveau fréquentiel, le codage est tonotopique. Il se poursuit de la membrane basilaire jusqu'aux fibres nerveuses.

Au niveau temporel, une fibre nerveuse auditive émettra un nombre de potentiels d'actions égal à l'inverse de la fréquence de stimulation. Ceci est vrai jusque 1000 Hz c'est-à-dire jusque 1 ms. Ensuite, on atteint la période réfractaire de la fibre qui sature l'augmentation du nombre de potentiels d'action. De plus, la durée d'amortissement d'une impulsion par la cochlée est de 60 ms, ce qui correspond à 17 Hz. Cela signifie qu'en dessous de 17 Hz, l'ensemble des potentiels d'action émis par la fibre auditive sera transmis et ce, de façon successive. C'est pourquoi certains auteurs définissent l'enveloppe temporelle comme les modulations d'amplitude du signal comprises entre 4 à 16 Hz [6g].

V. Le signal de bruit

A. Définition

La définition du bruit est très subjective.

Selon l'AFNOR, le bruit est un « phénomène acoustique produisant une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante ». De façon plus courante, le bruit se définit par opposition à la musique. Néanmoins, le bruit peut être appréhendé sous différentes formes dont l'une d'elles est le bruit à caractère musical qui est *un mélange de sons dont les fréquences et amplitudes varient rapidement* [22a].

Le bruit se caractérise par son intensité, sa durée, sa tonalité (grave ou aigüe) et sa pureté.

B. Quelques mots sur le traitement du bruit par le cerveau [22b]

1. L'effacement du bruit de fond

Un bruit de fond stable et constant, inutile sur le plan informatif, finit par disparaître de notre conscience grâce à un élément du cerveau appelé la substance réticulée. Le bruit de fond est

essentiel à la vie car il constitue une résonance stochastique. La résonance stochastique est un phénomène paradoxal par lequel le traitement du signal peut se voir amélioré par l'effet d'un bruit [23]. Néanmoins, il suffit de prêter de nouveau attention au bruit de fond pour qu'il réapparaisse.

2. L'émergence d'un son informant du bruit de fond

L'oreille envoie en permanence des informations sonores au cerveau. Si ces informations sont régulières, le cerveau finit par les ignorer. Si une particularité se présente, un relais nerveux habituellement dédié à la vision, le colliculus supérieur, enrichit l'information sonore en créant une représentation mentale audiovisuelle. La signification donnée fait appel à la mémoire du sujet et nécessite donc qu'il soit conscient. Parallèlement, des phénomènes d'attention viennent accentuer ce phénomène d'émergence.

C. Le bruit de cocktail party

Ce bruit est en fait une accumulation de signaux de parole. En terme de nuisances sonores, il peut également être défini comme un phénomène d'auto-amplification du bruit.

En effet, dans le bruit, une intelligibilité parfaite peut-être obtenue si le niveau moyen de parole est supérieur d'au moins 5 dB à celui d'un bruit continu et simultané. Ainsi, un individu moyen a tendance à augmenter spontanément le niveau d'intensité de sa voix en milieu bruyant pour en améliorer son intelligibilité. C'est ce qu'on appelle « l'effet Lombard ». Des études ont montré que lorsque le niveau de bruit augmente de 10 dB, le locuteur a tendance à augmenter le niveau d'émission de sa voix de 3 à 4 dB (Lane et Tranel, 1971) [24].

VI. Perception de la parole dans le bruit

A. Analyse en flux auditifs [6h] [25]

1. Définition

Le système auditif, par des phénomènes dits de fusion et de ségrégation permet à un individu de faire le tri entre les différents flux auditifs lui parvenant. Cette analyse en flux auditifs est particulièrement pertinente lors d'écoute en milieu bruyant, voire en environnement de type cocktail party, pour permettre de reconnaître le discours d'une seule voix parmi un ensemble d'autres voix (Cherry, 1953) [26]. Les performances de cette analyse peuvent être augmentées par les mécanismes d'attention.

2. Les indices spectraux

Des études ont montré la nécessité d'avoir un écart de fréquence suffisamment important entre deux sources sonores pour que le système auditif soit en mesure de les différencier en deux flux distincts (Van Noorden, 1975) [27]. Si la fréquence est trop proche, il ne pourra les séparer. Dans ce cas, on parle de signaux non résolus par le système auditif.

3. Les indices temporels

Des études sur la modulation en amplitude de bruits large bande ont mis en évidence une ségrégation en deux flux auditifs distincts si la fréquence de modulation est supérieure à un octave. En-dessous de cette fréquence de modulation, le système auditif ne perçoit qu'un seul flux. Ces études concluent tout de même que les indices temporels semblent avoir un rôle plus restreint que les indices spectraux dans l'analyse en flux auditifs (Grimault et al., 2001) [28].

B. Mécanisme de démasquage [29]

1. Définition

Le démasquage de la parole en présence de bruit correspond à la capacité d'extraire des informations du signal de parole d'une part, et de reconstituer les informations manquantes d'autre part, de façon à obtenir une intelligibilité correcte de ce signal.

2. Paramètres du bruit masquant

Des études ont montré une meilleure intelligibilité de la parole lorsque le signal cible est masqué par 4 à 9 locuteurs (Duquesnoy, 1983 [30]; Festen et Plomp, 1990 [31]) que par une infinité ou un bruit stationnaire de même énergie à long terme (Danhauer et Leppler, 1979 [32]).

Les études s'accordent quant au fait que la fréquence de modulation permettant un maximum de démasquage est généralement observée entre 5 et 32 Hz environ, ce qui correspond à une fenêtre temporelle optimale de 16 à 100 ms.

De même, l'intelligibilité augmente quand la profondeur de modulation diminue (Howard-Jones et Rosen, 1993 [33]). Les études convergent vers le fait que les sujets extraient des informations partielles de parole dans les minima de bruit de fond, lorsque la durée et la profondeur de ces minima le permettent (Cooke et Ellis, 2001 [34]; Cooke, 2003 [35]). Les résultats obtenus par Peters et al. (1998) [36] suggèrent que les sujets normo-entendants combinent les vallées spectrales et temporelles pour mieux démasquer la parole.

3. Nature des indices auditifs

L'identification repose sur des indices auditifs de nature spectrale et temporelle. Les indices spectraux sont obtenus grâce à la tonotopie de la membrane basilaire qui se poursuit le long des fibres nerveuses. Les indices temporels sont quant à eux fournis par les distributions de décharges neurales des fibres afférentes du nerf auditif. La structure temporelle fine semble jouer un rôle majeur dans le bruit (e.g. Nelson et al., 2003 [37] ; Quin et Oxenham, 2003 [38] ; Hopkins et al., 2008 [39]), notamment pour la ségrégation de voix concurrentes (Quin et Oxenham, 2003 [38]).

D'autres études suggèrent que les indices de structure temporelle fine n'apportent plus d'information utilisable, en plus de l'enveloppe, au-delà de 1,6 kHz, ce qui serait en accord avec la dégradation de la synchronisation des décharges dans les fibres du nerf auditif au-delà de cette fréquence (Young et Sachs, 1979 [40] ; Johnson, 1980 [41]).

Notre connaissance des mécanismes de démasquage de la parole continue de s'affiner avec les études réalisées sur des patients implantés cochléaires.

C. Autres mécanismes jouant un rôle lors de la perception de la parole dans le bruit

Nous citerons juste ici d'autres mécanismes susceptibles d'interagir et de renforcer les mécanismes étudiés précédemment : la suppléance mentale, la mémoire, l'attention, la lecture labiale, les paramètres intrinsèques au locuteur (articulation, timbre de voix, ...), l'acoustique de la salle ou de l'environnement, etc.

Notre mémoire porte sur l'étude de deux paramètres de compression et utilise certains traitements du signal. Définissons ces notions.

VII. Rappel de quelques traitements du signal utilisés dans la prothèse auditive

A. La compression d'entrée ou AGC-i (Automatic Gain Control input) [43]

La compression est le contrôle automatique du gain ou AGC. Cet algorithme du signal a pour but d'adapter le gain de l'appareil et donc ses niveaux de sortie de façon à respecter la dynamique

résiduelle du malentendant. Ainsi, les sons faibles se verront attribuer un gain plus fort que des sons élevés.

1. Facteur ou taux de compression

Le taux de compression correspond au rapport existant entre l'accroissement du niveau d'entrée et du niveau de sortie de l'appareil. Par exemple, si un appareil auditif a un taux de compression de 4, cela signifie qu'une augmentation de 10 dB SPL du niveau d'entrée sera répercuté en sortie de l'écouteur par une augmentation de 2,5 dB SPL.

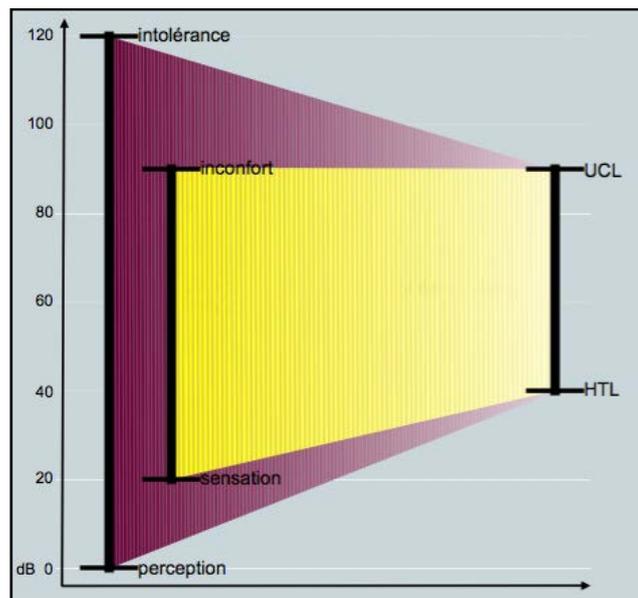


Figure n°7 : Détermination du taux de compression par différence entre les dynamiques d'un normo-entendant et d'un mal-entendant. (UCL, Uncomfortable Confort Level et HTL, Hearing Threshold Level) [42]

Selon les méthodes, certains préconisent des taux de compression calculés à partir de la dynamique totale du normo-entendant, 110 dB SPL environ (méthode du pré-réglage) et d'autres préconisent de les calculer à partir d'une valeur de 70 dB SPL, jugeant les sons très faibles et les sons forts moins utiles pour la compréhension de la parole [42].

2. Seuils d'enclenchement de la compression

Les seuils d'enclenchement de la compression ou Ck (Compression kneepoint ou Tk, Threshold kneepoint) correspondent, pour chaque bande de réglage, à la valeur minimale en dB, à partir de laquelle la compression s'applique.

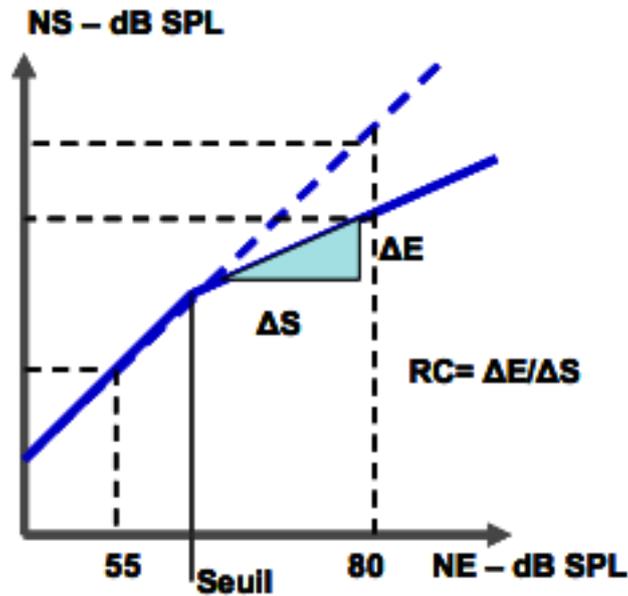


Figure n°8 : Schéma de principe de la compression : niveau de sortie en fonction du niveau d'entrée, avec le rapport de compression (RC) et le seuil d'enclenchement de la compression [44]

Là aussi, les avis de réglages diffèrent. Certains préconisent des réglages de C_k à une valeur minimale et identique sur l'ensemble des fréquences en s'appuyant sur le fait qu'un normo-entendant entend les sons faibles sur l'ensemble des fréquences.

D'autres, très nombreux, préconisent des C_k dégressifs des basses aux hautes fréquences, dans le but de respecter le spectre de l'enveloppe de parole à long terme. La valeur globale de ce réglage est préconisée en-dessous du signal de parole que le patient souhaite entendre : généralement une voix chuchotée (40 dB) pour les patients jeunes et actifs et une voix moyenne (60 - 65 dB) pour les patients plus âgés, ayant une vie sociale moins remplie.

En novembre 2009, Lucas MEAS étudie l'impact de différents réglages des seuils de compression dans le calme, lors de son mémoire de fin d'étude. Il montre que des C_k à 66 dB favorisent la conservation de l'enveloppe temporelle de parole mais son étude sur six patients ne permet pas de conclure sur le réglage le plus favorable dans le calme [45].

3. Constantes de temps [43a]

La compression est définie comme lente ou rapide en fonction de la durée de ses constantes de temps. En général, les temps d'attaque sont assez rapides. La différence entre la compression lente et rapide s'effectue donc plutôt par rapport à ces temps de retour.

Le temps d'attaque (T_A)

Il correspond au temps que met la compression pour ajuster le gain de l'appareil au gain adapté au niveau d'entrée de l'appareil à ± 2 dB près, suite à une augmentation brusque du signal d'entrée. Le temps d'attaque est donc visible quand on passe d'un niveau d'entrée L à un niveau d'entrée L' plus fort que L .

Le temps de retour (T_R)

Le temps de retour de compression correspond au temps que met l'appareil pour ajuster son gain au niveau d'entrée du signal à ± 2 dB, quand celui-ci passe d'un niveau d'intensité L à un niveau L' plus faible que L .

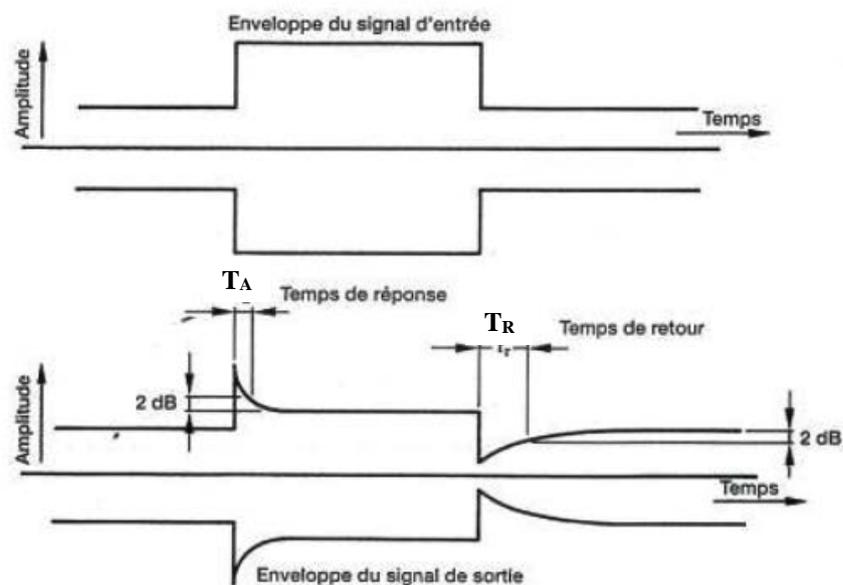


Figure n°9 : Schéma de principe du temps d'attaque ou de réponse et du temps de retour de la compression [46]

Certains fabricants proposent aujourd'hui des appareils possédant deux taux de compression à deux seuils d'enclenchement différents. L'intérêt est manifeste dans les cas de patients ayant une croissance de sonie anormale et irrégulière.

B. La compression de sortie ou AGC-o (Automatic Gain Control output)

[43b]

C'est une compression de sortie avec un taux de compression très élevé (supérieur à 10) et un temps d'attaque très rapide (1 à 10 ms) [47]. Son but est de protéger l'oreille de nos patients d'éventuels traumatismes sonores, en limitant le niveau de sortie de l'appareil. Ces niveaux limites

de sortie doivent donc être en corrélation avec les seuils subjectifs d'inconfort de nos patients ou SSI, pour respecter leur dynamique résiduelle. Cet algorithme du signal peut être corrélé à un écrêteur, Peak Clipping, ou à un autre algorithme de gestion des bruits impulsionnels.

C. Interaction entre les réglages et visualisation grâce au logiciel Spectra

Plus

Les appareils actuels possèdent de nombreux algorithmes interagissant entre eux. Ces interactions persistent parfois malgré le désenclenchement manuel des traitements du signal de l'appareil. Elles sont susceptibles de diminuer la qualité d'écoute ou de compréhension du patient [48].

Le logiciel Spectra Plus peut nous permettre de visualiser aussi bien les effets individuels des traitements que leurs interactions. En 1998, M. CLERC étudie l'intérêt que représente le logiciel Spectra Plus pour l'audioprothésiste et montre l'appréciation du traitement du signal d'un appareil auditif pour des enregistrements de signaux de parole dans le calme et en présence de bruit de type Narrow-band [49].

Tout réglage nécessite l'utilisation d'une méthode de présélection. Pour ce mémoire, nous avons choisi de travailler avec la méthode du pré-réglage de RENARD.

VIII. Rappel des méthodologies de présélection

A. Rappel succinct des méthodologies de présélection

1. Objectif

Le but des méthodes de présélection est d'élaborer une formule qui, grâce au calcul et à des statistiques, permet de s'approcher au plus près du gain adapté à la perte auditive du patient, afin d'obtenir un appareillage réussi.

2. Les principaux courants de pensée à l'origine des différentes méthodologies [50] [51a]

L'élaboration de ces méthodes est basée sur trois courants de pensée principaux qui ont vu le jour dans les années 40.

Le courant LYBARGER (1944)

C'est une méthode liminaire également appelée règle du demi-gain. Le gain idéal est déterminé à partir du seuil liminaire du patient que l'on divise par deux et auquel on applique des facteurs correctifs.

Le courant BALBI (1935)

Il définit la zone de confort du malentendant par bissection entre le seuil auditif et le seuil subjectif d'inconfort de celui-ci. Ainsi, le gain pourrait être déterminé pour chaque fréquence de façon à placer la voix au niveau de cette médiane.

Le courant WATSON et KNUSSSEN (1940)

Le gain adéquat est calculé à partir de la différence obtenue entre les niveaux subjectifs de confort du malentendant et du normo-entendant. Cette méthode ne tient pas compte des distorsions engendrées par le recrutement.

3. Méthodologies présentes aujourd'hui au sein des appareils de correction auditive [51a] [51b] [52]

Actuellement, les principales méthodologies proposées par les fabricants sont les suivantes :

- NAL (National Acoustic Laboratories, 1976 et 1986), sous deux versions (NAL-NL1 et NAL-NL2), qui est une méthode liminaire visant à privilégier le confort du patient,
- DSL-v5 (Desired Sensation Level method for fitting children Seewald, 1987), qui est une méthode supraliminaire, développée initialement pour les enfants et visant à privilégier l'audibilité du signal vocal,
- La méthodologie propre au fabricant est élaborée par celui-ci à partir d'une ou de plusieurs méthodologies de son choix.

Ces méthodologies sont sans cesse améliorées par la prise en compte de modèles statistiques et d'études psycho-acoustiques.

B. La méthodologie du pré-réglage de RENARD (1978) [47c]

1. Origine

Cette méthode découle du courant de pensée de la bissection. Xavier RENARD se base sur la méthode de BOORSMA (1976) qui définit le gain comme étant la différence entre la médiane du

malentendant (comprise entre son seuil auditif et son seuil subjectif d'inconfort) et le niveau d'entrée correspondant à la courbe isosonique de 55 dB.

2. Principes

Selon Xavier RENARD, cette méthodologie repose sur trois principes :

- *Elle réalise le transfert de l'énergie moyenne des sons de parole au milieu de la dynamique résiduelle de l'audition du sourd,*
- *Elle interdit à tout signal amplifié d'atteindre et à fortiori de dépasser les niveaux du seuil d'inconfort du sourd,*
- *Elle répartit l'énergie différentielle de la parole de façon régulière dans cette dynamique résiduelle.*

3. Pré-requis

Elle nécessite au préalable d'effectuer un bilan d'orientation prothétique complet composé :

- D'une anamnèse,
- D'une audiométrie tonale liminaire,
- D'une audiométrie tonale supra-liminaire,
- D'une audiométrie vocale,
- Eventuellement, d'autres tests selon les cas (étude des distorsions d'intensité, de temps ou de hauteur, mesure de la mémoire à court terme, etc).

4. Intérêts

Cette méthodologie prend en compte de nombreux facteurs correctifs permettant de déterminer précisément le gain en fonction du type de prothèse qui a été choisi pour le patient.

Elle permet de plus, en amont, un pré-réglage de l'appareil de correction auditive au coupleur 2cc qui peut être complété en aval, par des mesures in vivo sur le patient.

Toutes les notions que nous venons de rappeler sont nécessaires pour aborder les différentes études qui composent la partie pratique de ce mémoire. Le protocole expérimental de celle-ci va nous permettre maintenant de tracer la trame de ce travail en présentant le déroulement des études, les tests et mesures acoustiques qu'elles comportent ainsi que le matériel qui sera utilisé tout au long du mémoire.

Protocole expérimental

I. Objectif de ce mémoire

L'objectif de ce mémoire est d'étudier les impacts, notamment d'un point de vue qualitatif, de deux paramètres de compression sur la compréhension dans le bruit :

- Le type de compression : lente ou rapide,
- Le réglage des seuils d'enclenchement : faibles et identiques sur l'ensemble des fréquences ou, dégressifs.

Pour ce faire, de nombreuses expérimentations ont été réalisées dont chacun des protocoles sera précisé en temps voulu dans le corps du mémoire. Nous allons présenter ici les dispositifs utilisés ainsi que les différents éléments dont nous nous sommes servis pour l'ensemble des tests et mesures.

Notre étude a consisté dans un premier temps en la réalisation de différentes mesures acoustiques in situ sur une tête artificielle de KEMAR, Knowles Electronic Manikin for Acoustical Research. Ces mesures, dédiées à l'analyse spectrale de phonèmes, ont été effectuées à l'aide du logiciel d'analyse spectrale, Spectra Plus.

Pour savoir si ces phénomènes ont un impact clinique, nous réaliserons dans un second temps, des tests sur une patiente, Mlle L.

Cette partie du mémoire nous permet donc de présenter :

- La liste globale des tests et mesures effectués,
- Les caractéristiques de notre patiente test,
- Le KEMAR et son local,
- La cabine insonorisée où seront réalisés les tests sur notre patiente,
- Les appareils de correction auditive ainsi que les différents réglages utilisés,
- Les équipements supplémentaires,
- Le matériel sonore utilisé.

II. Les mesures acoustiques et les tests effectués

Deux études préliminaires ont d'abord été effectuées pour étudier l'effet de chaque paramètre utilisé seul:

- Etude préliminaire des traitements du signal utilisés,
- Etude préliminaire de l'action des paramètres de compressions étudiés.

Le but était d'identifier simplement les paramètres responsables des effets que nous visualiserons ensuite dans l'étude principale quand l'ensemble de ces paramètres agiront conjointement.

Nous réaliserons alors l'étude principale expérimentale qui se composera des mesures acoustiques ou tests suivants :

- Une audiométrie vocale dans le bruit,
- Des mesures acoustiques illustrant les effets des différents types de compression en milieu bruyant,
- Un questionnaire ou discussion qualitative,
- Des mesures acoustiques d'un phénomène de pompage observé lors de l'étude clinique.

III. La patiente test, Mlle L.

La patiente test possède une surdité moyenne avec atteinte prépondérante des hautes fréquences et conservations des graves. Sa perte tonale moyenne est de 43,75 dB sur l'oreille droite et 42,5 dB sur l'oreille gauche. Sa surdité a été diagnostiquée dans l'enfance dans un contexte d'otites à répétition. Mlle L. est appareillée au sein des laboratoires RENARD depuis l'âge de 8 ans. Munie de ses appareils auditifs, elle obtient 100% d'intelligibilité à voix moyenne sans lecture labiale au test cochléaire du Pr. LAFON. Elle est âgée de 29 ans¹.

Notre choix s'est porté sur cette patiente pour différentes raisons :

- Son type de surdité est représentatif d'un grand nombre de nos patients,
- Appareillée depuis son plus jeune âge, Mlle L. est habituée à l'appareillage,
- Ses connaissances en audioprothèse font d'elle une patiente aguerrie, très sensible aux différences de réglages et habituée à tester diverses stratégies de réglages ou appareils,
- Elle comprend précisément les consignes de passation des tests et sait faire abstraction de la suppléance mentale pour répéter les phonèmes précisément, comme elle les a entendus,

¹ Cf Annexe n°3 : Anamnèse de Mlle L.

- Son appareillage correspondait à celui que nous souhaitions étudier,
- Son âge limite les risques de fatigabilité.

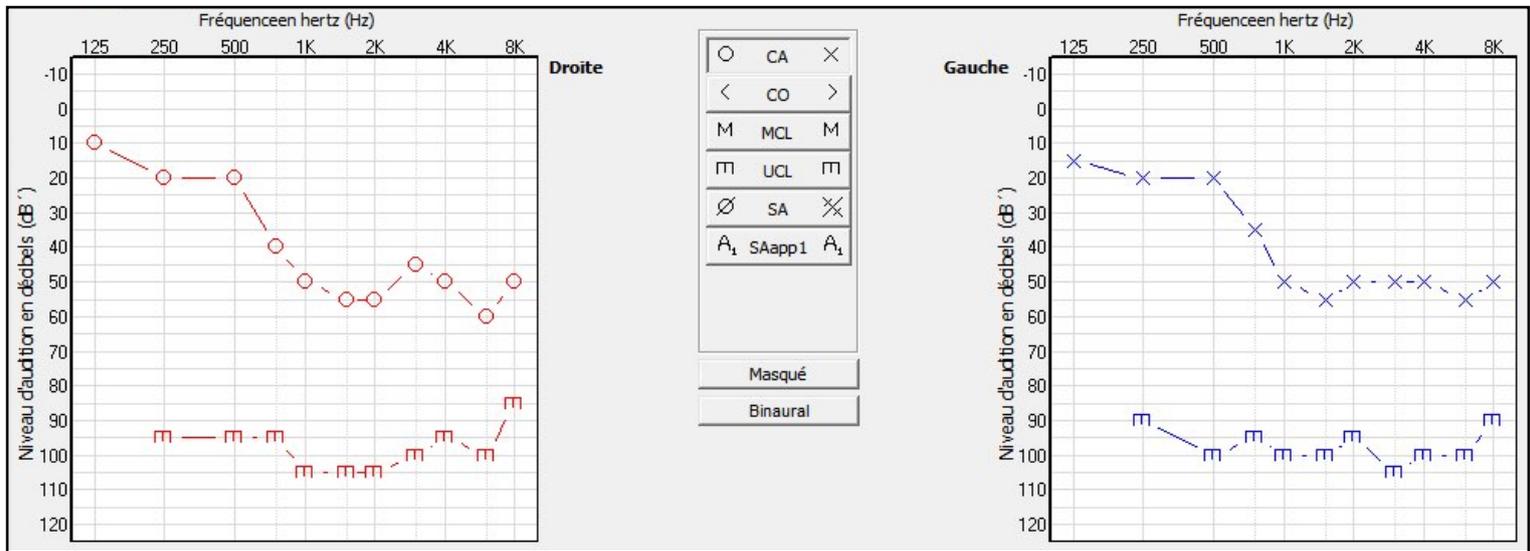


Figure n°10 : Audiométrie tonale de notre patiente test, Mlle L.

IV. Dispositif

A. Le KEMAR destiné aux tests in situ

1. Le local

Le KEMAR est placé dans une salle traitée acoustiquement de manière à respecter les normes des salles destinées aux mesures audiométriques (Durée de réverbération inférieure à 0,5 s à partir de l'octave 500 Hz et bruit de fond équivalent continu inférieur à 40 dB A).

2. Le matériel

Le matériel utilisé pour nos enregistrements, réglages et mesures est le suivant :

- Un enregistreur Zoom H4 stéréo,
- Une chaîne de mesure Unity 2 de marque SIEMENS,
- Un Hi-Pro 2,
- Un PC avec interface Noah,
- Huit moniteurs (haut-parleurs) de studio bi-amplifiés O110 Klein Hummel,
- Une tête artificielle KEMAR Head & Torso 2 Channel 45 BB-5 de la marque Bruel et Kjaer,,
- Un conditionneur bi-voie 12 AQ,

- Une carte son multipare II (avec 8 voies d'entrée et 8 voies de sortie),
- Un ordinateur avec les logiciels :
 - Spectra Plus, logiciel d'analyse spectrale,
 - Biosound qui permet l'émission de signaux sonores sous diverses combinaisons.

3. La disposition

Le mannequin se situe au centre d'un cercle formé de 8 haut-parleurs espacés les uns des autres d'un angle de 45°.



Figure n°11 : KEMAR vu de face avec HP à 135 et 225°

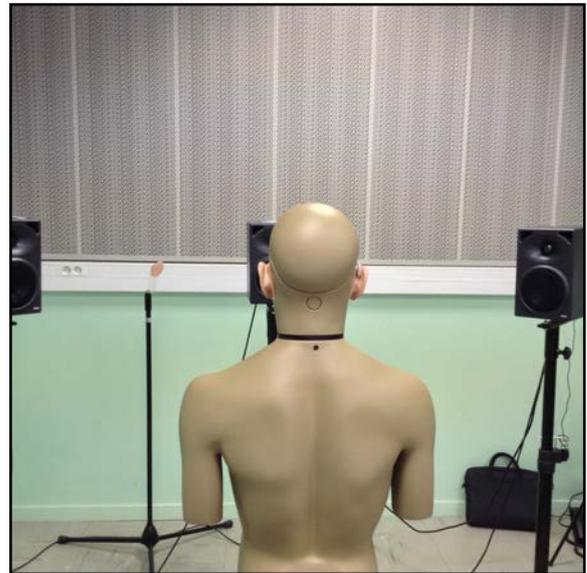


Figure n°12 : KEMAR vu de dos avec HP à 315, 0 et 45°

4. La calibration

La calibration d'un mannequin KEMAR doit être réalisée avec un piston phone spécifique, le GRAS type 42 AP, et un adaptateur associé GRASS RA0157.



Figure n°13 : Piston Phone et adaptateur



Figure n°14 : Calibration du coupleur de l'oreille droite du KEMAR

Ce piston phone émet soit un son de 113,84 dB lin au tiers d'octave 250 Hertz, soit un son de 105 dB pondéré A sur le même tiers d'octave.

Lors de l'émission, nous nous servons du logiciel Spectra Plus que nous calibrons pour observer les niveaux attendus.

5. Positionnement des appareils sur le KEMAR

Sur les oreilles du KEMAR, sont placés les deux appareils auditifs insérés dans le « conduit auditif artificiel » du mannequin à l'aide d'un double dôme obturant. De la pâte de type « blu tack » est appliquée pour permettre une étanchéité optimale du conduit.

Nous nous servons donc ici du KEMAR comme d'un coupleur prenant en compte les effets d'ombre de la tête et du buste du mannequin. L'effet de l'évent ne sera donc pas étudié ici.



Figure n°15 : Disposition de l'appareil auditif sur l'oreille du KEMAR

B. La cabine insonorisée destinée à tester la patiente

Les tests in vivo ont été réalisés dans la double cabine insonorisée des laboratoires RENARD de Lille. Cette double cabine est traitée acoustiquement pour répondre aux normes en vigueur des salles dédiées aux mesures audiométriques.

Du côté testeur, le matériel dont on dispose est un audiomètre de type AC40 ainsi qu'un lecteur CD 723 de marque PHILIPS.

Du côté où s'installe le patient, cette cabine est équipée de 8 haut-parleurs fixés au plafond (dont nous ne nous servons pas) et de deux haut-parleurs FB 840 conducteur series, de marque PHILIPS, placés au sol.

Pour nos tests, la patiente se place face à un de ces deux haut-parleurs pour que les signaux de bruit et de parole proviennent de l'azimut 0°.



Figure n°16 : Cabine côté testeur

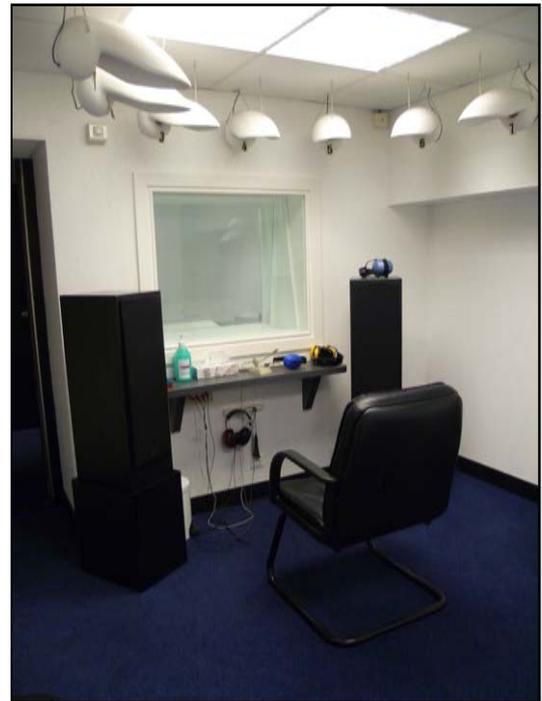


Figure n°17 : Cabine coté patient

V. Les appareils utilisés et leurs réglages

A. Les appareils auditifs

Les appareils utilisés sont de la marque SIEMENS, de type PURE 7 Binax avec des écouteurs de taille M. Ils ont été choisis car ce sont les appareils à écouteur déporté de dernière génération du fabricant SIEMENS. Ce type d'appareil est celui qui est de plus en plus adapté chez nos patients pour sa discrétion et ses performances. Ils sont identiques à ceux que possède notre patiente test.

B. Les réglages insérés

1. Réglages servant de base et méthode de pré-réglage

Les réglages de base insérés dans les appareils auditifs sont ceux de notre patiente test. La méthode de présélection utilisée est la méthode de pré-réglage de RENARD.

Le pré-réglage s'effectue à l'aide de la chaîne de mesure. L'appareil est relié à un coupleur 2cc qui nous permet de visualiser les niveaux de sortie obtenus. Le signal d'entrée utilisé est une succession de sons purs balayant l'ensemble du spectre fréquentiel.

Actuellement, la méthode du pré-réglage préconise l'utilisation d'une compression rapide, Syllabic, et de seuils d'enclenchements faibles, identiques sur l'ensemble des fréquences.



Figure n°18 : Réglage de l'appareil auditif Pure 7 Binax relié au coupleur 2cc de la chaîne de mesure Unity 2 de SIEMENS

2. Particularités des réglages étudiés

Comme indiqué précédemment, nous étudions deux paramètres de compression :

- Le type de compression, lente ou rapide,
- La valeur des seuils d'enclenchement de la compression,
 - Dégressifs des basses aux hautes fréquences,
 - Bas et identiques sur toutes les fréquences.

Nous créons donc quatre programmes pour étudier chacune des combinaisons possibles de ces paramètres deux à deux. Nous effectuons ainsi les réglages suivants :

- P1, compression lente, Dual, seuils d'enclenchement dégressifs,
- P2, compression lente, Dual, seuils d'enclenchement à 20 dB,
- P3, compression rapide, Syllabic, seuils d'enclenchement à 20 dB,

- P4, compression rapide, Syllabic, seuils d'enclenchement dégressifs².

Les seuils d'enclenchement dégressifs retenus sont ceux préconisés par les méthodes de présélection NAL NL2 et DSL-v5 pour la perte auditive correspondant à notre patiente test. Ils vont de 47 dB sur les basses fréquences à 30 dB sur les extrêmes aigus.

3. Les étapes de ces réglages

Le premier paramètre à prendre en compte correspond à la valeur de la compression d'entrée. La méthode du pré-réglage permet, grâce à un calcul complexe et théorique, de déterminer les taux de compression adaptés à la dynamique résiduelle de notre patiente.

Nous remarquons que comme notre patiente possède une croissance de sonie régulière, les deux taux de compression disponibles dans l'appareil sont les mêmes. **Ainsi, seuls les seuils d'enclenchements des niveaux faibles auront un impact en sortie de l'appareil.**

Le deuxième paramètre à suivre est le gain appliqué pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL. Ce gain est déterminé en fonction de la dynamique de notre patiente et est également corrélé à son niveau de confort.

Dans un premier temps, nous réglons le gain comme dans la méthode originale, c'est-à-dire avec des seuils d'enclenchement de 20 dB sur l'ensemble des fréquences et une compression rapide Syllabic. Nous obtenons le programme P3.

A partir du programme P3, nous créons les programmes P2 et P4.

Pour obtenir le programme P2, il nous suffit de changer de type de compression : Dual à la place de Syllabic.

Pour obtenir le programme P4, nous modifions d'abord les seuils d'enclenchements, ce qui entraîne une augmentation des niveaux de sortie pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL. Nous diminuons donc ensuite légèrement le gain général de l'appareil selon les fréquences, pour que les niveaux de sortie pour une entrée à 60 dB soient identiques quelque soit le réglage des seuils d'enclenchement.

A partir du programme P4, nous obtenons le programme P1 en passant d'une compression rapide, Syllabic à une compression lente, Dual.

Le troisième et dernier paramètre à respecter est le réglage de la compression de sortie ou MPO. Il permet de s'assurer de ne jamais dépasser ni même d'atteindre les niveaux d'inconfort de notre

² Cf Annexe n°1 : Compte rendu des réglages

patiente. Nous insistons sur le fait que ce réglage doit être impérativement effectué en dernier pour ne pas engendrer un écrêtage des niveaux de sortie de l'appareil.

4. Les algorithmes de traitement du signal utilisés

Pour ce mémoire, nous avons choisi d'utiliser le réducteur de bruit préconisé pour le Traitement de la Parole et du Bruit ou TPB. Nous avons décidé de conserver le réglage de notre patiente pour ce réducteur de bruit, à savoir, un réglage par bande de fréquences avec une action minimale sur les basses fréquences jusque 400 Hz (1ère bande de réglage) et une action maximale au-delà (3 autres bandes de réglage).

De même, pour éviter un Larsen intempestif qui rendrait les tests in vivo irréalisables, nous avons décidé de conserver l'anti Larsen en mode fast, comme il l'était dans les appareils de Mlle L.

Finalement, pour éviter de multiplier les paramètres étudiés, nous avons convenu de conserver le mode microphonique de l'appareil auditif en True Ear ; le mode omnidirectionnel n'existant plus sur la génération d'appareils Binax.

Par conséquent, lors de la passation des tests, sauf raison particulière, l'émission des signaux sonores provient toujours de l'azimut 0°. Equipements supplémentaires

Pour ce mémoire, le matériel suivant fut également utilisé lors de l'étude préliminaire des traitements du signal utilisés, notamment pour l'analyse du mode microphonique True Ear :

- Un microphone demi-pouce à alimentation externe,
- Un coupleur de 2 cc,
- Un appareil BTE de marque SIEMENS, de même génération que les appareils de la patiente test : MOTION SP 7 Binax.

VI. Le matériel sonore utilisé

A. Liste de paires minimales de Beraha

Le matériel vocal se compose de 4 listes : 2 listes de 10 mots, 1 de 9 et 1 de 9 dont un des mots contient deux phonèmes testés.³

Le choix de ces listes a été effectué pour permettre une étude qualitative des confusions phonétiques commises pour chacun des programmes et pour chacun des bruits, grâce à l'analyse des traits acoustiques erronés lors de chaque confusion.

³ Cf Annexe n°2 : Listes de paires minimales de Beraha

B. Les environnements bruyants étudiés

Le but de cette étude est de rendre compte, le plus fidèlement possible, du comportement des aides auditives en milieux bruyants.

Une des premières difficultés de mon étude fut donc de choisir des bruits qui seraient le reflet des environnements réels défavorables à la compréhension du patient malentendant appareillé.

Pour ce faire, nous commençons donc par répertorier les environnements bruyants susceptibles de gêner le malentendant pour suivre une conversation.

Nous enregistrons dans un premier temps, six ambiances sonores à l'aide d'un enregistreur Zoom H4 stéréo. La fréquence d'échantillonnage utilisée était de 44100 Hz. L'ensemble de ces ambiances sonores fut enregistrée en métropole lilloise et ses environs.

Pour des raisons qui seront détaillées plus loin, nous avons conservé uniquement les trois ambiances suivantes pour cette étude :

- Restaurant,
- Rame de métro,
- Salle de jeux pour enfants.

Ce choix a été induit par la spécificité de chacune de ces ambiances qui sont également des environnements sonores auxquels n'importe quel patient pourrait être confronté au cours de sa vie.

C. Association du matériel vocal et des bruits

Pour permettre une étude de ces environnements sonores à des niveaux d'intensité mesurables, nous avons dû choisir une partie du signal relativement stable pendant 5 à 10 s, selon les enregistrements, et la dupliquer de façon à obtenir une piste mono d'une durée égale à celle d'une liste de mots. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel Audacity.

De même, nous avons importé les listes de Beraha associées au bruit OVG (Onde Vocale Globale [53]) de Biosound. Nous avons séparé nos pistes : bruit OVG d'un côté en mono et liste de mots seule de l'autre, en mono également. Nous avons supprimé le bruit OVG indésirable puis nous avons équilibré les niveaux de sortie de nos pistes mono grâce au vumètre du logiciel.

Il ne nous restait plus alors qu'à créer des fichiers stéréo avec le signal de parole sur la piste droite et le bruit désiré sur la gauche.

D. Particularités des environnements sonores sélectionnés

Nous remarquons deux types de particularités qui nous ont permis de choisir les trois environnements étudiés. Dans ce paragraphe, nous analyserons les particularités spectrales de chaque ambiance sonore.

Nous verrons ultérieurement, lors de l'étude préliminaire du réducteur de bruit, que ces bruits seront identifiés différemment par l'appareil auditif, lors de l'analyse de la scène auditive nécessaire à l'action du réducteur de bruit.

Ambiance sonore de rame de métro



Figure n°19 : Spectre du bruit de rame de métro après moyennage (500)

Le spectre du bruit de rame de métro comporte une fréquence caractéristique ou fréquence critique (environ 1500 Hz), qui témoigne de l'état vibratoire de la matière composant les rails du métro. On remarque qu'à partir de 2000 Hz, l'énergie décroît. Ce bruit est le plus stable des bruits étudiés ; il ne varie que très peu pendant sa durée d'émission.

Cet environnement a été conservé car, de part sa fréquence critique, il ressemble à un bruit industriel tout en étant un bruit du quotidien auquel sont exposés de nombreux citadins.

Ambiance sonore de restaurant

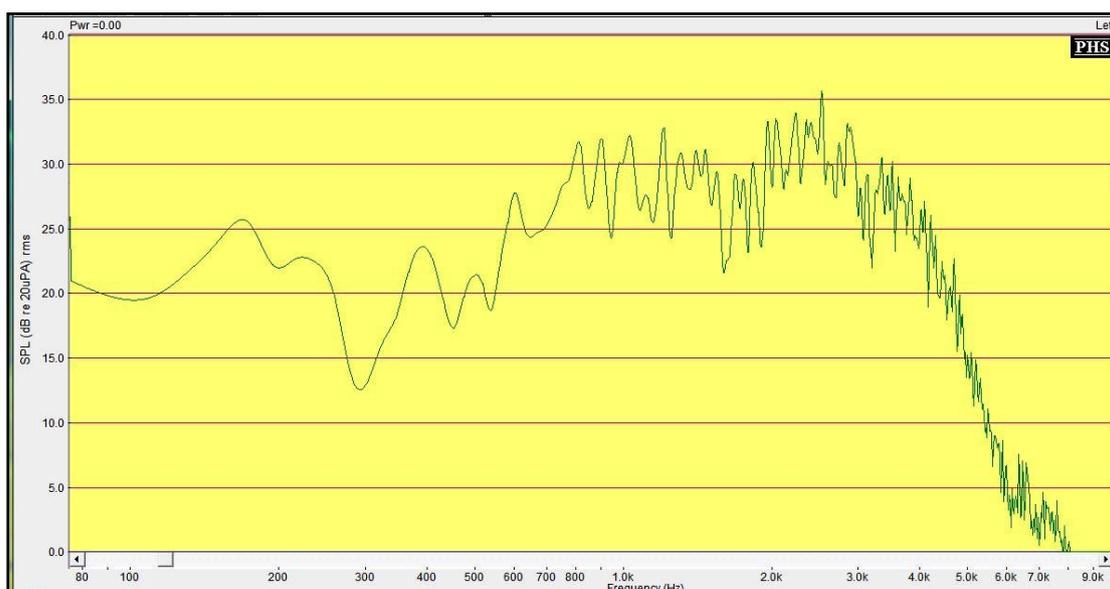


Figure n°20 : Spectre du bruit de restaurant après moyennage (500)

Le spectre de ce bruit est plus riche en basses qu'en hautes fréquences et comporte des fluctuations pendant son émission. Celles-ci sont dues aux discussions des individus et aux bruits de couverts qui composent cet environnement.

Le bruit de restaurant est un bruit de type cocktail-party. Le restaurant universitaire dans lequel a été effectué l'enregistrement correspond à une salle relativement grande, réverbérante et peu traitée. Ainsi, les individus en son sein ont tendance à augmenter la voix pour se faire entendre de leurs voisins et couvrir le bruit ambiant.

Ambiance sonore d'une salle de jeux pour enfants

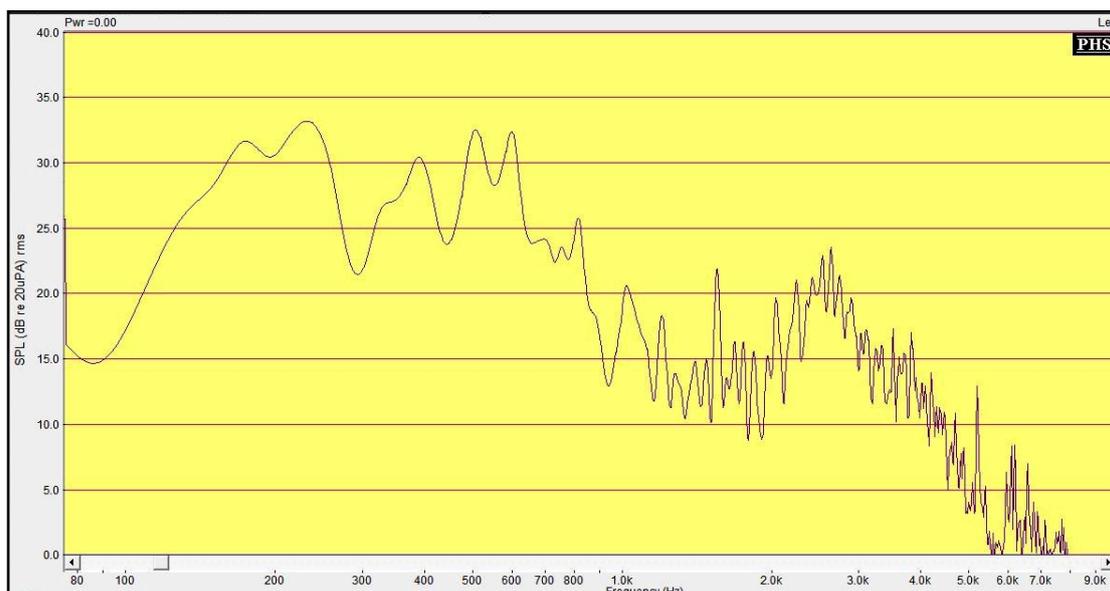


Figure n°21 : Spectre du bruit de salle de jeux pour enfants après moyennage (500)

Cette ambiance est spécifique car elle comporte un bruit très fluctuant avec une prédominance des fréquences aiguës tout en ayant une composante grave non négligeable.

Cet environnement sonore a été enregistré dans l'une de ces nouvelles salles de jeux couvertes pour enfants. Elle correspond à une salle aux dimensions importantes, très haute sous plafond, très réverbérante de type hangar, dans laquelle a été placé un complexe sur plusieurs niveaux avec filets, balles, toboggan et divers jeux. Elle comporte aussi un espace avec des tables où parents et enfants peuvent se restaurer. Les deux espaces communiquent sans aucune cloison.

Les grandes lignes des différentes études menées viennent d'être tracées et vont nous permettre d'étudier individuellement les effets engendrés par les différents algorithmes utilisés au sein de deux études préliminaires :

- La première sur les traitements du signal,
- La seconde sur les paramètres de compression.

Nous pourrons ensuite analyser plus finement l'effet conjugué de ceux-ci lors de l'étude principale expérimentale pour tenter de définir le réglage le plus adapté à la compréhension en milieu bruyant.

Etude préliminaire des traitements du signal utilisés

Comme nous l'avons abordé précédemment, les différents algorithmes d'un appareil électronique de correction auditive peuvent interagir et parfois engendrer des phénomènes difficiles à expliquer. Nous décidons donc de réaliser deux études préliminaires dans le but de comprendre le fonctionnement indépendant de chacun des paramètres utilisés avant de les associer ensemble lors de l'étude expérimentale.

Cette première étude préliminaire porte sur les traitements du signal.

I. Etude du True Ear par comparaison au mode test

A. Protocole expérimental

Nous cherchons à savoir comment fonctionne le mode microphonique True Ear en fonction de l'azimut d'émission et par référence au mode test qui est sensé correspondre à un microphone omnidirectionnel.

Pour l'étude du mode microphonique True Ear, nous avons choisi de travailler avec un appareil de type BTE (Motion SP 7 Binax) relié à un coupleur 2cc et à un microphone demi-pouce de façon à évincer l'effet d'ombre de la tête et ainsi apprécier plus fidèlement la directionnalité des modes microphoniques étudiés. L'appareil est réglé avec un gain de 30 dB en linéaire et l'ensemble des traitements du signal est désactivé.

Le signal sonore est un bruit blanc provenant de différents azimuts : 0° , 45° , 90° , 135° et 180° .

Pour chacun de ces azimuts, nous avons regardé le spectre obtenu en sortie sur Spectra Plus :

- Dans un premier temps, avec l'appareil en mode test,
- Dans un second temps, avec l'appareil en True Ear.

B. Résultats en mode test

Les spectres obtenus dans les différents azimuts sont quasi identiques (cf. figure n°22). Les différences résultent de la génération du bruit blanc qui, nous le rappelons, est un bruit aléatoire. De plus, nous utilisons pour l'émission plusieurs haut-parleurs qui, bien qu'identiques, ne

correspondent pas à une source unique. Ces raisons expliquent également le fait que nous obtenons un signal plus lisse en chaîne de mesure où le moyennage est plus important que sur Spectra Plus.

Nous pouvons donc conclure que le mode test correspond bien à un mode omnidirectionnel.

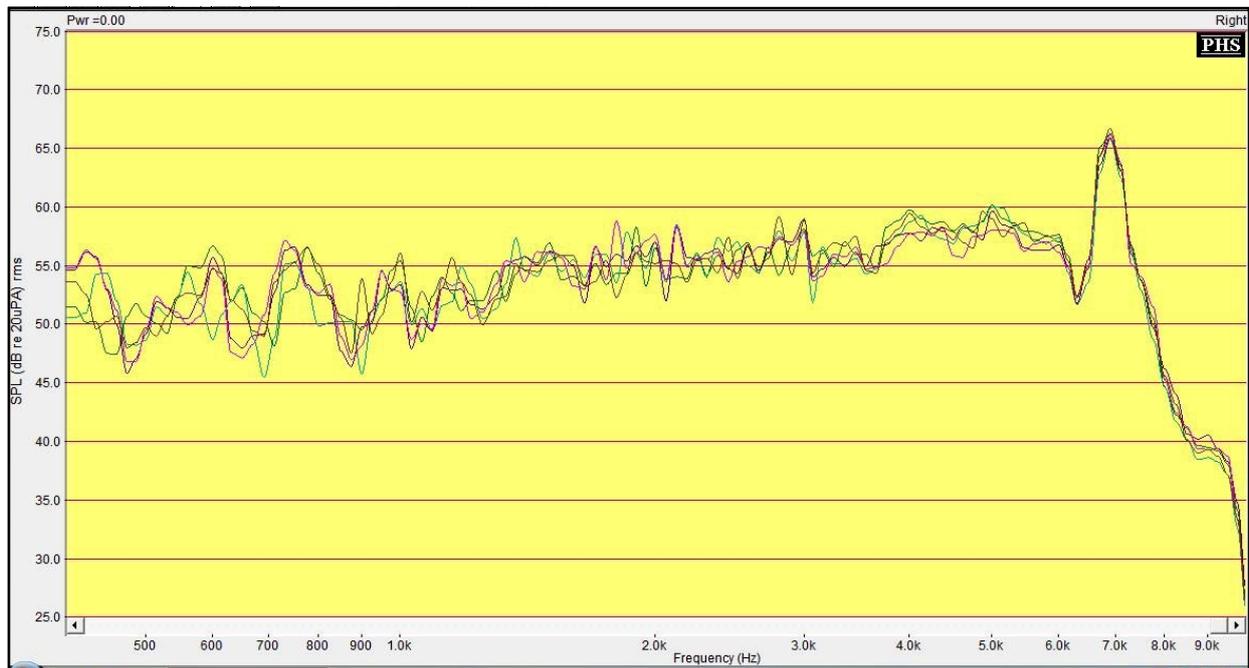


Figure n°22 : Spectre d'un bruit blanc dans 5 azimut (0° en vert, 45° en bleu, 90° en violet, 135° en rose et 180° en marron) en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB en mode test, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

C. Résultats en True Ear

1. Comparaison des spectres obtenus en mode test et en True Ear pour chaque azimut

Les spectres de la figure n°23 montrent les différences obtenues quand le réglage du mode microphonique est en True Ear par rapport à un mode omnidirectionnel.

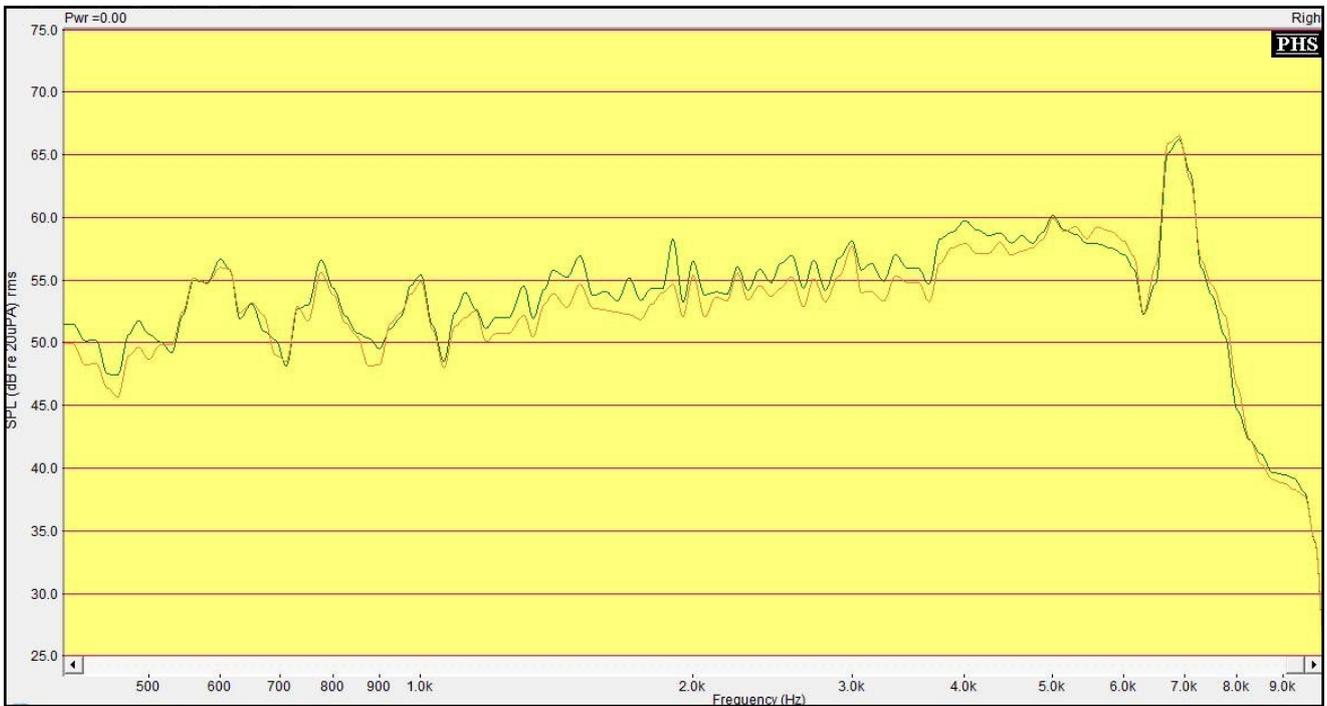


Figure n°23 : Spectre d'un bruit blanc émis à 0°, en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB, en mode test en vert et en True Ear en orange, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

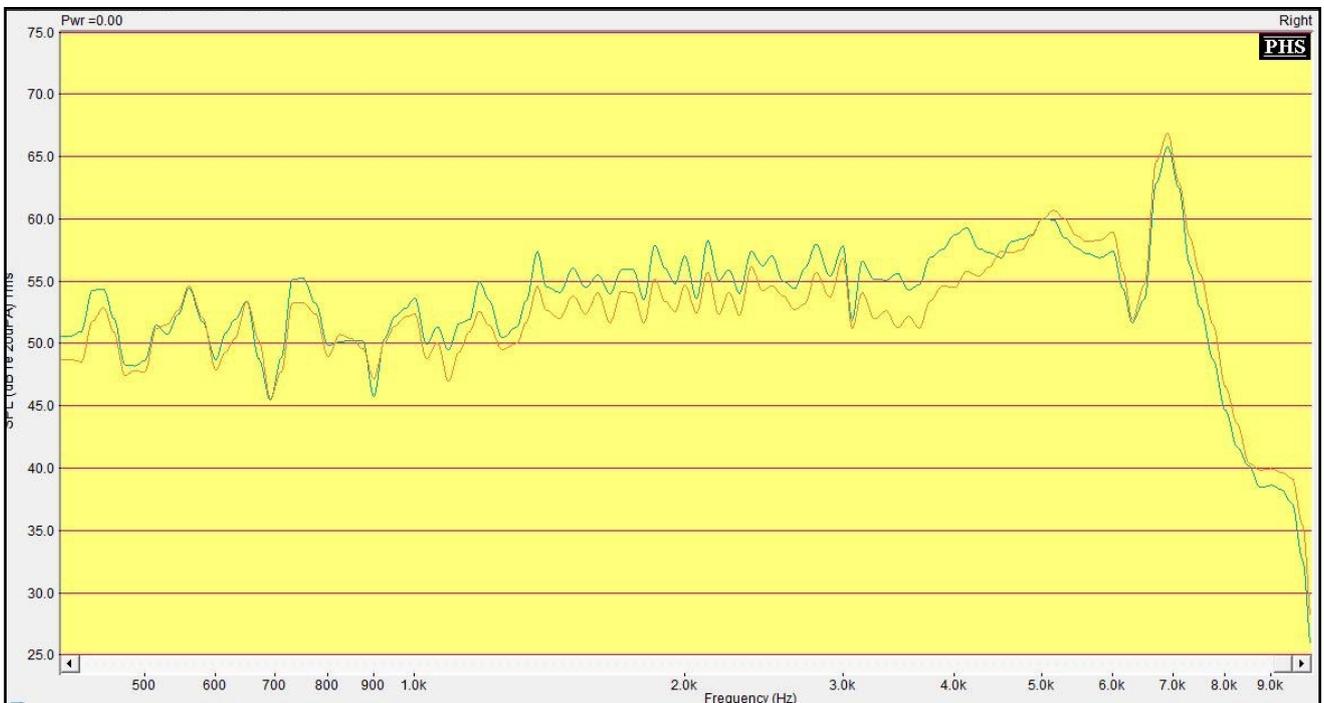


Figure n°24 : Spectre d'un bruit blanc émis à 45°, en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB, en mode test en bleu et en True Ear en orange, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

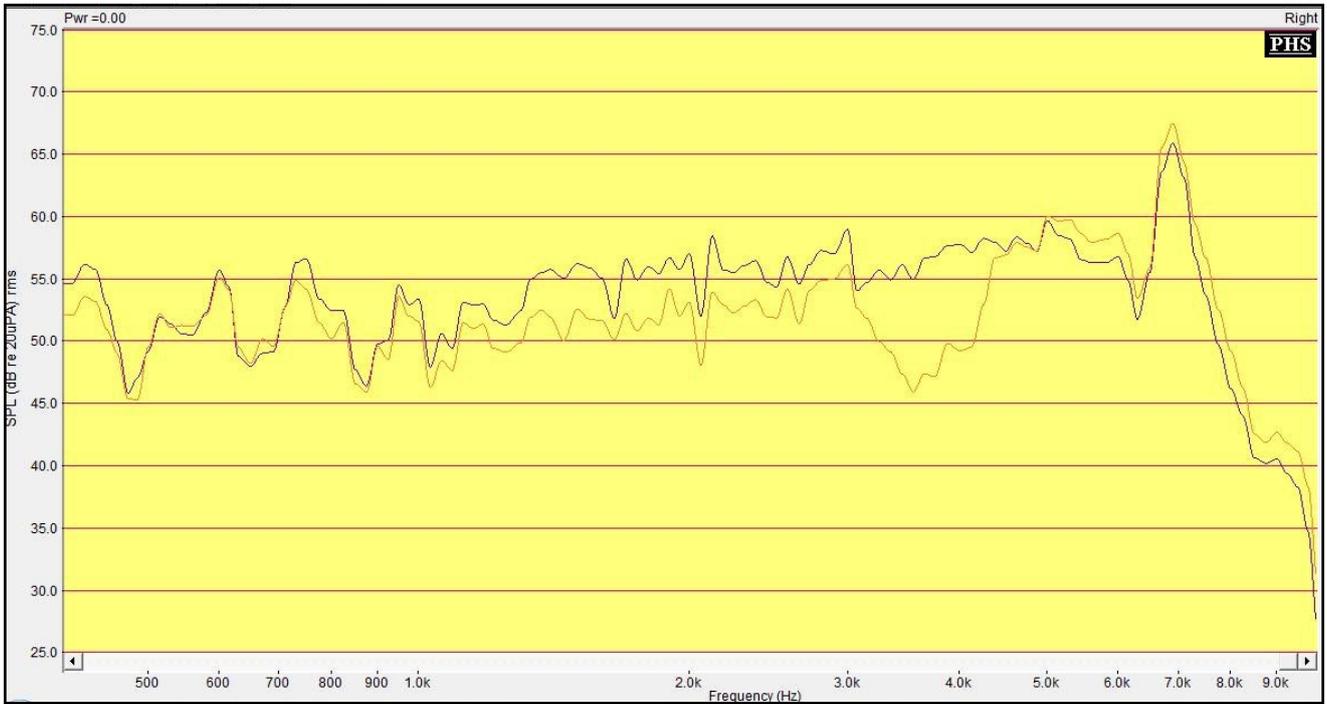


Figure n°25 : Spectre d'un bruit blanc émis à 90°, en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB, en mode test en bleu et en True Ear en orange, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

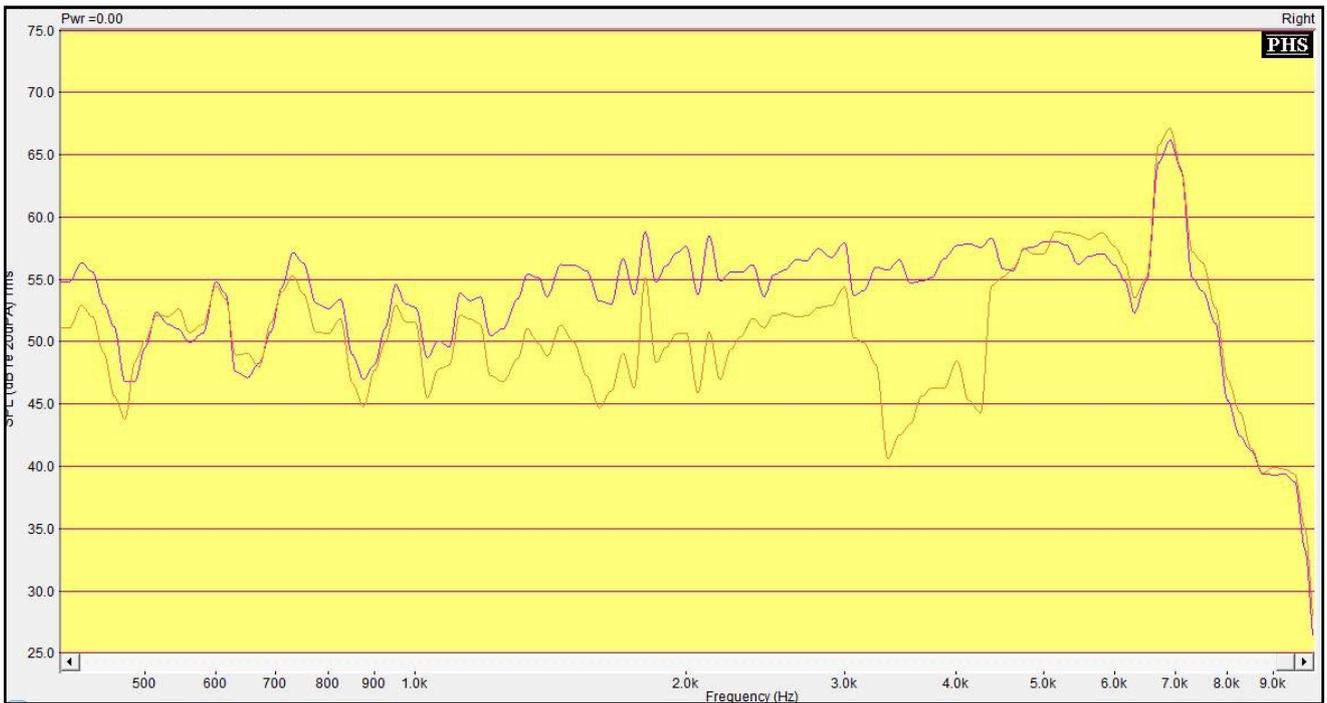


Figure n°26 : Spectre d'un bruit blanc émis à 135°, en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB, en mode test en violet et en True Ear en orange, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

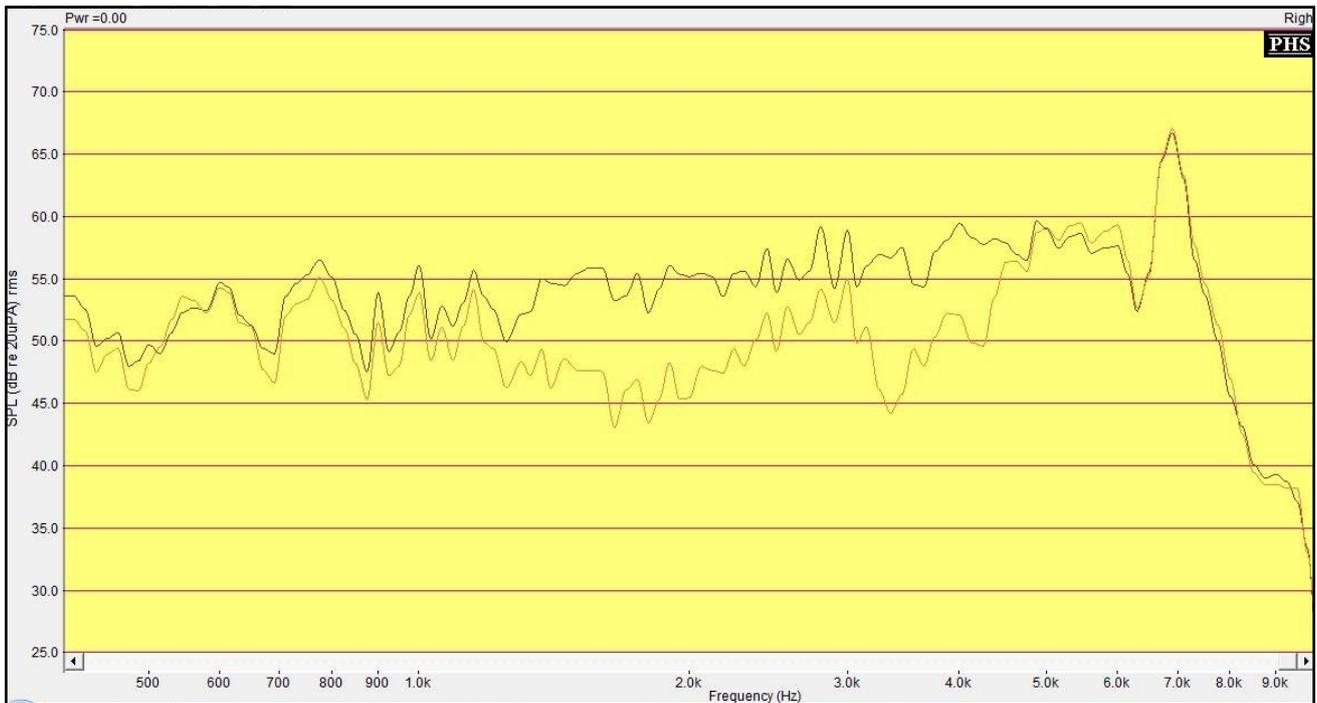


Figure n°27: Spectre d'un bruit blanc émis à 180°, en sortie de l'ACA réglé en linéaire, gain de 30 dB, en mode test en marron et en True Ear en orange, affichage en 1/24ème d'octave et moyennage de 500 fenêtres de pondération

Nous remarquons que :

- Le spectre obtenu en True Ear à 0° est presque identique au spectre obtenu en mode test à 0°,
- Plus l'émission provient de l'arrière et plus le mode microphonique True Ear atténue le niveau de sortie des médiums de 1000 à 5000 Hz.

2. Discussion

Nous rappelons qu'en mode test, l'ensemble des spectres obtenus pour chaque azimut est similaire.

Ainsi, pour chaque azimut, comparer le spectre obtenu en True Ear avec celui obtenu en mode test, revient à comparer les spectres obtenus en True Ear, dans ce même azimut d'une part, avec celui de l'azimut 0°, d'autre part.

Si nous comparons les spectres obtenus en True Ear à l'azimut 180° par rapport à l'azimut 0°, et que nous observons la courbe de fonction de transfert de l'oreille externe à 0°, nous pourrions penser que le mode directionnel True Ear essaye de reproduire, de manière successive, la fonction de transfert du conduit et du pavillon, en diminuant le gain des zones fréquentielles, de 1 à 3 kHz, puis de 3 à 5 kHz, quand celles-ci proviennent de l'arrière.

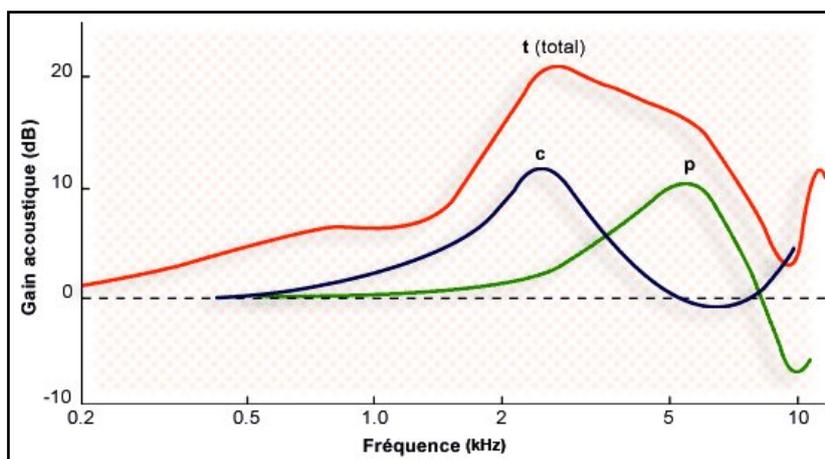


Figure n°28 : Schéma représentant la fonction transfert de l'oreille externe (c = conduit et p = pavillon) [54]

Parallèlement, le fabricant indique que la fonction du True Ear est de reproduire la fonction de transfert du pavillon en atténuant les fréquences supérieures à 2 kHz uniquement, alors que l'algorithme Insitugram a pour objet de reproduire la fonction de transfert du conduit en estimant la cavité résiduelle en présence de l'embout.

Ainsi, nous remarquons que ce mode microphonique est imparfait puisque la courbe de transfert correspondant au pavillon serait décalée pour le True Ear, avec un pic aux alentours de 3500 Hz au lieu de 5000 Hz.

Nous nous attardons maintenant à comparer, pour chaque azimuth intermédiaire, les niveaux de sortie obtenus par rapport à ceux attendus. Pour ce faire, nous regardons le schéma suivant, qui montre les différences d'intensité en fonction de l'azimuth d'émission du son pour quatre fréquences : 200, 1000, 4000 et 6000 Hz.

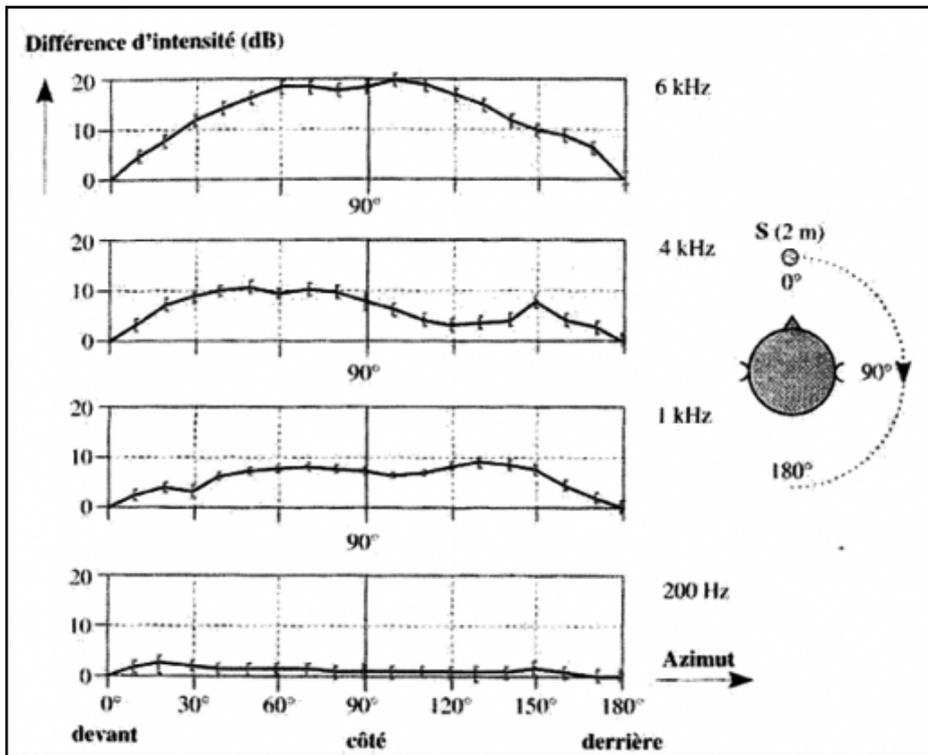


Figure n°29 : Schéma représentant les différences d'intensité engendrées par la fonction transfert de l'oreille externe, de 0 à 180°, pour différentes fréquences (d'après Fedderson, Sandel, Teas et Jefress) [55]

Nous remarquons que pour reproduire l'effet de transfert de l'oreille externe, le mode microphonique True Ear serait sensé augmenter, par rapport à l'azimut 0°, et dans différentes mesures, les niveaux de sortie des fréquences 1000, 4000 et 6000 Hz pour les azimuts 45, 90 et 135°. Or, plus l'azimut augmente et plus le niveau de sortie de ces fréquences diminue.

3. Conclusion

Le mode True Ear tente de reproduire partiellement la fonction de transfert de l'oreille externe ou gain naturel de l'oreille, GNO. Son mode d'action est inverse à celui de l'oreille puisqu'il diminue le gain apporté à 180° plutôt que d'augmenter celui à 0°. Ceci est important car cela a pour but de préserver le gain préconisé par l'audioprothésiste lors des réglages. Néanmoins, nous remarquons que ce souci du respect du gain prévu n'est valable que pour l'azimut 0°. De plus, la diminution du gain à 180° ne respecte pas scrupuleusement le gain naturel de l'oreille.

Finalement, les bénéfices de cette technologie sont très limités dans les azimuts intermédiaires où les niveaux de sortie des fréquences conversationnelles ne respectent ni le gain naturel de l'oreille ni le gain préconisé par l'audioprothésiste. Ainsi, lorsqu'un patient discute avec un interlocuteur placé à côté de lui, (conduite en voiture ou balades diverses), le niveau de sortie de la voix de ce dernier peut être insuffisant pour permettre une compréhension sans effort de la part du malentendant appareillé.

II. Etude du réducteur de bruit TPB

A. Données du fabricant SIEMENS

Le fabricant SIEMENS indique que juste après la captation des sons par les microphones, le signal est décomposé en fréquences (jusqu'à 48 bandes).

A partir de cette décomposition le signal est analysé pour savoir ce qui a été capté (calme, parole, bruit, parole + bruit, musique, voiture). Cette analyse se base sur de nombreux paramètres physiques : modulations du signal, écart de phases entre les microphones, passages à zéro, moyennes en intensités et fréquence, détection de la fondamentale, etc.

Après cette analyse, qui est stockée dans le data logging, le réducteur de bruit s'active si la détection conclut la présence des environnements suivants : bruit, parole + bruit ou voiture. Dans les autres cas les débruiteurs et les modes microphoniques se désactivent.

L'atténuation du bruit s'effectue alors en plusieurs étapes. La première est la directivité microphonique : on ne garde qu'une partie du champ de captation des microphones. La partie conservée est alors « nettoyée » par les débruiteurs. Dans le cas d'un bruit stationnaire seul, la réduction est simple, indépendante par canal et dépend du réglage du débruiteur sous Connexx. Si le bruit stationnaire est combiné à de la parole, alors une réduction « basique » ne suffit pas car il faut alors réduire le bruit entre les syllabes de la parole et donc aller très vite. Pour cela on utilise un filtrage de Wiener. Le système réalise une analyse du bruit stable. Une fois cette référence établie, il compare le signal d'entrée à cette référence pour savoir quand nettoyer ou non. Ainsi, plus le bruit fluctue et plus le débruiteur rencontrera des difficultés dans le nettoyage du signal.

Après tout cela, le signal ainsi nettoyé est envoyé dans la partie « adaptation au patient » qui comprend l'amplification et la compression du signal.

B. Comportement du réducteur de bruit

Le data logging est une fonction de l'appareil auditif qui nous permet d'obtenir des renseignements quant aux conditions de port de la prothèse par notre patient. Nous pouvons ainsi connaître la durée de port mais également le type d'environnements sonores auxquels notre patient a été exposé sous forme de pourcentages. Cette dernière donnée est le reflet de l'analyse que la puce effectue des différents environnements sonores en question.

Le principe de notre démarche est alors très simple. Nous effectuons d'abord, informatiquement, une remise à zéro de cette fonctionnalité. Ensuite, nous allumons l'appareil auditif en présence de l'environnement sonore que nous souhaitons analyser. Nous plaçons ici les appareils sur le KEMAR

et nous diffusons le bruit sur 4 des 8 haut-parleurs dont nous disposons : azimuts 45°, 135°, 225° et 315°. Nous laissons notre prothèse en fonctionnement, en présence de ce bruit, pendant un temps défini, à la fin duquel nous éteignons l'appareil. Il ne nous reste plus alors qu'à connecter l'appareil au logiciel Connexx de SIEMENS et de consulter le data logging pour visualiser comment l'appareil de correction auditive a identifié cet environnement.

1. Ambiance sonore de rame de métro

L'appareil auditif le considère à 100% comme du bruit.

2. Ambiance sonore d'une salle de jeux pour enfants

Le bruit de cris d'enfants est un bruit particulier. Le réducteur de bruit le considère à 100% comme un environnement de type « musique ».

3. Ambiance sonore de restaurant

Contrairement aux deux autres environnements étudiés ci-dessus, le bruit de restaurant n'est pas toujours considéré de la même façon par le réducteur de bruit. Ainsi, selon les conditions d'émission (local, disposition des haut-parleurs et intensité d'émission), il peut être analysé comme étant :

- à 33% comme du bruit, à 56% comme de la parole dans le bruit et à 11% comme de la musique (émission à 55 dB SPL dans le local contenant le KEMAR),
- à 10% comme du bruit et à 90% comme de la musique (émission à 60 dB SPL en cabine insonorisée),
- à 100% comme de la musique (émission selon différents azimuts, à 65 dB SPL en cabine insonorisée)
- à 100% comme du calme (émission à 0, 90, 180 et 270°, à 55 dB SPL, en cabine insonorisée).

Cela met en évidence les limites de l'analyseur de scène auditive sur lequel s'appuie l'action du réducteur de bruit.

4. Remarques

Nous cherchons à être certain que ce sont bien les environnements sonores qui entraînent la reconnaissance d'un environnement de musique par l'appareil et que celle-ci n'a pas été biaisée par l'introduction d'un effet de rythme lors de la création de notre piste sonore. Ainsi, nous effectuons un montage sonore simple de 3 minutes composées d'une minute de notre bruit initial complet et de

2 minutes de silence. Nous exposons les appareils à cet environnement pendant une heure et consultons le data logging. L'appareil estime avoir été confronté :

- pour le bruit de restaurant, à 68% au calme, à de la parole dans le bruit à 8% et à du bruit à 24% dans le local contenant le KEMAR (émission à 55 dB aux azimuts 45, 135, 225 et 315°). Nous reproduisons l'expérience en cabine insonorisée (émission à 60 dB de face) et nous obtenons : 68% de calme, 4% de musique, 17% de bruit et 11% de parole dans le bruit.
- pour le bruit de cris d'enfants, à 32% à de la musique et à 68% au calme.

Nous en déduisons que les échantillons sonores, que nous avons sélectionnés au départ pour créer nos pistes de bruits, sont bien représentatifs des enregistrements complets initiaux que nous avons effectués dans le restaurant universitaire et dans la salle de jeux d'enfants. Par contre, nous remarquons grâce au bruit de restaurant, que l'analyse de la scène auditive peut différer en fonction des conditions d'émissions.

C. Etude de l'action du réducteur de bruit TPB en linéaire (sans compression) sur différentes sources sonores

1. Protocole expérimental commun aux différentes mesures

Le but de cette seconde étude du TPB est de caractériser l'atténuation engendrée par le réducteur de bruit en fonction de différentes sources sonores ainsi que les constantes de temps en lien avec l'action du débruiteur.

Nous définissons, à cet effet, le temps nécessaire à l'action totale du RdB (Réducteur de Bruit) comme la durée qui s'est écoulée entre l'instant de début d'action du débruiteur et l'instant de fin d'action du débruiteur.

Nous notons que l'instant de mise en présence du bruit n'est jamais égal à 0 s puisque pour des raisons pratiques, l'enregistrement sur Spectra Plus est toujours commencé avant le début de l'émission du bruit par les haut-parleurs.

De même, nous définissons le temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (Réducteur de Bruit) comme étant la différence entre les instants de fin et de début de désenclenchement du réducteur de bruit.

Le réducteur de bruit TPB est réglé au maximum en bande large. L'appareil est réglé en linéaire (pas de compression).

L'émission de chaque signal sonore est réalisée à l'azimut 0°.

2. Etude de l'action du TPB sur différents environnements sonores

Protocole

Lors de cette étude, nous avons utilisé l'appareil de type RITE avec un écouteur de taille P et un gain en linéaire de 30 dB homogène sur l'ensemble des fréquences.

A cette étape du mémoire, nous étudions encore l'ensemble des six bruits enregistrés choisis au départ ainsi que le bruit blanc. Le niveau d'émission est de 55 dB SPL.

Résultats¹

Tableau n°1 : Action du TPB sur différents environnements sonores

Bruits émis à 55 dB SPL et à l'azimut 0°	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Durée pendant laquelle le bruit reste atténué (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)	Atténuation (en dB C)
Bruit Blanc	11	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	17 dB
Rame de métro	11	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	14 dB
TGV	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	13 dB
Rue passante	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	13 dB
Restaurant	6	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	9 dB
Salle de jeux pour enfants	5	12	14	9 dB

Nous constatons que l'action du réducteur de bruit commence, à chaque fois, dès la mise en présence du bruit.

Analyse des résultats

Nous constatons que l'atténuation est plus importante pour le bruit blanc qui est un bruit stationnaire que pour les autres bruits, dont les spectres présentent des fluctuations temporelles. L'atténuation du bruit blanc est de 17 dB. Le temps nécessaire à l'action totale du réducteur de bruit sur ce bruit est d'environ 11 à 12 s.

¹ Cf Annexe n°4 : Ensemble des représentations temporelles témoignant de l'atténuation du TPB sur différents bruits

Nous remarquons qu'il semble y avoir une corrélation entre une durée longue d'action du réducteur de bruit et une valeur relativement importante d'atténuation.

En présence d'un bruit de cris d'enfants qui se caractérise par d'importantes fluctuations temporelles, le réducteur de bruit s'enclenche dès la mise en présence du bruit avec un temps d'action de 5 s et une atténuation maximale de 9 dB. Toutefois, après être resté atténué pendant 12 s, le réducteur de bruit entame une phase de désenclenchement qui durera 14 s et élèvera le bruit de cris d'enfants à sa valeur initiale avant atténuation.

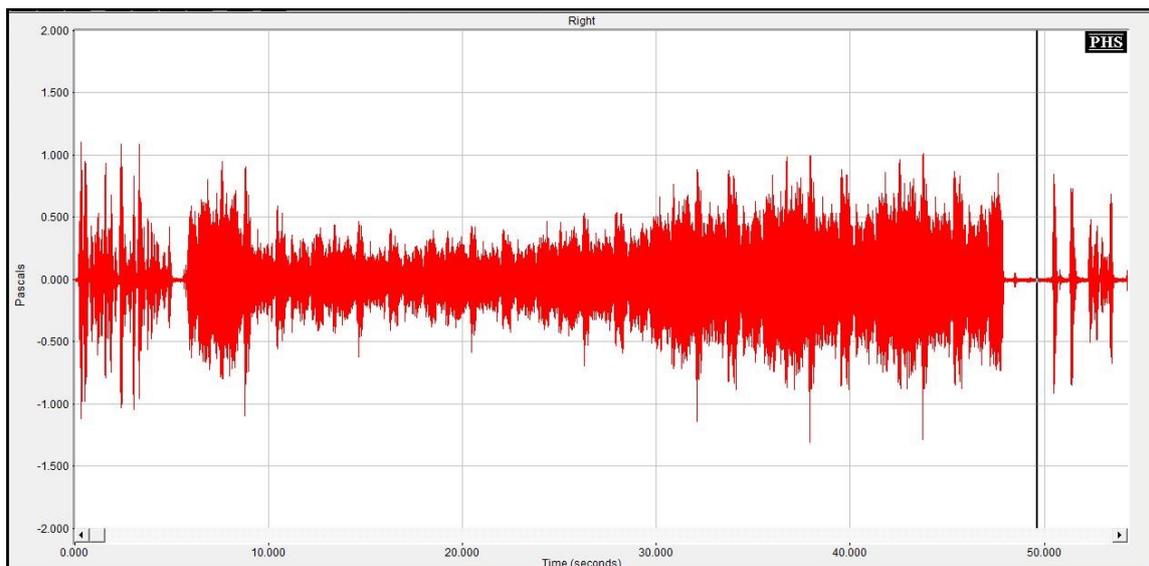


Figure n°30 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit de cris d'enfants

A partir de la mise en présence du bruit de cris d'enfants, le réducteur de bruit met donc 31 s avant de se stabiliser et rester inactif. Ceci peut correspondre à la phase d'analyse de l'environnement décrite par le fabricant. En effet, ceci est d'autant plus vraisemblable que nous avons vu précédemment que l'appareil détectait l'environnement de salle de jeux d'enfants comme de la musique.

L'analyse par bande de tiers d'octave du bruit blanc nous montre que cette atténuation maximale est homogène sur l'ensemble du spectre fréquentiel pour le bruit blanc.

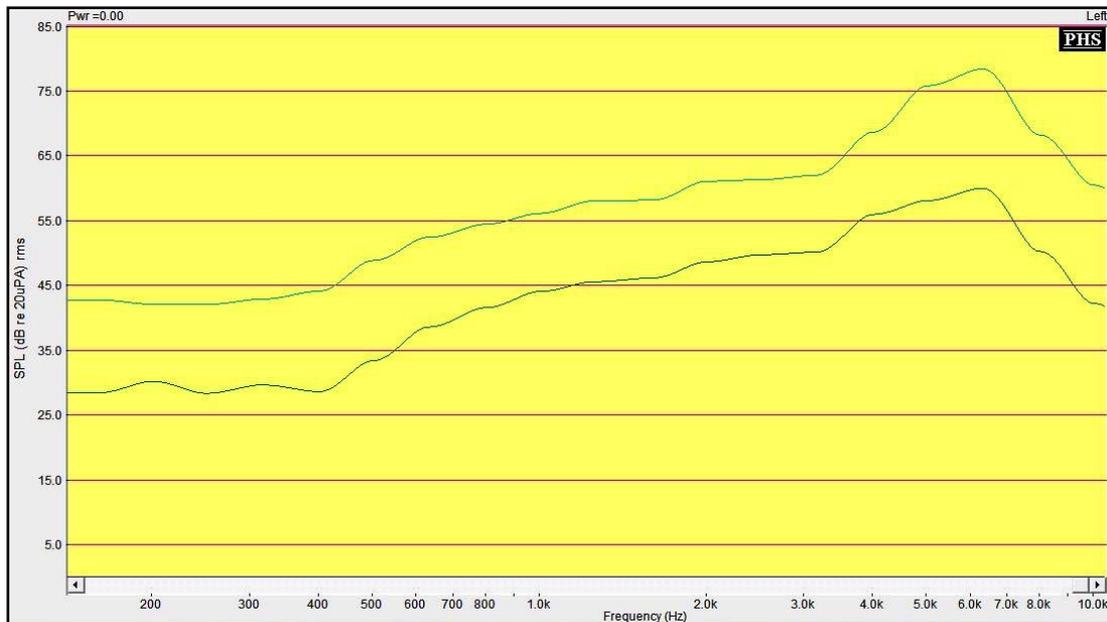


Figure n°31 : Spectre d'un bruit blanc avant (bleu, courbe supérieure) et après atténuation (vert, courbe inférieure) par le réducteur de bruit réglé au maximum

3. Etude de l'action du TPB sur des sons purs wobulés

Protocole

Nous nous attardons maintenant à analyser l'action du TPB sur des sons purs wobulés de différentes fréquences et émis à deux intensités différentes.

Les conditions sont les mêmes que pour les mesures précédentes sauf que le RITE est muni d'un écouteur de taille M et l'appareil se voit donc appliquer un gain en linéaire de 20 dB sur l'ensemble des fréquences.

De plus, l'émission se fait à deux niveaux en intensités :

- 50 dB SPL,
- 70 dB SPL.

Résultats²

Tableau n°2 : Action du TPB sur différents sons wobulés émis à 50 dB SPL

Fréquence d'émission (en Hz) Emission 50 dB SPL	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Durée pendant laquelle le bruit reste atténué (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
250	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	18
500	11	0	14	14
750	11	0	14	11
1000	11	0	14	12,5
1500	10	0	13	9
2000	11	0	15	11
3000	10	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	7
4000	11	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	6
6000	9	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	6
Moyenne	10,7		14	10,5
Ecart type	0,9		0,7	4,0
Médiane	11		14	11

Nous constatons que l'action du réducteur de bruit commence, à chaque fois, dès la mise en présence du bruit.

Nous remarquons que pour les fréquences de 500 à 2000 Hz, les phases d'atténuation et de désenclenchement s'effectuent successivement sans transition. Pour ces fréquences, nous observons comme un léger effet de palier durant l'atténuation. Ce phénomène est plus visible pour la fréquence 2000 Hz.

² Cf Annexe n°5 : Ensemble des représentations temporelles correspondant à l'action du TPB sur des sons wobulés

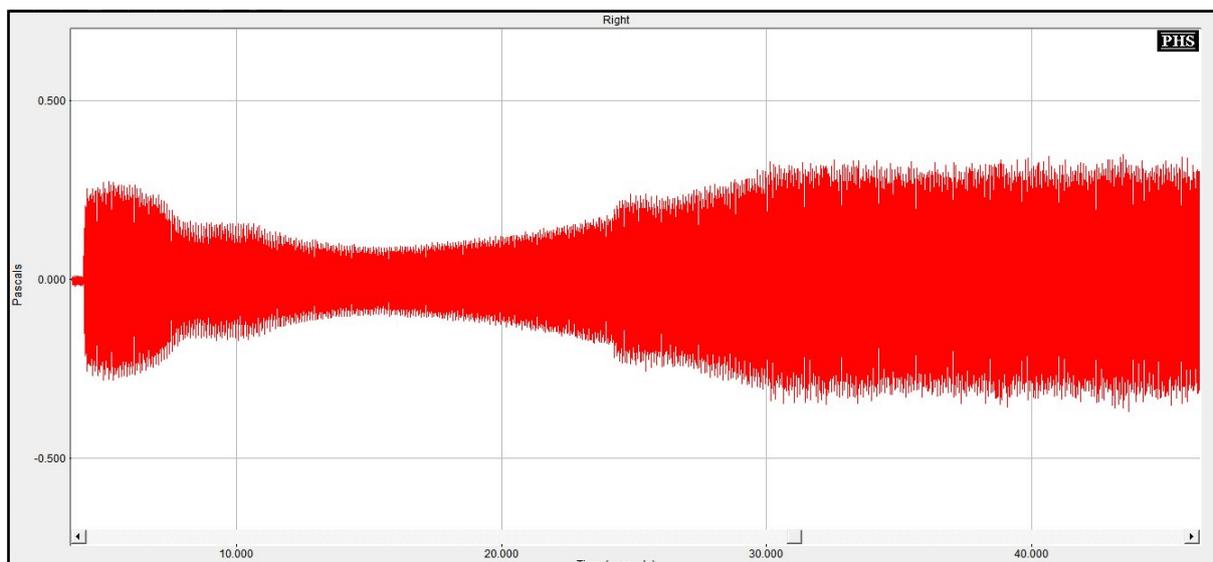


Figure n°32 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 2000 Hz, émis à 50 dB SPL

Tableau n°3 : Action du TPB sur différents sons wobulés émis à 70 dB SPL

Fréquence d'émission (en Hz) Emission 70 dB SPL	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Durée pendant laquelle le bruit reste atténué (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
250	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	10
500	11	0	12	11
750	12	0	7	5
1000	10	0	14	12,5
1500	10	0	14	7
2000	11	0	14	10,5
3000	8	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	7
4000	8	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	7
6000	6	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	1
Moyenne	10,8		12,2	7,9
Ecart type	2,0		3,0	3,5
Médiane	10		14	7

Nous constatons que l'action du réducteur de bruit commence, à chaque fois, dès la mise en présence du bruit.

Nous remarquons que pour les fréquences de 500 à 2000 Hz, les phases d'atténuation et de désenclenchement s'effectuent successivement sans transition. De plus, pour les fréquences de 250 à 4000 Hz, pendant la phase d'atténuation, nous observons un phénomène de palier, voire même pour certaines fréquences, comme une légère augmentation transitoire de l'intensité. Nous n'exposerons ici que deux des représentations temporelles mesurées.

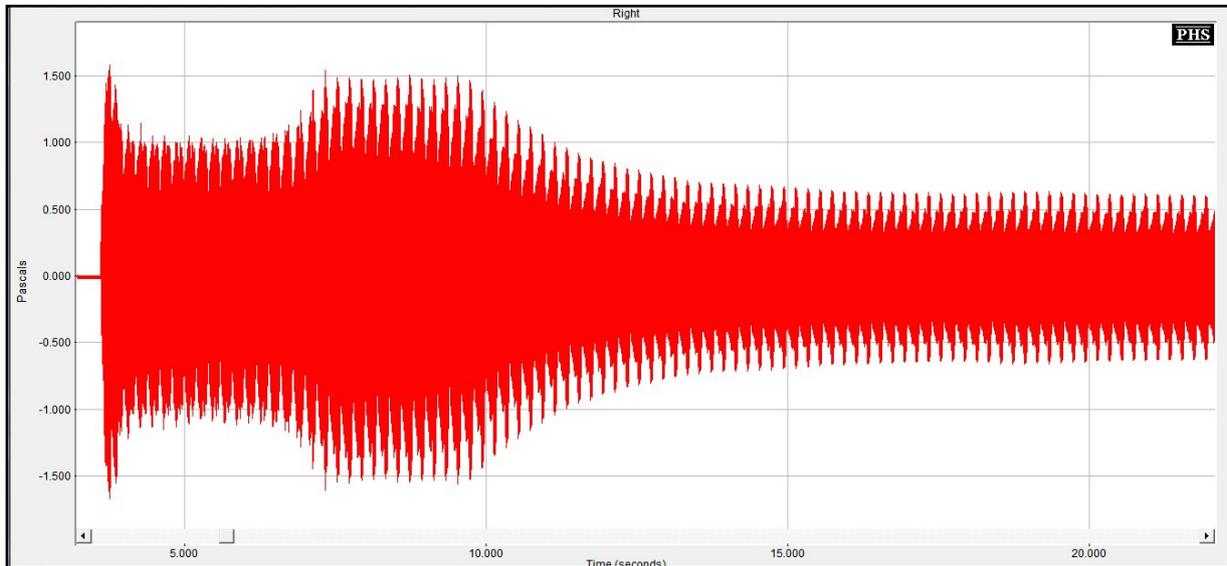


Figure n°33 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 250 Hz, émis à 70 dB SPL

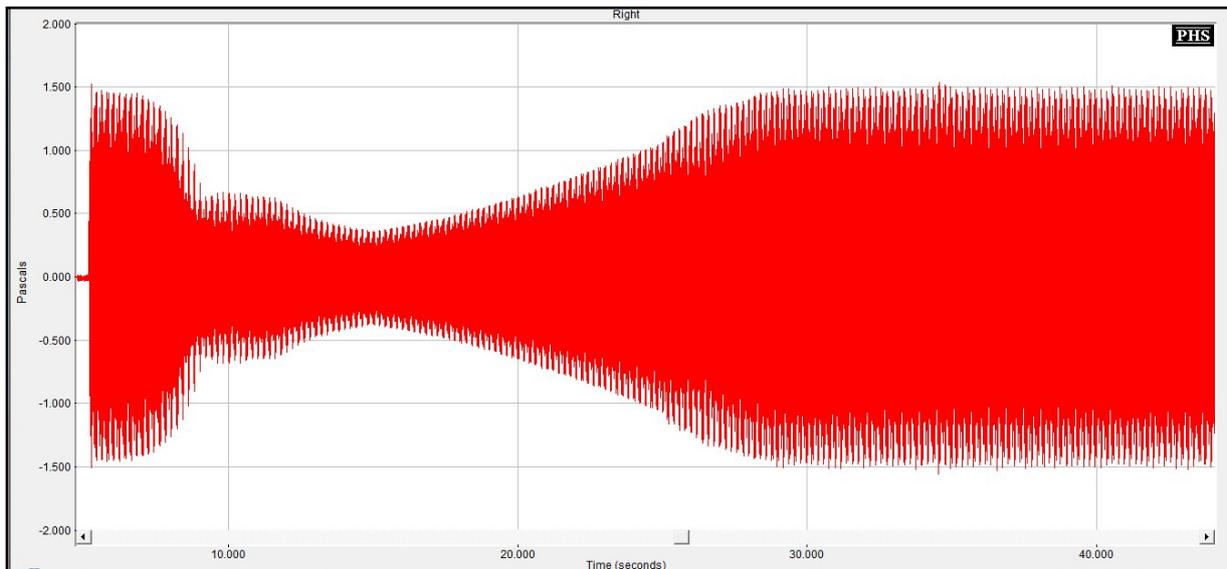


Figure n°34 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 1000 Hz, émis à 70 dB SPL

Analyse

Nous constatons que, quelque soit l'intensité d'émission, les sons wobulés correspondants aux fréquences de 500 à 2000 Hz, ne restent pas atténués.

Le temps nécessaire au désenclenchement total est équivalent à celui constaté pour le bruit de cris d'enfants (émis à 55 dB) avec 14 s pour l'émission à 50 dB et 12,2 s pour l'émission à 70 dB.

Contrairement au bruit de cris d'enfants, nous observons une succession immédiate des phases d'atténuation et de désenclenchement du réducteur de bruit.

Nous visualisons sur ces représentations temporelles, notamment pour les émissions à 70 dB, une forme particulière et spécifique de l'atténuation effectuée par ce réducteur de bruit. Celle-ci semble se diviser en deux phases d'atténuation avec un palier central qui prend parfois une allure de renflement correspondant à une légère augmentation supplémentaire et transitoire du niveau de sortie.

En regroupant les sons wobulés en graves, médiums et aigus, dans les tableaux ci-dessous, nous remarquons également que l'atténuation moyenne a tendance à diminuer quand la fréquence du son émis augmente.

Tableau n°4 : Action du TPB sur des sons wobulés émis à 50 dB SPL et regroupés en graves, médiums ou aigus

Fréquence d'émission (en Hz) Emission 50 dB SPL	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Durée pendant laquelle le bruit reste atténué (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
graves	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	18
médiums	10,8	0	14	11,5
aigus	10	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	6,3

Tableau n°5 : Action du TPB sur des sons wobulés émis à 70 dB SPL et regroupés en graves, médiums ou aigus

Fréquence d'émission (en Hz) Emission 70 dB SPL	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Durée pendant laquelle le bruit reste atténué (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
graves	12	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	10
médiums	10,8	0	12,2	9,2
aigus	7,3	Durée de l'enregistrement	Pas de désenclenchement	5,0

Nous constatons en comparant les deux tableaux n°4 et 5 que l'atténuation moyenne globale classée par type de fréquences, est plus importante pour un niveau d'émission de 50 dB que de 70 dB SPL.

Les temps nécessaires pour que l'action du réducteur de bruit soit totale, sont en corrélation avec les tests précédents :

- La durée nécessaire pour atteindre une atténuation maximale est de 12 s,
- Il semblerait que ces durées aient une légère tendance à diminuer avec la valeur de l'atténuation.

4. Etude de l'action du TPB sur différents niveaux d'intensité en entrée

Protocole

Nous cherchons désormais à définir si l'action du TPB est identique quelque soit le niveau d'émission ou si elle varie et dans quelles proportions.

Pour cette étude, nous utilisons le BTE relié à un coupleur 2cc inséré sur un microphone demi-pouce relié lui-même à l'ordinateur via le conditionneur bi-voies et la carte son externe. L'appareil possède un gain de 25 dB sur l'ensemble des fréquences. Il est toujours en linéaire avec comme seul traitement, le réducteur de bruit TPB activé au maximum en bande large.

Etude sur un bruit blanc³

Tableau n°6 : Action du TPB sur un bruit blanc émis à différentes intensités

Intensité d'émission (en dB SPL)	Niveau de sortie avant atténuation (en dB C)	Niveau de sortie après atténuation (en dB C)	Atténuation (en dB)	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)
40	64	52	12	10
45	69	55	14	11
50	74	60	14	10
60	85	70	15	10
70	96	80	16	10

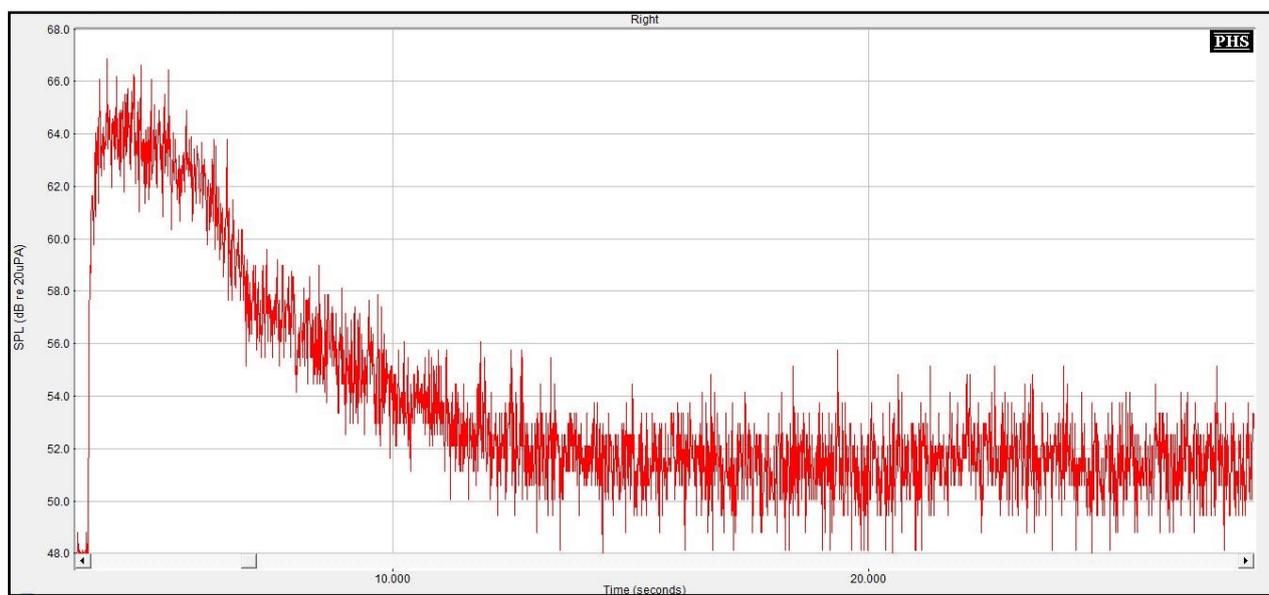


Figure n°35 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc, émis à 40 dB SPL

³ Cf Annexe n°6 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation par le TPB d'un bruit blanc émis à différentes intensités

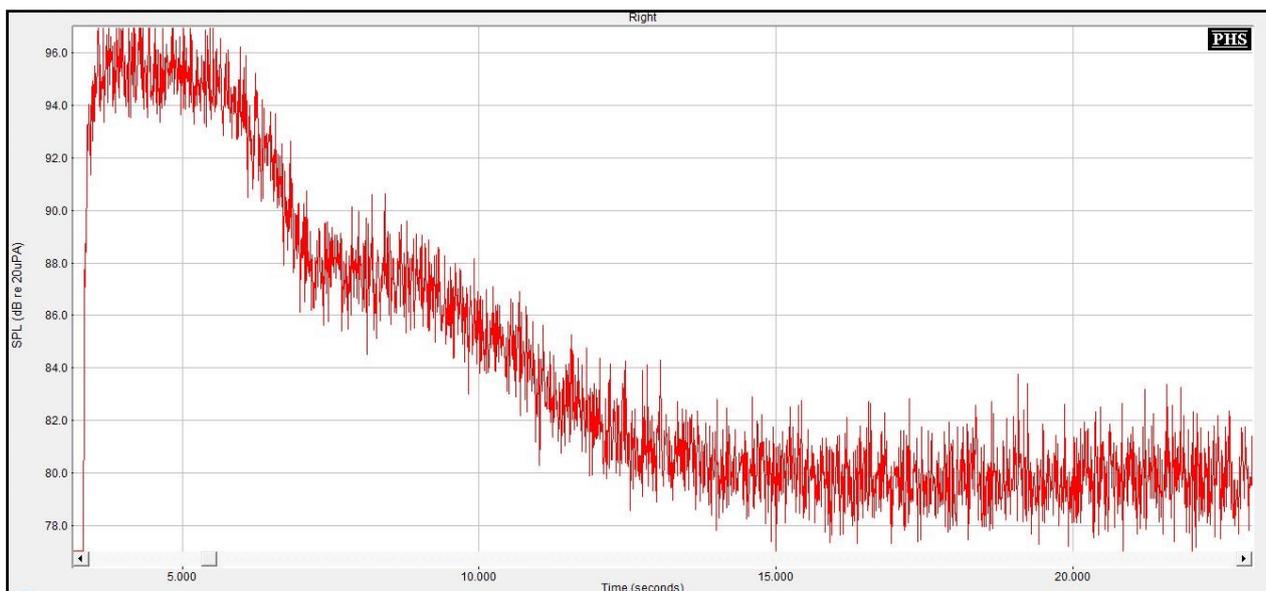


Figure n°36 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc, émis à 70 dB SPL

Analyse

Nous visualisons sur le bruit blanc, qui est un bruit stationnaire, une atténuation plus importante quand le niveau de bruit augmente. Ce phénomène est aussi appelé couramment : effet d'intensité.

Nous constatons également sur l'ensemble de ces représentations temporelles que l'atténuation semble s'effectuer en deux temps avec une sorte de palier intermédiaire.

Etude sur les bruits utilisés pour le mémoire⁴

Nous regarderons si l'effet d'intensité s'applique sur les deux niveaux d'entrée utilisés pour les bruits retenus pour l'étude, c'est-à-dire 40 et 55 dB SPL.

Tableau n°7 : Action du TPB sur le bruit de rame de métro émis à 40 ou 55 dB SPL

Intensité d'émission du bruit de rame de métro	Atténuation (en dB)	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)
40 dB	5	3	Pas de désenclenchement
55 dB	12	8	Pas de désenclenchement

⁴ Cf Annexe n°7 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation par le TPB de différents bruits émis à différentes intensités

Tableau n°8 : Action du TPB sur le bruit de restaurant émis à 40 et 55 dB SPL

Intensité d'émission du bruit de restaurant	Atténuation (en dB)	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)
40 dB	3	5	Pas de désenclenchement
55 dB	11	8	Pas de désenclenchement

Tableau n°9 : Action du TPB sur le bruit de salle de jeux d'enfants émis à 40 et 55 dB SPL

Intensité d'émission du bruit de salle de jeu d'enfants	Atténuation (en dB)	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Temps nécessaire au désenclenchement total du RdB (en s)
40 dB	2	7	Pas de désenclenchement
55 dB	5	4	15

Pour le bruit de restaurant émis à 40 dB SPL, nous remarquons une remontée de l'intensité quelques secondes après son atténuation. A de si faibles intensités, nous ne pouvons dire si ce « pic » correspond à un artéfact d'enregistrement ou à un léger désenclenchement du réducteur de bruit.

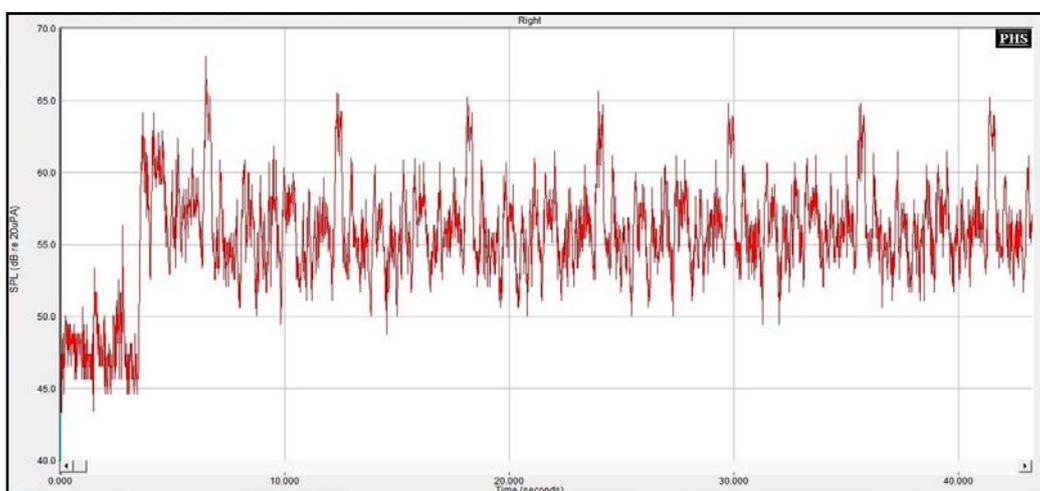


Figure n°37 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de cris d'enfants, émis à 40 dB SPL

Analyse

Nous constatons que l'effet d'intensité se produit également sur les trois bruits utilisés pour ce mémoire. Nous remarquons également que pour une intensité d'émission de 40 dB, le bruit d'enfants reste atténué de 2 dB tout au long de son émission.

D. Etude de l'action du réducteur de bruit TPB sur différentes sources sonores avec compression

1. Protocole

Nous cherchons à déterminer si l'action du TPB tient compte du taux de compression éventuellement inséré dans les réglages.

L'appareil de type RITE, muni d'un écouteur de taille M, initialement réglé en linéaire avec un gain de 20 dB sur toutes les fréquences, possède maintenant un taux de compression et une valeur de seuils d'enclenchement identiques sur l'ensemble du spectre fréquentiel. L'émission du bruit blanc est de 55 dB SPL.

2. Résultats⁵

Tableau n°10 : Action du TPB associé à un facteur de compression sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL

Bruit blanc émis à 55 dB SPL	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
Taux de compression de 1,5 et Ck à 20 dB	10	12,5
Taux de compression de 1,5 et Ck à 70 dB	10	18
Taux de compression de 2 et Ck à 20 dB	7	10
Taux de compression de 2 et Ck à 70 dB	10	18
Taux de compression de 3 et Ck à 20 dB	9	7
Taux de compression de 3 et Ck à 70 dB	10	18

3. Analyse

Le bruit blanc est émis à 55 dB SPL. De ce fait :

- Quand les seuils d'enclenchement sont à 70 dB, la compression n'agit aucunement sur le bruit,
- Quand les seuils d'enclenchement sont à 20 dB, la compression agit complètement sur ce bruit.

⁵ Cf Annexe n°8 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation d'un BB émis à 55 dB SPL pour différents taux de compression

Pour une meilleure analyse, nous réalisons deux tableaux de résultats classés selon la valeur des seuils d'enclenchement.

Tableau n°11 : Action du TPB pour différents taux de compression quand les Ck sont à 70 dB, pour un bruit blanc émis à 55 dB SPL

Seuils d'enclenchement à 70 dB	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Atténuation (en dB)
taux de compression de 1,5	10	18
taux de compression de 2	10	18
taux de compression de 3	10	18

Nous constatons que pour des seuils d'enclenchement à 70 dB, la compression n'agit pas, le bruit est atténué, quelque soit le taux de compression appliqué, au maximum, c'est-à-dire de 18 dB. Cette valeur est en corrélation avec la valeur observée précédemment en linéaire : 17 dB. De même, le temps nécessaire à l'action totale du réducteur de bruit est d'une valeur très proche de celle mesurée précédemment : 10 s (contre 11 s).

Tableau n°12 : Action du TPB pour différents taux de compression quand les Ck sont à 20 dB, pour un bruit blanc émis à 55 dB SPL

Seuils d'enclenchement à 20 dB	Temps nécessaire à l'action totale du RdB (en s)	Atténuation (en dB)	Atténuation maximale / taux de compression (en dB)
taux de compression de 1,5	10	12	$18/1,5 = 12$
taux de compression de 2	7	10	$18/2 = 9$
taux de compression de 3	9	7	$18/3 = 6$

Nous remarquons que l'atténuation du bruit, quand les seuils d'enclenchement sont à 20 dB, est quasi égale à l'atténuation maximale du réducteur de bruit divisée par le taux de compression appliqué dans l'appareil. Ceci est en corrélation avec le discours fabricant qui place l'action du module de réducteur de bruit TPB avant celle du module de compression.

Cette fonctionnalité du réducteur de bruit est tout à fait pertinente car la pondération de l'action du réducteur de bruit par le taux de compression permet à l'appareil auditif de prendre en compte le facteur de recrutement du patient.

E. Récapitulatif

Comme l'indiquait le fabricant, le réducteur de bruit TPB a un fonctionnement optimal sur les environnements de bruit stationnaire, comme le bruit blanc, qu'il réduit alors efficacement et de

manière homogène sur l'ensemble du spectre. Cette notion d'efficacité se retrouve dans le fait que l'atténuation de ce type de bruit prend en compte plusieurs facteurs comme :

- L'effet d'intensité quand le niveau de bruit augmente, l'atténuation augmente,
- Le facteur de recrutement du patient.

Nous avons vérifié l'effet de ces deux éléments sur nos bruits fluctuants.

L'effet d'intensité peut paraître une bonne idée sur un bruit seul comme nous l'avons mesuré ici, avec une atténuation plus importante quand le bruit est fort. Par contre, lors du passage d'une voiture par exemple, le différentiel d'intensité nous permet de nous localiser et d'évaluer notre distance par rapport au phénomène sonore. Il peut être atténué par l'effet d'intensité.

De plus, si le bruit est associé à de la parole, il faudra tenir compte du rapport signal sur bruit par canal pour déterminer la juste atténuation des canaux dont le rapport est négatif.

Tenir compte du facteur de recrutement du patient est très pertinent. En effet, prenons l'exemple d'un patient ayant une perte plate avec des seuils auditifs à 70 dB et des seuils subjectifs d'inconfort à 105 dB HL. Sa dynamique résiduelle est de 35 dB. Nous prenons l'hypothèse que sa croissance de sonie est régulière : son seuil subjectif de confort est au milieu de sa dynamique soit à 87,5 dB. Son facteur de recrutement est donc de 3 ($110/35$) environ et le gain théorique de 27,5 dB ($87,5 - 60$) pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL. Une croissance de sonie de 10 dB de la dynamique d'un normo-entendant correspond donc pour ce patient à une croissance de 3 dB (environ $10/3$).

Prenons maintenant l'exemple d'un bruit de 70 dB. Comme son niveau d'entrée est de 10 dB supérieur à 60 dB SPL, son niveau de sortie est de 91 dB ($87,5 + 10/3$). Si le réducteur de bruit ne tient pas compte du facteur de recrutement du patient et atténue le bruit de 18 dB, cela reviendrait, à proportion égale, pour un normo-entendant à atténuer le bruit émis à 70 dB SPL, de 3×18 soit 54 dB. Le bruit de 70 dB serait alors perçu comme un bruit de 16 dB. Nous pouvons alors imaginer les problèmes en terme de localisation et d'effet de pompage (variation intempestive d'intensité) qu'un tel phénomène est susceptible d'engendrer chez les patients dont la dynamique résiduelle est très pincée.

Pour tenir compte du facteur de recrutement du patient, le fabricant place judicieusement l'action du réducteur de bruit avant celle du module d'amplification et de compression. La responsabilité du choix d'un taux de compression adapté au facteur de recrutement du patient, et les conséquences que ce choix est susceptible d'engendrer, revient alors à l'audioprothésiste.

Les mesures que nous avons effectuées nous ont montré que l'atténuation du TPB diminue quand le bruit fluctue. Les relevés de data logging nous indiquent que le biais semble provenir de la phase

initiale d'analyse de la scène auditive qui par exemple, identifie le bruit très fluctuant de cris d'enfants comme de la musique. Cet environnement va alors provoquer un phénomène particulier de la part du réducteur de bruit. Cela se traduit par la succession d'une phase d'atténuation rapide de 5 s, d'une phase de maintien de l'atténuation pendant 12 s environ et d'une phase de désenclenchement total dont la durée est de 14 s, pour le bruit de cris d'enfants, émis à 55 dB SPL. Après discussion de ce phénomène avec le fabricant, nous pensons que celui-ci peut être la conséquence de la phase d'analyse qui conclut à un environnement de musique et engendre le désenclenchement du TPB.

Ce phénomène se retrouve également sur les sons wobulés de 500 à 2000 Hz, émis à 50 et 70 dB, où cette fois, les phases d'atténuation (durée avoisinant les 10 s) et de désenclenchement (durée semblable à celle du bruit de cris d'enfants) se succèdent sans phase intermédiaire de tenue de l'atténuation. Néanmoins, les représentations temporelles obtenues sur ces sons wobulés, notamment sur ceux émis à 70 dB, montrent un mécanisme d'atténuation qui paraît être séparé en deux phases par un niveau transitoire ou palier, où le niveau acoustique semble se maintenir quelques instants voire augmenter à nouveau légèrement, avant de subir la fin de son atténuation.

L'étude de l'action du réducteur de bruit sur les sons wobulés montrent également un effet d'intensité inverse à celui visualisé sur le bruit blanc puisque les sons émis à 50 dB SPL sont plus atténués que ceux émis à 70 dB SPL. De plus, il semble aussi que le niveau d'atténuation soit influencé par la fréquence de wobulation. Nos mesures ont en effet révélé une atténuation moins importante à mesure que la fréquence augmente.

F. Remarque

Au vu de ces résultats, le fabricant précise que deux types de réducteurs de bruit peuvent être utilisés :

- L'Emergence Directionnelle de Parole (EDP) préconisée quand les bruits fluctuent, et dont l'activation n'est possible que quand les microphones sont réglés en directionnel (activation impossible en True Ear),
- Le Traitement de la Parole et du Bruit (TPB) préconisé pour les bruits plus stables, qui peut être activé quelque soit le mode microphonique.

Néanmoins, des mesures acoustiques réalisées avec l'activation du mode microphonique directionnel et l'EDP réglé au maximum (seul ou conjointement au TPB) ont montré une action similaire sur le bruit de cris d'enfants, qui est le bruit qui comporte les plus grandes variations

temporelles. Le fabricant confirme alors que si cette scène auditive est reconnue par l'appareil auditif comme de la musique à 100%, alors aucun des deux réducteurs de bruits ne fonctionnera.

De plus, nous avons constaté une action réelle du TPB sur les deux autres bruits fluctuants (restaurant et rame de métro). Finalement, le fabricant nous livre également que le fonctionnement de l'EDP nécessite que le signal utile de parole provienne de face (0°) et que le bruit soit émis aux azimuts 90° ou 180° . Ainsi, si nous avons choisi ce réducteur de bruit, l'activation du mode microphonique directionnel aurait nécessité une étude supplémentaire.

G. Conclusion

Nous pouvons donc conclure que le réducteur de bruit TPB de chez SIEMENS est un réducteur de bruit performant. En effet, la quantité d'atténuation tient compte de nombreux paramètres : niveau d'entrée, composition fréquentielle du signal, facteur de recrutement du patient. Il parvient à atténuer durablement certains bruits fluctuants (rame de métro, restaurant).

Son comportement semble différer notablement en fonction des modulations du signal d'entrée : gestion différente d'un bruit blanc stationnaire ou d'un son pur wobulé.

Cette technologie comporte également des limites puisque son analyse de la scène auditive peut être biaisée en amont et engendrer un dysfonctionnement du réducteur de bruit sur certains environnements très fluctuants, comme le bruit de cris d'enfants.

Ce dysfonctionnement se traduit par la succession d'une phase d'atténuation et d'une phase de désenclenchement total du réducteur de bruit dont l'ensemble cumulé dure de 20 à 30 s environ.

Etude préliminaire de l'action des paramètres de compression étudiés

Cette seconde étude préliminaire a pour but de déterminer précisément les effets engendrés par chacun des différents paramètres de compression que nous souhaitons étudier. Le but est de faciliter ainsi l'analyse des effets que nous observerons quand ces paramètres agiront conjointement.

I. Données du fabricant

Dans un premier temps, nous nous renseignons auprès du fabricant des aides auditives choisies pour notre étude.

A. Compression rapide, Syllabic

La compression Syllabic possède :

- Un temps d'attaque de 10 ms,
- Un temps de retour de 100 ms.

B. Compression lente, Dual

La compression Dual possède :

- Deux temps d'attaque différents,
 - 10 ms,
 - ou 900 ms,
- Un temps de retour de 1400 ms.

La puce de l'appareil calcule la dérivée du signal d'entrée en permanence et en fonction des fluctuations de ce signal, va passer d'un temps d'attaque lent à rapide.

Ainsi, pour des fluctuations lentes du signal d'entrée, le temps d'attaque sera lent et lors d'une montée franche d'énergie, l'appareil basculera sur la constante de temps rapide.

Le temps de retour sera, quant à lui, toujours lent. Il correspond au temps nécessaire pour passer du gain correspondant à un niveau en intensité de signal d'entrée, L , au gain nécessaire à un niveau en intensité de signal d'entrée, L' .

II. Protocole

Afin de visualiser clairement l'effet des paramètres de compression étudiés, nous décidons d'effectuer deux jeux de quatre programmes :

- Le premier correspond aux paramètres de compression étudiés avec des valeurs choisies volontairement importantes,
- Le second, aux programmes utilisés lors de l'étude expérimentale.

Dans chaque cas, l'appareil utilisé est le RITE PURE 7 Binax muni respectivement, soit d'un écouteur de taille P soit d'un écouteur de taille M. Pour visualiser l'effet indépendant des paramètres de compression choisis, nous avons désactivé l'ensemble des traitements du signal. Le mode microphonique est le True Ear.

A. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées

L'appareil est alors muni d'un écouteur de taille P. Un taux de compression de 3 et un gain de 25 dB pour 60 dB SPL d'entrée, sont appliqués sur l'ensemble des fréquences et pour chacun des programmes.

Ces quatre programmes sont :

- P1, Dual avec des seuils d'enclenchement à 20 dB,
- P2, Dual avec des seuils d'enclenchement à 50 dB,
- P3, Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 20 dB,
- P4, Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 50 dB.

B. Rappel des programmes choisis pour l'étude expérimentale de ce mémoire

L'appareil de type RITE est muni d'un écouteur de taille M. Le programme P3 correspond au réglage initial porté par notre patiente test. Les trois autres programmes ont été adaptés à partir de P3. Les taux de compression ainsi que les niveaux de sortie pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL, sont communs aux quatre programmes qui ne diffèrent que par le type de compression et/ou le réglage des seuils d'enclenchement de compression :

- P1, Dual avec des seuils d'enclenchement dégressifs (de 47 à 30 dB),
- P2, Dual avec des seuils d'enclenchement à 20 dB,
- P3, Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 20 dB,

- P4, Syllabic avec des seuils d'enclenchement dégressifs (de 47 à 30 dB).

C. Déroulement de chaque étude

Nous réaliserons deux types d'étude en fonction du matériel sonore utilisé :

- Un ensemble d'études sur un matériel sonore classique, à savoir un balayage en sons purs et un bruit blanc :
 - Une étude des niveaux de sortie sur chaîne de mesure,
 - Une étude sur un bruit blanc continu émis à deux intensités différentes,
- Un ensemble d'études sur le matériel sonore utilisé pour l'audiométrie vocale dans le bruit :
 - Une étude sur un mot de type consonne-voyelle-consonne,
 - Une étude sur les différents environnements sonores utilisés.

Chaque étude (sauf la dernière) sera donc d'abord réalisée avec le premier jeu de programmes de façon à visualiser distinctement les différences entre les réglages de type de compression et de seuils d'enclenchement.

Ensuite, elle sera reconduite à l'identique avec le second jeu de programmes afin de vérifier que nous observons bien les mêmes effets, de manière plus légère certes, puisque, dans ces programmes, nous étudions des différences plus fines de réglages.

III. Etude sur un matériel sonore classique

A. Etude des niveaux de sortie sur chaîne de mesure

1. Protocole

Nous commençons par regarder simplement, à l'aide de la chaîne de mesure, les différences observées en fonction du réglage de nos deux paramètres de compression :

- Compression rapide ou lente,
- Seuils d'enclenchement à 20 dB sur toutes les fréquences ou dégressifs.

Sur la chaîne de mesure Unity 2, nous connectons notre appareil auditif de type RITE au coupleur 2cc relié au microphone de la chaîne. Le signal sonore utilisé est un balayage en sons purs du spectre fréquentiel, que nous émettons à 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80 et 90 dB SPL (la chaîne de mesure ne peut émettre en dessous de 40 dB SPL).

2. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées

Dual versus Syllabic

Pour étudier l'effet du type de compression choisi, nous utilisons les programmes dont les seuils d'enclenchement sont les plus faibles, 20 dB sur l'ensemble des fréquences, c'est-à-dire P1 et P3. En effet, plus le seuil d'enclenchement de la compression est faible et plus l'effet du type de compression sera visible.

Quelque soit le niveau d'entrée, nous constatons que le niveau de sortie obtenu avec la compression lente, Dual, est toujours globalement légèrement supérieur au niveau de sortie obtenu avec la compression rapide, Syllabic¹. L'écart entre les niveaux de sortie est plus important en basses fréquences.

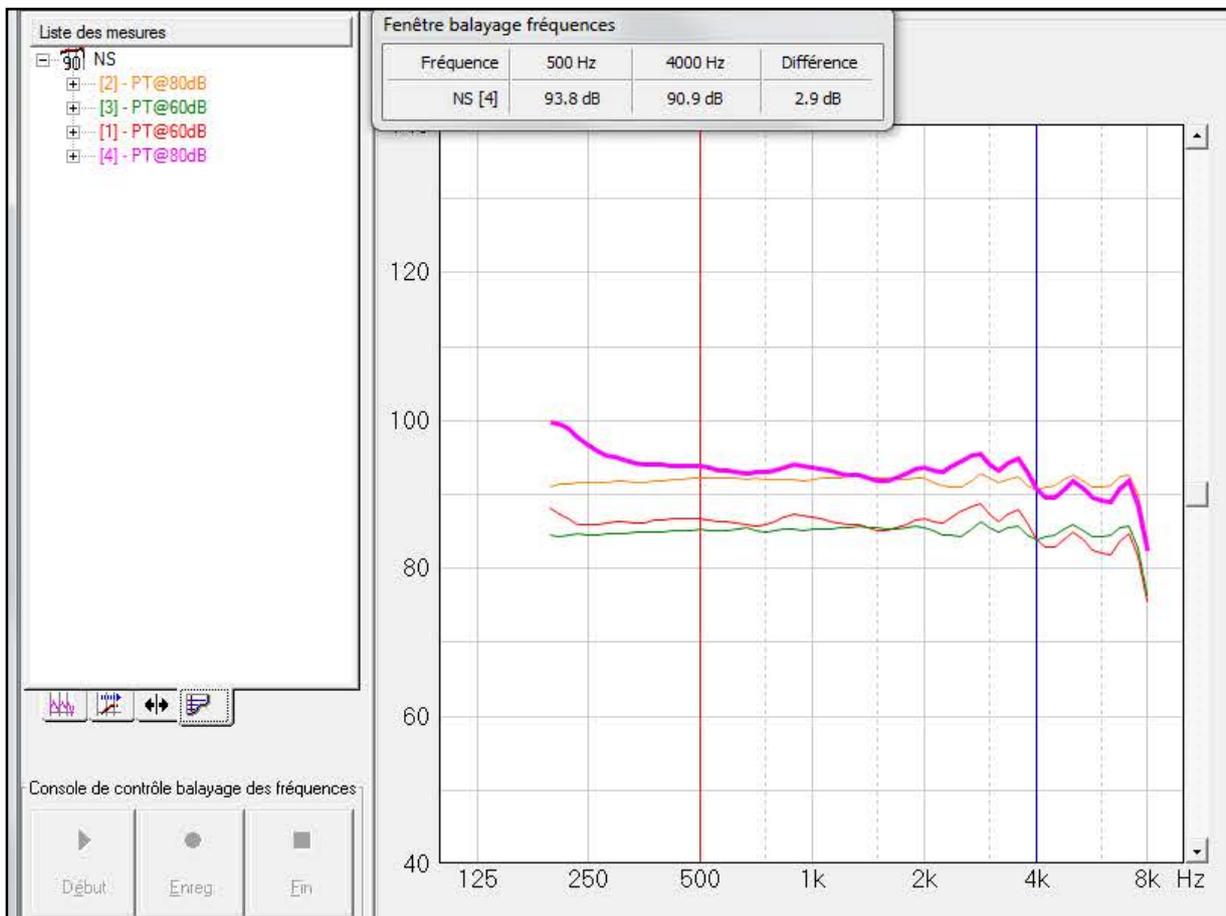


Figure n°38 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 60 dB SPL, en Syllabic en vert et en Dual en rouge, et de 80 dB SPL, en Syllabic en orange et Dual en rose, Ck à 20 dB

¹ Cf Annexe n°9 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au coupleur 2cc et montrant la différence Dual / Syllabic

Ck 20 dB versus Ck 50 dB

Nous observons des niveaux de sortie similaires pour un niveau d'entrée de 60 dB, comme nous avons réglé initialement les appareils.

Pour les niveaux d'entrée inférieurs à 60 dB, nous observons des niveaux de sortie plus faibles quand les Ck sont réglés à 50 dB plutôt qu'à 20 dB.

Il est tout à fait logique que la dynamique de sortie des sons faibles pour des Ck réglés à 50 dB soit plus grande que quand les Ck sont à 20 dB puisque, plus le seuil d'enclenchement de la compression est élevé et moins la compression agit sur les sons faibles.

Pour les niveaux de sortie correspondant aux niveaux d'entrée au delà de 60 dB SPL, pour certaines zones fréquentielles, nous obtenons des niveaux de sortie légèrement plus élevés quand les Ck sont réglés à 50 dB plutôt qu'à 20 dB.

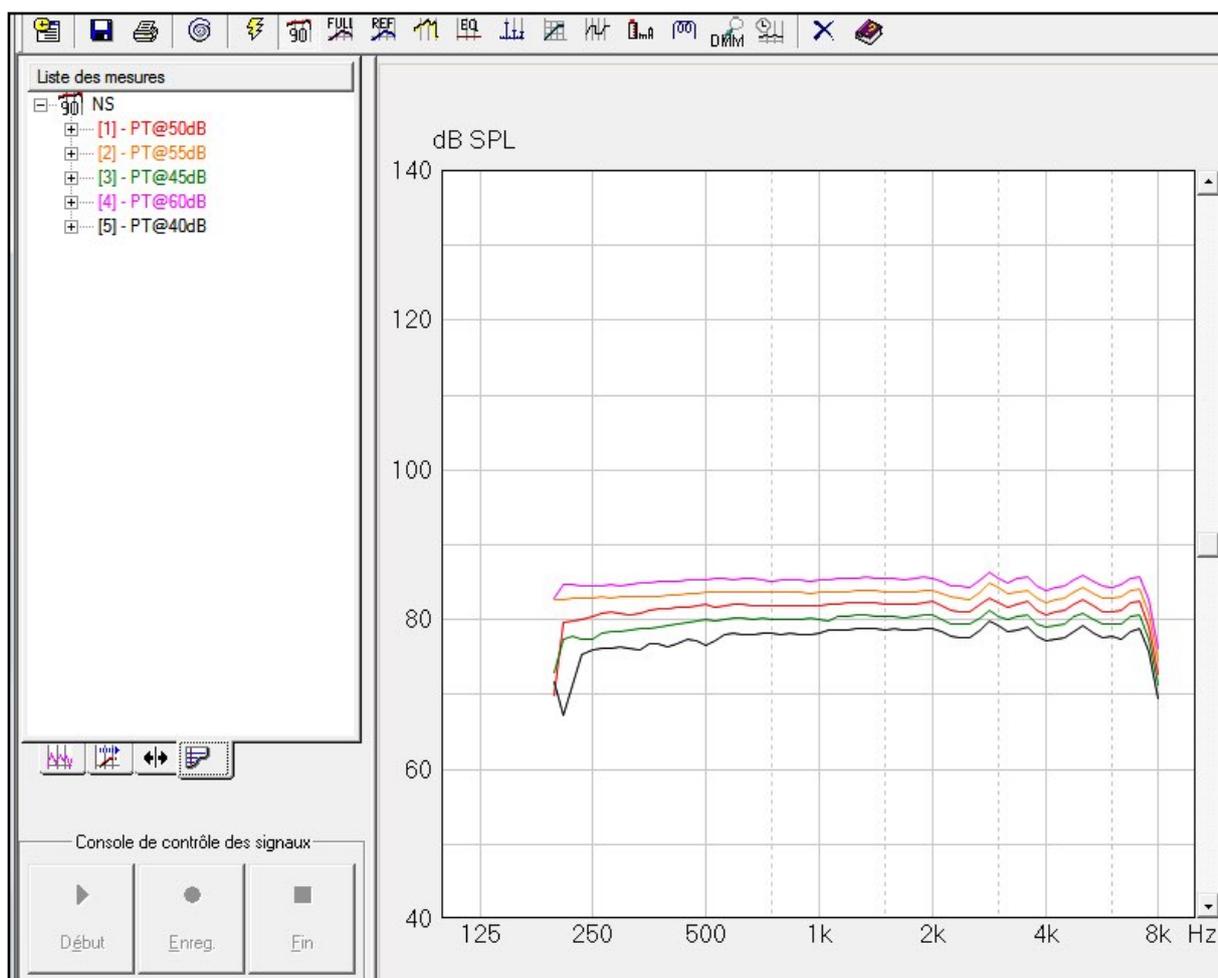


Figure n°39 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 40 à 60 dB SPL, quand l'appareil est réglé en Syllabic avec des Ck à 20 dB

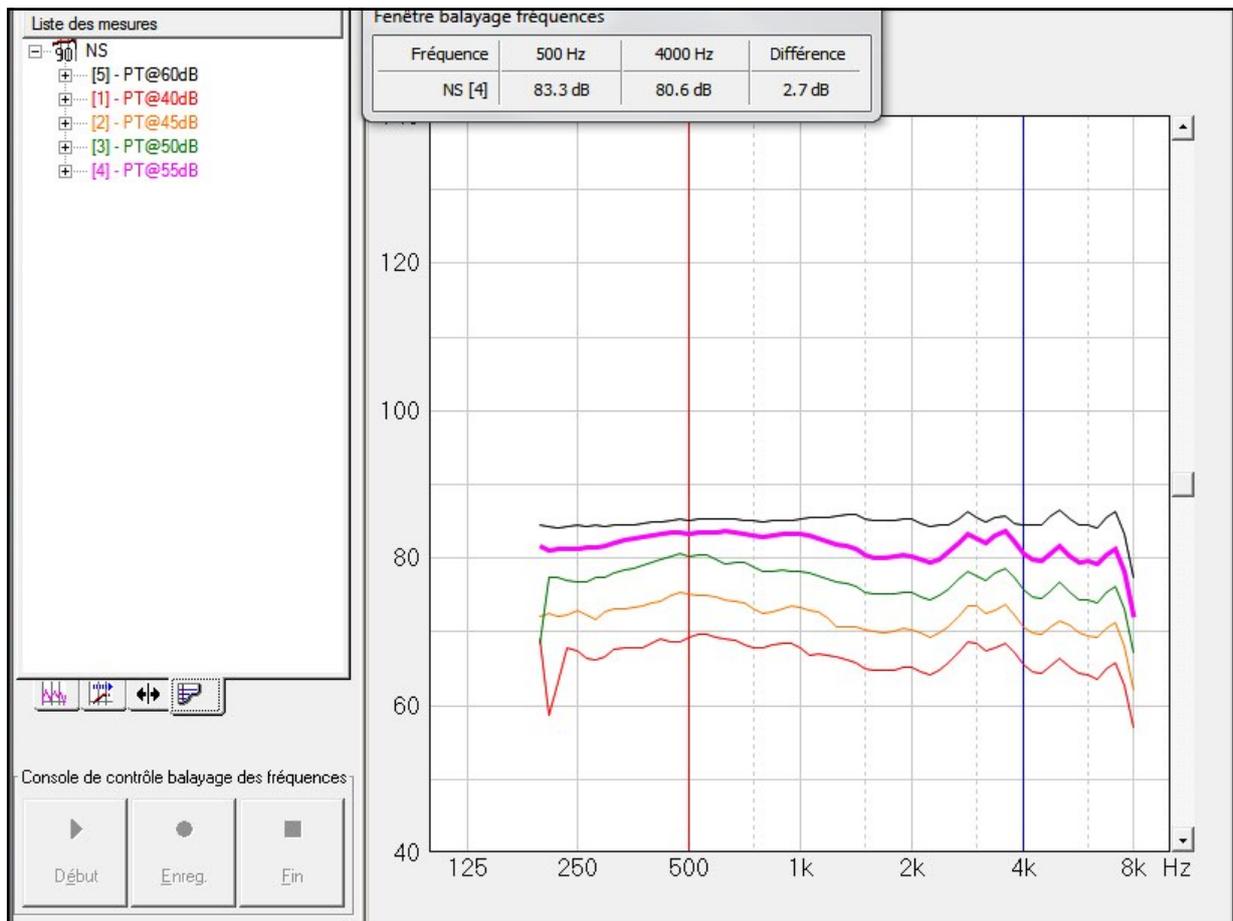


Figure n°40 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 40 à 60 dB SPL, quand l'appareil est réglé en Syllabic avec des Ck à 50 dB

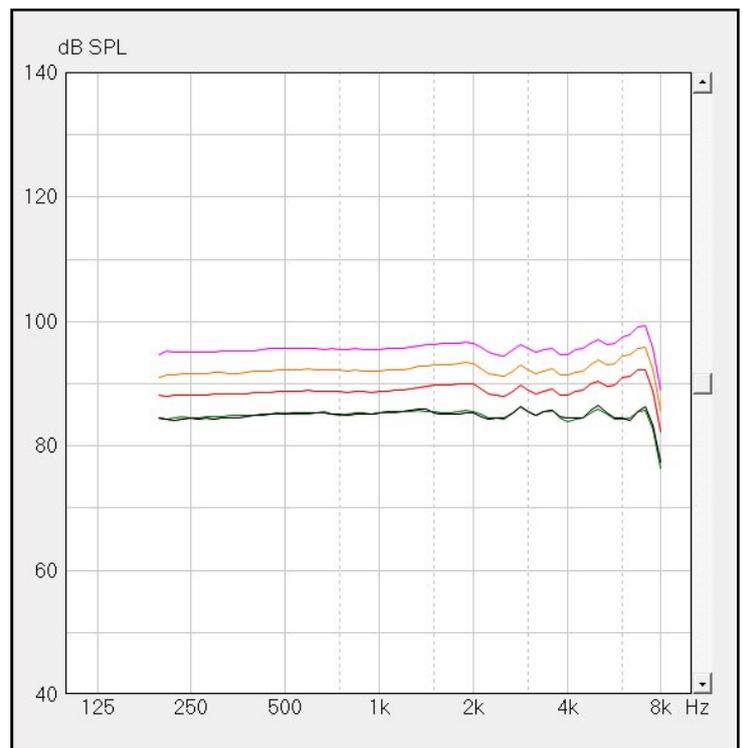
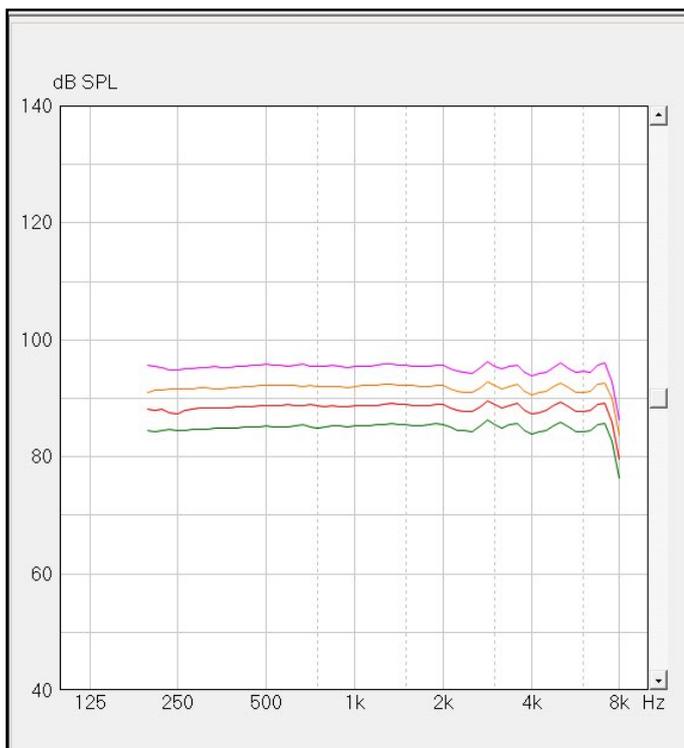


Figure n°41 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 60 à 90 dB SPL, quand l'appareil est réglé en Syllabic avec des Ck à 20 dB à gauche et quand les Ck sont à 50 dB à droite

3. Visualisation de ces effets avec le second jeu de programme

Nous utilisons alors les appareils RITE munis de nos quatre programmes, en mode test.

Nous observons les mêmes phénomènes :

- Dual entraîne des niveaux de sortie légèrement supérieurs à Syllabic quelque soit le niveau d'entrée et le réglage des seuils d'enclenchement de la compression²,
- Pour les faibles niveaux d'entrée inférieurs à 50 dB SPL, les programmes à seuils d'enclenchement dégressifs (de 47 dB en basse fréquence jusque 30 dB en haute fréquence) entraînent des niveaux de sortie plus faibles que les programmes dont les seuils d'enclenchement sont à 20 dB³,
- A partir des niveaux d'entrée de 50 et 55 dB SPL, les niveaux de sortie des programmes à seuils d'enclenchement dégressifs semblent quasi identiques à ceux obtenus avec les Ck à 20 dB.

B. Etude d'un bruit blanc continu

1. Protocole

Nous cherchons à visualiser l'effet des constantes de temps de compression sur un bruit blanc émis en continu à deux intensités différentes.

L'appareil de type RITE est placé sur l'oreille droite du KEMAR, relié à un ordinateur muni du logiciel Spectra Plus.

Le signal sonore est un bruit blanc émis de façon continue à 30 dB SPL, 60 dB SPL puis de nouveau à 30 dB SPL, à l'azimut 0°.

² Cf Annexe n°10 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au coupleur 2cc et montrant la différence Dual / Syllabic, 2nd jeu de programme

³ Cf Annexe n°11 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au coupleur 2cc et montrant la différence Ck 20 dB / Ck dégressifs pour des niveaux d'entrée faibles, inférieurs à 60 dB, 2nd jeu de programme

2. Programmes avec les paramètres de compression à valeurs élevées

Résultats bruts : représentations temporelles

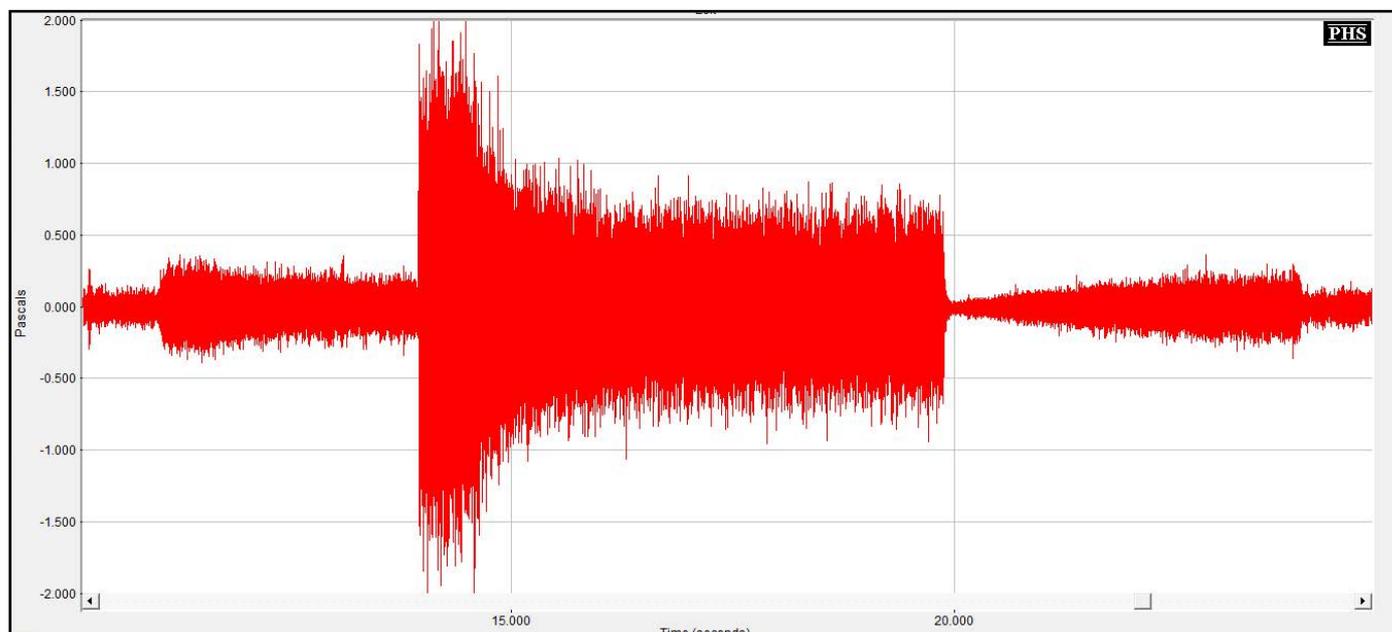


Figure n°42 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenu avec l'appareil réglé en Dual avec des seuils d'enclenchement à 20 dB, Gain de 25 dB pour 60 dB d'entrée et taux de compression de 3

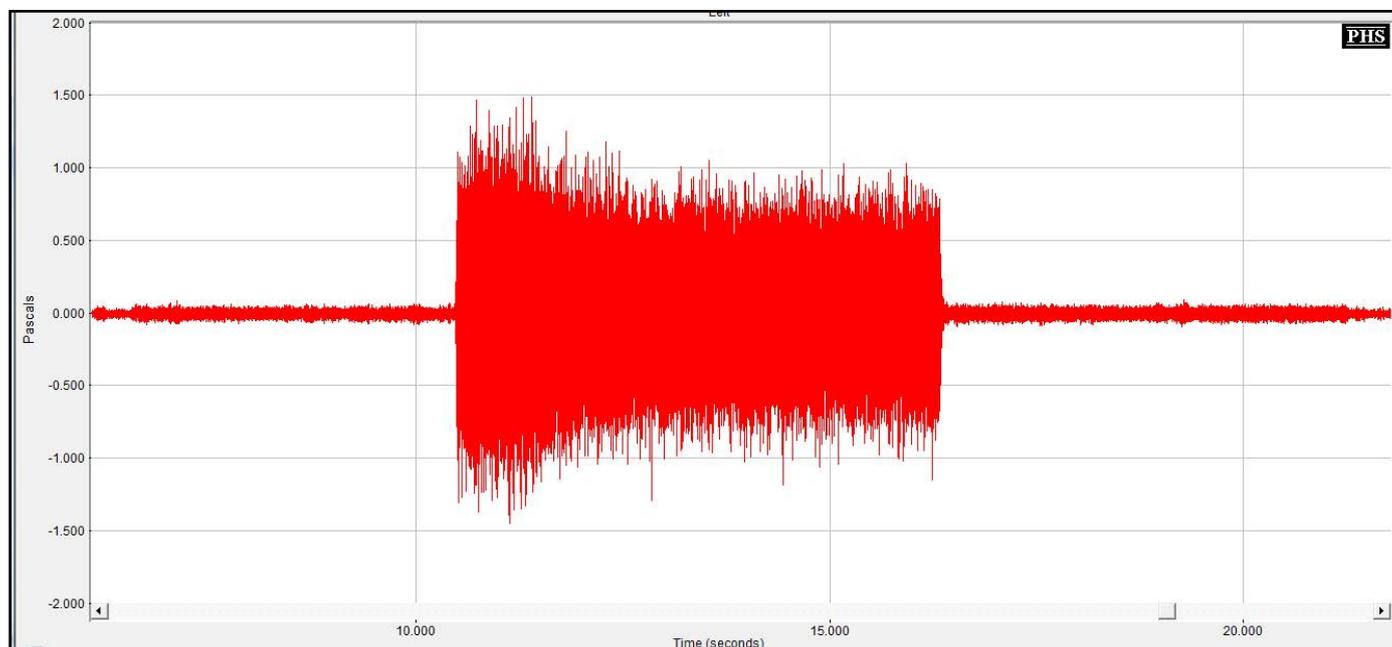


Figure n°43 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenu avec l'appareil réglé en Dual avec des seuils d'enclenchement à 50 dB, Gain de 25 dB pour 60 dB d'entrée et taux de compression de 3

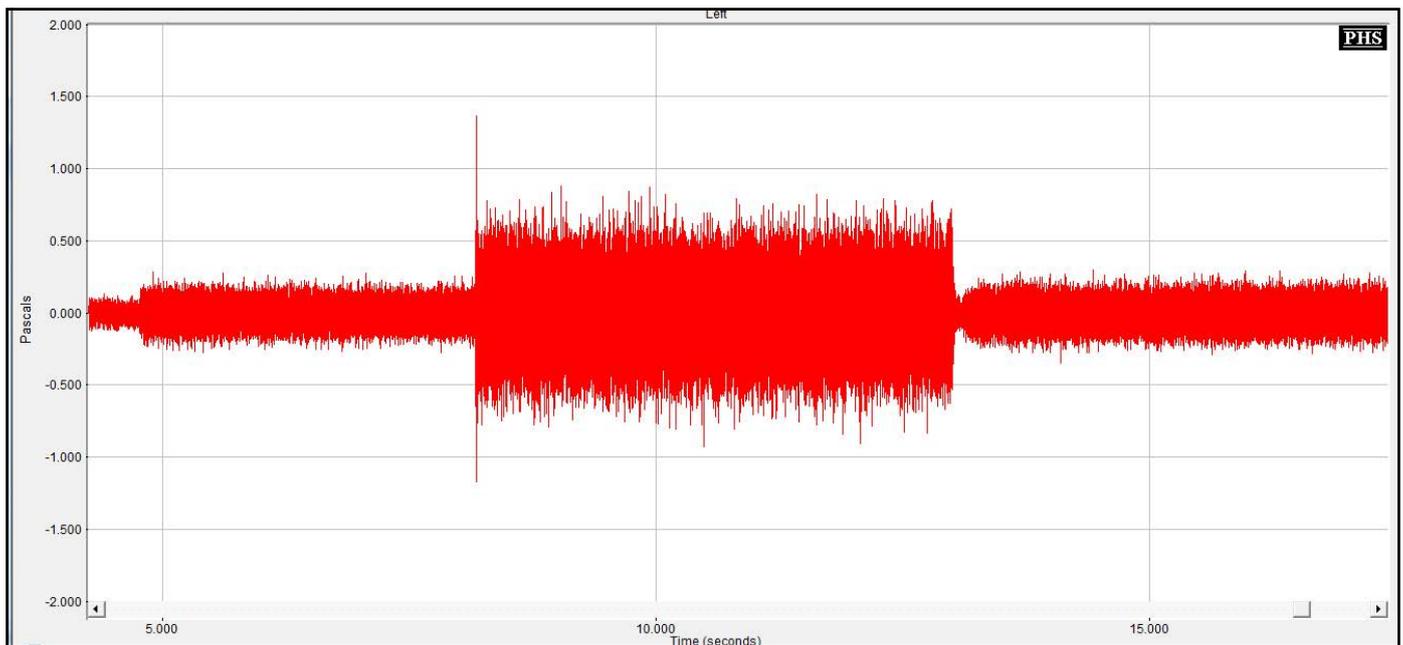


Figure n°44: Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenu avec l'appareil réglé en Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 20 dB, Gain de 25 dB pour 60 dB d'entrée et taux de

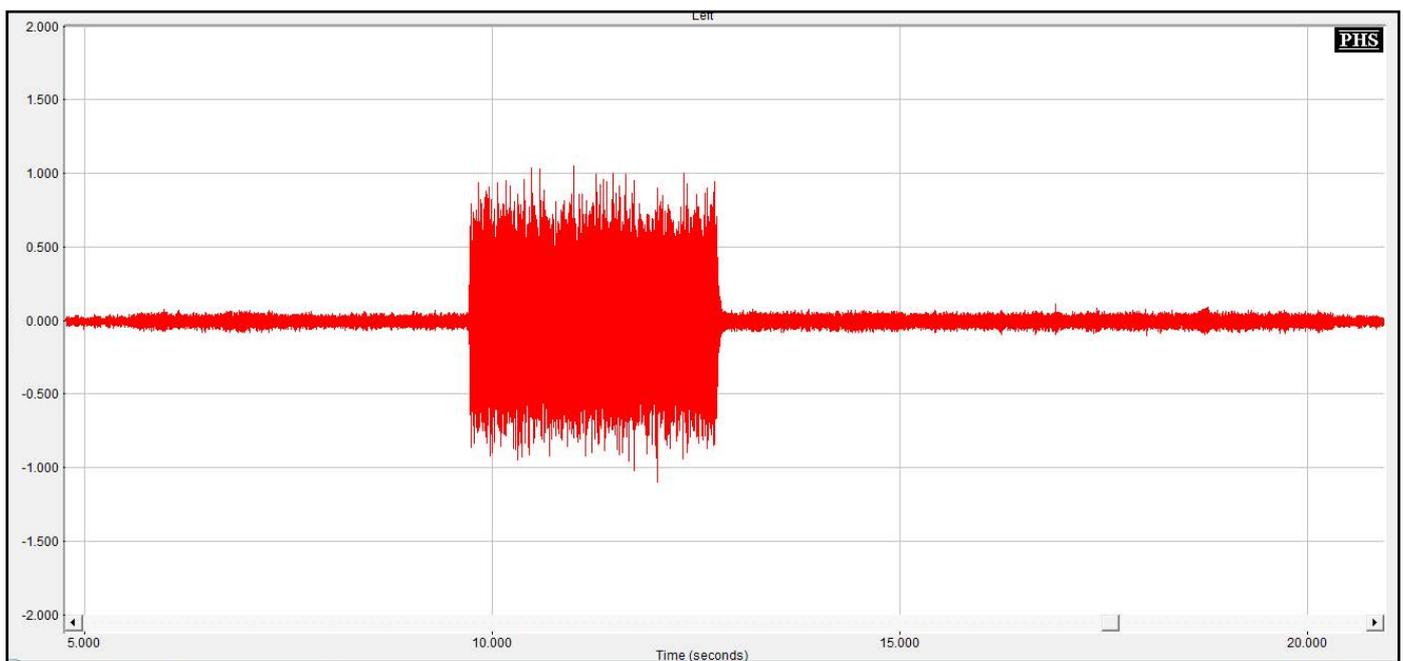


Figure n°45 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenu avec l'appareil réglé en Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 50 dB, Gain de 25 dB pour 60 dB d'entrée et taux de compression de 3

Analyse des constantes de temps : Dual versus Syllabic

- Analyse

Les constantes de temps sont mesurées sur les spectres temporels des programmes dont les seuils d'enclenchement sont réglés à 20 dB pour une meilleure visualisation.

Tableau n°13 : Constantes de temps mesurées pour chaque type de compression

Constantes de temps	Dual	Syllabic
Temps d'attaque (en s)	9,3 - 8,2 = 1,1 s	9,87 - 9,86 = 0,01 s
Temps de retour (en s)	16,6 - 15,4 = 1,2 s	16,4 - 16,2 = 0,2 s

Nous pouvons considérer qu'elles respectent celles annoncées par le fabricant. Le signal utilisé est un bruit blanc, ce qui engendre quelques fluctuations qui influent sur la précision des mesures.

Ces mesures mettent en exergue les effets de la compression Dual, et de ses constantes de temps lentes qui agissent à chaque transition de niveau du signal d'entrée.

Pour le passage d'un niveau d'intensité faible à un niveau plus élevé (du bruit de fond à 30 dB, ou de 30 à 60 dB), le gain appliqué au second niveau d'intensité est dans un premier temps le même que celui appliqué au niveau d'intensité initial. L'appareil met ensuite 1,1 s environ pour diminuer ce gain de façon à ce qu'il soit adapté au niveau d'entrée. Selon les données fabricant, nous mesurons ici le temps d'attaque lent de 900 ms. Un temps d'attaque beaucoup plus bref, de 10 ms, est sensé s'appliquer sur des signaux d'entrée aux fluctuations plus rapides.

Pour le passage d'un niveau d'intensité moyen à un niveau d'intensité plus faible (de 60 à 30 dB), le même phénomène se produit de façon inverse : le gain appliqué au niveau de 30 dB est dans un premier temps celui qui était appliqué au niveau d'intensité de 60 dB. L'appareil met ensuite 1,2 s environ pour augmenter le gain pour qu'il soit conforme au niveau d'intensité en question.

Pour la compression Syllabic, les constantes de temps sont rapides et l'adaptation du gain est quasi instantanée.

Nous retrouvons ces effets sur les programmes dont les seuils d'enclenchement sont réglés à 50 dB même s'ils sont plus légers du fait de l'enclenchement plus tardif de la compression.

- Conséquences des constantes de temps lentes de Dual

Il est important de noter que quand le signal d'entrée vient d'augmenter, le gain attendu, qui est celui indiqué par l'audioprothésiste lors des réglages, est obtenu, lors d'une compression lente, après un temps d'attaque de 1,1 s. Cela signifie donc que pendant ce délai, le gain appliqué au signal d'entrée est plus fort que le gain correspondant à la perte auditive et ne respecte plus la croissance de sonie de notre patient.

De même lors d'une diminution de l'intensité du signal d'entrée, le gain appliqué sera plus faible, pendant 1,2 s environ, que le gain attendu.

Nous pouvons déjà nous poser la question des conséquences gênantes que ces constantes de temps pourraient avoir sur la parole d'une part, pour la compréhension de phonèmes moins intenses, mais également sur la gestion des niveaux de sortie des environnements bruyants, d'autre part, notamment en cas d'inactivation du réducteur de bruit.

En effet, une plainte récurrente, cause de non port des appareils par certains patients en environnement bruyant est bien souvent un niveau de bruit trop fort. Diminuer le gain général se solde généralement par un ressenti trop faible dans le calme. Augmenter la compression de sortie pour diminuer le niveau de sortie maximal de l'appareil est une solution à envisager à condition qu'elle n'entraîne pas un écrêtement du signal, ce qui risquerait d'entraîner une dégradation de la compréhension de la parole en environnement bruyant de type cocktail party. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'en présence d'un bruit fluctuant demandant des ajustements répétés du gain en fonction du signal d'entrée, des constantes de temps lentes engendrent régulièrement un gain inadéquat rendant le bruit trop fort et la parole trop faible et motivant ainsi la plainte de notre patient.

- Conséquences des constantes de temps rapides de Syllabic

Les constantes de temps rapides de la compression de type Syllabic permettent un établissement quasi instantané du gain préconisé par l'audioprothésiste et adapté à la perte auditive de notre patient. Cette compression permet donc de restaurer la fonction de croissance de sonie du patient.

Nous visualisons nettement sur la représentation temporelle obtenue avec la compression Syllabic et les seuils d'enclenchement à 20 dB, l'importance du réglage du MPO ou compression de sortie. En effet, lors du passage d'un son faible à un son plus intense, le gain fort du son faible est appliqué au niveau d'intensité plus élevé pendant 10 ms. Cette durée est suffisante pour générer une gêne pour notre patient voire même un traumatisme sonore au sein de son oreille interne. Il est donc indispensable de palier à cet effet et de protéger les oreilles de nos patients en terminant toujours nos réglages par un réglage adapté des MPO. Celui-ci prendra le relais en cas de passage brutal d'un niveau faible à un niveau fort, pendant le temps d'attaque de compression, pour ne jamais atteindre et encore moins dépasser les seuils subjectifs d'inconfort du malentendant appareillé.

Nous pouvons également imaginer l'intérêt de constantes de temps de compression nulles engendrant une adaptation instantanée du gain en fonction du niveau d'entrée.

- Analyse des différents réglages de seuils d'enclenchement de compression : Ck 20 dB versus Ck 50 dB

Nous constatons que sur un bruit blanc émis à 30 dB SPL, le niveau de sortie est plus faible lorsque les seuils d'enclenchement sont à 50 dB que lorsqu'ils sont à 20 dB. Ceci est tout à fait en

corrélation avec ce que nous avons constaté en chaîne de mesure. **A niveau de sortie identique pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL, augmenter les seuils d'enclenchement de la compression se traduit par une diminution des niveaux de sortie des sons faibles.**

Pour les niveaux moyens de 60 dB SPL, le niveau de sortie obtenu avec des Ck à 50 dB semble légèrement supérieur à celui obtenu avec des Ck à 20 dB.

3. Visualisation de ces phénomènes avec le second jeu de programmes

Avec les quatre programmes utilisés pour notre étude expérimentale, nous visualisons exactement les mêmes effets⁴. La différence entre les compressions Dual et Syllabic est très nette. Celle existant entre les différents réglages de seuils d'enclenchement est visible bien qu'atténuée puisque l'écart entre ces réglages est plus faible (de 47 à 30 dB pour les seuils d'enclenchement dégressifs).

C. Conclusion

1. Dual versus Syllabic

Nous avons remarqué sur chaîne de mesure que nous obtenons des niveaux de sortie généralement un peu plus élevés en Dual qu'en Syllabic.

Cette différence peut s'expliquer par l'observation faite sur un bruit blanc émis en continu à 30, 60 puis 30 dB SPL. En effet, le stimulus utilisé en chaîne de mesure est un balayage en son pur. Cela signifie que pour chaque bande de fréquences dans laquelle la compression s'applique, nous passons d'une absence de signal c'est-à-dire d'un bruit de fond très faible à un niveau d'entrée de 60 dB SPL. Nous visualisons donc en chaîne de mesure, les premiers instants du temps d'attaque de compression pour chaque bande de réglage. Or, nous avons également constaté, pour la compression Dual, des ajustements de gain, pendant une durée de 1,1 s, correspondant au temps d'attaque indiqué par le fabricant.

Nous remarquons tout d'abord que le balayage en sons purs n'est pas suffisant pour engendrer l'utilisation de la constante de temps rapide de 10 ms, auquel cas, nous n'aurions pas visualisé de différence entre les deux types de compression en chaîne de mesure.

De plus, il faut noter que la résolution fréquentielle utilisée dans notre chaîne est de 1/12^e d'octave. Cette réflexion sur l'affichage de la chaîne de mesure est à mettre en corrélation avec les bandes d'action de la compression. Ainsi, pour l'octave 250 Hz, l'appareil possède une seule bande

⁴ Cf Annexe n°12 : Représentations temporelles d'un bruit blanc émis en continu à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenus avec le second jeu de programmes

de réglage de compression. En chaîne de mesure, cette bande est divisée en 12 bandes d'affichage. Quand nous visualisons sur chaîne de mesure, successivement les 12 bandes de l'octave 250 Hz, nous visualisons l'action de la compression dans le temps, au sein de la même bande de réglage. L'effet de diminution du gain observé en chaîne de mesure, pour cette bande d'octave, correspond donc à la stabilisation du gain pendant le temps d'attaque de la compression lente.

Comme ces ajustements s'effectuent à chaque changement de niveau d'intensité en entrée, il est probable que ces effets s'accroissent au contact des bruits fluctuants utilisés pour ce mémoire.

En Syllabic, ces ajustements de gain sont beaucoup plus rapides : le gain adéquat est appliqué après un temps d'attaque de 0,01 s et un temps de retour de 0,1 s (soit 14 fois plus court que le temps de retour de Dual).

Quelque soit la compression utilisée, le niveau de sortie préconisé par l'audioprothésiste en fonction du niveau d'entrée reste le même. Avec la compression rapide, il est atteint quasi instantanément contrairement à la compression lente. Ainsi, quand nous visualisons des **niveaux de sortie plus importants en Dual qu'en Syllabic**, cela signifie que nous sommes en présence d'**une sur-correction causée par le temps d'attaque lent de la compression Dual**. A l'inverse, une visualisation de niveaux de sortie plus faibles en Dual par rapport à Syllabic signifie une sous-correction, conséquence du temps de retour lent de la compression Dual.

2. Ck à 20 dB versus Ck 50 dB

Nous avons constaté, en chaîne de mesure, ainsi que sur le bruit blanc émis en continu à 30, 60 puis 30 dB SPL, que **le fait d'augmenter les seuils d'enclenchement de la compression de 20 à 50 dB, à niveau de sortie identique pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL, engendre une diminution des niveaux de sortie des sons faibles**. Nous observons en toute logique, une absence d'application de la compression sur les niveaux d'entrée des sons faibles dont l'intensité est inférieure à la valeur des seuils d'enclenchement de la compression.

Lors de nos tests, nous étudions une différence plus subtile de réglage de seuils d'enclenchement : seuils d'enclenchement dégressifs (de 47 à 30 dB) comparés à des seuils d'enclenchement à 20 dB. Cette différence sera donc visible si les niveaux d'entrée sont très faibles. De plus, l'écart de réglages de seuils d'enclenchement étant plus important en basses fréquences, les différences observées en niveau de sortie devraient être plus conséquentes dans cette zone fréquentielle. Néanmoins, plus le niveau d'entrée est faible et plus il risque d'être parasité par le bruit de fond ambiant. Nous rappelons qu'un bruit global de 40 dB SPL correspond à des niveaux d'intensité par fréquence plus faibles. C'est pourquoi, nous avons décidé d'étudier également l'effet

des paramètres de compression de nos réglages, sur nos bruits émis à 40 dB SPL, afin de mieux visualiser cet effet.

De même, il est très probable que cette différence de réglages de seuils d'enclenchement ait des conséquences sur les transitions formantiques et les consonnes de faible intensité.

IV. Etude sur le matériel sonore utilisé pour l'audiométrie vocale dans le bruit

A. Etude sur un mot de type CVC (Consonne-Voyelle-Consonne) : « cil »

1. Protocole

Nous souhaitons visualiser l'effet des différents réglages des deux paramètres de compression étudiés sur un signal de parole.

L'appareil de type RITE est placé sur l'oreille droite du KEMAR, relié à un ordinateur muni du logiciel Spectra Plus.

Le signal sonore est constitué du mot « cil » émis à 60 dB SPL à l'azimut 0°. L'intensité d'émission correspond à celle qui sera utilisée lors de l'audiométrie vocale dans le bruit.

Initialement, l'étude portait sur la liste de Beraha n°1. Les résultats étant semblables pour l'ensemble des mots de la liste, nous avons choisi l'exemple du premier mot de cette liste, le mot « cil » pour étayer notre étude.

2. Visualisation des effets obtenus avec les programmes dont les paramètres de compression sont élevés

Analyse phonétique du mot « cil »

Si nous regardons le spectrogramme oreille nue (à gauche), le mot « cil » est constitué de trois phonèmes à savoir /s/, /i/ et /l/.

Le /s/ se caractérise par un bruit très élevé et intense de 3500 à 9500 Hz environ. Il est sourd et ne possède donc pas de F0 (fondamental laryngé) dans le bas du spectre.

Le /i/ est composé de trois formants importants pour son identification : F1 à 250 Hz, F2 à 2200 Hz et F3 à 3200 Hz environ.

Le /l/ est quant à lui une consonne vocalique dont les zones de renforcement d'énergie spectrale peuvent varier en fonction des formants de la voyelle en amont. Elle est voisée donc présente un F0

en bas de spectre. Son bruit est faible, d'autant plus qu'elle constitue ici le dernier phonème d'un mot, qui de plus est énoncé de façon isolée. Ce bruit est plus visible sur un spectrogramme dont l'échelle en intensité est plus importante (cf. figure n°47 page 77).

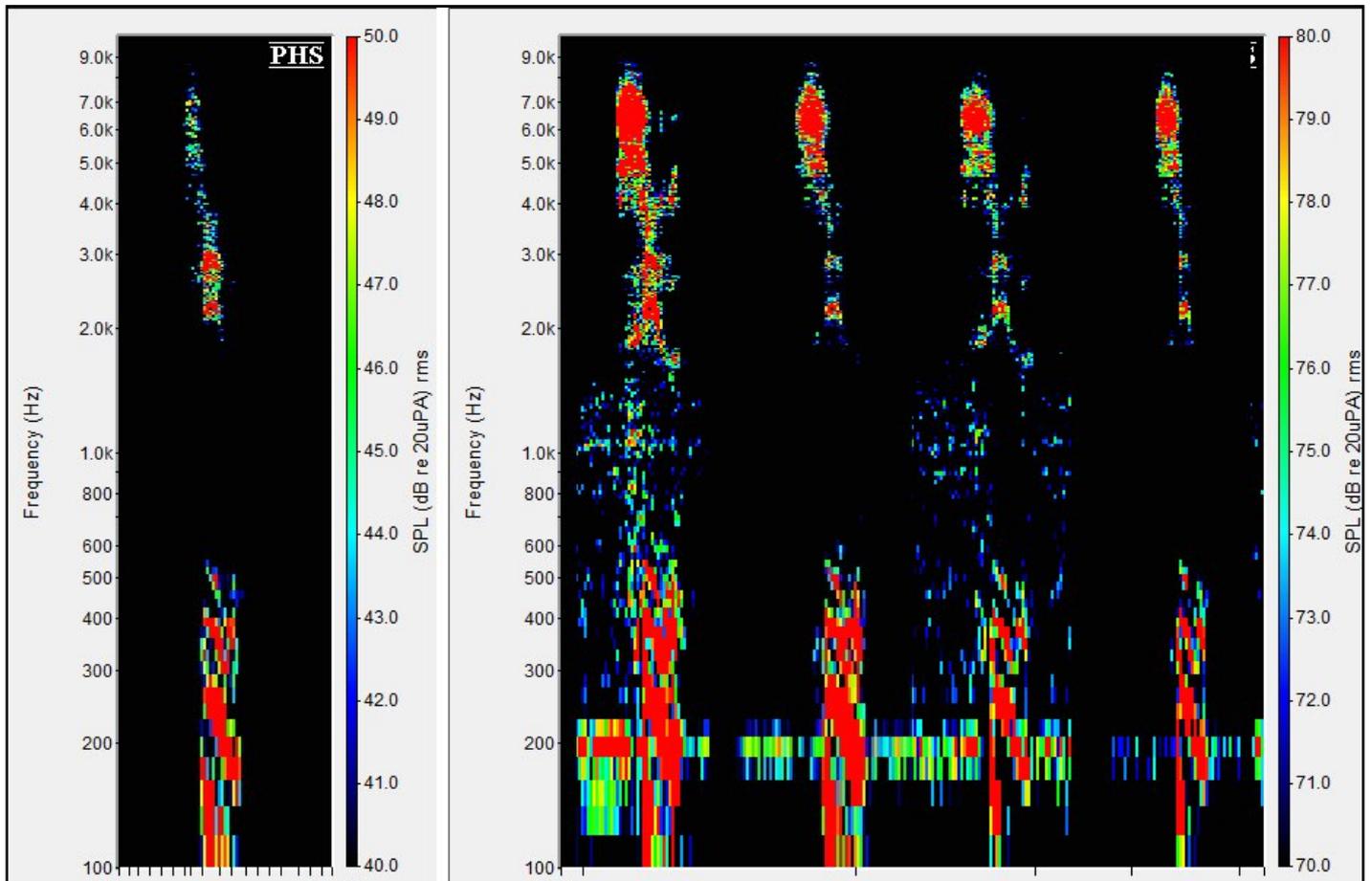


Figure n°46 : Spectrogramme du mot « cil » émis à 60 dB avec une échelle en intensité de 10 dB, oreille nue de la tête artificielle KEMAR à gauche, obtenu avec chaque programme du premier jeu, dans l'ordre de P1 à P4, à droite

Dual versus Syllabic

Nous remarquons, comme précédemment, que les programmes avec la compression lente donnent un signal plus intense. **Les observations faites en amont sur le bruit blanc nous permettent d'affirmer que la compression Syllabic donne l'intensité voulue au signal.** La différence d'intensité constatée entre Dual et Syllabic constitue une **sur-correction de la part de la compression lente.**

Ck à 20 dB versus Ck à 50 dB

L'effet des différents réglages de seuils d'enclenchement peut être observé à deux niveaux. D'une part, nous le distinguons ici assez nettement au niveau des transitions formantiques moins intenses quand les Ck sont à 50 dB. En effet, quand on passe respectivement des programmes P1 et

P3 aux programmes P2 et P4, nous remarquons la perte d'informations phonétiques d'intensité intermédiaire. Sur les programmes P2 et P4, dont les seuils d'enclenchement sont réglés à 50 dB, nous remarquons que si la partie haute du bruit du /s/ (de 5 à 8 kHz), ainsi que les formants du /i/ sont conservés, la partie basse du /s/ ainsi que le bruit plus faible du /l/ ne le sont pas.

D'autre part, nous notons également que les programmes dont les Ck sont à 20 dB engendrent un bruit de fond légèrement plus intense que les programmes dont les seuils d'enclenchement sont dégressifs.

Toutes ces remarques sont parfaitement logiques au vu de l'observation faite précédemment à savoir que les niveaux de sortie des sons faibles diminuent quand les seuils d'enclenchement augmentent.

3. Visualisation de ces effets avec le second jeu de programme

Avec une échelle en intensité de 10 dB

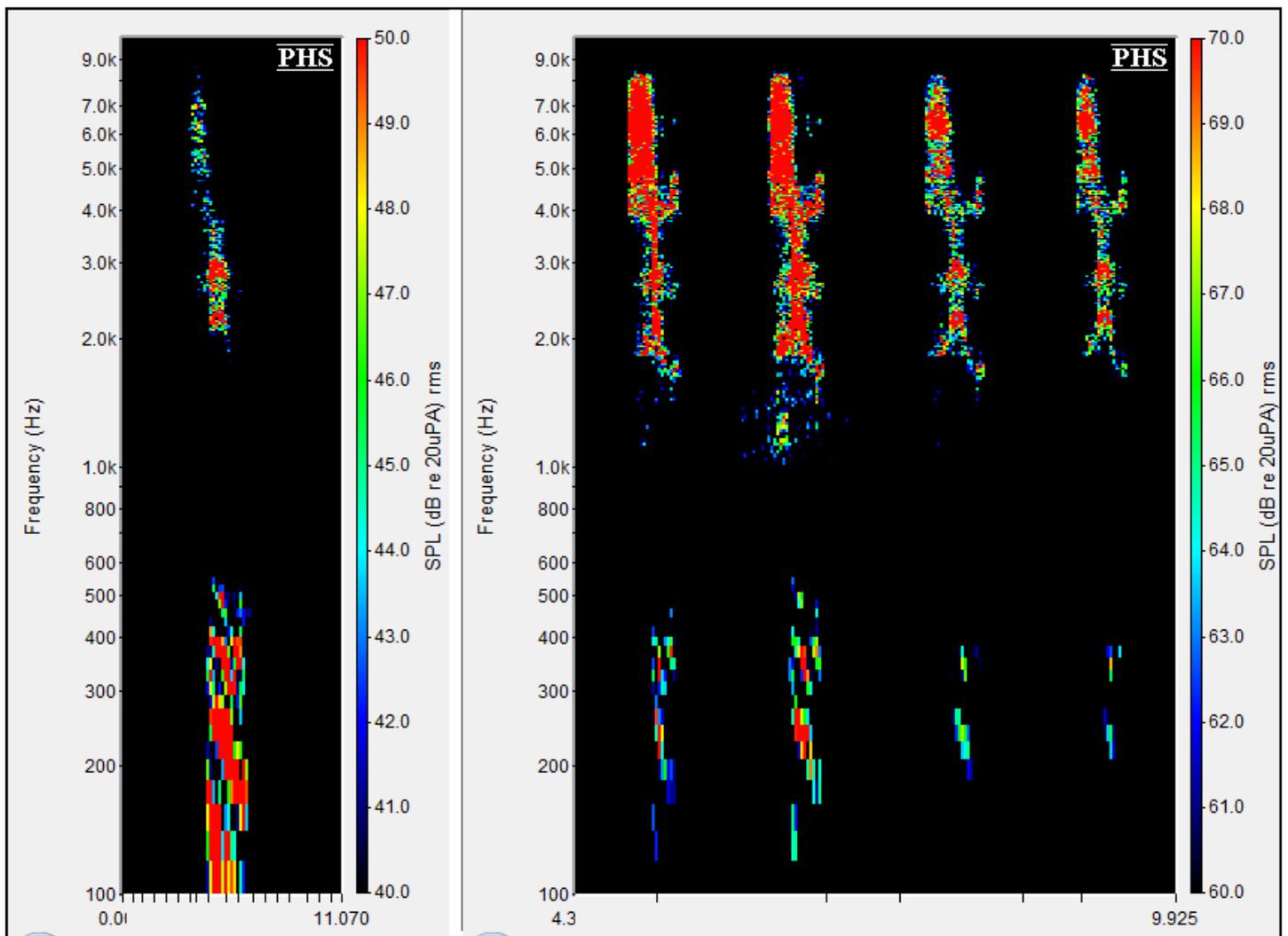


Figure n°47 : Spectrogramme du mot « cil » émis à 60 dB, échelle en intensité de 10 dB, oreille nue de la tête artificielle KEMAR à gauche, et obtenu avec chaque programme du second jeu, dans l'ordre de P1 à P4, à droite

Nous remarquons les mêmes phénomènes qu'observés avec les programmes dont les paramètres de compression sont élevés à savoir :

- Une sur-correction de la part de la compression Dual,
- Une diminution des transitions formantiques et des informations phonémiques de faible intensité quand nous passons de Ck à 20 dB à des Ck dégressifs, respectivement de P2 à P1 pour Dual et de P3 à P4 pour Syllabic,
- Un bruit de fond légèrement plus intense quand les Ck sont à 20 dB.

Avec une échelle en intensité de 20 dB

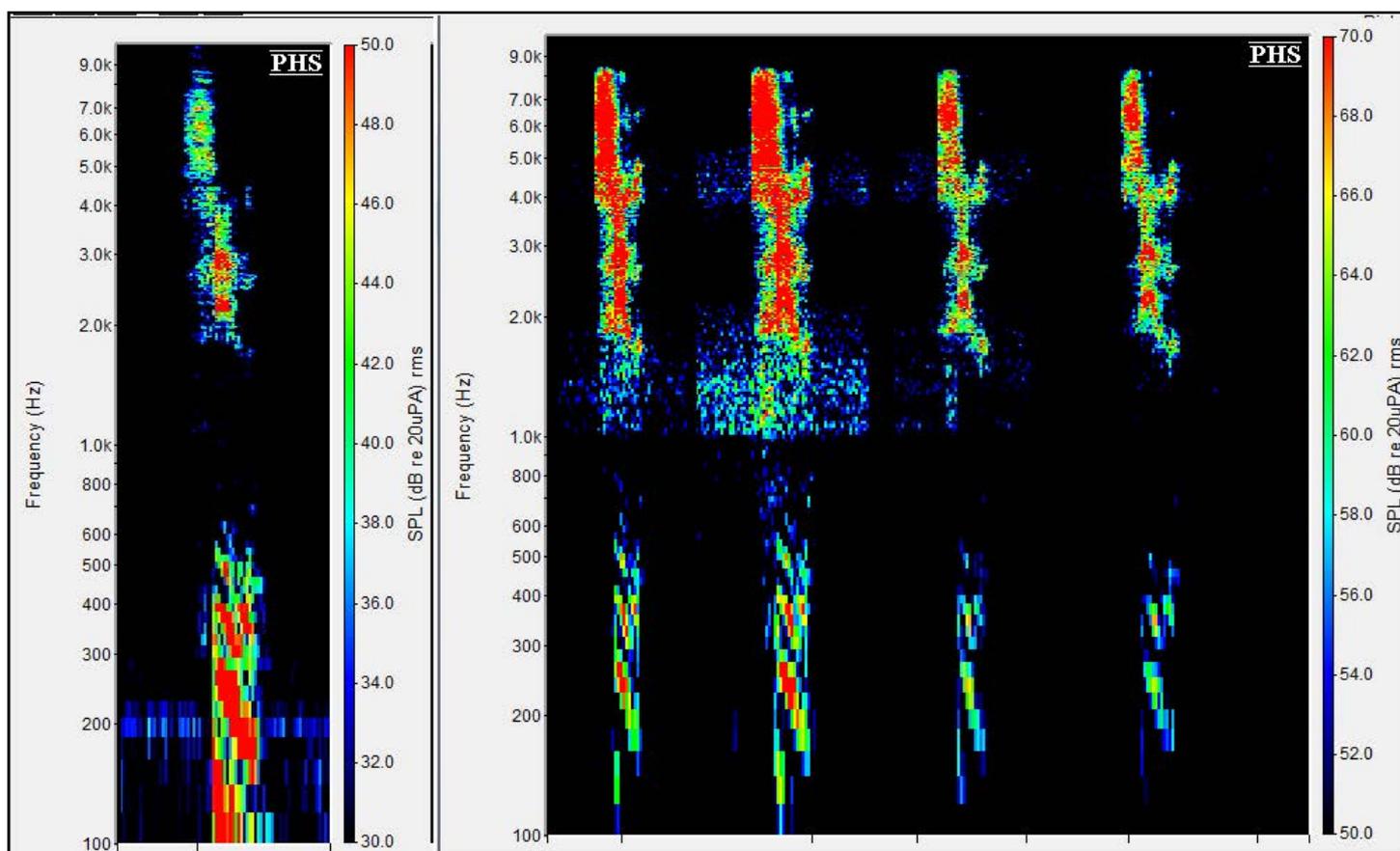


Figure n°48 : Spectrogramme du mot « cil » émis à 60 dB, échelle en intensité de 20 dB, oreille nue de la tête artificielle KEMAR à gauche, et obtenu avec chaque programme du second jeu, dans l'ordre de P1 à P4, à droite

Nous avons souhaité visionner ce mot sur une échelle plus importante de 20 dB pour mieux observer les différences entre les programmes, notamment au niveau du bruit de fond, plus intense quand les seuils d'enclenchement sont à 20 dB que quand ils sont dégressifs (respectivement P2 et P3 par rapport à P1 et P4).

De même, oreille nue, nous visualisons mieux les zones de faibles intensités du phonème /l/.

B. Etude sur les spectres de bruits

1. Protocole

Dans cette partie, nous souhaitons observer l'effet des paramètres de compression sur nos bruits.

La tête artificielle du KEMAR est munie de l'appareil RITE Pure 7 Binax avec les quatre programmes du second jeu que nous souhaitons étudier.

Les bruits utilisés seront nos trois environnements sonores auxquels nous rajoutons le bruit blanc de façon à rendre compte des effets des paramètres de compression qui seraient susceptibles de résulter du caractère fluctuant des bruits étudiés.

Nous émettons ces sources sonores à 0°, à 40 ou 55 dB SPL. L'intensité d'émission de 55 dB SPL correspond à l'intensité utilisée lors de l'audiométrie vocale dans le bruit. Nous complétons volontairement cette étude par une seconde, plus brève, de ces bruits à intensité d'émission de 40 dB SPL, pour nous permettre de visualiser l'ensemble des effets de nos paramètres, notamment quand le niveau d'entrée est faible.

Nous observons des spectres moyennés (moyennage de 500 acquisitions). La résolution fréquentielle utilisée est de 1/24^e d'octave.

Nous rappelons que pour cette étude, seuls les programmes du second jeu, c'est-à-dire ceux que nous utiliserons pour l'étude principale expérimentale, sont employés.

2. Pré-requis à l'étude des bruits

Pour mener correctement cette étude, nous devons prendre en compte le fait que les spectres des bruits que nous allons observer sont à chaque fois la résultante du spectre initial, enregistré « oreille nue » de la tête artificielle du KEMAR (c'est-à-dire avec prise en compte de la courbe de réponse de la tête artificielle du KEMAR), auquel on a ajouté le gain de l'appareil. La patiente ayant une perte auditive prédominante sur les aigus, les fréquences graves seront moins amplifiées que les fréquences aiguës. Ainsi, pour un même niveau d'émission, un bruit riche en basses fréquences, comme le bruit de restaurant, aura des niveaux de sortie par fréquence, et donc un niveau global, potentiellement plus faible que des bruits riches en hautes fréquences, comme les bruits de rame de métro et de cris d'enfants.

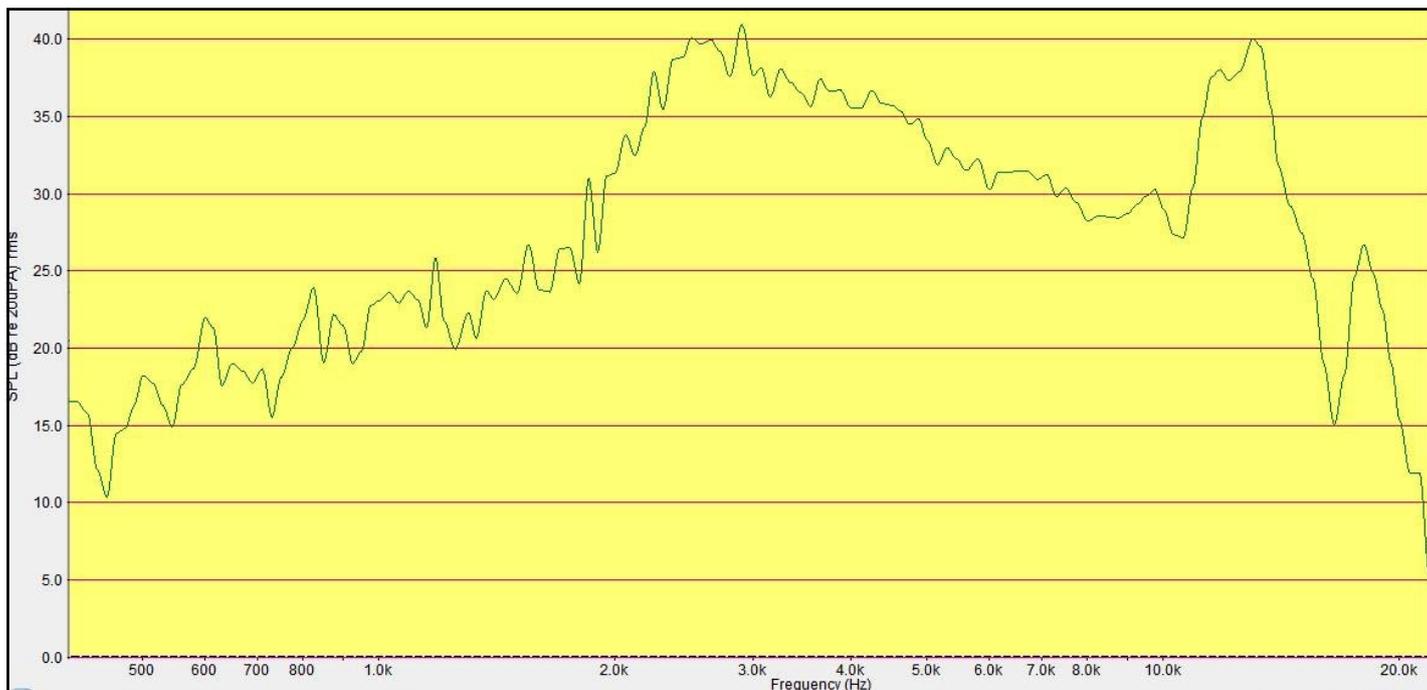


Figure n°49 : Spectre du bruit blanc émis à 55 dB, obtenu à travers « l'oreille nue » de la tête artificielle du KEMAR

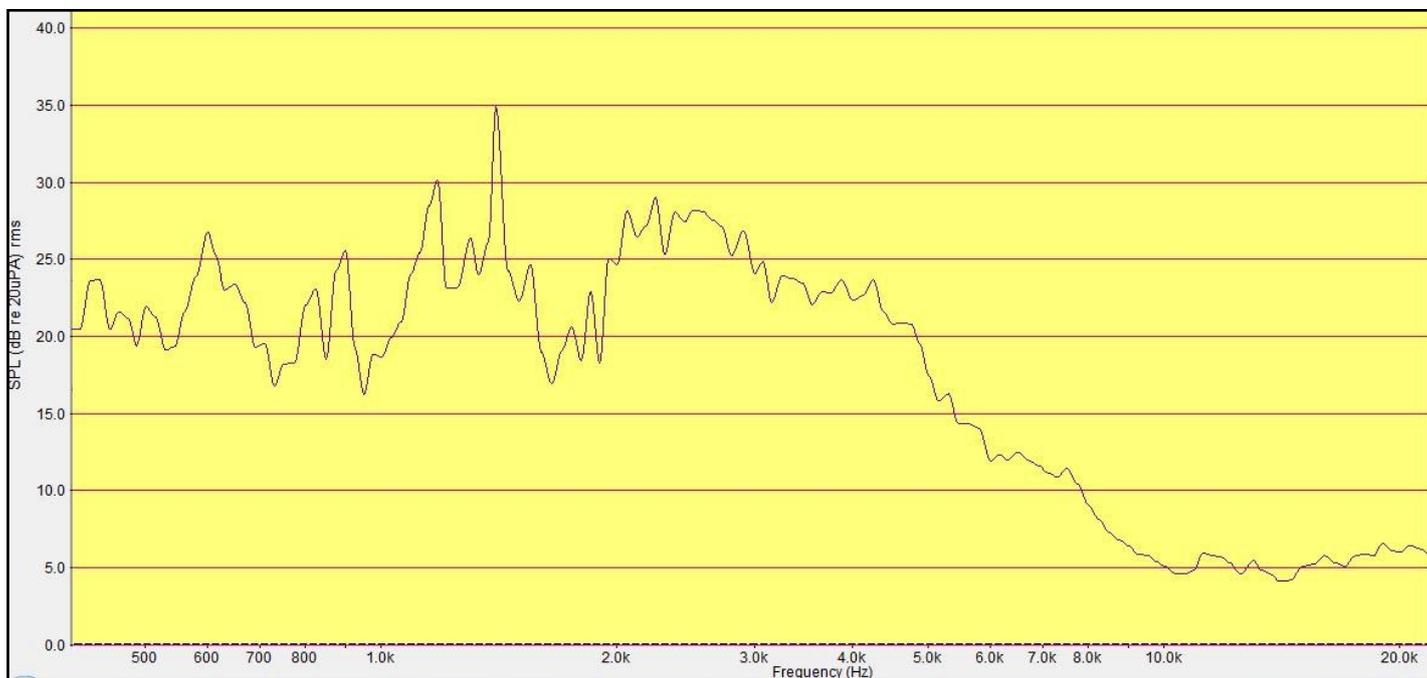


Figure n°50 : Spectre du bruit de rame de métro émis à 55 dB, obtenu à travers « l'oreille nue » de la tête artificielle du KEMAR

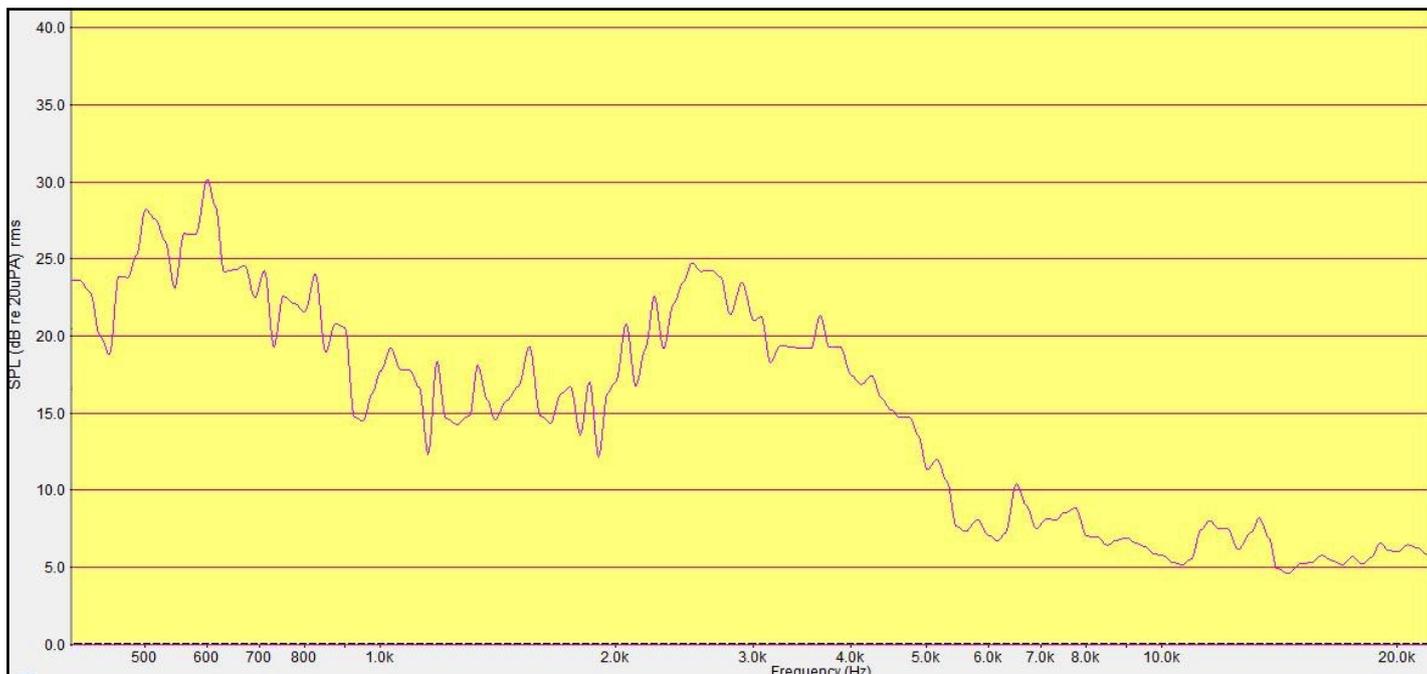


Figure n°51 : Spectre du bruit de restaurant émis à 55 dB, obtenu à travers « l'oreille nue » de la tête artificielle du KEMAR

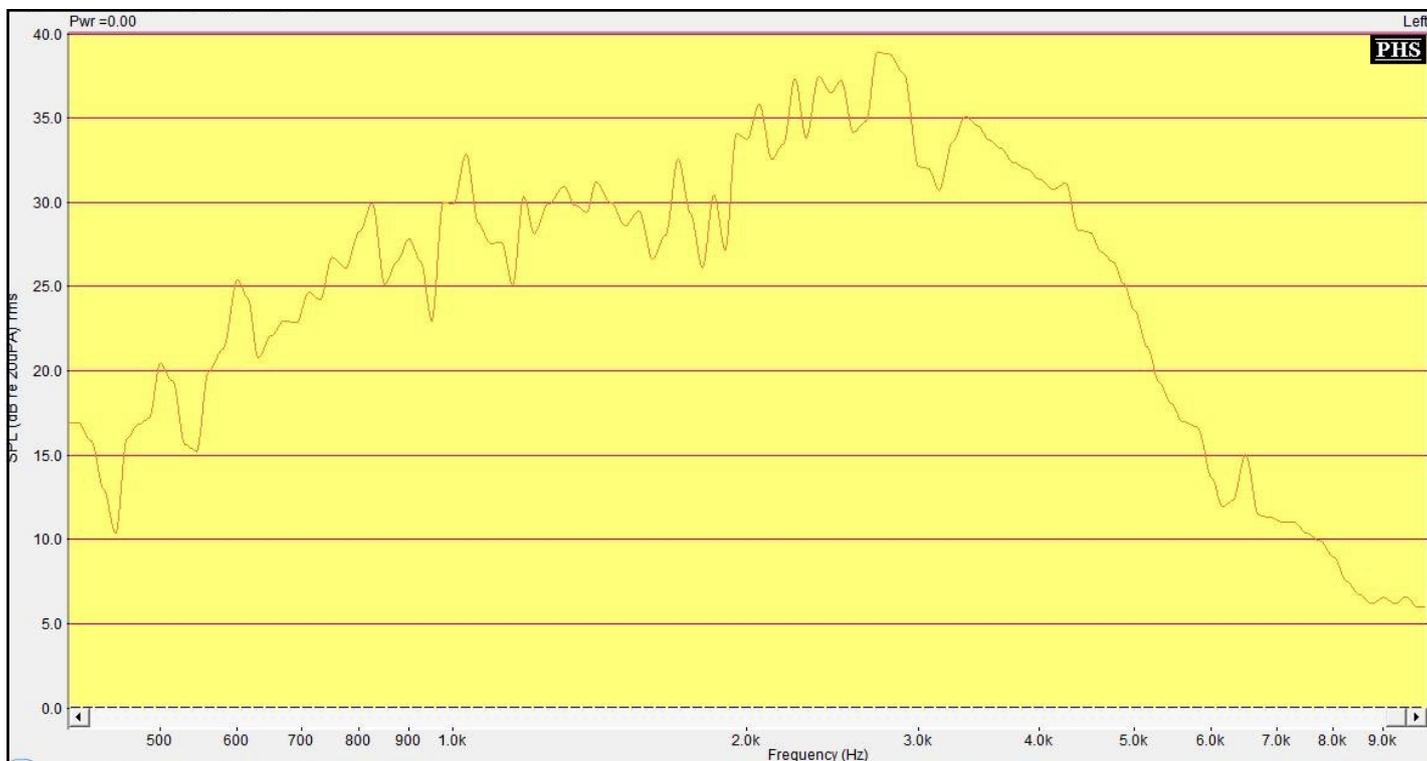


Figure n°52 : Spectre du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB, obtenu à travers « l'oreille nue » de la tête artificielle du KEMAR

1. Emission des bruits à 55 dB SPL

Nous regardons les différences de niveaux de sortie engendrées par nos deux paramètres de compression (type de compression et réglage des Ck) sur les environnements sonores émis à 55 dB SPL. Nous tentons ainsi de faciliter l'analyse ultérieure de l'audiométrie vocale dans le bruit que nous réaliserons lors de l'étude principale.

Le bruit blanc

Nous regardons d'abord l'action de nos différents paramètres sur un bruit blanc qui est un bruit stationnaire.

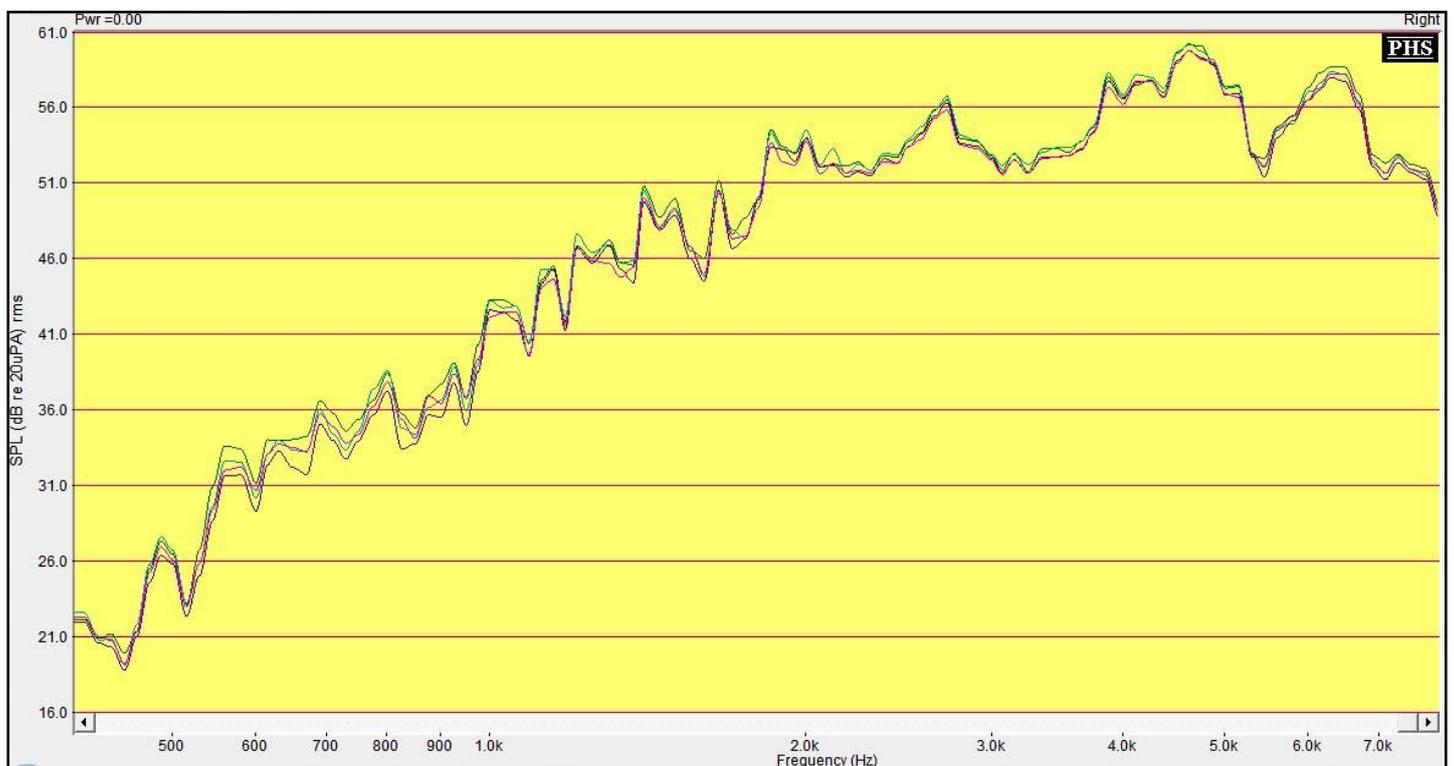


Figure n°53 : Spectres du bruit blanc obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

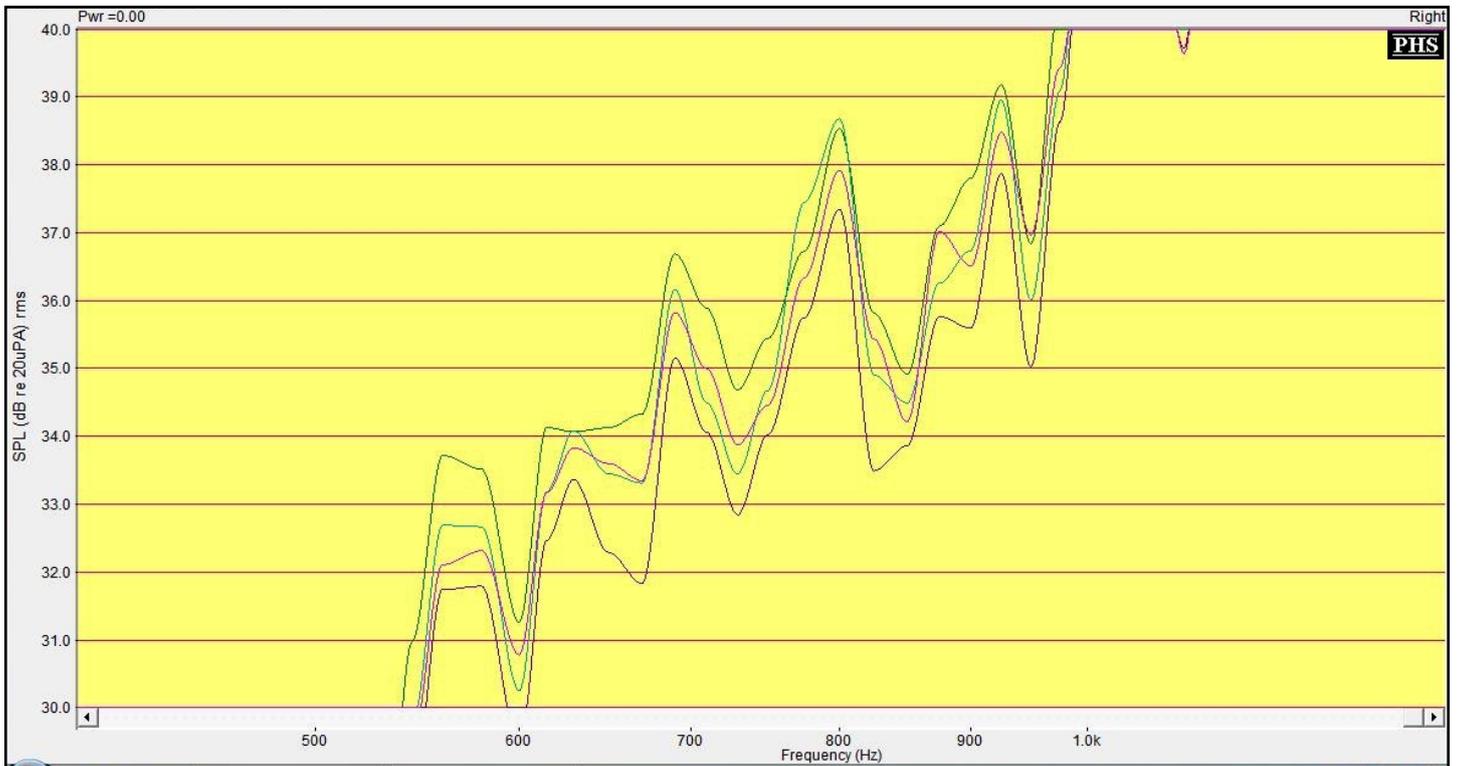


Figure n°54 : Zoom de 400 à 1500 Hz, des spectres du bruit blanc obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Nous remarquons que les quatre programmes donnent des spectres très similaires pour l'émission d'un bruit blanc. Le plus grand écart est constaté un peu avant 700 Hz et il ne dépasse pas 2,5 dB⁵.

⁵ Cf Annexe n°13 : Autres zooms des spectres du bruit blanc émis à 55 dB SPL

Le bruit de rame de métro

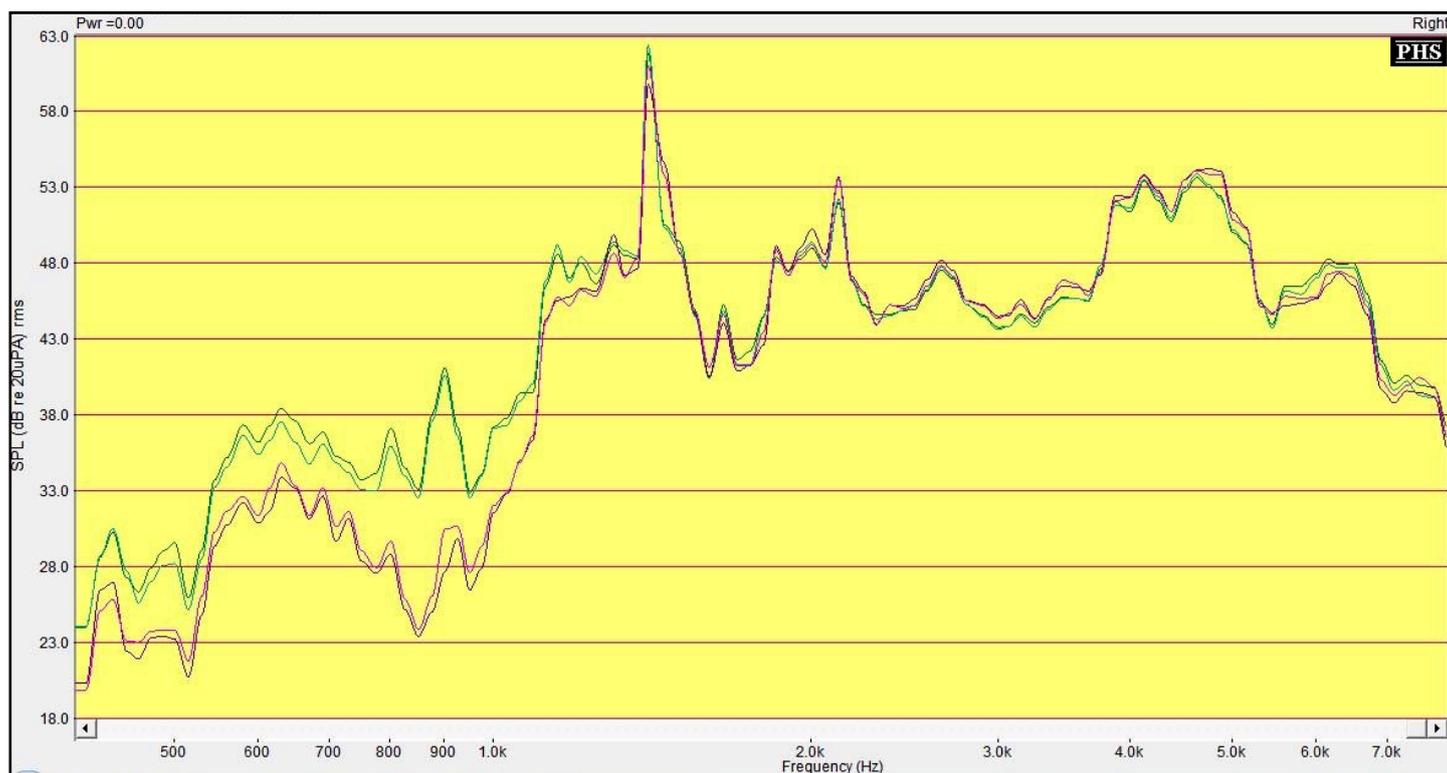


Figure n°55 : Spectres du bruit de rame de métro obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Sur l'ensemble du spectre, nous remarquons que les différences en terme de niveau de sortie, semblent essentiellement porter sur le type de compression.

Si au delà de 1500 Hz, les quatre spectres sont très similaires, nous notons tout de même que selon les fréquences, parfois les programmes à compression lente donnent un niveau de sortie légèrement plus élevé et parfois ce sont les programmes à compression rapide.

Pour les fréquences inférieures à 1500 Hz, les programmes de compression lente engendrent un signal de sortie significativement plus important que les programmes à compression rapide. L'écart le plus important est de 13 dB au niveau de la fréquence 900 Hz. Les programmes dont les seuils d'enclenchement sont dégressifs donnent des niveaux de sortie à peine supérieurs à ceux dont les seuils d'enclenchement sont réglés à 20 dB, pour les fréquences inférieures à 1500 Hz.

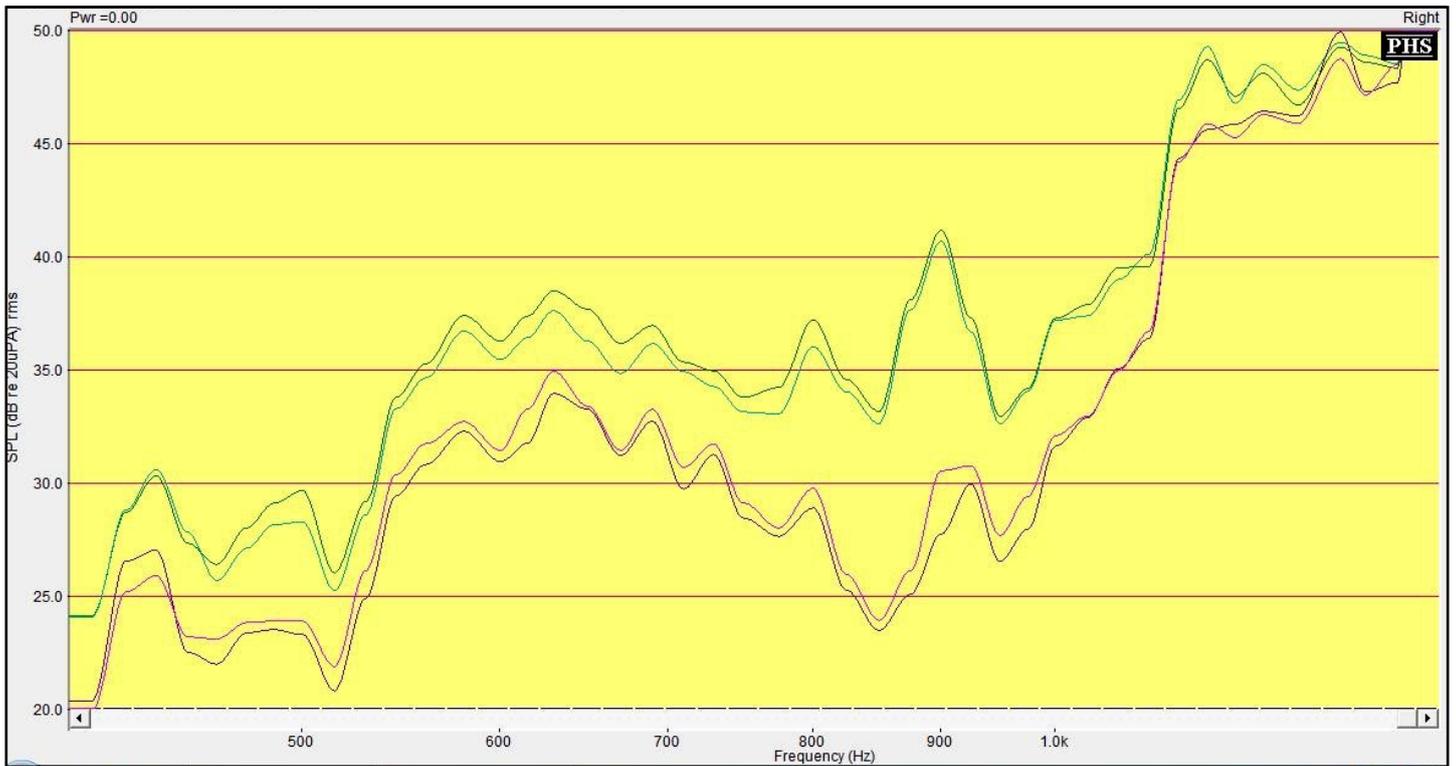


Figure n°56 : Zoom de 400 à 1500 Hz, des spectres du bruit de rame de métro obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

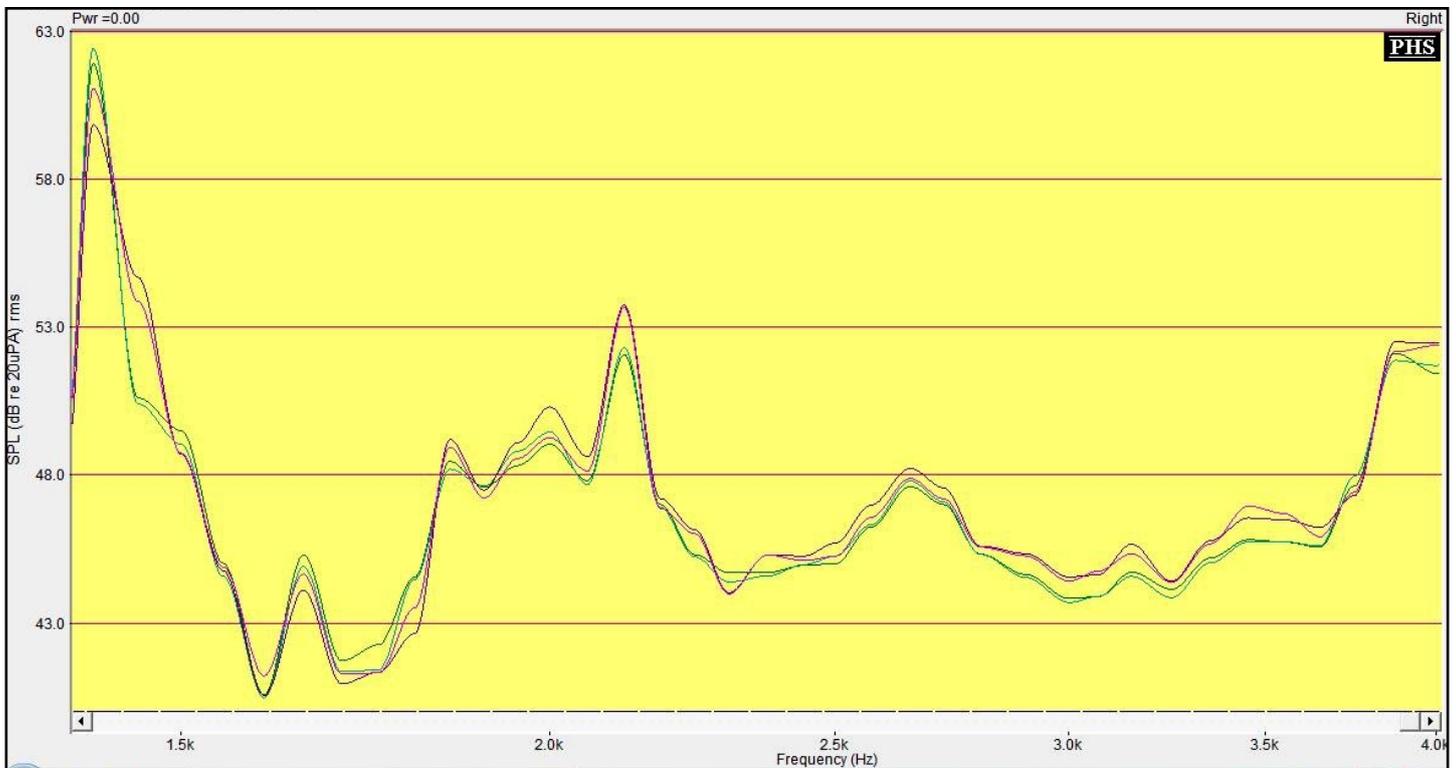


Figure n°57 : Zoom de 1500 à 4000 Hz, des spectres du bruit de rame de métro obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

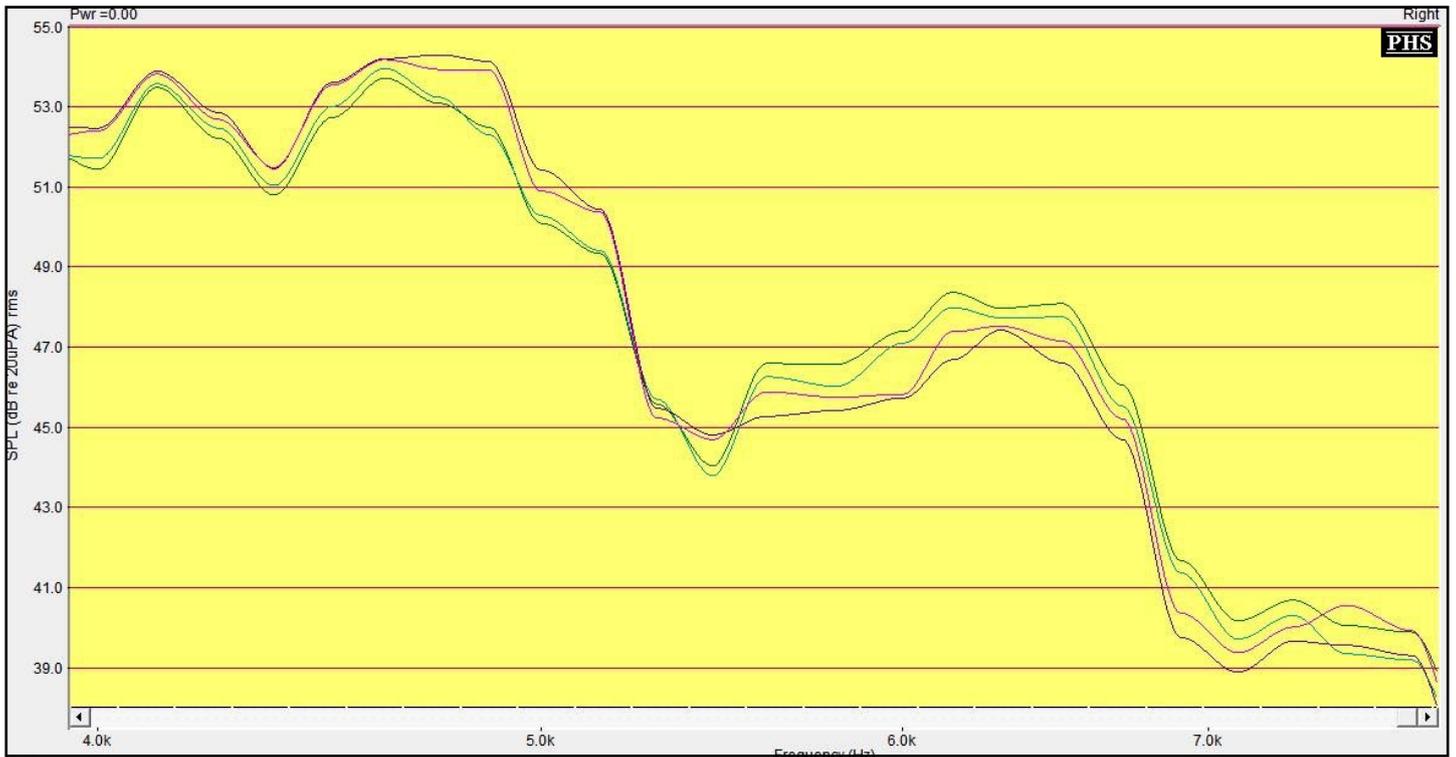


Figure n°58 : Zoom de 4000 à 8000 Hz, des spectres du bruit de rame de métro obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Le bruit de restaurant



Figure n°59 : Spectres du bruit de restaurant obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Pour le bruit de restaurant, plus fluctuant que le bruit de rame de métro, les différences entre les courbes sont plus marquées avec un maximum de 12 dB d'écart environ sur le 900 Hz.

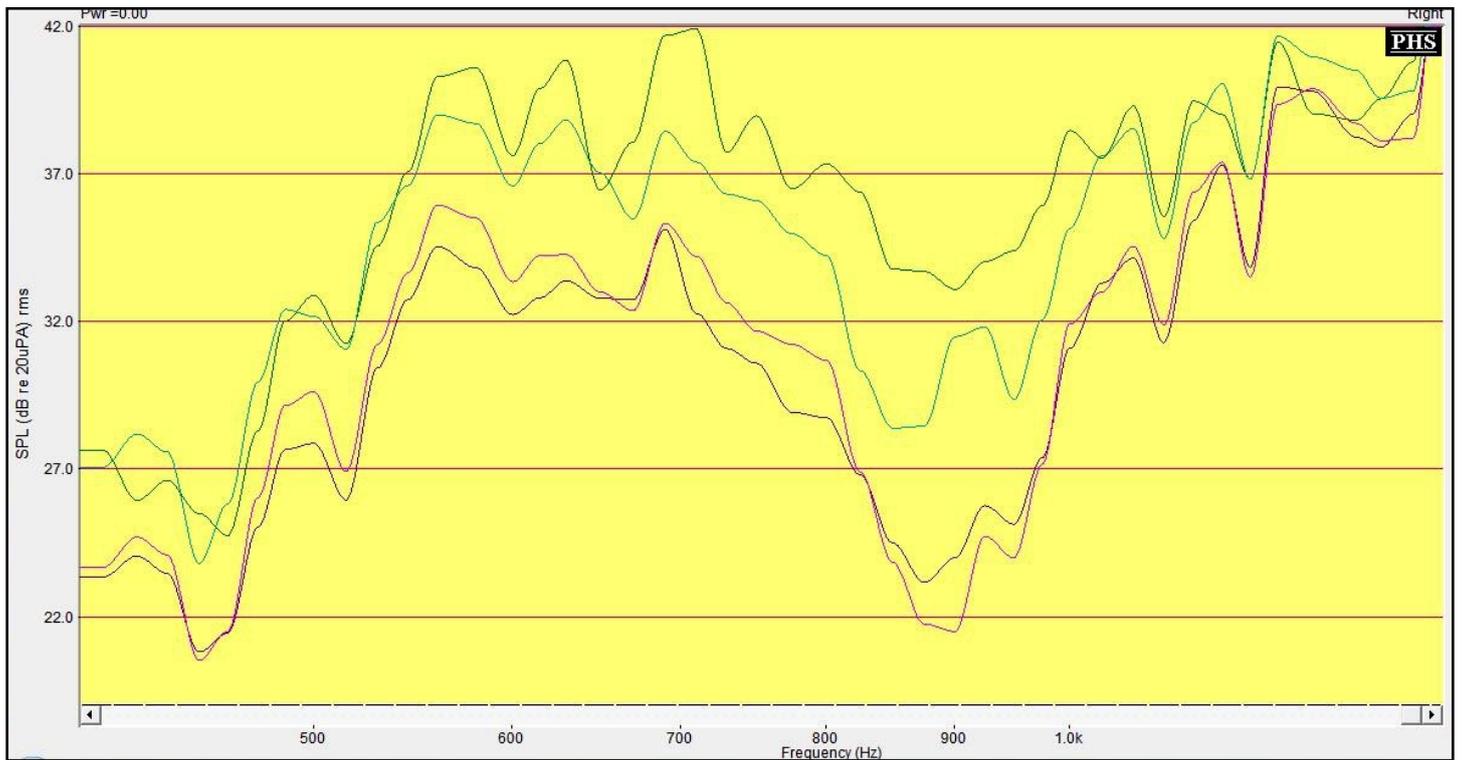


Figure n°60 : Zoom de 400 à 1500 Hz, des spectres du bruit de restaurant obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

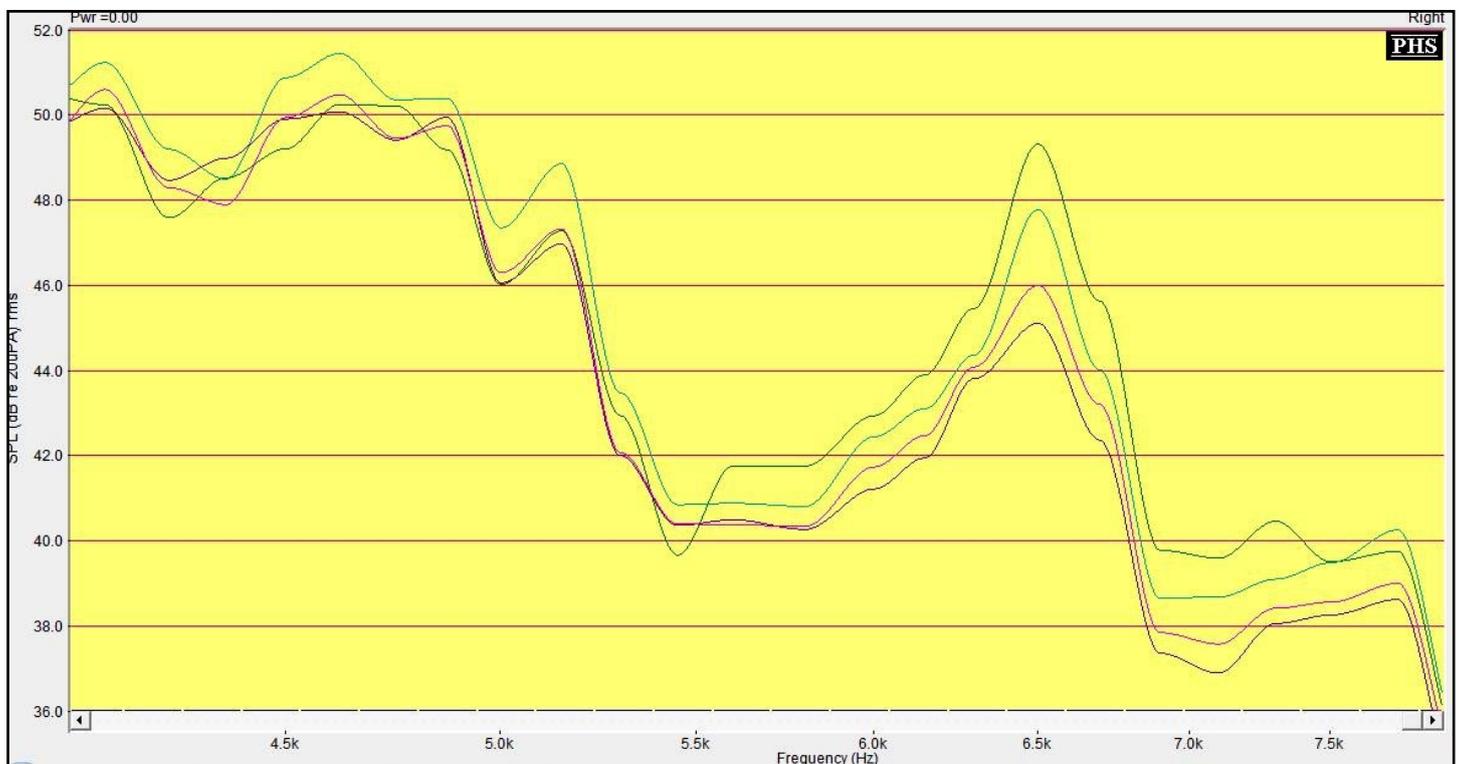


Figure n°61 : Zoom de 4000 à 8000 Hz, des spectres du bruit de restaurant obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

En dessous de 1500 Hz, les programmes possédant le même type de compression donnent des niveaux de sortie similaires avec la compression Dual « au-dessus » de la compression Syllabic. Là encore, pour un même type de compression, le programme avec les seuils d'enclenchement dégressifs donne des niveaux de sortie légèrement supérieurs à celui avec les seuils d'enclenchement à 20 dB. Nous notons également que les niveaux de sortie diffèrent aussi un peu sur le 6500 Hz même si l'écart est plus faible : 4 dB⁶.

Le bruit de salle de jeux d'enfants



Figure n°62 : Spectres du bruit de salle de jeux d'enfants obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Nous visualisons de nouveau des spectres similaires au delà de 1500 Hz avec des écarts d'environ 2 dB entre les niveaux de sortie observés avec deux écarts plus significatifs, de 4 dB, aux alentours du 2700 et du 6000 Hz. Les spectres diffèrent beaucoup plus nettement en-dessous de 1500 Hz. Sur ces fréquences, les niveaux de sortie obtenus avec les programmes réglés en Dual sont supérieurs à ceux obtenus avec les programmes réglés en Syllabic. Nous mesurons un écart maximal de 13 dB environ juste avant 900 Hz. A ce niveau, nous distinguons une différence pour les programmes dont la compression est lente : le niveau de sortie obtenu avec le programme dont

⁶ Cf Annexe n°14 : Zoom de 1500 à 4000 Hz de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB SPL

les seuils d'enclenchement sont dégressifs est supérieur de 5 dB environ à celui dont les seuils d'enclenchement sont réglés à 20 dB.

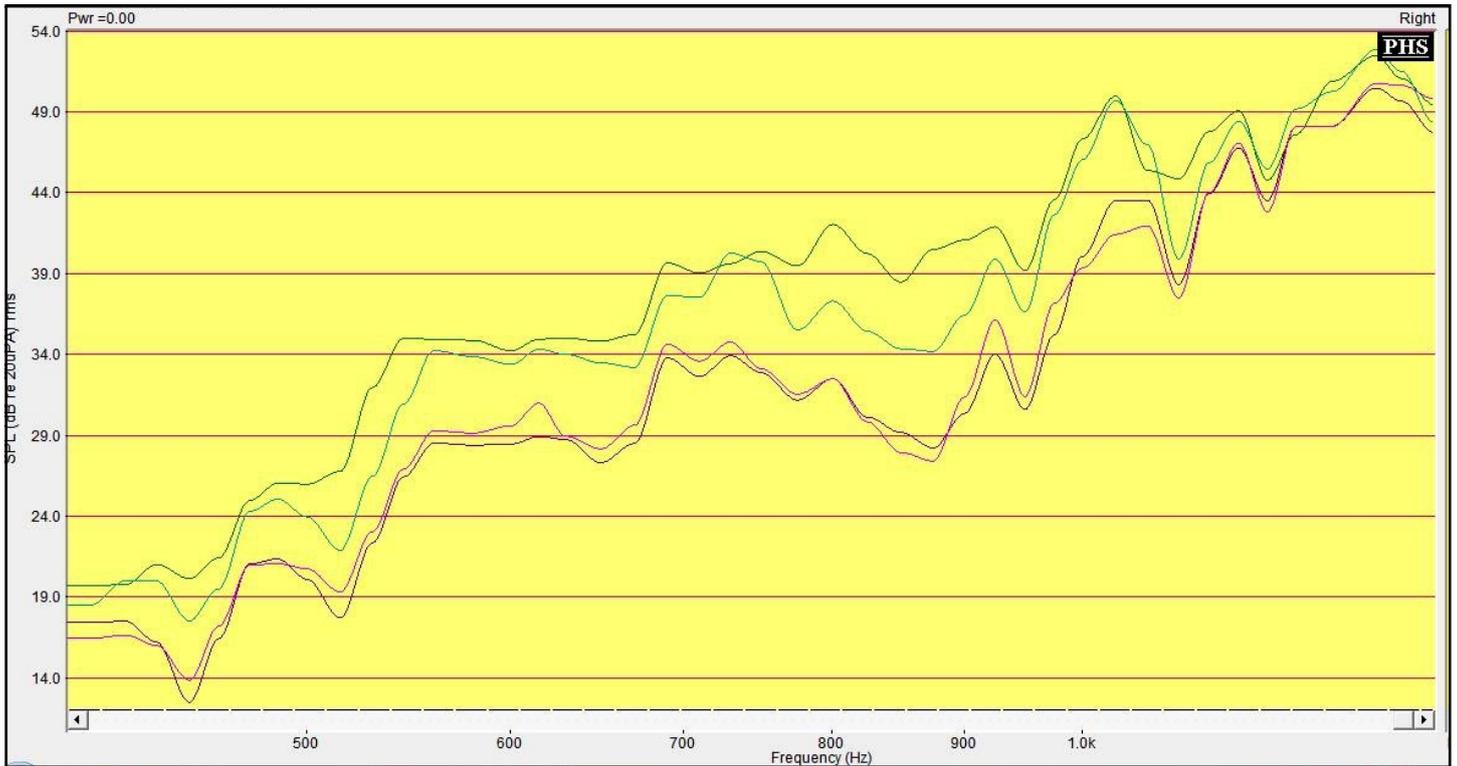


Figure n°63 : Zoom de 400 à 1500 Hz, des spectres du bruit de cris d'enfants obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

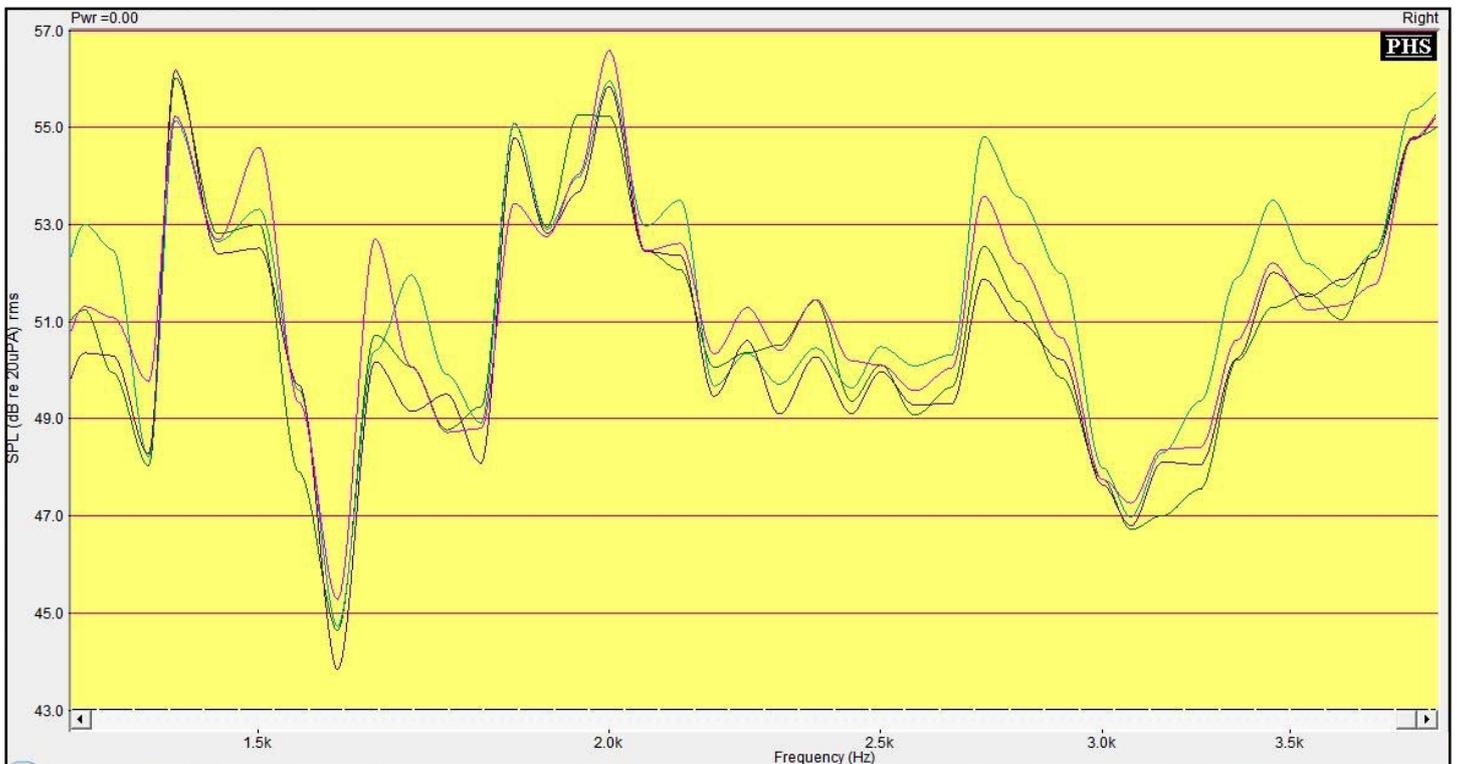


Figure n°64 : Zoom de 1500 à 4000 Hz, des spectres du bruit de cris d'enfants obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

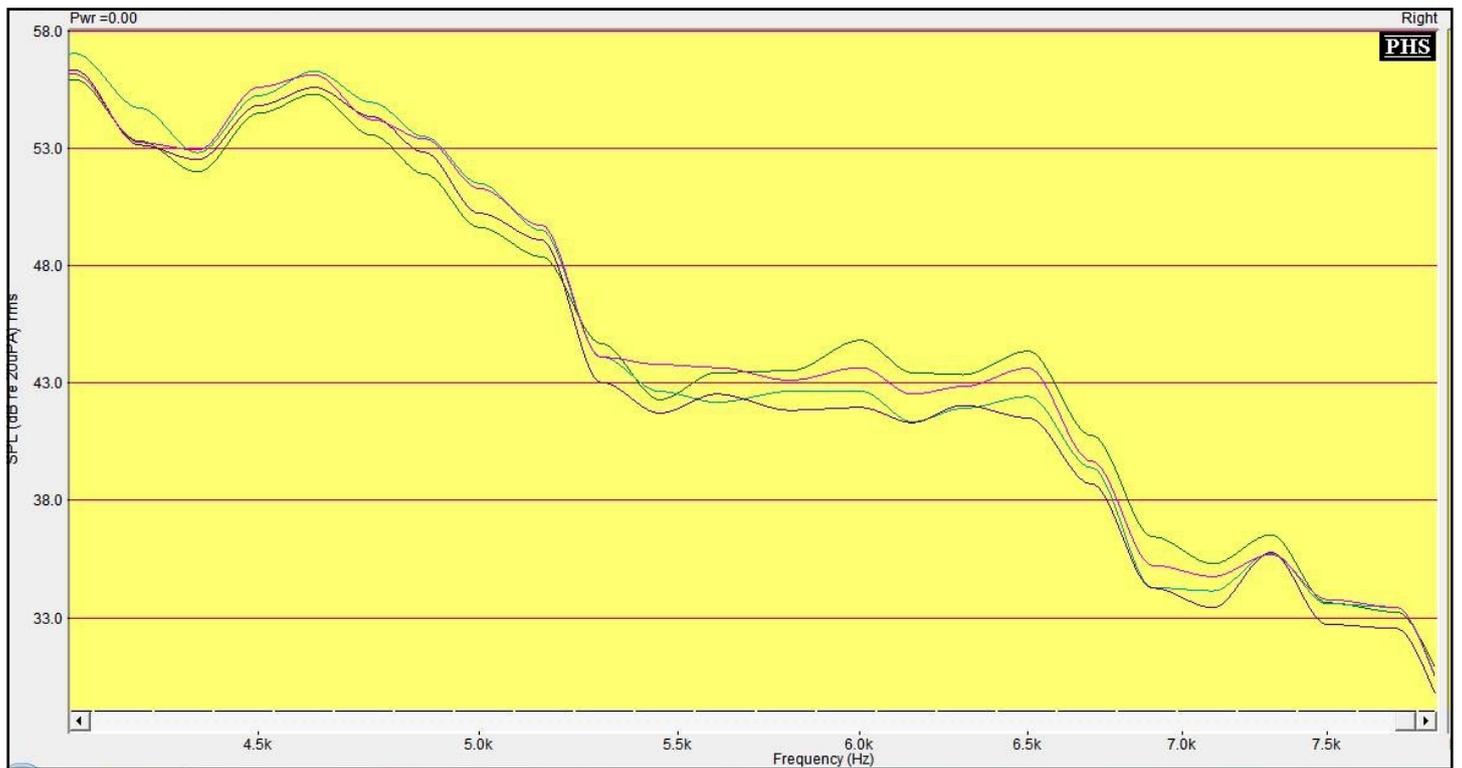


Figure n°65 : Zoom de 4000 à 8000 Hz, des spectres du bruit de cris d'enfants obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

2. Emissions des bruits à 40 dB SPL

Comme les différences entre les deux réglages de seuils d'enclenchement étudiés se réalisent notamment pour des niveaux faibles de signal d'entrée. Nous avons décidé d'émettre nos bruits à 40 dB SPL de façon à visualiser ces effets sur notre matériel sonore, ainsi que sur un bruit blanc pour rendre compte des différences éventuelles engendrées par le caractère fluctuant des bruits utilisés (rame de métro, restaurant et bruit de cris d'enfants).

Le bruit blanc

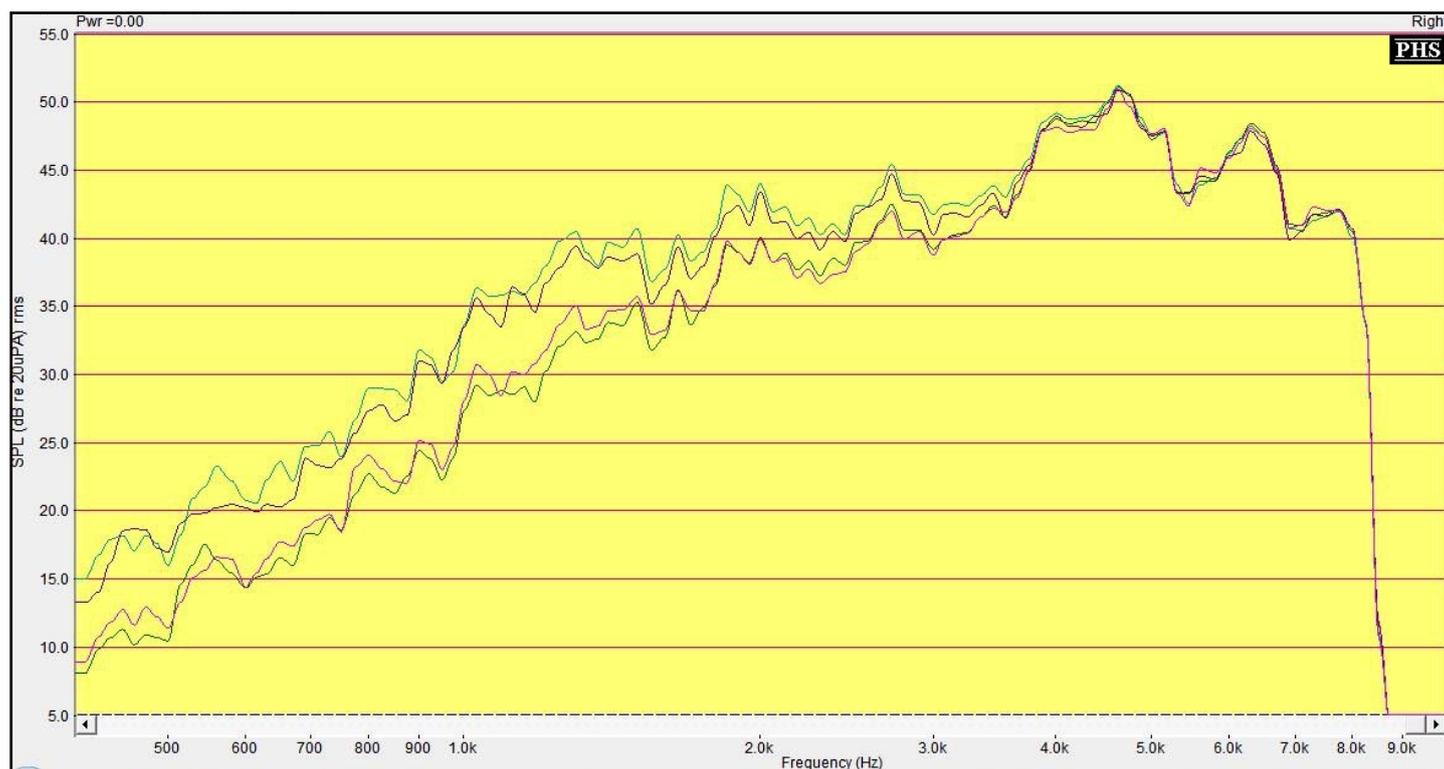


Figure n°66 : Spectres du bruit blanc émis à 40 dB SPL, obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Nous remarquons cette fois le regroupement des niveaux de sortie des programmes par type de réglages de seuils d'enclenchement. Les programmes dont les seuils d'enclenchement sont dégressifs entraînent des niveaux de sortie plus faibles pour les sons faibles, jusque 45 dB environ, par rapport à ceux dont les seuils d'enclenchement de la compression sont réglés à 20 dB. La différence de niveaux de sortie, engendrée par le type de compression, au sein des programmes à réglage identique de seuils d'enclenchement, est infime. Nous pensons que ceci est la conséquence du caractère stationnaire du bruit blanc.

Le bruit de rame de métro

Nous visualisons le même phénomène que sur le bruit blanc : pour les niveaux de sortie jusque 45 dB environ, les programmes ayant un réglage de Ck à 20 dB entraînent des niveaux de sortie plus importants que ceux ayant un réglage de Ck dégressifs. Le type de compression n'engendre pas de différences significatives de niveaux de sortie entre deux programmes ayant le même réglage de seuils d'enclenchement.



Figure n°67 : Spectres du bruit de rame de métro émis à 40 dB SPL, obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Le bruit de restaurant

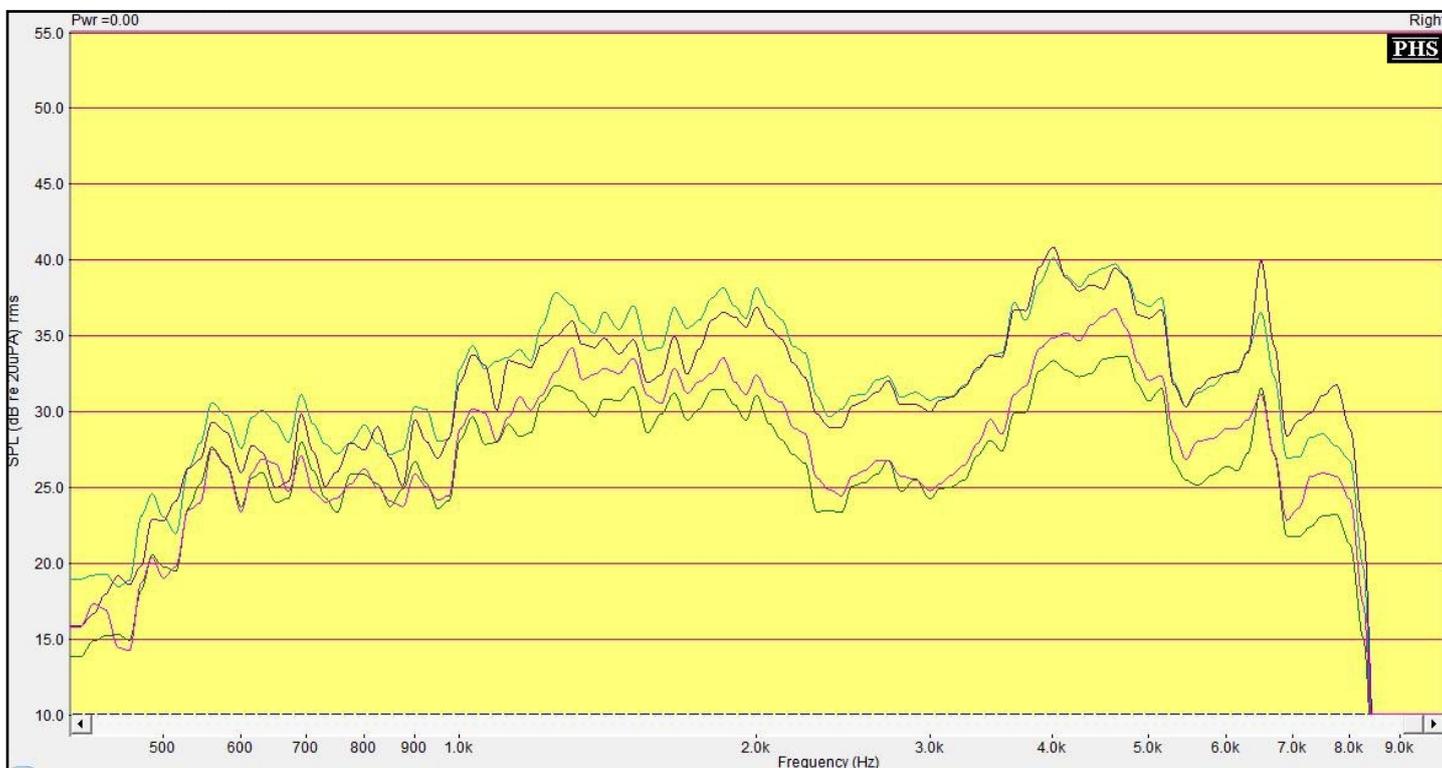


Figure n°68 : Spectres du bruit de restaurant émis à 40 dB SPL, obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Nous observons de nouveau le même différentiel de niveaux de sortie que précédemment avec un regroupement des programmes par réglage de seuils d'enclenchement sur l'ensemble du spectre, dont les niveaux de sortie par fréquence ne dépassent pas 45 dB SPL. Nous constatons également, dans certaines zones fréquentielles, notamment de 1000 à 2000 Hz et de 4000 à 5000 Hz, des différences de niveaux de sortie entre les programmes ayant le même réglage de seuils d'enclenchement. Pour les programmes dont les Ck sont à 20 dB, Dual semble donner des niveaux de sortie plus importants que Syllabic et inversement pour les programmes à seuils d'enclenchement dégressifs. Au vu des observations faites précédemment sur le bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 et 30 dB SPL, nous pensons que ces différences de niveaux de sortie sont la résultante de fluctuations au sein du bruit de restaurant. Ces fluctuations correspondraient majoritairement à des passages de niveaux d'intensité croissante quand les niveaux de sortie obtenus avec la compression Dual sont supérieurs à ceux obtenus avec la compression Syllabic et de niveaux d'intensité décroissante quand c'est l'inverse.

Le bruit de salle de jeux d'enfants

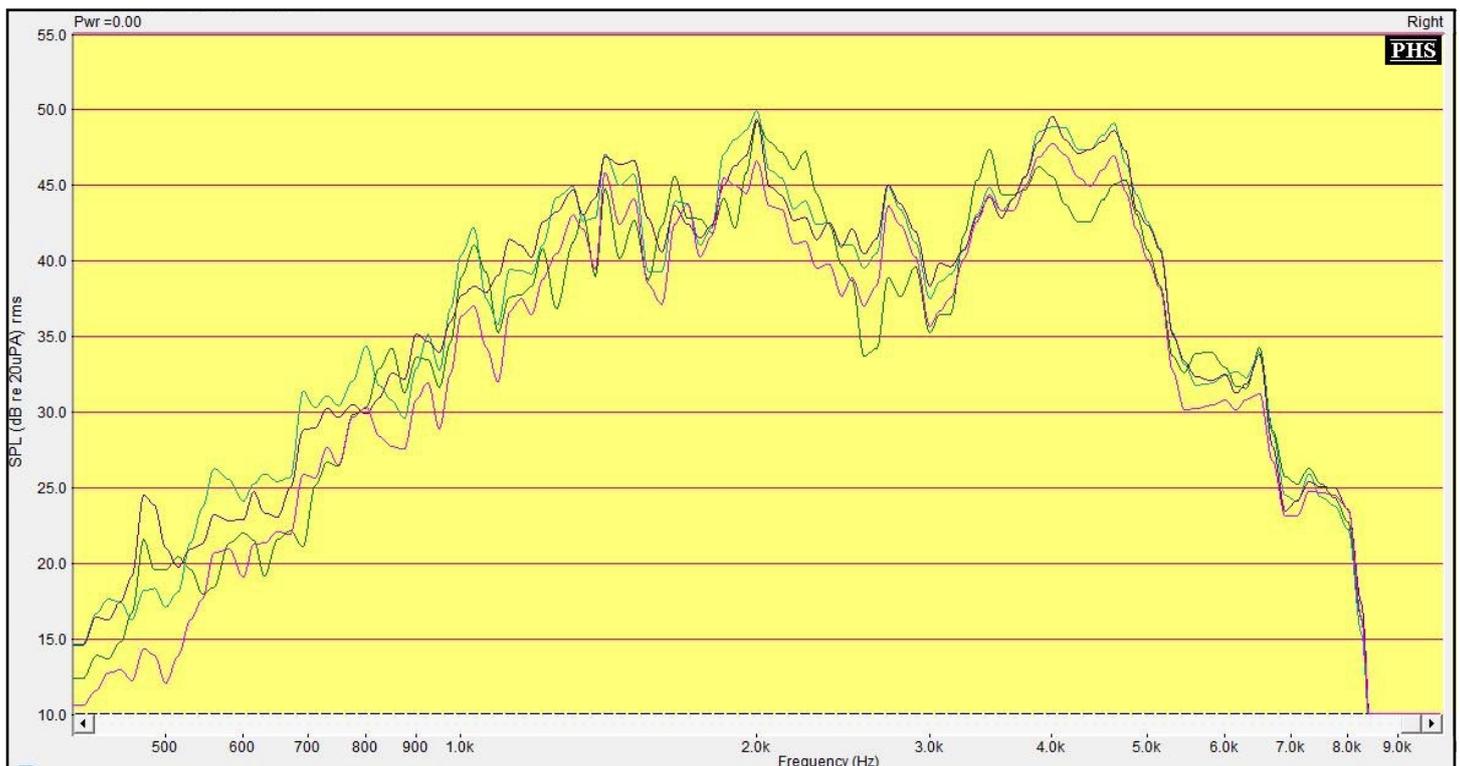


Figure n°69 : Spectres du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 40 dB SPL, obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Pour le bruit très fluctuant de cris d'enfants, les différences entre les programmes sont moins marquées que précédemment, que ce soit en comparaison aux autres bruits émis à 40 dB SPL ou au même bruit de cris d'enfants émis à 55 dB SPL.

C. Conclusion

Nous avons visualisé sur notre matériel sonore et avec les réglages que nous souhaitons étudier les mêmes effets que nous avons précédemment constatés avec des valeurs plus élevées de paramètres de compression.

1. Dual versus Syllabic

La compression Dual sur-corrige et sous-corrige aussi bien le signal de parole que les signaux de bruits. Pour ces derniers, cette différence de niveaux de sortie s'accroît lors de fluctuations au sein du bruit.

2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs

Augmenter les seuils d'enclenchement de la compression se traduit par une diminution des niveaux de sortie pour des niveaux d'entrée faibles. Ce phénomène se répercute aussi bien sur les mots, notamment au niveau des transitions formantiques et des indices acoustiques faibles en énergie (bruit faible du /l/ par exemple), que sur les bruits s'ils sont émis à faible intensité. Nous remarquons que si le bruit est trop fluctuant (bruit de cris d'enfants par exemple), les effets du type de compression prédominent et la visualisation des différences de niveau de sortie engendrées par les Ck est moins nette.

De plus, pour un niveau d'entrée de 55 dB SPL, nous remarquons que les niveaux de sortie obtenus avec les programmes dont les seuils d'enclenchement sont dégressifs sont légèrement supérieurs à ceux dont les Ck sont à 20 dB. Ceci est parfaitement logique compte tenu du fait que nous avons légèrement diminué au départ, lors de sa création, le gain à 60 dB des programmes à Ck dégressifs, de façon à conserver des niveaux de sortie identiques pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL. Ainsi, pour les niveaux d'entrée de 55 et de 60 dB SPL, la compression s'applique pour chaque réglage de seuils d'enclenchement. L'écart entre les courbes de sortie correspondant aux niveaux d'entrée de 55 et de 60 dB SPL correspond au gain de l'appareil pondéré par le taux de compression. Entre nos deux réglages de Ck, les taux de compression sont identiques mais le gain appliqué au programme à Ck dégressifs est légèrement plus faible. En sortie, l'écart entre les courbes de 55 et de 60 dB SPL d'entrée, sera donc plus faible quand les Ck sont dégressifs. Comme

les courbes à 60 dB SPL d'entrée sont identiques, la courbe à 55 dB SPL d'entrée aura un niveau de sortie légèrement supérieur quand les Ck sont dégressifs que quand ils sont à 20 dB.

V. Conclusion générale de l'étude préliminaire des paramètres de compression étudiés

A. Dual versus Syllabic

La compression Syllabic respecte le niveau de sortie attendu et préconisé lors des réglages de l'audioprothésiste.

La compression Dual donne globalement des niveaux de sortie légèrement supérieurs à la compression Syllabic. Cette différence est la résultante de fluctuations des niveaux d'entrée d'intensité croissante (passage d'un niveau d'intensité faible à plus fort). Elle est la conséquence du temps d'attaque lent de 0,9 s (selon le fabricant), de la compression Dual. Elle correspond donc à une **sur-correction, passagère en cas de phénomène sonore stable** (durée du temps d'attaque de compression), mais **qui aura tendance à persister si les fluctuations au sein du bruit sont importantes.**

Il nous arrive également de visualiser l'inverse : la compression Syllabic engendre un niveau de sortie plus important que la compression Dual. Cela est le reflet de fluctuations des niveaux d'entrée d'intensité décroissante (passage d'un niveau d'intensité moyen à faible). Dans ce cas, nous sommes en présence d'une sous-correction de la compression Dual, conséquence du temps de retour lent de 1,4 s.

B. Ck dégressifs versus Ck à 20 dB

L'augmentation des seuils d'enclenchement de la compression engendre une diminution des niveaux de sortie pour les signaux d'entrée faibles. Ce phénomène, facilement explicable et démontré précédemment, témoigne de l'absence d'application de la compression pour des niveaux d'entrée faibles, inférieurs ou proches de la valeur des seuils d'enclenchement de la compression.

Ce phénomène pourrait sembler favorable si nous ne regardions que la diminution du bruit de fond ambiant, obtenu sur des spectrogrammes de mots émis dans le calme, quand les Ck sont réglés de façon dégressive.

Néanmoins, nous avons nettement visualisé une diminution de l'intensité des indices acoustiques de faible intensité, notamment au niveau des transitions formantiques et des bruits de friction faibles. Ceci ne paraît pas favorable à la compréhension en milieu bruyant.

En effet, pour une bonne compréhension de la parole, il est important de conserver le différentiel d'intensité existant au sein du signal de départ, entre les phonèmes de forte et de faible intensités.

C. Incidence sur la perception des sons de parole

1. Dual versus Syllabic

Le temps de retour lent de la compression Dual semble susceptible d'engendrer des variations défavorables à la compréhension de la parole dans le bruit, notamment lors du passage d'un niveau de bruit fort ou de phonème intense, à un phonème plus diffus et faible en intensité. En effet, si les observations précédentes se conjuguent aux variations d'un signal de parole, le gain appliqué à ce phonème peu intense devrait être plus faible qu'attendu et engendrer une diminution de sa compréhension dans le bruit. De même, il est probable que ces phénomènes s'accroissent quand le rapport signal sur bruit diminue. Nous remarquons, qu'à l'inverse, les parties émergentes du signal de parole devraient se voir attribuer le gain destiné au bruit, c'est-à-dire pour un rapport signal sur bruit de +5 dB, engendrer une légère sur-correction de ces parties émergentes. Nous rappelons que les indices acoustiques contenus dans les parties faibles du signal de parole sont particulièrement informatifs et que même légèrement plus faible, une émergence demeure une émergence.

2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs

Au vu des résultats précédents, des seuils d'enclenchement dégressifs pourraient potentiellement être défavorables à la compréhension de la parole dans le bruit. En effet, il est probable qu'un tel réglage entraîne une diminution de l'intensité des indices acoustiques de faible intensité tels que les transitions formantiques ou les bruits faibles, en comparaison à un réglage de seuils d'enclenchement à 20 dB.

Les différences au sein des deux réglages devraient se répercuter pour des signaux de faible intensité (voix faible). En effet, nous comparons ici de fines différences de seuils d'enclenchement puisque nous passons d'un réglage à 20 dB à un réglage à 47 ou 30 dB selon les fréquences.

De même, l'écart de niveau de sortie engendré par ces deux réglages, devrait s'accroître en cas de facteurs de compression élevés.

Synthèse des études préliminaires

L'objectif des deux études préliminaires que nous avons réalisées était de définir les caractéristiques et les effets indépendants des paramètres que nous souhaitons utiliser conjointement lors de l'étude principale expérimentale.

I. Synthèse de l'étude préliminaire sur les traitements du signal

A. Le mode microphonique True Ear

Grâce aux mesures acoustiques effectuées, nous avons déterminé que le mode microphonique True Ear ne correspondait pas à un mode microphonique omnidirectionnel.

En effet, plus l'azimut augmente, jusque 180° , et plus le gain des fréquences comprises entre 1000 et 5000 Hz, est réduit. Le but de ce procédé est de reproduire selon le fabricant, la fonction de transfert de l'oreille externe. L'avantage est qu'en réduisant le gain dans l'azimut 180° par rapport à l'azimut 0° , le gain préconisé par l'audioprothésiste est préservé à 0° . Il n'y a alors aucun risque de sur-correction de la part de cet algorithme. Néanmoins, la fonction de transfert de l'oreille externe ne correspond pas tout à fait aux fréquences sur lesquelles se produisent cette diminution du gain, d'une part. D'autre part, la fonction transfert de l'oreille externe assure une bonne audibilité de ces fréquences aux azimuts 45° , 90° et 135° , alors que le mode microphonique True Ear les sous-corrige. Cela peut se révéler gênant pour un patient souhaitant entendre un interlocuteur placé à côté de lui alors qu'il est dans l'incapacité de tourner la tête, comme dans une situation de conduite en voiture par exemple.

B. Le réducteur de bruit Traitement de la Parole et du Bruit (TPB)

Notre étude nous a permis de conclure sur les différentes caractéristiques de fonctionnement du TPB (cf. pages 58 à 61).

Notamment, nous avons remarqué que l'action du réducteur de bruit dépend au préalable de l'analyse et donc de la reconnaissance de l'environnement sonore en question. Ainsi, le réducteur de bruit s'active si l'analyse conclut à un environnement de bruit, de parole dans le bruit ou de voiture.

Pour les trois bruits que nous avons choisis d'utiliser lors de l'étude expérimentale, nous remarquons une action du TPB sur les bruits de rame de métro et de restaurant. Pour le bruit de cris

d'enfants, l'appareil conclut à un environnement constitué à 100% par de la musique. Ainsi, après une phase d'analyse qui se traduit par une atténuation temporaire de ce bruit, le TPB se désactive et l'environnement sonore retrouve son niveau de sortie initial. Il demeure ensuite à ce niveau d'intensité, c'est-à-dire sans aucune atténuation.

Ce phénomène, d'une durée avoisinant les 30 s, a été également visualisé sur certains sons wobulés de 500 à 2000 Hz, émis à 50 ou 70 dB SPL.

De plus, nous avons mesuré une atténuation plus importante pour un bruit blanc et pour les bruits étudiés quand leur intensité d'émission augmente. A l'inverse, les sons wobulés voyaient leur atténuation diminuer avec l'augmentation de l'intensité.

Finalement, à part le biais d'analyse de l'environnement de salle de jeux pour enfants où le réducteur de bruit ne maintient pas son atténuation, le TPB semble être un réducteur de bruit performant. Nous rappelons qu'il tient compte du facteur de recrutement du patient en agissant avant le module d'amplification et de compression de l'appareil.

II. Synthèse de l'étude préliminaire sur les paramètres de compression étudiés

Nous avons effectué de nombreuses mesures acoustiques pour déterminer les conséquences du choix de nos deux paramètres de compression, à savoir :

- Compression de type Dual ou Syllabic,
- Seuils d'enclenchement de compression réglés à 20 dB sur toutes les fréquences ou en dégradé des basses aux hautes fréquences.

Ces mesures ont d'abord été réalisées sur du matériel sonore « classique » permettant une interprétation sans équivoque des résultats :

- Observation sur chaîne de mesure avec émission d'un balayage en sons purs,
- Observation sur un bruit blanc émis en continu à 30, 60 puis 30 dB.

Nous avons ensuite analysé chaque élément du matériel sonore utilisé pour l'étude expérimentale, de façon indépendante :

- Matériel vocal constitué des listes de paires minimales de Beraha,
- Environnements bruyants constitués des trois bruits étudiés auxquels nous avons volontairement ajouté un bruit blanc de façon à rendre compte des effets potentiellement causés par le caractère fluctuant de nos bruits.

Nous avons réalisé deux jeux de programmes :

- Un avec des valeurs de paramètres de compression volontairement élevées,
- Le second avec les programmes que nous utilisons pour l'étude expérimentale.

A. Compression de type Dual ou de type Syllabic

Les mesures acoustiques réalisées sur le type de compression choisi nous ont toutes amenés à des résultats similaires.

Nous avons remarqué qu'avec ses constantes de temps rapides, la compression Syllabic atteint à chaque variation du niveau d'entrée, le gain adéquat de manière quasi instantanée.

Pour la compression Dual, les constantes de temps sont lentes. Chaque variation en entrée se traduit alors en sortie par des sur-corrections ou par des sous-corrections transitoires (de 1 à 1,5 secondes environ), le temps de l'établissement de la valeur adéquate de gain. Lors d'une variation d'intensité croissante du signal d'entrée, nous observons une sur-correction pendant la durée du temps d'attaque de compression. A l'inverse, lors d'une variation d'intensité décroissante du signal d'entrée, une sous-correction se produit en sortie pendant la durée du temps de retour de la compression.

B. C_k à 20 dB ou C_k dégressifs

Nous avons remarqué lors de notre étude préliminaire, que le fait d'augmenter les seuils d'enclenchement de la compression tout en conservant des niveaux de sortie identiques pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL, entraîne une diminution des niveaux de sortie des sons faibles en entrée.

III. Conclusion

Les constatations faites quant au mode microphonique True Ear nous ont incités à émettre nos signaux sonores à 0° lors de l'étude expérimentale.

Les mesures effectuées sur l'action du TPB, nous laissent supposer que davantage de confusions phonétiques devraient être commises lors de l'audiométrie vocale dans le bruit en présence du bruit de cris d'enfants qui, au vu des résultats précédents, demeurerait non atténué.

Les résultats obtenus sur le type de compression utilisé laissent à penser que la compression Dual devrait engendrer des sur- et des sous-corrections à chaque variation en intensité du signal d'entrée, d'autant plus que les bruits étudiés lors de l'étude expérimentale sont des bruits fluctuants.

Les niveaux faibles devraient être moins amplifiés quand les seuils d'enclenchement sont dégressifs que lorsqu'ils sont réglés à 20 dB sur l'ensemble des fréquences.

Nous pouvons imaginer que les transitions formantiques et les phonèmes de faible intensité devraient pâtir d'une sous-correction, conséquence du temps de retour lent de Dual, et d'un réglage de Ck dégressifs, tout en gardant néanmoins à l'esprit, que la différence de réglages de Ck n'est pas très marquée, notamment sur les aigus.

Etude expérimentale

I. Audiométrie vocale dans le bruit

A. Protocole

L'objectif de cette étude est d'analyser les effets que produisent les paramètres de compression étudiés sur la compréhension en milieu bruyant. Nous verrons ainsi si les observations acoustiques précédentes se répercutent au niveau clinique. Cette étude a donc une visée comparative entre des mesures acoustiques et des tests ou ressentis cliniques. L'audiométrie vocale dans le bruit est un élément parmi d'autres tests et mesures acoustiques de cette étude expérimentale. Elle n'a donc pas, à elle seule, vocation à tirer des conclusions. C'est pourquoi, il n'a pas été jugé nécessaire d'utiliser une cohorte importante lors de la réalisation de cette étude clinique. Nous rappelons de même, que nous réalisons pour ce mémoire, une analyse qualitative et que les réglages utilisés pour les mesures acoustiques sont basés et adaptés selon les réglages initiaux de notre patiente test.

Pour cette audiométrie, la patiente test, Mlle L, porte les ACA munis des réglages étudiés, avec ses propres embouts. Elle est placée face à un haut-parleur émettant les listes de Beraha ainsi que les bruits étudiés avec un rapport signal sur bruit de + 5 dB. Le bruit est émis à 55 dB SPL. La distance séparant la patiente du haut-parleur est d'environ un mètre.

Ces tests sont réalisés dans la double cabine insonorisée du laboratoire.

La patiente a pour consigne de répéter à haute voix ce qu'elle a entendu même si le mot entendu n'a pas de sens.

Le testeur, moi-même, regarde si pour chaque mot, le phonème testé est bien compris par la patiente. En cas d'erreur, la confusion phonétique est inscrite.

B. Résultats

1. Résultats bruts : erreurs commises

Nous répertorions l'ensemble des confusions ou omissions commises par la patiente dans des tableaux en fonction du bruit diffusé. Nous rappelons que seuls les phonèmes en rouge (ci-dessous) sont considérés pour ce test d'audiométrie vocale sur paires minimales.

Bruit de salle de jeux d'enfants

Tableau n°14 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°1 de Beraha émise dans le bruit de cris d'enfants

Liste 1 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
biche	disse			bisse
mouche	bouge			
fard		par	parte	
touffe	tour			
louche		boust		bousse

Tableau n°15 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°2 de Beraha émise dans le bruit de cris d'enfants

Liste 2 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
ruche	rouge		rouge	
châle	pâle	fale	fale	pâle
face	passé	passé		
fort		bord	dorve	bord
mouche	bouste	boust	blouche	blouse

Tableau n°16 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha émise dans le bruit de cris d'enfants

Liste 3 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
base	bale			
choc	siècle	foc		foc
grive	gris	gris	grise	
foule	coule		soule	poule

Tableau n°17 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°4 de Beraha émise dans le bruit de cris d'enfants

Liste 4 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
pipe	ite	pi	pi	pi
râpe		ra		

Tableau n°18 : Récapitulatif du nombre d'erreurs commises par la patiente pour chaque programme dans le bruit de cris d'enfants

Liste cris d'enfant	P1	P2	P3	P4
Total d'erreurs	13	10	8	8

Bruit de rame de métro

Tableau n°19 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°2 de Beraha émise dans le bruit de rame de métro

Liste 2 métro	P1	P2	P3	P4
fuite	pluie			
face				pas
fort			port	

Tableau n°20 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha émise dans le bruit de rame de métro

Liste 3 métro	P1	P2	P3	P4
grive	gris	gris	grise	gris
cave	car	car	canne	canne

Tableau n°21 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°4 de Beraha émise dans le bruit de rame de métro

Liste 4 métro	P1	P2	P3	P4
patte			pâque	
pipe	pi	i	ite	pite
râpe	ra			
soupe		sou		sou

Tableau n°22 : Récapitulatif du nombre d'erreurs commises par la patiente pour chaque programme dans le bruit de rame de métro

Liste métro	P1	P2	P3	P4
Total d'erreurs	5	5	6	5

Bruit de restaurant

Tableau n°23 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha émise dans le bruit de restaurant

Liste 3 restaurant	P1	P2	P3	P4
grive	gris	gris	gris	gris
cave	cale	cale	cale	cale

Tableau n°24 : Erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°4 de Beraha émise dans le bruit de restaurant

Liste 4 restaurant	P1	P2	P3	P4
pipe	i	pil		pi
râpe	ra	raou	raou	raoel
soupe	sou	sou	sou	souk

Tableau n°25 : Récapitulatif du nombre d'erreurs commises par la patiente pour chaque programme dans le bruit de restaurant

Liste restaurant	P1	P2	P3	P4
Total d'erreurs	6	5	4	5

2. Résultats avec prise en compte des traits acoustiques erronés

Pour chaque phonème confondu, nous répertorions les traits acoustiques mis en cause.

Bruit de salle de jeux d'enfants

Tableau n°26 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°1 de Beraha dans le bruit de cris d'enfants

Liste 1 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
biche	compact → diffus /s/			compact → diffus /s/
mouche	sourd → sonore : / ʒ/			
fard		interrompu → continu /p/	interrompu → continu /p/	
touffe	/R/ grave → plus aigu diffus → plus compact continu → plus interrompu non vocalique → plus vocalique sourd → sonore			
louche		aigu → grave vocalique → non vocalique continu → discontinu /b/		aigu → grave vocalique → non vocalique continu → discontinu /b/

Tableau n°27 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°2 de Beraha dans le bruit de cris d'enfants

Liste 2 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
ru che	sourd → sonore : / ʒ/		sourd → sonore : / ʒ/	
ch âle	aigu → grave compact → diffus continu → interrompu /p/	aigu → grave compact → diffus /f/	aigu → grave compact → diffus /f/	aigu → grave compact → diffus continu → interrompu /p/
f ace	interrompu → continu /p/	interrompu → continu /p/		
f ort		continu → interrompu sourd → sonore /b/	grave → aigu continu → interrompu sourd → sonore /d/	continu → interrompu sourd → sonore /b/
m ouche	nasal → oral continu → discontinu vocalique → non vocalique /b/	nasal → oral continu → discontinu vocalique → non vocalique /b/	/m/ → /b/ nasal → oral continu → discontinu vocalique → non vocalique /m/ → /l/ grave → aigu nasal → oral <u>CCL : traits erronés</u> : nasal → oral continu → discontinu vocalique → non vocalique grave → aigu	nasal → oral continu → discontinu vocalique → non vocalique /b/

Tableau n°28 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha dans le bruit de cris d'enfants

Liste 3 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
base	continu → interrompu non vocalique → vocalique //			
choc	compact → diffus /s/	aigu → grave compact → diffus /f/		aigu → grave compact → diffus /f/
grive	non perçu	non perçu	grave → aigu /z/	
foule	grave → plus aigu diffus → compact continu → interrompu /k/		grave → aigu /s/	interrompu → continu /p/

Tableau n°29 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°4 de Beraha dans le bruit de cris d'enfants

Liste 4 cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
pipe	non perçu			
pipe	grave → aigu /t/	non perçu	non perçu	non perçu
râpe		non perçu		

Bruit de rame de métro

Tableau n°30 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°2 de Beraha dans le bruit de rame de métro

Liste 2 métro	P1	P2	P3	P4
fuite	/f/ → /p/ interrompu → continu /f/ → /l/ grave → aigu non interrompu → interrompu non vocalique → vocalique sourd → sonore <u>CCL : traits erronés</u> ∴ grave → aigu interrompu → continu non vocalique → vocalique sourd → sonore			
face				interrompu → continu /p/
fort			interrompu → continu /p/	

Tableau n°31 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha dans le bruit de rame de métro

Liste 3 métro	P1	P2	P3	P4
grive	non perçu	non perçu	grave → aigu /z/	non perçu
cave	/R/ grave → plus aigu diffus → plus compact continu → plus interrompu non vocalique → plus vocalique	/R/ grave → plus aigu diffus → plus compact continu → plus interrompu non vocalique → plus vocalique	grave → aigu oral → nasal ininterrompu → interrompu non vocalique → vocalique /n/	grave → aigu oral → nasal ininterrompu → interrompu non vocalique → vocalique /n/

Tableau n°32 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°4 de Beraha dans le bruit de rame de métro

Liste 4 métro	P1	P2	P3	P4
patte			diffus → compact grave → plus aigu /k/	
pipe		non perçu	non perçu	
pipe	non perçu	non perçu	grave → aigu /t/	grave → aigu /t/
râpe	non perçu			
soupe		non perçu		non perçu

Bruit de restaurant

Tableau n°33 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha dans le bruit de restaurant

Liste 3 restaurant	P1	P2	P3	P4
grive	non perçu	non perçu	non perçu	non perçu
cave	grave → aigu non interrompu → interrompu non vocalique → vocalique //	grave → aigu non interrompu → interrompu non vocalique → vocalique //	grave → aigu non interrompu → interrompu non vocalique → vocalique //	grave → aigu non interrompu → interrompu non vocalique → vocalique //

Tableau n°34 : Traits acoustiques correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur la liste n°3 de Beraha dans le bruit de restaurant

Liste 4 restaurant	P1	P2	P3	P4
pipe	non perçu			
pipe	non perçu	grave → aigu discontinu → continu non vocalique → vocalique sourde → sonore /l/		non perçu
râpe	non perçu	/p/ → /u/ /u/ et /p/ : mêmes traits pour oral, grave, diffus <u>CCL : traits erronés</u> ⋮ discontinu → continu non vocalique → vocalique sourde → sonore	/p/ → /u/ /u/ et /p/ : mêmes traits pour oral, grave, diffus <u>CCL : traits erronés</u> ⋮ discontinu → continu non vocalique → vocalique sourde → sonore	/p/ → /oel/ /oe/ et /p/ : mêmes traits pour oral, grave, diffus /p/ → /l/ grave → aigu discontinu → continu non vocalique → vocalique sourde → sonore <u>CCL : traits erronés</u> ⋮ grave → aigu discontinu → continu non vocalique → vocalique sourde → sonore
soupe	non perçu	non perçu	non perçu	grave → plus aigu diffus → compact /k/

C. Analyse

Pour faciliter l'étude des différences observées entre les programmes étudiés, nous avons décidé de présenter uniquement les résultats sur l'ensemble des trois bruits confondus dans le corps de texte, le détail par bruit étant consultable en annexe.

Nous notons tout de même que les erreurs sont plus fréquentes quand l'environnement sonore est le bruit de cris d'enfants, qui est le bruit est le plus fluctuant que ce soit au niveau temporel ou en intensité. Cet environnement compose donc une partie non négligeable de la sommation totale des erreurs lors de l'étude des trois environnements confondus.

1. Analyse par nombre d'erreurs¹

Tableau n°35 : Nombre d'erreurs commises par la patiente pour chaque programme sur les trois bruits confondus

Nombre d'erreurs commises	P1	P2	P3	P4
Total d'erreurs sur les trois bruits	24	20	18	18

Si nous classons les programmes selon le nombre d'erreurs commises, du programme entraînant le plus grand nombre d'erreurs à celui en provoquant le moins, nous obtenons pour les trois bruits confondus : $P1 > P2 > P4 = P3$.

2. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par programme²

L'analyse par traits acoustiques et plus précisément, la catégorisation des traits acoustiques en deux groupes, traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle et traits en lien avec la sélectivité fréquentielle, est controversée.

En effet, il est difficile pour certains traits de différencier le caractère temporel du fréquentiel. Ainsi, par exemple, pour le trait acoustique « vocalique / non vocalique », une transition de formants a trait à la temporalité puisqu'elle correspond à un glissement sur l'axe temporel lors du changement d'articulation des phonèmes. Elle se définit également par ses caractéristiques fréquentielles puisque ce changement d'articulation entraîne une modification en fréquence de la zone de renforcement laryngé. De plus, nous pouvons aussi ajouter que la transition subit des variations en intensité, en fonction des phonèmes qui l'entourent.

Il peut être alors jugé plus pertinent de passer à un niveau d'étude plus fin comme l'étude spectrale des indices acoustiques. Nous rappelons que les traits acoustiques se définissent par un faisceau d'indices acoustiques et que la redondance de ces indices est un élément primordial pour permettre la bonne compréhension d'un phonème.

Cette analyse des confusions phonétiques en indices acoustiques n'était pas réalisable ici. En effet, les spectrogrammes résultant des enregistrements de l'ensemble des signaux de l'audiométrie vocale dans le bruit, pour chaque programme, ne sont pas exploitables. Visuellement, même avec un

¹ Cf Annexe n°15 : Nombre d'erreurs commises par type de bruit

² Cf Annexe n°16 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par programme pour chaque type de bruit

rapport signal sur bruit choisi de + 5 dB, les mots apparaissent complètement brouillés par le bruit et rendent les indices acoustiques impossibles à analyser. C'est pourquoi, nous avons tout de même pris la décision de présenter cette analyse des confusions en traits acoustiques, analyse qui demeure intéressante à condition d'être pondérée par des remarques en rapport avec les différentes caractéristiques de cette audiométrie : environnements sonores étudiés, type de perte auditive de la patiente, etc.

Tableau n°36 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur les trois bruits confondus

Ensemble des listes et des bruits confondus	P1	P2	P3	P4
Total : fréquence des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 9 vocalique / non vocalique : 6 sonore / sourd : 4 grave / aigu : 7 compact / diffus : 6 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 9 vocalique / non vocalique : 6 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 6 compact / diffus : 3 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 7 vocalique / non vocalique : 4 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 10 compact / diffus : 2 oral / nasal : 2	continu / discontinu : 9 vocalique / non vocalique : 5 sonore / sourd : 2 grave / aigu : 8 compact / diffus : 4 oral / nasal : 2
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	19	18	14	16
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	14	10	14	14
Total d'erreurs sur les traits acoustiques	33	28	28	30

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, nous obtenons :

- Au niveau global : $P1 > P4 > P2 = P3$,
- Pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : $P1 > P2 > P4 > P3$,
- Pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : $P1 = P3 = P4 > P2$.

Nous remarquons que les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle sont plus tributaires d'erreurs que ceux en lien avec la sélectivité fréquentielle. Cette donnée peut être mise en corrélation avec le fait que nous étudions des bruits qui fluctuent beaucoup au niveau temporel. Ils sont donc susceptibles de perturber davantage les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle.

3. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par type de compression³

Tableau n°37 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque type de compression sur les trois bruits confondus

Ensemble des listes et des bruits confondus	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Total : fréquence des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 18 vocalique / non vocalique : 12 sonore / sourd : 7 grave / aigu : 13 compact / diffus : 9 oral / nasal : 2	continu / discontinu : 16 vocalique / non vocalique : 9 sonore / sourd : 5 grave / aigu : 18 compact / diffus : 6 oral / nasal : 4
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	37	30
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	24	28
Total d'erreurs sur les traits acoustiques	61	58

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, nous obtenons :

- Au niveau global : Dual > Syllabic,
- Pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Dual > Syllabic,
- Pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Syllabic > Dual.

L'écart relatif du nombre d'erreurs entre les deux types de compression est assez faible.

³ Cf Annexe n°17 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par type de compression et par type de bruit

4. Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques et par réglage de seuils d'enclenchement⁴

Tableau n°38 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur les trois bruits confondus

Ensemble des listes et des bruits confondus	Seuils d'enclenchement à 20 dB	Seuils d'enclenchement dégressifs
Total : fréquence des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 16 vocalique / non vocalique : 10 sonore / sourd : 6 grave / aigu : 16 compact / diffus : 5 oral / nasal : 3	continu / discontinu : 18 vocalique / non vocalique : 11 sonore / sourd : 6 grave / aigu : 15 compact / diffus : 10 oral / nasal : 3
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	32	35
Total d'erreurs sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	24	28
Total d'erreurs sur les traits acoustiques	56	63

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, nous obtenons :

- Au niveau global : Ck dégressifs > Ck à 20 dB,
- Pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB,
- Pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB.

Là encore, nous remarquons que, bien que légèrement plus important, l'écart entre les programmes est assez faible.

⁴ Cf Annexe n°18 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par réglage de seuils d'enclenchement et par type de bruit

5. Analyse qualitative des omissions par les indices acoustiques

Pour ce qui est des omissions, nous ne pouvons quantifier les traits acoustiques erronés. Néanmoins, nous savons que lorsqu'un phonème n'est pas perçu, cela signifie qu'un grand nombre d'indices acoustiques n'ont pas été transmis.

Si nous regardons de plus près les phonèmes omis, nous remarquons que ce sont soit des [p] soit des [v] :

- Grive,
- Pipe,
- Râpe,
- Soupe.

Les indices acoustiques du [v]

Le [v] est une labio-dentale, sonore et fricative. Or, le bruit des fricatives est bien moins audible que la structure harmonique des voyelles. De plus, parmi les fricatives, les labiodentales sont les moins intenses. Bien que voisée, le F0 de ces consonnes est faible, et la structure harmonique se limite donc au bas du spectre.

D'autre part, le dernier phonème d'un mot et même d'un énoncé, puisqu'ici nous avons affaire à des mots isolés, comporte une intensité plus faible qu'un phonème situé au coeur d'une phrase.

Tout laisse donc à penser que si le [v] de grive n'a pas été perçu par Mlle L., c'est tout simplement parce que son intensité était particulièrement faible. Ce phonème n'a pas été entendu.

Les indices acoustiques du [p]

Le [p] est une bilabiale, sourde et occlusive. Les occlusives se caractérisent par un bruit d'explosion bref. Ici, le bruit est d'autant plus bref que la consonne est une bilabiale. C'est également l'occlusive comportant la plus faible intensité. De plus, c'est une consonne sourde, ce qui signifie qu'il n'y aura pas de F0 en bas du spectre.

Nous constatons aussi qu'à part pour le [p] de pipe, non perçu par les programmes P2 et P3 en présence du bruit de rame de métro, les autres omissions sont commises sur des consonnes placées en fin de mot.

Là encore, les indices acoustiques de ce phonème nous amènent à penser que celui-ci n'a pas été perçu car il fut transmis en sortie de l'écouteur à une intensité trop faible que ce soit par rapport aux structures formantiques des voyelles adjacentes ou par rapport au bruit résiduel.

6. Analyse quantitative des omissions par programme⁵

Tableau n°39 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque programme sur les trois bruits confondus

Total de consonnes non perçues	P1	P2	P3	P4
Total d'omissions sur les trois bruits	9	9	4	5

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus d'omissions à celui en provoquant le moins, nous obtenons pour les trois bruits confondus : P1 = P2 > P4 > P3.

7. Analyse quantitative des omissions par type de compression⁶

Tableau n°40 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque type de compression sur les trois bruits confondus

Total de consonnes non perçues	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Total d'omissions sur les trois bruits	18	9

Nous constatons qu'il y a significativement plus d'omissions commises en Dual qu'en Syllabic, pour l'ensemble des bruits.

Un signal de parole correspond à un signal très fluctuant avec des montées franches d'énergie. Lors d'une montée franche d'énergie, la compression lente passe sur un temps d'attaque rapide, 10 ms. Par contre, dans nos listes de mots, composées de mots de type consonne - voyelle - consonne, après un phonème intense, comme une voyelle, se trouve une consonne moins intense, de surplus positionnée en fin de mot. L'appareil doit alors passer d'un gain destiné à un son intense à un gain correspondant à un son plus faible. Il doit donc augmenter le gain. Cette augmentation va se faire pendant le temps de retour qui lui est forcément lent, 1,4 s. Ainsi, le gain appliqué sera plus faible que nécessaire. Ceci permettrait d'expliquer pourquoi les omissions sont plus fréquentes avec les programmes à compression lente qu'avec ceux à compression rapide.

⁵ Cf Annexe n°19 : Analyse quantitative des omissions par programme et par type de bruit

⁶ Cf Annexe n°20 : Analyse quantitative des omissions par type de compression et par type de bruit

8. Analyse quantitative des omissions par réglage des seuils d'enclenchement⁷

Tableau n°41 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur les trois bruits confondus

Total de consonnes non perçues	Seuils d'enclenchement dégressifs	Seuils d'enclenchement à 20 dB
Total d'omissions sur les trois bruits	14	13

Si l'on regroupe les programmes par leur réglage de seuils d'enclenchement de la compression, les différences en terme de quantité d'omissions de phonèmes est moins évidente entre les deux types de réglages de seuils d'enclenchement que ça ne l'était pour le type de compression.

D. Conclusions partielles

1. Dual versus Syllabic

Bien que l'analyse des confusions en traits acoustiques montre que la compression rapide Syllabic entraîne légèrement moins d'erreurs que la compression lente Dual, l'écart reste peu significatif.

Néanmoins, l'analyse de la quantification des omissions témoigne d'un retentissement clinique non négligeable puisque la patiente commet deux fois plus d'erreurs de ce type quand la compression est lente. L'analyse des indices acoustiques des phonèmes omis a montré qu'une intensité d'émission trop faible pourrait être à l'origine de leur non perception.

2. Ck à 20 dB versus Ck dégressifs

Même si l'analyse des confusions en traits acoustiques et la quantification des omissions, par type de réglage de seuils d'enclenchement, semblent toutes deux privilégier un réglage des Ck à 20 dB plutôt que dégressif, les différences en terme de nombre d'erreurs sont à chaque fois, peu significatives.

Nous rappelons que le fait d'augmenter les seuils d'enclenchement de la compression entraîne une diminution du niveau de sortie des sons faibles.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer par le fait que les éléments utiles de parole situés en basses fréquences ont une intensité relativement plus importante que ceux situés dans les fréquences

⁷ Cf Annexe n°21 : Analyse quantitative des omissions par réglage des seuils d'enclenchement et par type de bruit

supérieures. Ainsi, une augmentation des seuils d'enclenchement de la compression jusque 47 dB dans les basses fréquences, ne sera pas autant préjudiciable qu'une augmentation similaire en hautes fréquences où les indices de faible intensité sont déterminants.

De plus, la patiente a une perte prédominante dans les aigus avec des graves relativement bien conservés. Une partie des indices acoustiques de basses fréquences lui parvient donc de façon naturelle par son événement. Ainsi, l'impact de l'augmentation des seuils d'enclenchement en basses fréquences chez notre patiente est d'autant plus limité.

E. Conclusion générale

Nous souhaitons insister sur le fait que cette audiométrie vocale n'a, à elle seule, aucune vocation à une conclusion formelle. Elle n'a été réalisée que sur une seule patiente, qui porte habituellement les réglages correspondant au programme P3.

Néanmoins, en accord avec son objectif initial, ce test permet de rendre compte du retentissement clinique des observations acoustiques précédentes, réalisées sur la tête artificielle du KEMAR et sur la chaîne de mesure.

Il faut noter également que cette audiométrie vocale est propre à notre patiente test et à l'ensemble des caractéristiques de son appareillage : type de perte, dynamique, croissance de sonie, âge du premier appareillage, etc. Avec un autre patient, il en aurait été autrement. Une perte plus importante en basses fréquences et un appareillage sans événement auraient probablement engendré des résultats plus marqués pour ce qui est du type de réglage de seuils d'enclenchement. De plus, ce réglage est celui préconisé par les méthodes NAL et DSL en fonction de la perte auditive du patient. Ainsi, pour une perte auditive sévère, par exemple, les valeurs de seuils d'enclenchement dégressifs auraient probablement été plus élevées. De même, une dynamique résiduelle plus faible se serait traduite au niveau des réglages par des taux de compression plus importants, ce qui aurait sans doute accentué davantage les différences observées entre les programmes.

II. Mesures acoustiques illustrant les effets des différents types de compression en milieu bruyant

Initialement, nous souhaitions analyser l'ensemble des spectrogrammes mots + bruits dans le but d'essayer de visualiser les indices acoustiques responsables des confusions et omissions phonétiques commises. Cependant, les mots étant trop bruités pour permettre de les analyser correctement, il nous fut impossible de procéder de la sorte. Le nombre important d'omissions

observé précédemment, dans l'audiométrie vocale dans le bruit, en Dual par rapport à Syllabic, nous a donné l'idée d'une autre mesure acoustique expliquée ci-après.

A. Protocole

1. Objectif

Nous souhaitons rendre compte du temps de retour lent de la compression Dual, qui, selon nous, est responsable du nombre conséquent d'omissions des phonèmes de fin de mots. En effet, nous pensons que le gain faible appliqué au bruit s'applique également au mot dont la durée d'émission est inférieure au temps de retour de 1,4 s de cette compression. Ainsi, le phonème de fin de mot, dont l'intensité est déjà relativement faible, se voit attribué un gain trop faible, qui le rend alors inaudible ou insuffisamment perçu.

2. Principe

Les spectrogrammes mots + bruits étant inexploitable, nous avons eu l'idée d'émettre le signal suivant : le mot, 5 s de silence, quelques secondes de bruit, 100 ms de silence, le mot.

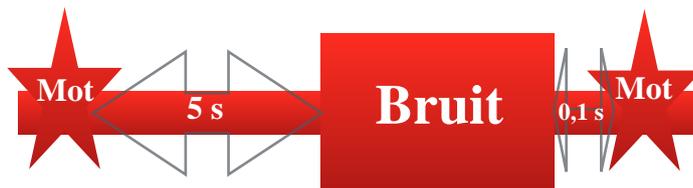


Figure n°70 : Schéma représentant l'enregistrement utilisé

Comme la durée de 100 ms est très inférieure à la durée du temps de retour lent de compression, nous nous attendons à observer les effets du temps de retour lent de la compression en milieu bruyant sur le mot visualisé seul. Nous saurons alors quelles sont les modifications apportées au mot quand il est émis en même temps que le bruit.

Le premier mot émis dans le silence, 5 s avant l'émission du bruit, a quant à lui, vocation de mot de référence pour la comparaison avec le second mot. Ce dernier nous permettra de visualiser l'effet de la compression appliquée à un signal de parole en milieu bruyant sans que l'effet de masque du bruit n'interfère.

3. Création des fichiers sonores

Nous nous sommes servis du logiciel Audacity pour la création du matériel sonore.

Nous avons utilisé nos trois bruits dont la durée de la séquence sélectionnée correspond à celle d'un cycle, dupliqué au départ pour créer l'intégralité de chacune de nos pistes de bruit.

Nous avons récupéré de nos pistes sonores de paires minimales, les mots sur lesquels portaient les omissions, à savoir « pipe », « râpe », « soupe » et « grive ».

Nous avons enregistré à l'aide d'un ordinateur portable muni du logiciel Spectra Plus et relié à un microphone demi-pouce, placé en cabine insonorisée, des logatomes de type VCV ou CVC émis par une femme de 27 ans, ainsi qu'un extrait de bruit blanc.

Les logatomes émis sont les suivants : « ouchou, oufou, oussou, ouzou, sasse, faf, chache ».

Nous avons ensuite calibré, grâce à Audacity, l'ensemble de nos fichiers sonores pour qu'ils aient le même niveau d'intensité.

Nous avons finalement créé une piste mono composée à chaque fois du mot ou logatome étudié, suivi de 5 s de silence, puis de l'émission d'un cycle de bruit, puis de 0,1 s de silence et enfin du même mot ou logatome.

Nous étudions donc ici un rapport signal sur bruit de 0 dB.

4. Appareil et réglages utilisés

Pour cet étude, nous utilisons l'appareil de type RITE Pure 7 Binax muni d'un écouteur de taille P.

Comme nous étudions les effets des types de compression, nous avons choisi d'utiliser un taux de compression important, de 3 et de régler les seuils d'enclenchement de la compression au minimum, c'est-à-dire à 20 dB. Le gain de l'appareil est de 25 dB sur toutes les fréquences, pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL. L'appareil possède deux programmes qui ne diffèrent que par le type de compression :

- P1, compression lente Dual,
- P2, compression rapide Syllabic.

Pour cette étude, nous rappelons comme précédemment, que l'ensemble des traitements du signal a été désactivé et que le mode microphonique est en True Ear.

5. Déroulement des tests

Nos fichiers sonores sont émis à 70 dB SPL et à 0°. L'appareil est placé sur l'oreille droite de la tête artificielle du KEMAR dont le conduit est occlus avec de la pâte de type « Blu Tack ». Nous visualisons à l'aide du logiciel Spectra Plus, les spectrogrammes obtenus avec chacun des types de compression.

Le rapport signal sur bruit est donc de 0 dB. Il est volontairement plus défavorable que celui utilisé pour l'audiométrie vocale de façon à accentuer les différences observées pour faciliter la compréhension du phénomène.

Les résultats obtenus illustrent le même principe d'action quelque soit le bruit ou le signal de parole utilisés. Nous présenterons donc ici uniquement, pour chaque type de compression, les spectrogrammes du mot « soupe », et des logatomes de type VCV « oufou » et de type CVC « sasse », associés respectivement au bruit blanc.

B. Pré-requis : analyse du matériel vocal « oreille nue du KEMAR »

Une analyse phonétique à partir des spectrogrammes oreille nue est requise pour visualiser parfaitement les modifications engendrées par les deux types de compression.

1. Le mot « soupe »

Le mot « soupe » est constitué de trois phonèmes : /s/, /ou/ et /p/.

Le /s/ est constitué d'un bruit diffus de 3,5 à 9,5 kHz. Il ne présente pas de F0. Sa durée n'est pas négligeable : 164 ms (Renard C., 1996).

Le /ou/ est une voyelle d'arrière dont les deux premiers formants suffisent à l'identification : F1 à 250 Hz et F2 à 800 Hz environ.

Les indices acoustiques du /p/ ont été étudiés en détail dans le paragraphe I.C.5) *Analyse qualitative des omissions par les indices acoustiques* p. 112. Il se caractérise par un bruit d'explosion bref de faible intensité. Il ne présente pas de F0.

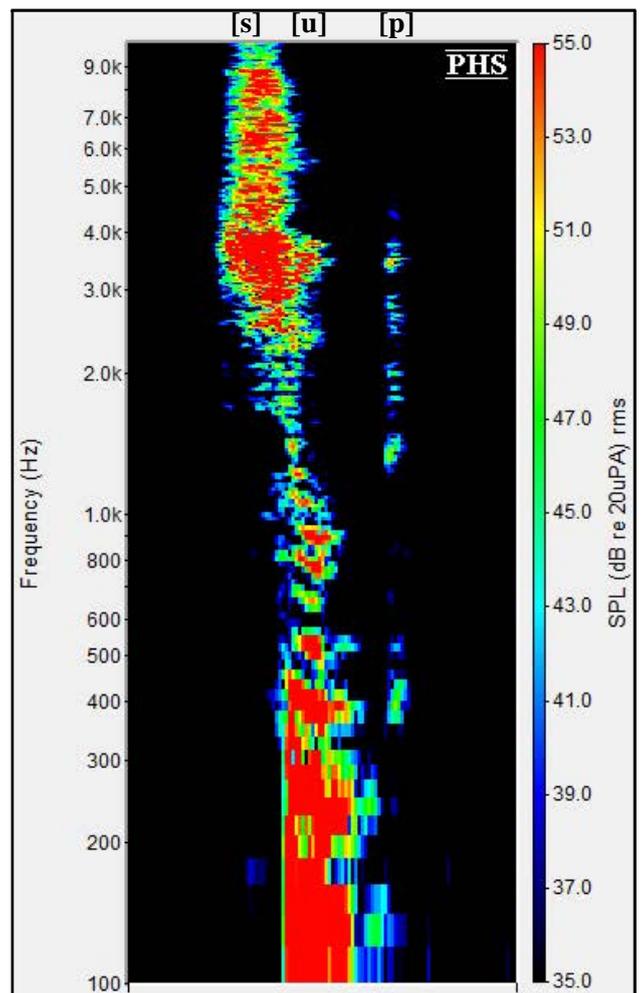


Figure n°71 : Spectrogramme du mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, oreille nue du KEMAR

2. Le logatome « oufou »

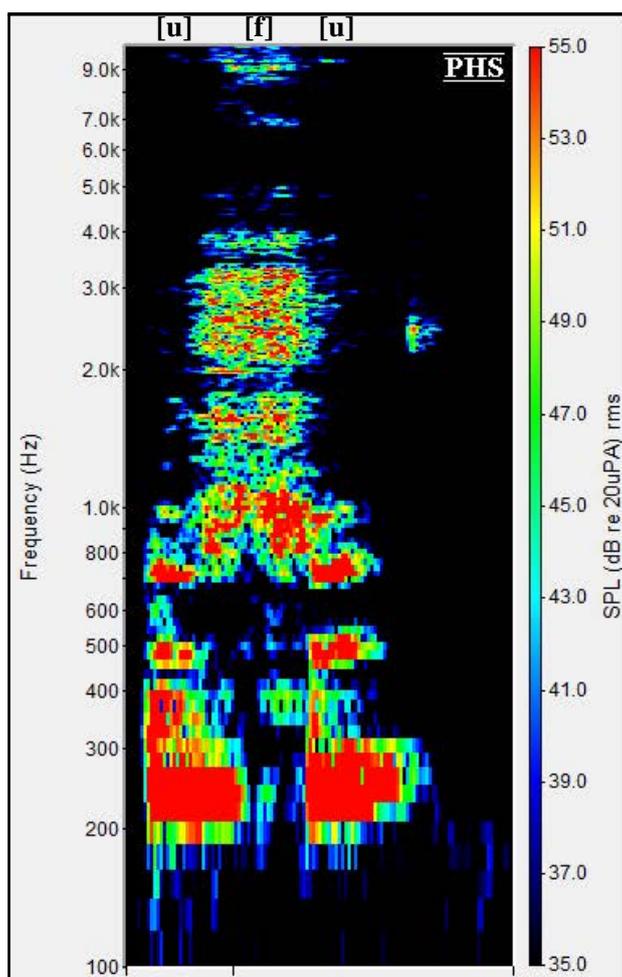


Figure n°72 : Spectrogramme du logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, oreille nue du KEMAR

Ce logatome de type VCV, est composé des phonèmes /ou/ et /f/.

Le /ou/, caractérisé ci-dessus, entoure le phonème /f/.

Ce dernier est une fricative sourde. Il se caractérise par un bruit faible étendu en fréquences, de 1800 à 10200 Hz environ. Il ne présente pas de F0.

3. Le logatome « sasse »

Ce logatome de type CVC, se compose de la voyelle /a/, de part et d'autre de laquelle est accolé la consonne /s/.

Le /s/ a été caractérisé ci-dessus par un bruit élevé en fréquence, d'une durée de 164 ms.

Le /a/ est une voyelle d'avant. Elle s'identifie facilement par ses formants : F1 est à 700 Hz et F2 à 1300 Hz environ.

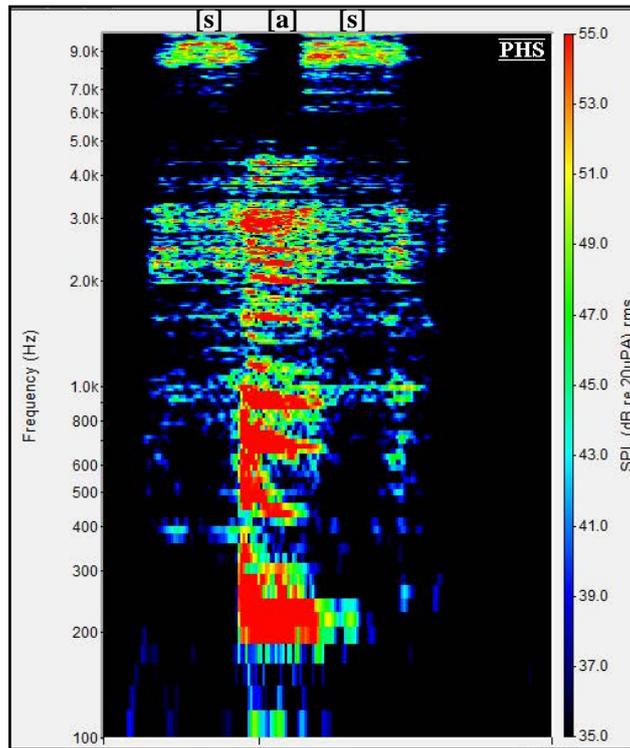


Figure n°73 : Spectrogramme du logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, oreille nue du KEMAR

C. Résultats⁸

1. Spectrogrammes du mot « soupe » + bruit blanc

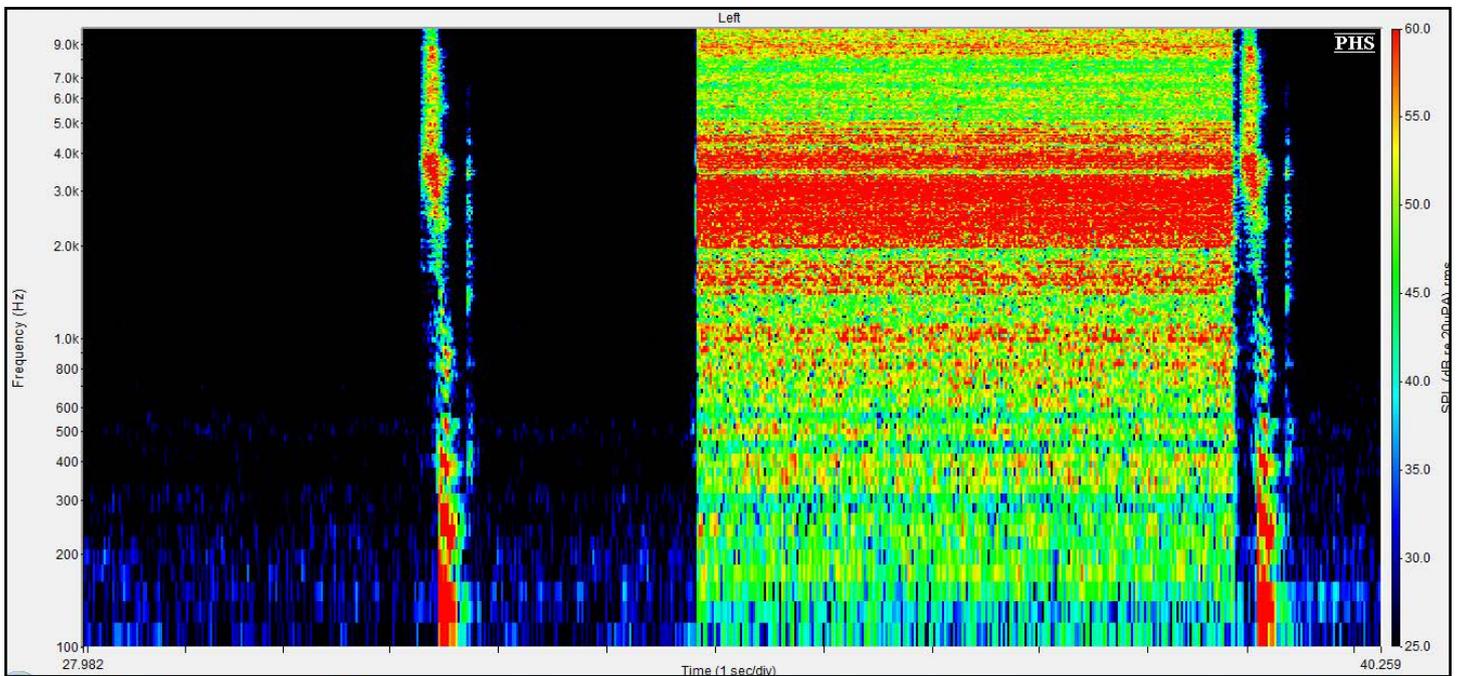


Figure n°74 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

⁸ Cf Annexe n°22 : Ensemble des spectrogrammes objectivant l'effet du type de compression en milieu bruyant sur la parole

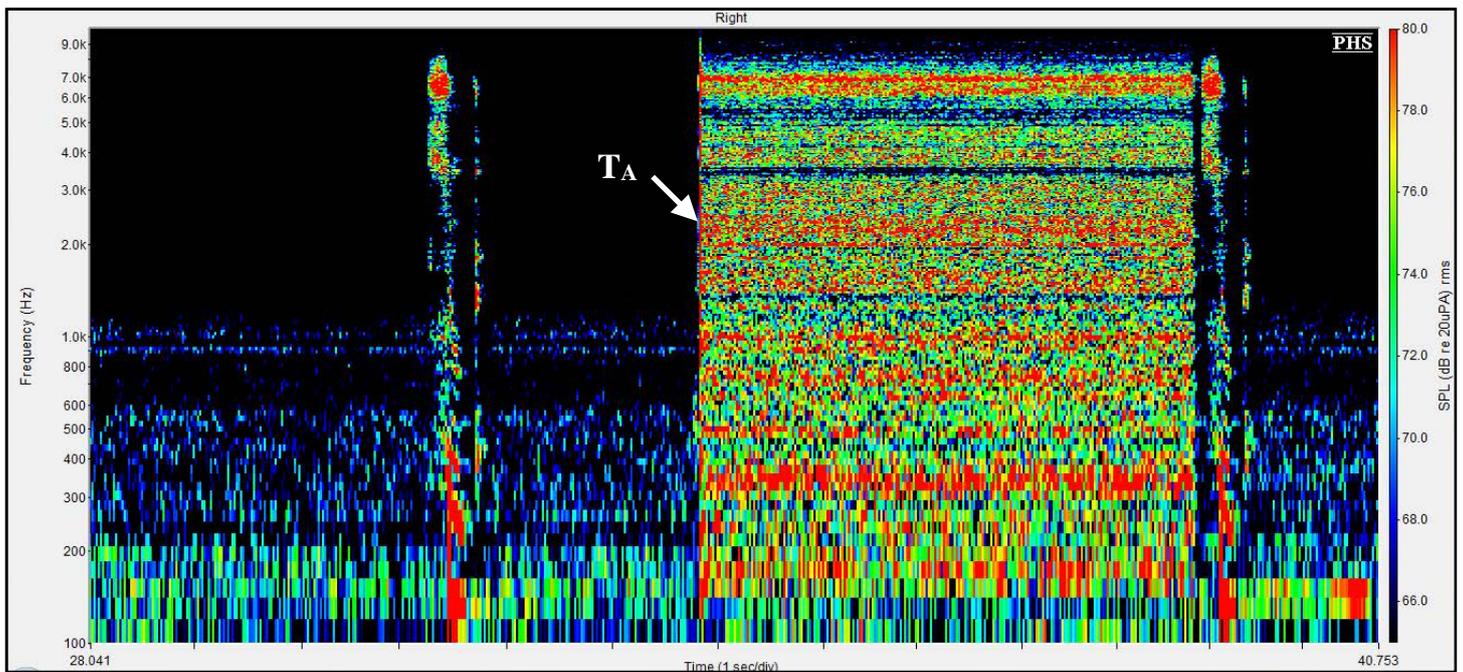


Figure n°75 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

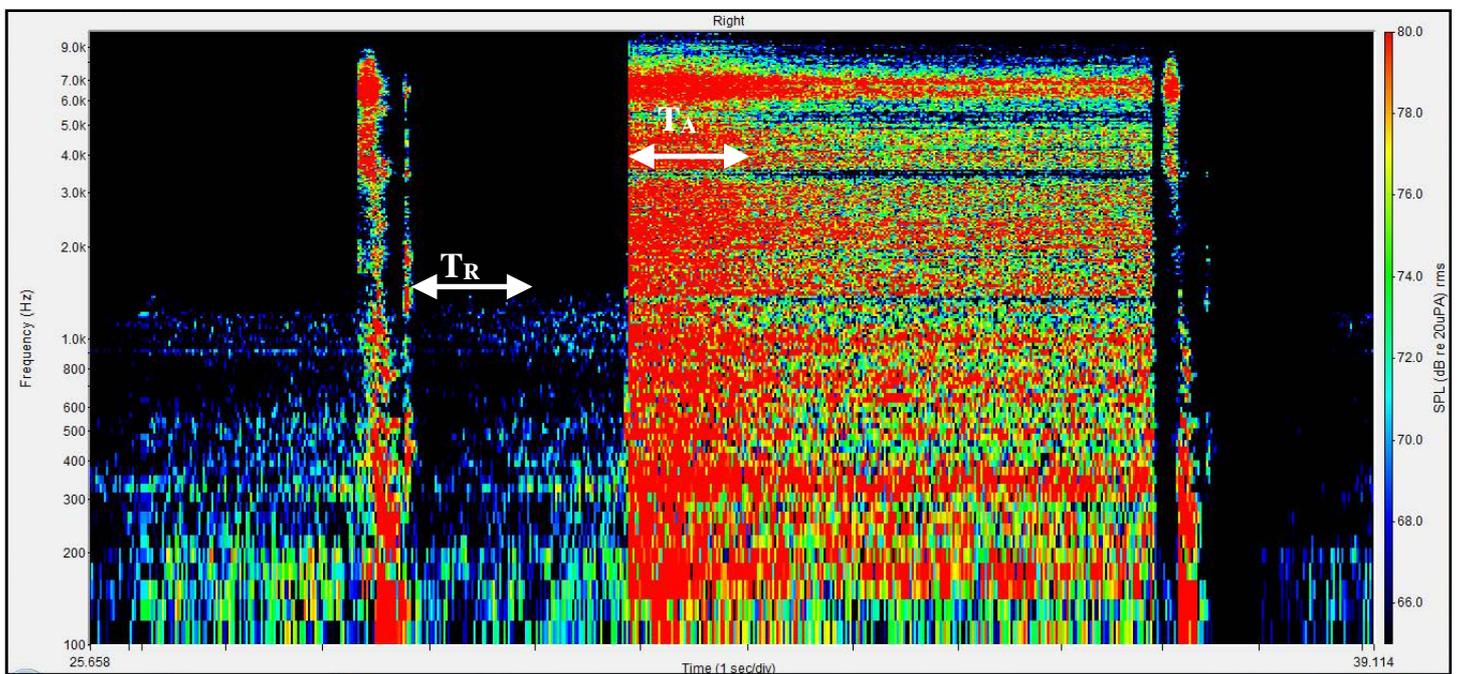


Figure n°76 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

2. Spectrogrammes du logatome « oufou » + bruit blanc

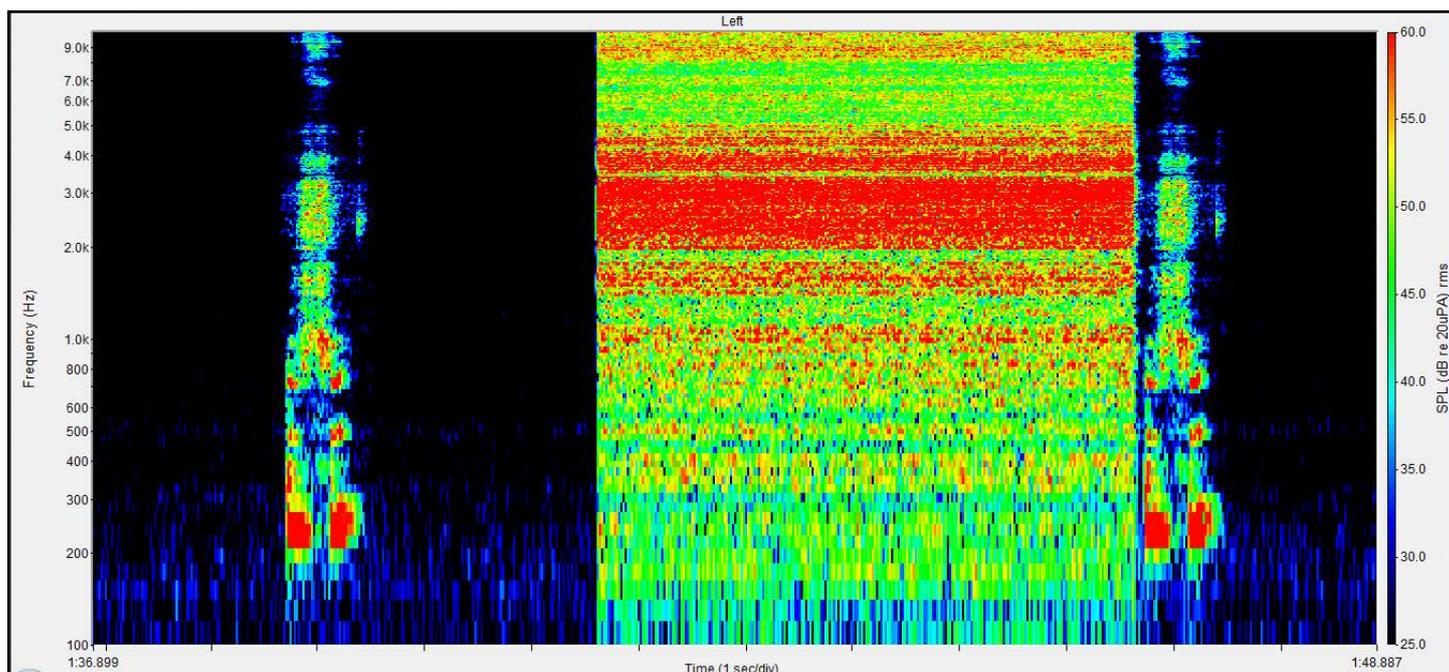


Figure n°77 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, oreille nue du KEMAR

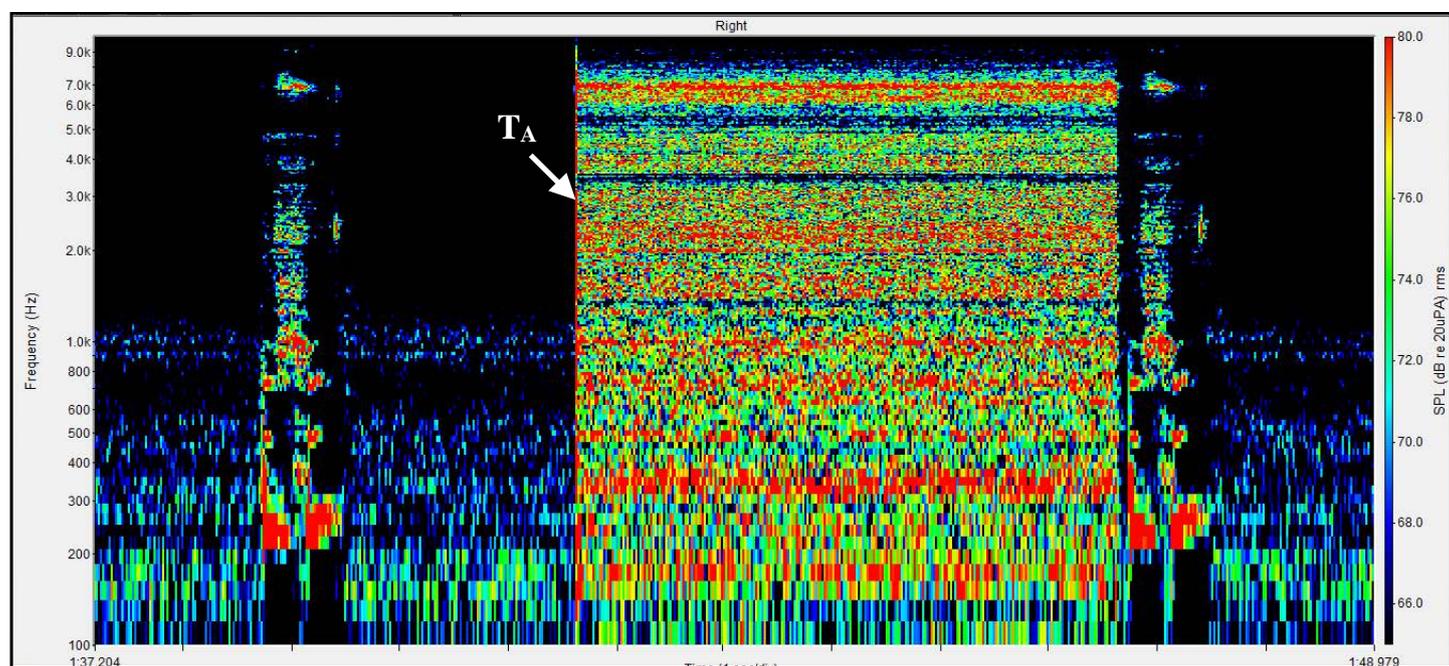


Figure n°78 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

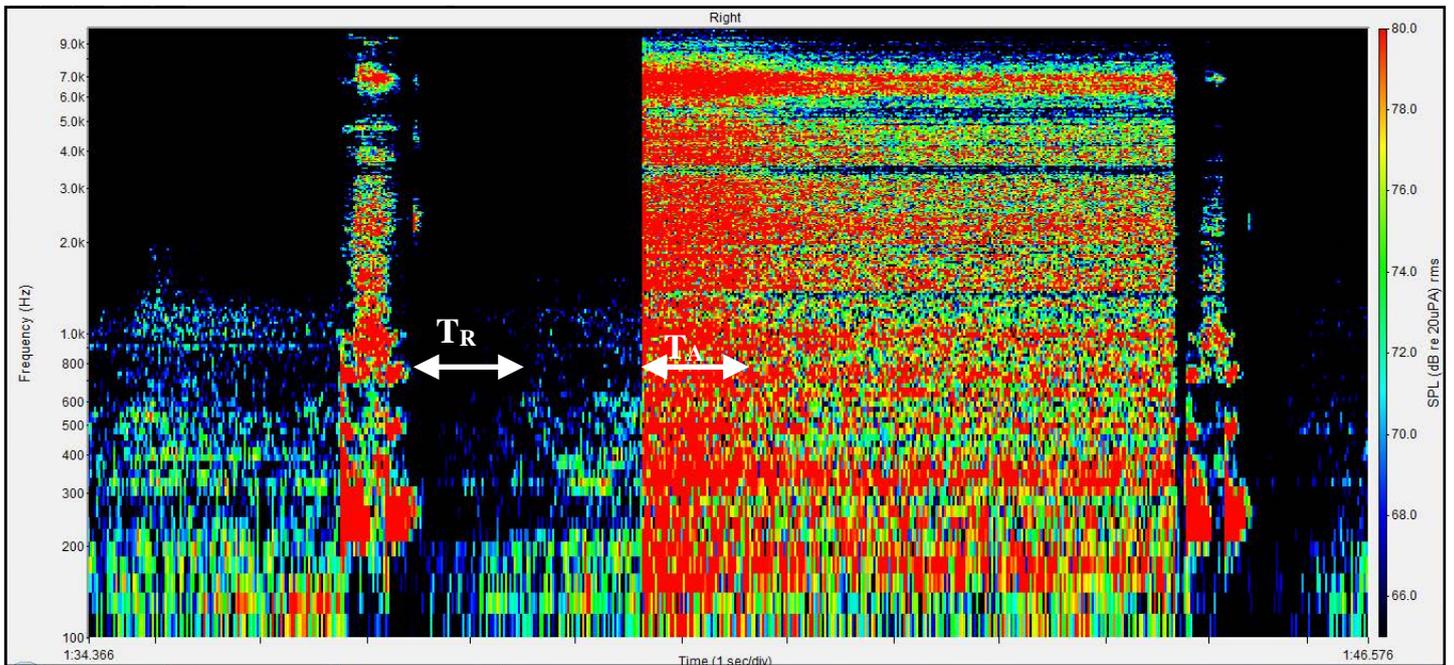


Figure n°79 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

3. Spectrogrammes du logatome « sasse » + bruit blanc

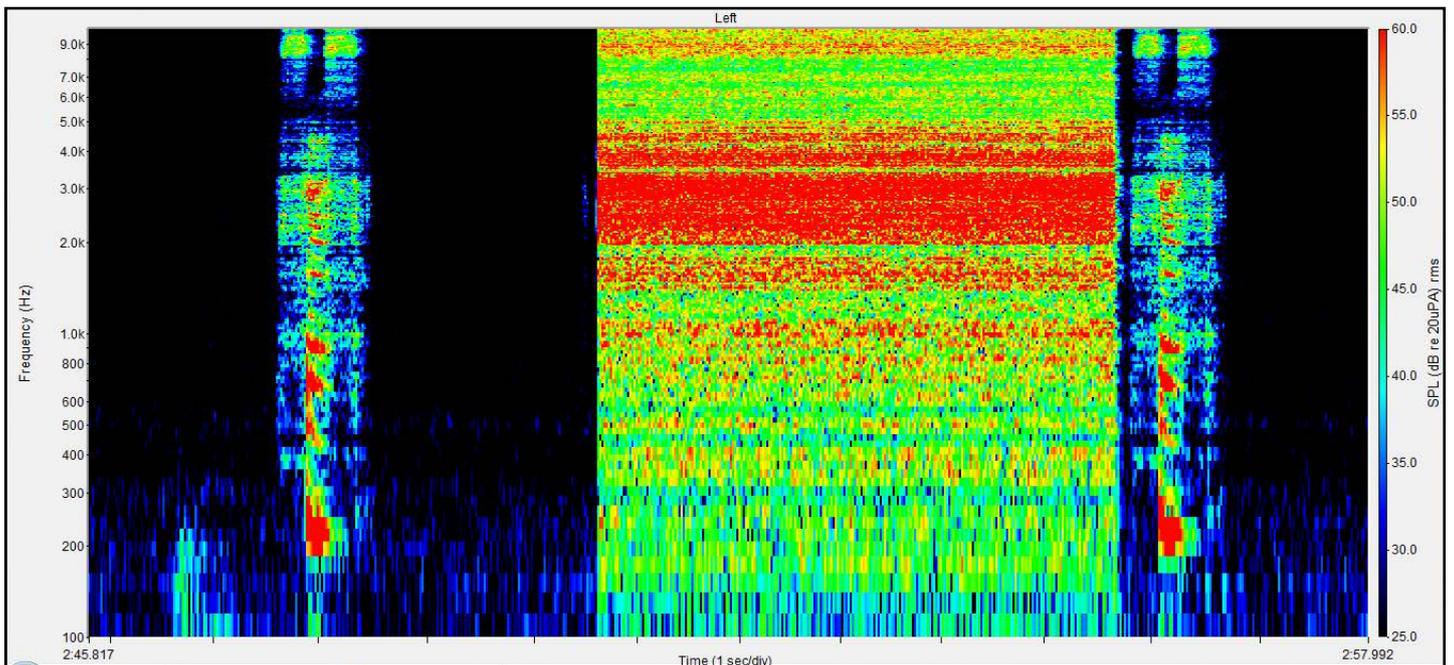


Figure n°80 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, oreille nue du KEMAR

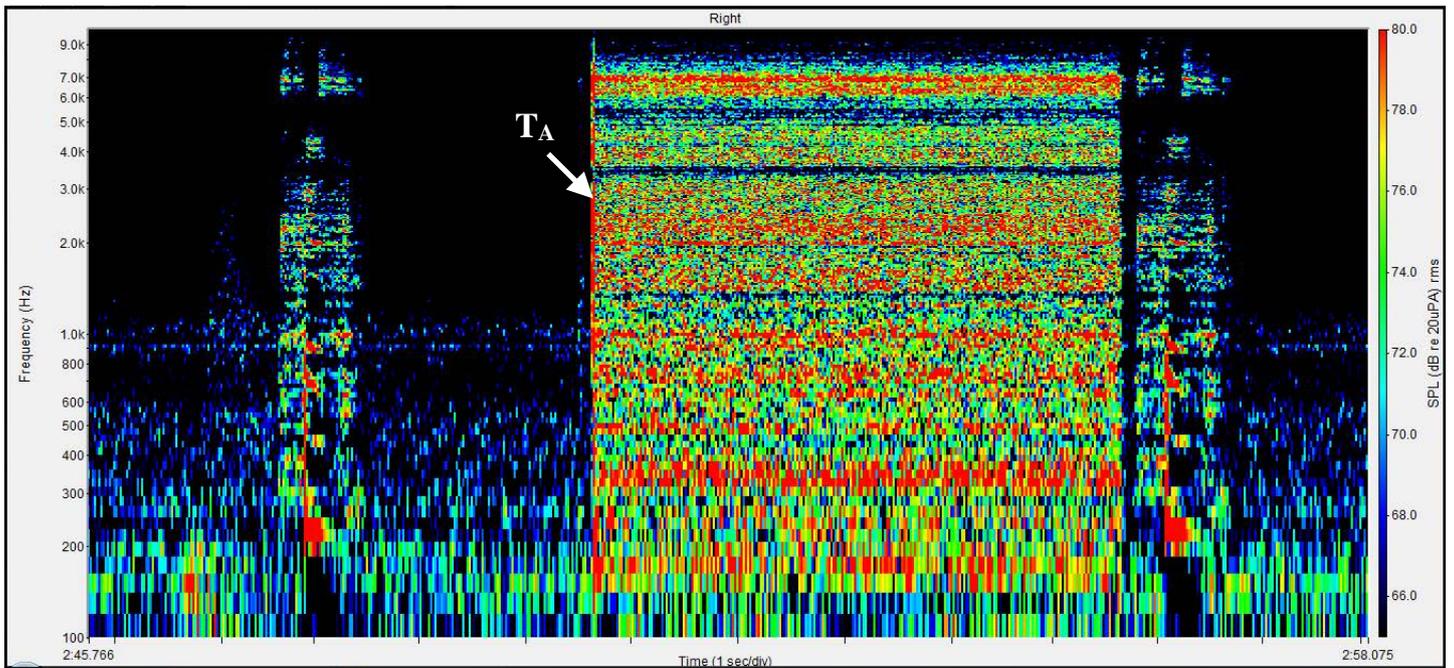


Figure n°81 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

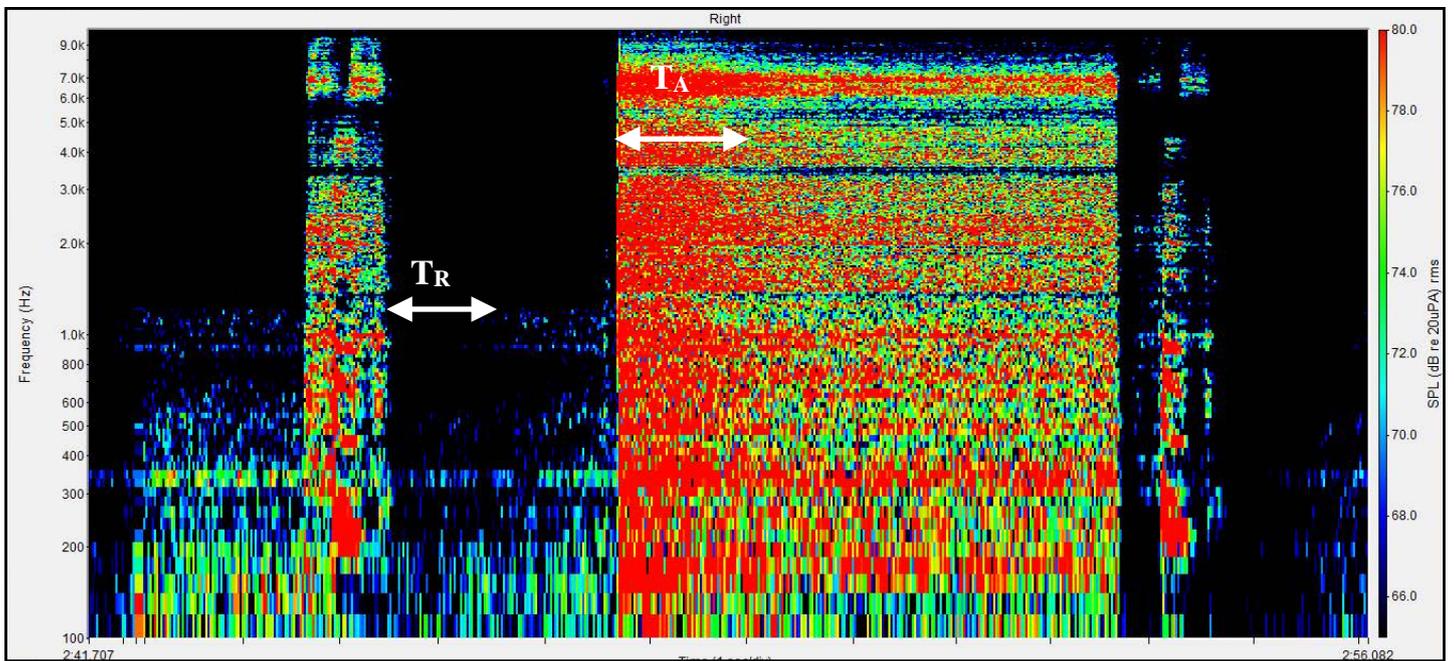


Figure n°82 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

D. Analyse

1. La compression Syllabic

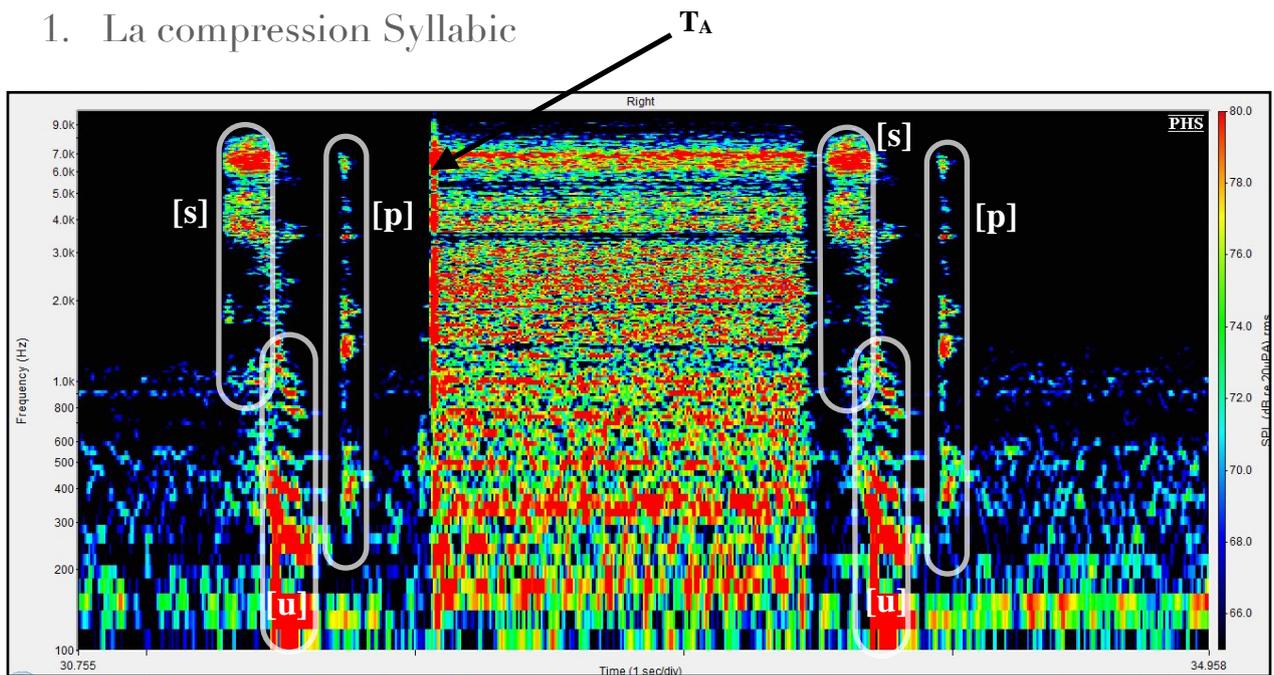


Figure n°83 : Zoom du spectrogramme du mot « soupe », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

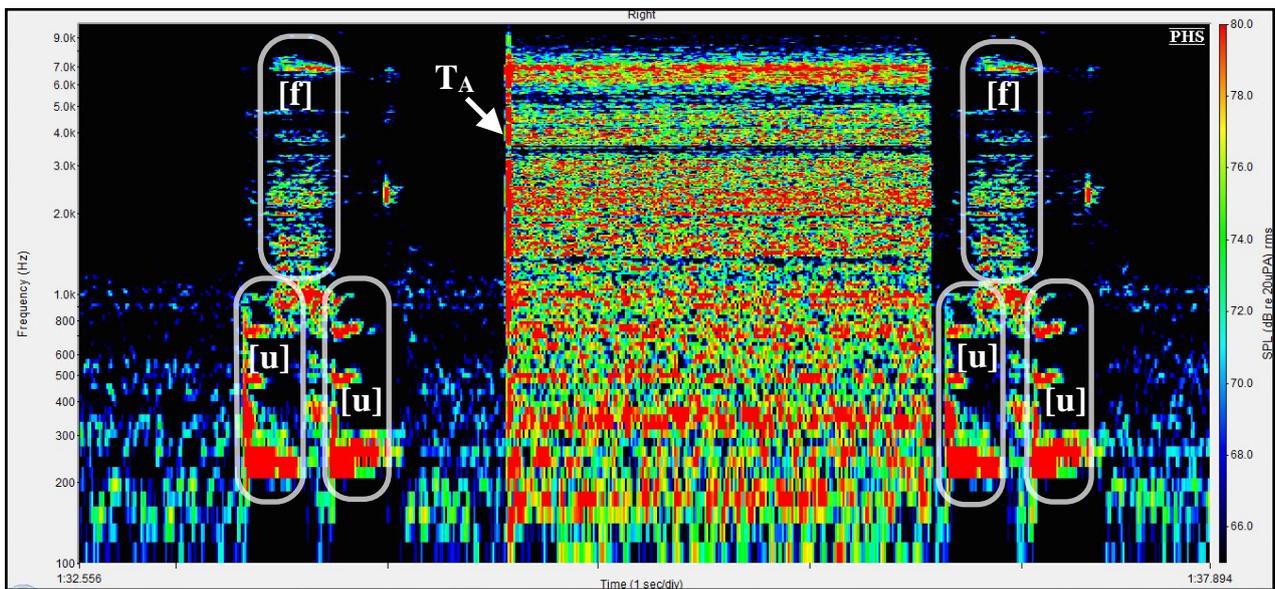


Figure n°84 : Zoom du spectrogramme du logatome « oufou », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

Si nous comparons le signal vocal obtenu oreille nue du KEMAR (plus visible sur une échelle en intensité de 15 dB) à celui obtenu avec la compression Syllabic, nous constatons que globalement l’empreinte du signal, composée des indices acoustiques permettant la reconnaissance de chaque phonème, est conservée.

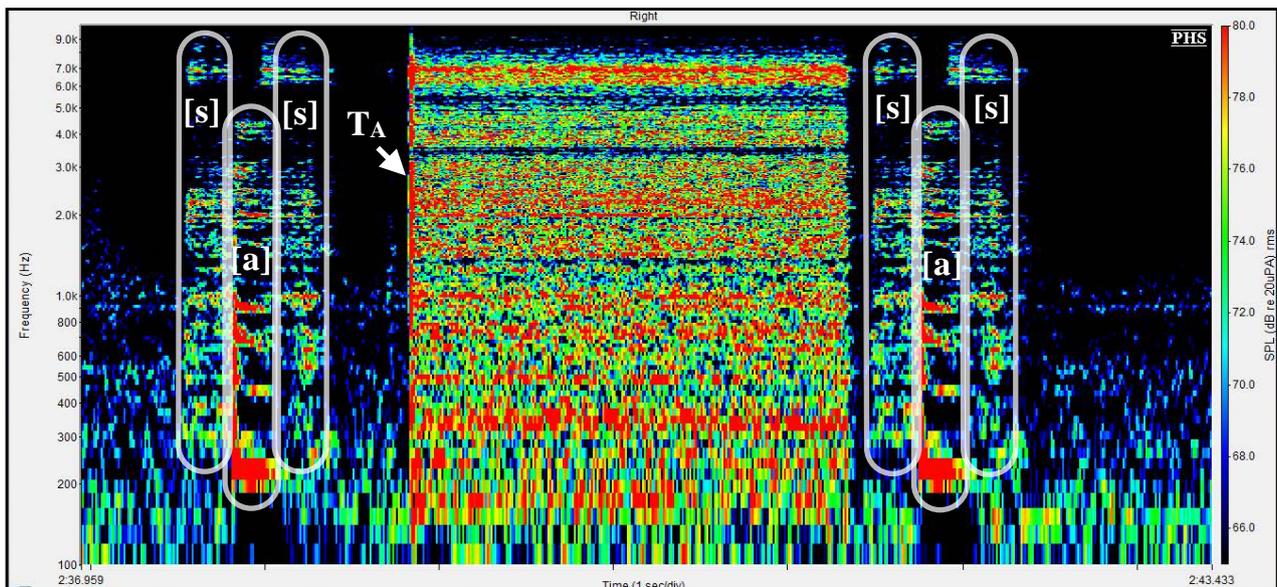


Figure n°85 : Zoom du spectrogramme du logatome « sasse », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P2, compression Syllabic

En ce qui concerne le bruit, nous remarquons une homogénéité de l'intensité du signal du début à la fin de son émission. Nous visualisons nettement le temps d'attaque de compression (T_A) au sein du bruit blanc. Il se matérialise par une raie plus intense.

Le mot (ou logatome) émis 100 ms après l'arrêt du bruit est identique au mot (ou logatome) de référence, émis en amont, dans le silence.

Nous rappelons que nous avons démontré lors des tests précédents que la compression de type Syllabic engendrait un juste niveau de sortie correspondant au gain préconisé lors des réglages.

Bien sûr, nous visualisons aussi la fréquence de coupure haute de notre écouteur qui ampute une partie du signal à partir de 6000 - 6500 Hz environ.

2. La compression Dual

Si nous comparons le signal de parole de référence, émis en premier dans le silence, à celui obtenu avec la compression Syllabic, nous remarquons une **sur-correction de l'ensemble du premier mot** (ou logatome) émis dans le silence. Celle-ci s'explique simplement par l'application d'un gain fort, initialement adapté au silence, à notre signal de parole, qui lui, possède une intensité plus importante. Après l'arrêt d'émission du mot, nous visualisons le temps de retour (T_R) de la compression pendant laquelle le gain augmente pour s'adapter au niveau d'entrée faible du bruit de fond.

Le temps d'attaque de compression, correspondant à la durée nécessaire à la stabilisation du gain, lors du passage d'un niveau faible à un niveau d'entrée plus important, est parfaitement visible au début de l'émission du bruit blanc. Sa durée est d'environ 1 s (900 ms selon le fabricant).

Si nous comparons maintenant le second mot (ou logatome), émis 100 ms après l'arrêt du bruit, au mot (ou logatome) de référence, nous remarquons que notre signal de parole a été amputé de toute une partie de son spectrogramme. **Les indices acoustiques de faible intensité ont littéralement disparu.** Ainsi, nous perdons, en ce qui concerne :

- Le mot « soupe », une partie du bruit du /s/ et la presque totalité du bruit du /p/,
- Le logatome « oufou », une partie importante du bruit du /f/ avec notamment la perte des transitions situées en basses fréquences,
- Le logatome « sasse », la totalité du bruit du premier /s/ et une partie non négligeable du second.

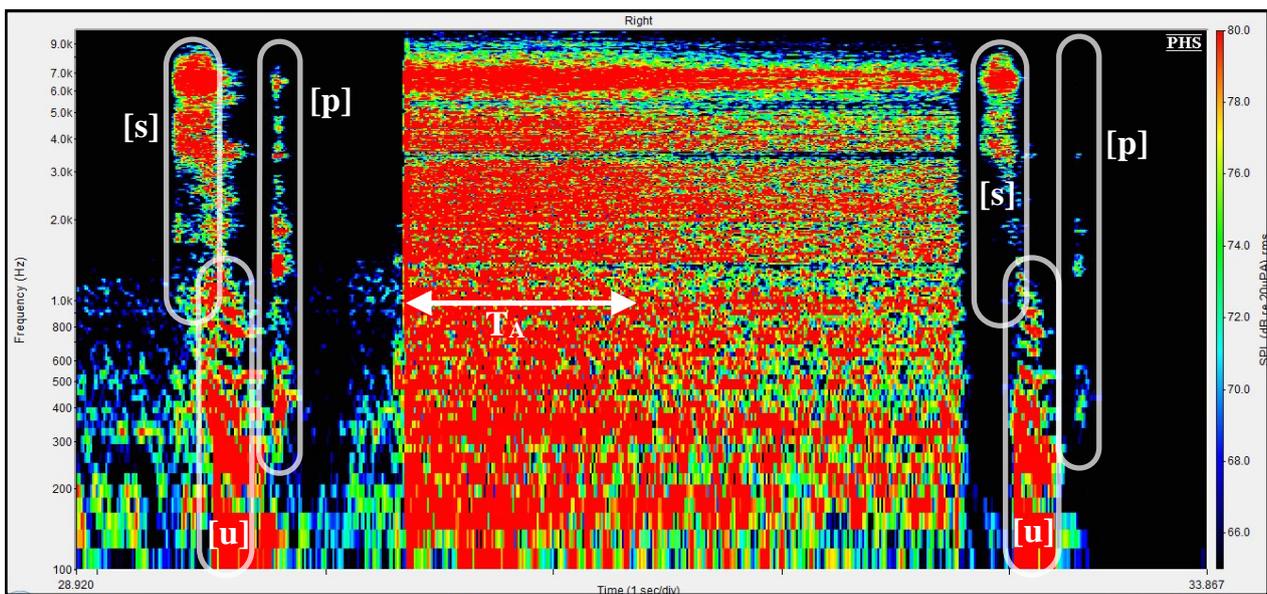


Figure n°86 : Zoom du spectrogramme du mot « soupe », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

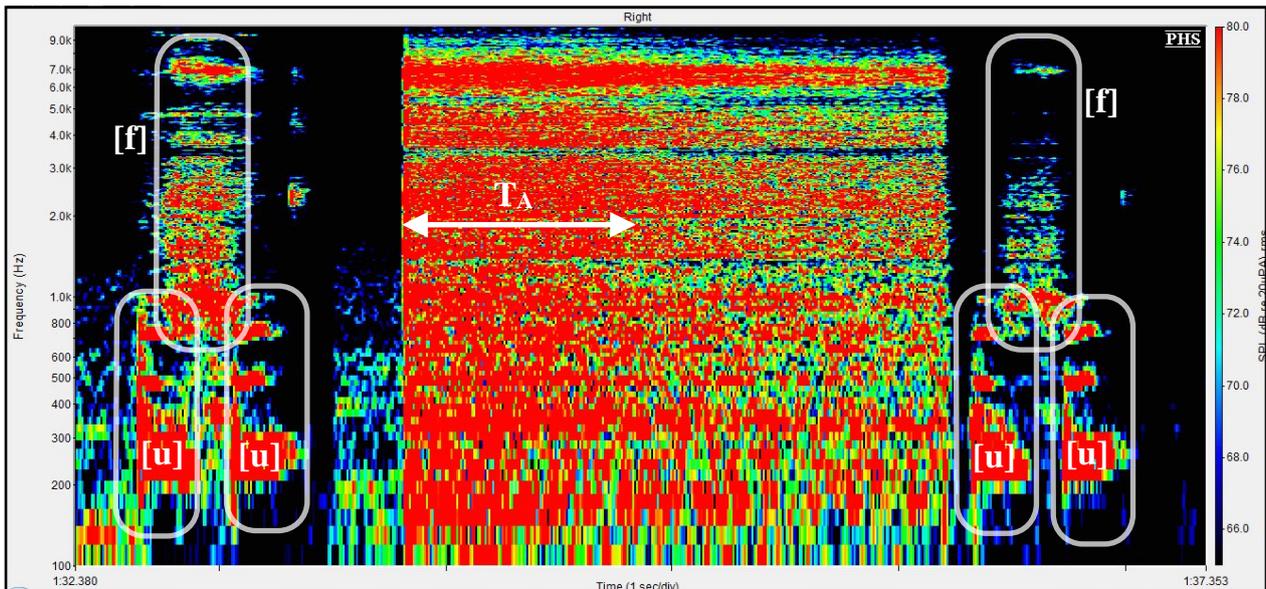


Figure n°87 : Zoom du spectrogramme du logatome « oufou », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

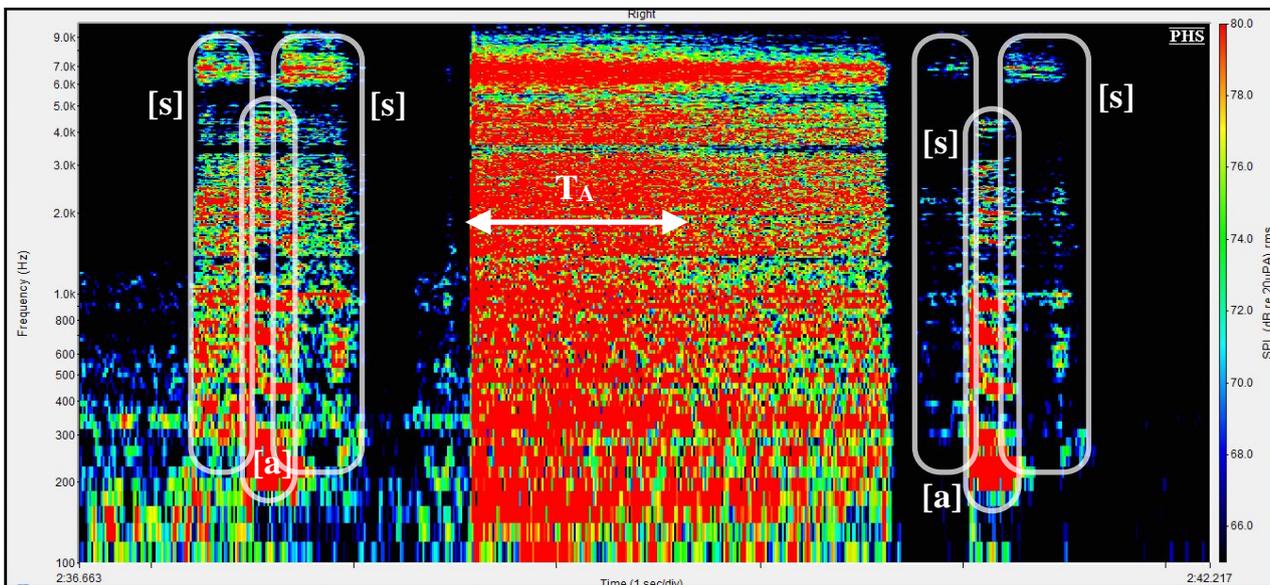


Figure n°88 : Zoom du spectrogramme du logatome « sasse », un instant de silence, les premières secondes du bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu en P1, compression Dual

Ces « disparitions » d'indices acoustiques de faible intensité sont la résultante du temps d'attaque lent de 1,4 s, de la compression Dual, qui est supérieur à la durée cumulée du silence de 100 ms et du mot ou logatome suivant. En effet, le gain faible appliqué au bruit s'applique sur le signal de parole. Les indices acoustiques de faible intensité se voient attribuer un gain plus faible que nécessaire. Le différentiel d'intensité existant entre les indices acoustiques des différents phonèmes n'est plus respecté. Les phonèmes constitués d'indices de faibles niveaux ne sont plus ou mal perçus.

E. Conclusion

Ces mesures acoustiques nous ont permis d'illustrer l'effet engendré par les constantes de temps lentes, notamment le temps de retour de la compression de type Dual, sur un signal de parole quand il est émis en présence de bruit. Nous visualisons une sur-correction des phonèmes de forte intensité tandis que les indices de faible intensité se voient diminuer.

L'intérêt de notre étude est de nous permettre de visualiser le mot sans aucun masquage du bruit. Nous pouvons donc témoigner d'un phénomène uniquement imputable au type de compression employé.

Lors de cette étude, nous avons utilisé des paramètres de compression élevés et un rapport signal sur bruit de 0 dB. Néanmoins, il est très probable que l'effet visualisé sur ces mesures acoustiques soit responsable de l'obtention d'un nombre d'omissions deux fois plus important en Dual qu'en Syllabic, lors de l'audiométrie vocale dans le bruit.

Bien que ne résolvant pas les conséquences engendrées par des constantes de temps lentes, nous pouvons poursuivre cette réflexion en mettant l'accent sur l'importance d'utiliser un taux de compression adapté au facteur de recrutement de notre patient. En effet, les conséquences d'un taux de compression inadapté sont préjudiciables au patient quelque soit le type de compression utilisé.

III. Questionnaire et discussion qualitative

Nous avons décidé de profiter de notre patiente aguerrie pour recueillir ses sensations, en simple aveugle, pour ce qui est du confort et de tout autre éventuel effet particulier, procurés par l'écoute avec les différents réglages étudiés.

A. Protocole

Un questionnaire simple a été soumis à la patiente test pour recueillir ses impressions quant à la qualité d'écoute et de confort dans le bruit pour chaque programme⁹.

Le premier item portait sur l'écoute dans le calme. Le second traitait du confort dans le bruit seul, et le troisième, de la parole sur fond de bruit. Cette étude avait une visée comparative. De ce fait, pour chaque item, la patiente passait d'un programme à un autre de façon à apprécier les différences entre les programmes. Comme les nuances entre les programmes sont fines, le questionnaire prit parfois une allure de discussion pour rendre compte de l'ensemble des

⁹ Cf Annexe n°23 : Questionnaire soumis à la patiente

phénomènes observés. L'ensemble de l'examen fut enregistré. Nous rappelons que cette étude s'effectue en simple aveugle : la patiente n'est aucunement informée quant au contenu des programmes.

Cet examen s'est déroulé dans les mêmes conditions que l'audiométrie vocale dans le bruit. La patiente est située face au haut-parleur de la cabine insonorisée. Celui-ci émet les différents bruits à une intensité de 55 dB SPL. Elle porte les mêmes appareils et réglages que précédemment.

Cet examen est divisé en trois parties :

- Dans le calme,
- Dans les différents bruits seuls,
- Lors d'une discussion à voix moyenne sur fond des environnements sonores étudiés.

Pour chacune de ces trois parties exposées ci-après, nous rappellerons les consignes précises données à la patiente ainsi que le résultat global obtenu.

B. Dans le calme

Nous cherchions ici à savoir si d'emblée certains programmes semblaient plus forts ou plus aigus pour notre patiente test.

Dans le calme, la patiente perçoit sa propre voix plus forte avec les programmes P1 et P2 c'est-à-dire avec la compression Dual. Ceci est en accord avec les constatations faites précédemment.

C. Dans les différents bruits seuls

Nous cherchions à savoir :

- Si certains programmes rendaient le bruit plus confortable que d'autres,
- Si avec certains programmes le bruit semblait plus étouffé ou lointain,
- Si certains programmes semblaient donner une richesse plus importante aux détails présents dans le bruit,
- Si le bruit possédait avec certains programmes des effets de chuintement, de ronronnement, ou de hachures¹⁰.

Globalement, pour l'ensemble des bruits, la patiente ressent le bruit, du plus fort au moins fort, dans l'ordre des programmes suivants : P2 > P1 > P4 > P3.

Les programmes dont les seuils d'enclenchement sont à 20 dB ont tendance à permettre une reconnaissance plus pointue des détails que les programmes à seuils d'enclenchement dégressifs où le bruit de fond paraît plus étouffé.

¹⁰ Cf Annexe n°24 : Détails des observations de la patiente pour chaque bruit et pour chaque programme

Cette impression est en accord avec la visualisation des spectrogrammes de mot dans le silence où nous constatons un bruit de fond plus important pour les programmes P2 et P3, quand les seuils d'enclenchement sont à 20 dB.

La patiente ressent, en simple aveugle, les programmes à compression lente, comme engendrant des niveaux de sortie légèrement plus forts que les mêmes programmes à compression rapide. Cette impression est également en corrélation avec les observations de l'étude préliminaire des paramètres de compression.

D. Lors d'une discussion à voix moyenne sur fond des environnements sonores étudiés

L'environnement sonore est diffusé à 55 dB SPL et à 0°. Nous nous plaçons à côté du haut-parleur, face à la patiente.

Elle a pour consigne d'analyser les bruits alors que nous sommes en train de discuter et de nous livrer ses impressions. Nous cherchons à étudier qualitativement des différences éventuelles entre les programmes de façon à déterminer le réglage le plus adapté à la compréhension dans le bruit.

Nous regroupons ses impressions dans le tableau ci-après pour faciliter la visualisation des résultats.

Tableau n°42 : Effets constatés par la patiente lors d'une discussion à voix moyenne sur fond des environnements sonores étudiés

Effets constatés	P1	P2	P3	P4
Bruit de salle de jeux d'enfants	<ul style="list-style-type: none"> • Effet de pompage : quand la patiente arrête de parler, le niveau du bruit semble augmenter, même effet si un interlocuteur placé à côté du haut parleur, face à la patiente s'adresse à cette dernière à voix forte, • Impression de bruit hachuré quand la patiente est en train de parler ou quand un interlocuteur lui parle à voix forte, les composantes du bruit changent à tel point qu'elle n'arrive plus à reconnaître la nature de l'environnement sonore qui ne lui semble plus naturel 	<ul style="list-style-type: none"> • Effet de pompage : quand la patiente arrête de parler, le niveau du bruit semble augmenter, même effet si un interlocuteur placé à côté du haut parleur, face à la patiente s'adresse à cette dernière à voix forte, • Impression de bruit hachuré quand la patiente est en train de parler ou quand un interlocuteur lui parle à voix forte, les composantes du bruit changent à tel point qu'elle n'arrive plus à reconnaître la nature de l'environnement sonore qui ne lui semble plus naturel 	RAS	RAS
Bruit de rame de métro	RAS	RAS	RAS	RAS
Bruit de restaurant	RAS	RAS	RAS	RAS

La patiente perçoit nettement un effet de pompage avec les programmes de compression lente Dual, uniquement sur le bruit de cris d'enfants, bruit particulièrement fluctuant sur lequel le réducteur de bruit n'a pas d'effet (désenclenchement après phase d'analyse de 30 s, cf. Etude préliminaire sur le TPB). Cet effet est constaté après l'arrêt de la parole.

Quand la patiente parle, sa voix correspond à un son fort (confirmé puisque le phénomène se produit aussi quand un interlocuteur parle à voix forte). A l'arrêt de la parole, nous sommes en présence d'une variation décroissante du niveau d'intensité, engendrant une stabilisation du gain

pendant le temps de retour de la compression. La compression lente a un temps de retour de 1,4 s (14 fois plus important que le temps de retour de la compression rapide).

Au vu des résultats de ce test, il est possible que cet effet de pompage soit la résultante du temps de retour lent de la compression, couplé à un dysfonctionnement du réducteur de bruit, quand l'environnement en présence n'est pas correctement identifié par le système d'analyse des scènes auditives de l'appareil.

IV. L'effet de pompage sur le KEMAR

Pour tenter d'identifier plus précisément les réglages responsables de l'effet de pompage ressenti par notre patiente, nous décidons d'effectuer des mesures acoustiques supplémentaires sur la tête artificielle du KEMAR.

A. Protocole

Les appareils de correction auditive de type RITE, munis chacun d'un écouteur de taille M et des quatre réglages étudiés sont placés sur la tête artificielle du KEMAR. Pour rappel, les réglages sont les suivants :

- P1, Dual avec des Ck dégressifs,
- P2, Dual, avec des Ck à 20 dB,
- P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB,
- P4, Syllabic avec des Ck dégressifs.

L'anti Larsen est activé en réglage fast.

Nous utilisons 3 réglages de réducteur de bruit TPB différents :

- TPB réglé par bandes (min, max, max, max), comme lors des tests avec notre patiente,
- TPB réglé en bande large au maximum, de façon à accentuer au maximum l'action du réducteur de bruit,
- TPB inactif, de façon à visualiser cette fois, l'effet des paramètres de compression seuls.

L'environnement bruyant, à savoir le bruit de rame de métro, de restaurant ou de cris d'enfants, est émis à l'azimut 0° avec une intensité de 55 dB SPL.

Pendant l'émission, nous nous plaçons sous le haut-parleur émetteur et après environ 40 secondes d'émission du bruit seul, nous effectuons un signal de parole à voix forte pendant une

durée de 15 s environ. L'intensité de ma voix est sensiblement identique à celle émise lors des tests effectués en présence de la patiente.

Nous informons que de nombreux tests ont été effectués avant de réussir à visualiser l'effet décrit par la patiente. Ainsi, nous tenons à signaler qu'un signal impulsionnel fort (type claquement fort des mains) et un signal de parole court (4 secondes environ) ne suffisent pas à visualiser l'effet de pompage sur le KEMAR.

Nous collectons les représentations temporelles obtenues avec chaque programme, pour chacune des configurations du réducteur de bruit, à l'aide du logiciel Spectra Plus.

Les résultats étant similaires sur l'oreille droite et gauche du KEMAR, nous décidons de présenter ici uniquement les représentations temporelles de l'oreille droite.

B. Résultats

L'effet de pompage ressentie par la patiente est défini par une impression d'augmentation de l'intensité sonore du bruit après arrêt de la parole. Nous mesurerons donc, sur l'ensemble des représentations temporelles, la durée nécessaire pour que le niveau de bruit se stabilise après l'arrêt de la parole, ainsi que les niveaux d'intensité de ce bruit, avant et après stabilisation.

1. Représentations temporelles obtenues avec le réglage par bandes du TPB (min, max, max, max)

Bruit de rame de métro

Les représentations temporelles obtenues avec les programmes ayant le même type de compression étant semblables, seules celles obtenues avec les programmes P2 et P3, respectivement, Dual et Syllabic avec tous deux des Ck à 20 dB, sont intégrées dans ce manuscrit, les autres étant disponibles en annexes¹¹.

¹¹ Cf Annexe n°25 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de rame de métro obtenues avec le réglage par bandes du TPB

Tableau n°43 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé par bandes, pour chaque programme, sur le bruit de rame de métro après émission d'un signal de parole

Bruit de rame de métro Réducteur de bruit réglé par bandes (min, max, max, max)	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	72	77	5	63 - 60 = 3
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	71	77	6	63 - 60 = 3
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	72	70	-2	80 - 67 = 13
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	70	68	-2	75 - 60 = 15

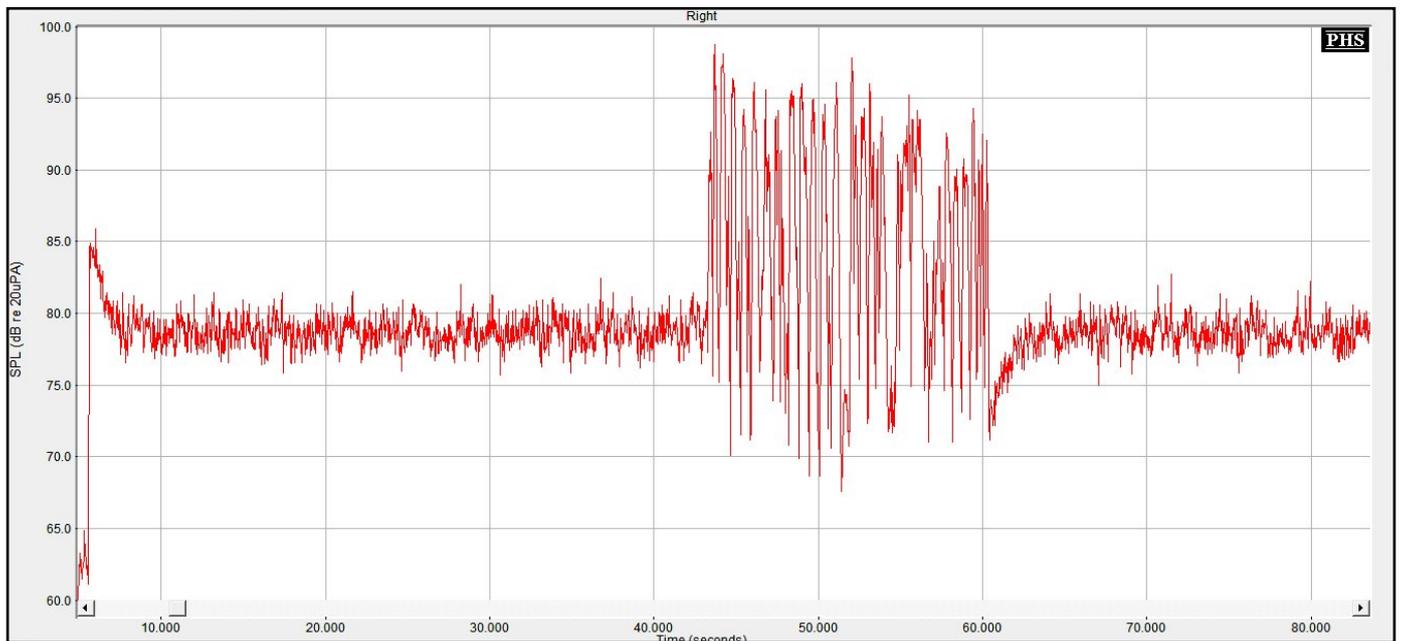


Figure n°89 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

Nous effectuons un zoom de cette représentation temporelle pour mesurer plus précisément l'augmentation du bruit non négligeable en P2, après l'arrêt de l'émission du signal de parole.

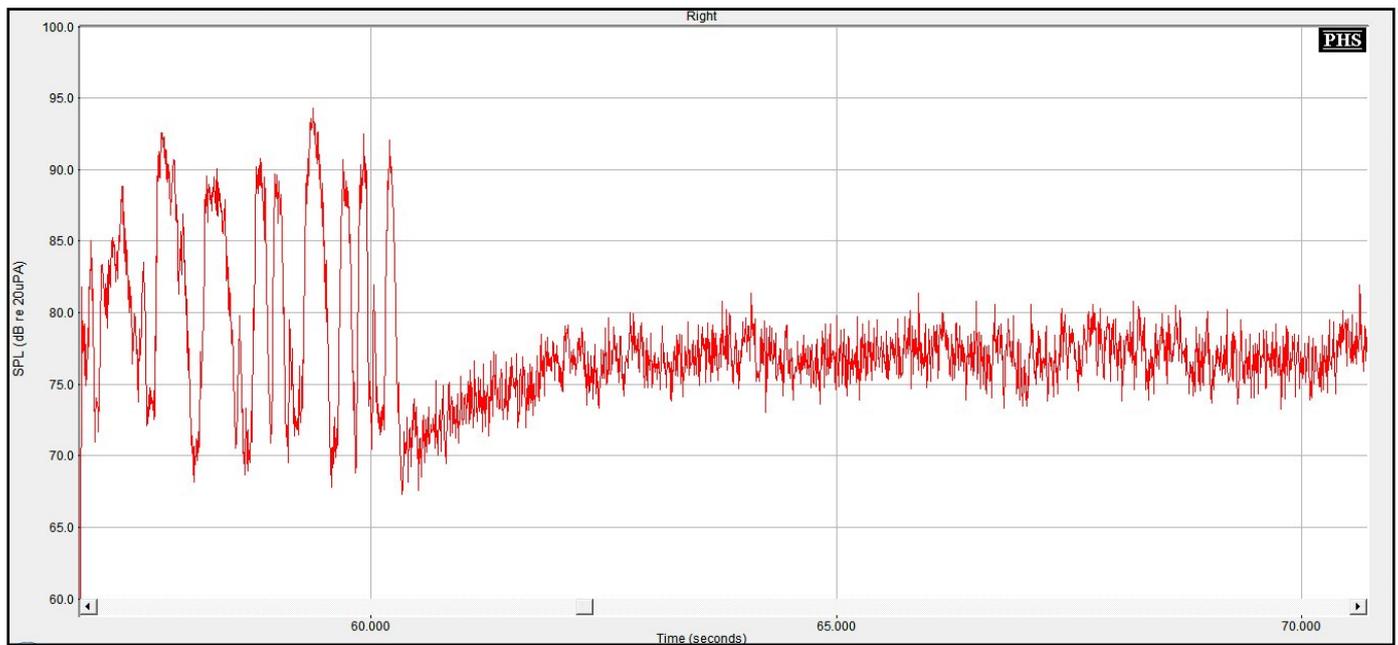


Figure n°90 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

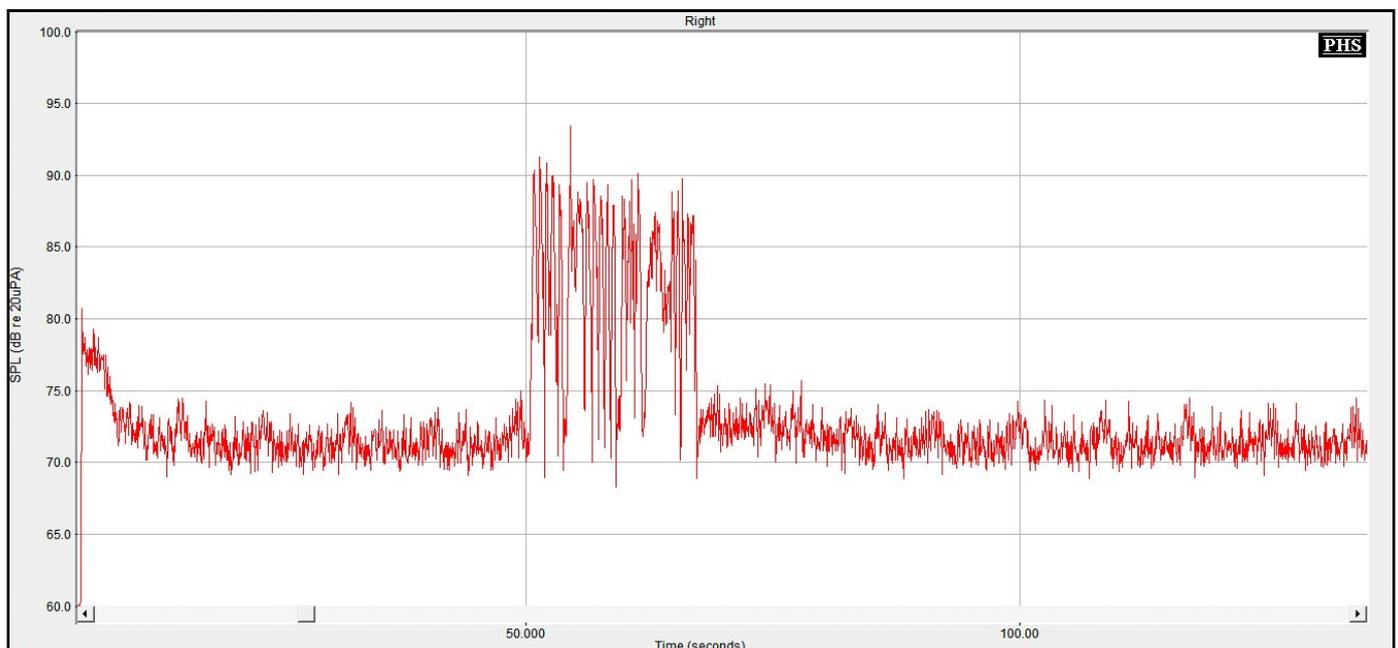


Figure n°91 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

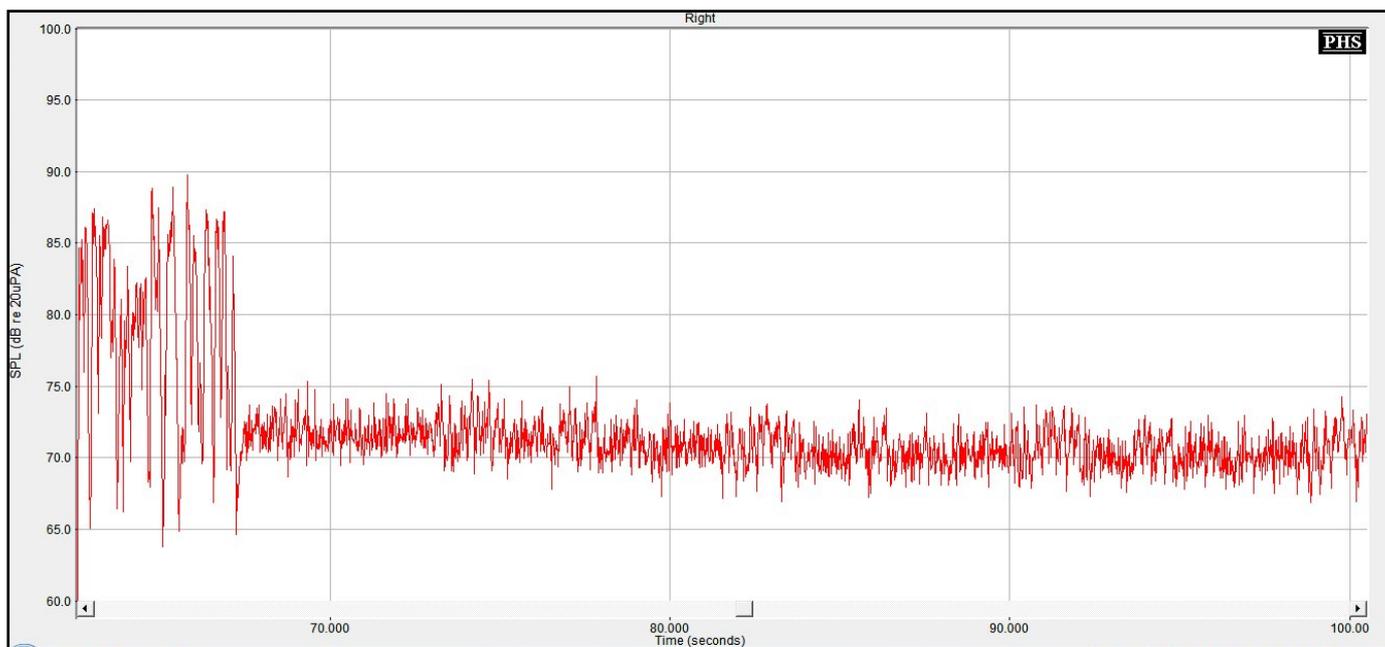


Figure n°92 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

Bruit de restaurant

Pour la même raison que pour l'environnement sonore précédent, nous ne présentons ici que les représentations temporelles obtenues avec les programmes P2 et P3, les autres étant disponibles en annexes¹².

Tableau n°44 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé par bandes, pour chaque programme, sur le bruit de restaurant après émission d'un signal de parole

Bruit de restaurant Réducteur de bruit réglé par bandes (min, max, max, max)	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	72	76	4	64 - 61 = 3
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	68	74	6	64 - 62 = 2
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	69	69	0	0
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	69	69	0	0

¹² Cf Annexe n°26 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de restaurant obtenues avec le réglage par bandes du TPB

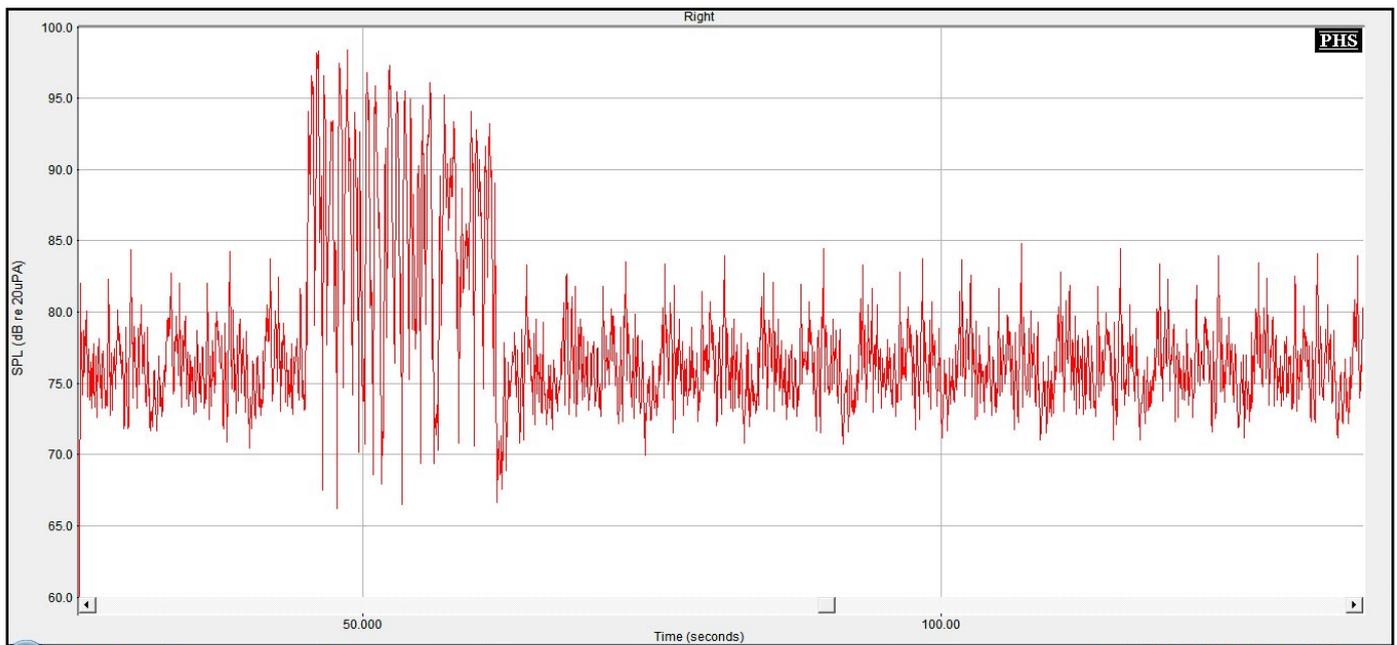


Figure n°93 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

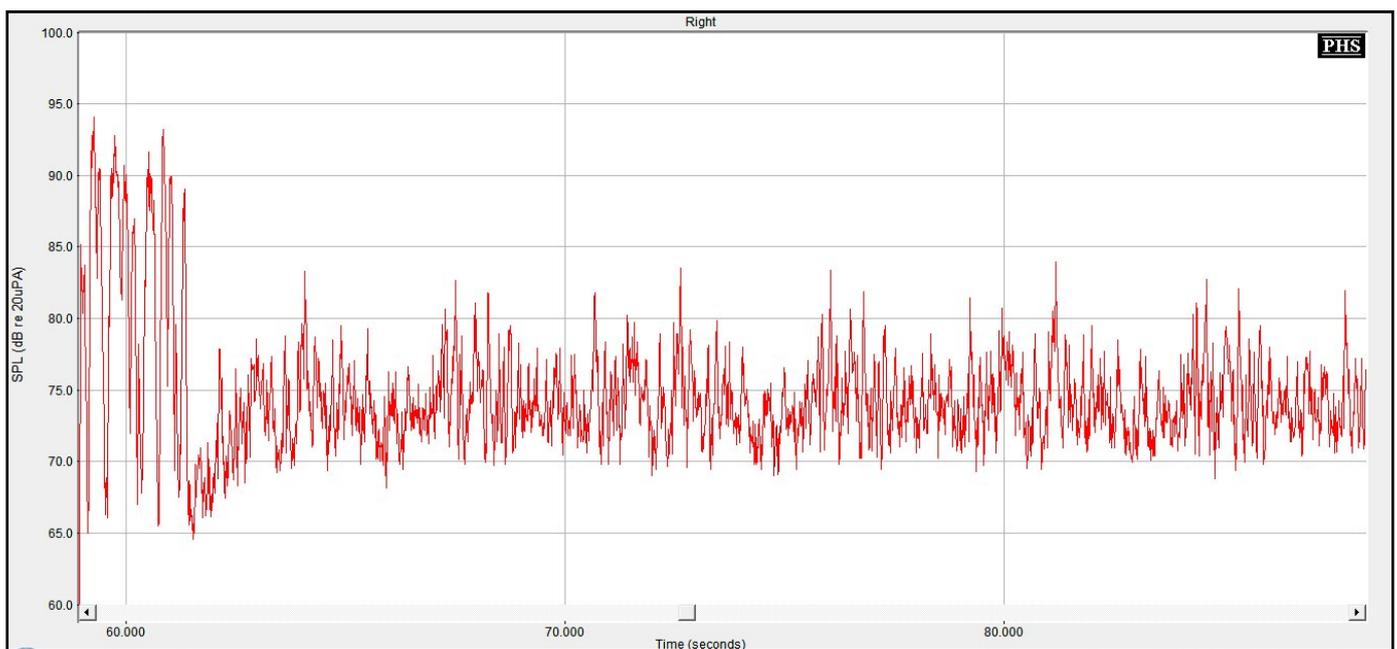


Figure n°94 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

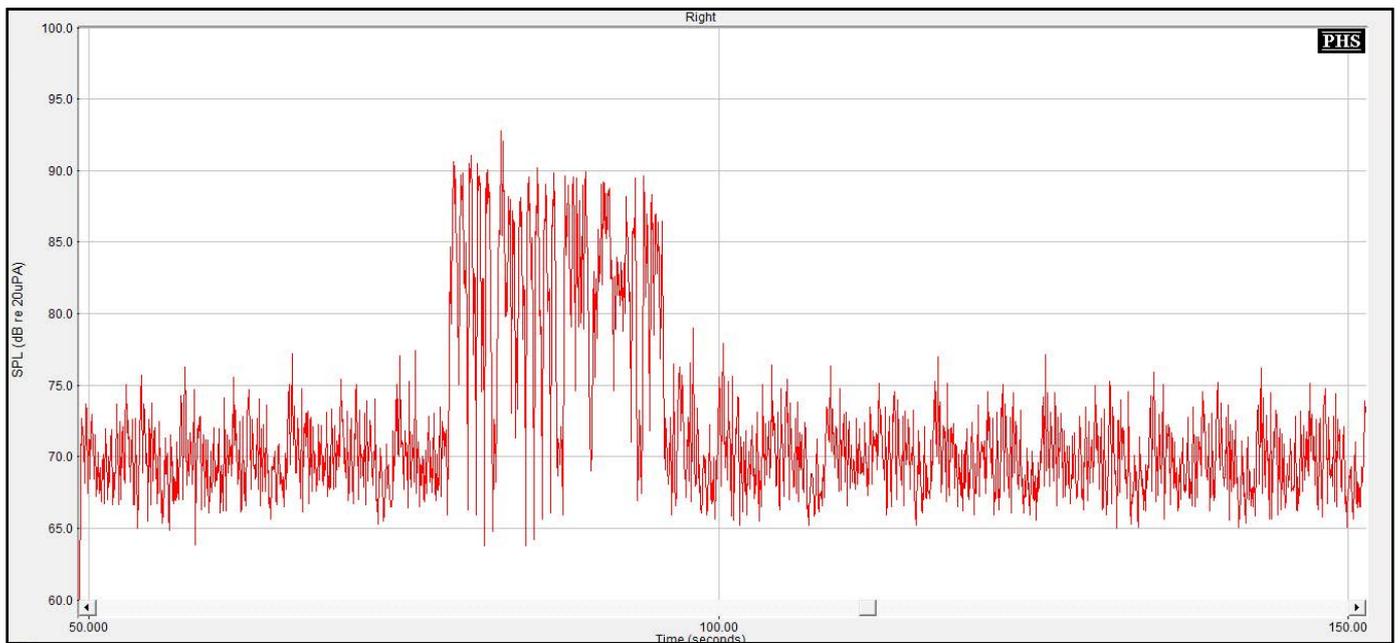


Figure n°95 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

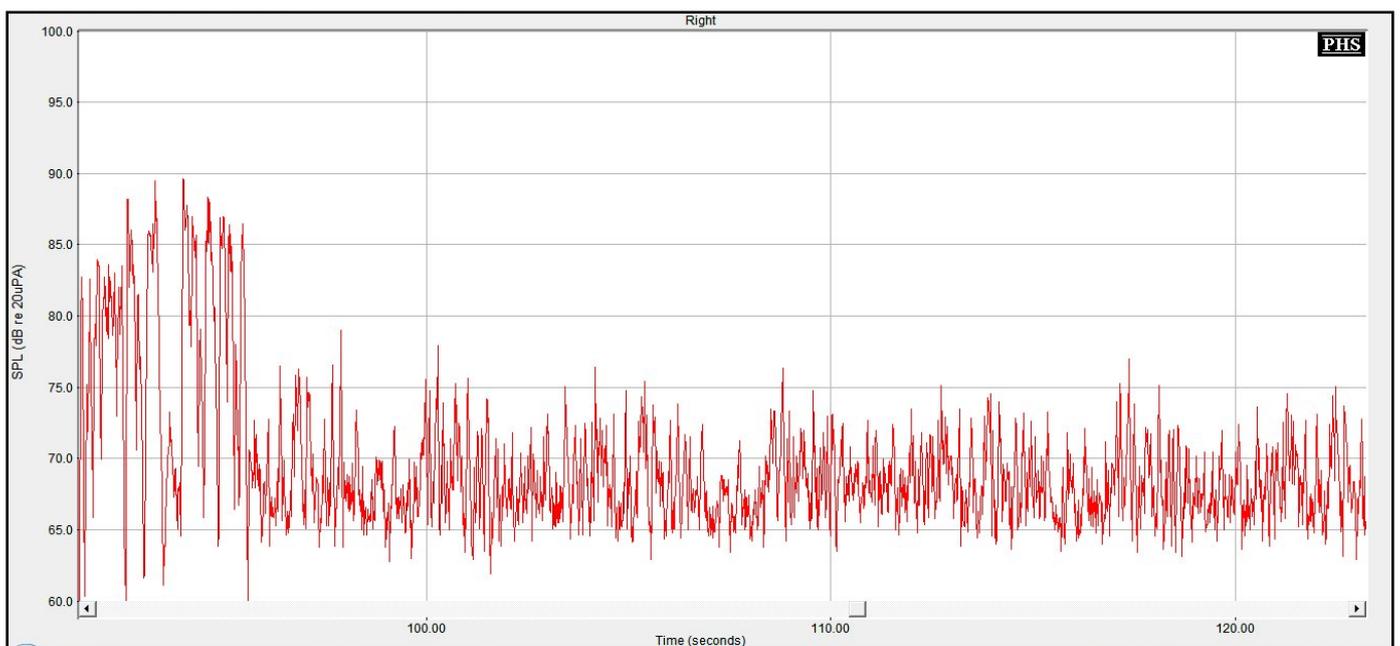


Figure n°96 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

Bruit de cris d'enfants

Au vu des résultats recensés dans le tableau ci-dessous, les quatre programmes semblent avoir une action similaire sur le bruit de cris d'enfants. Néanmoins, comme notre patiente ressentait l'effet de pompage uniquement avec les programmes dont la compression est de type Dual lente, nous présenterons ici les représentations temporelles obtenues avec chacun des deux types de

compression (et avec des Ck à 20 dB), c'est-à-dire avec les programmes P2 et P3, les autres étant disponibles en annexes¹³.

Tableau n°45 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé par bandes, pour chaque programme, sur le bruit de cris d'enfants après émission d'un signal de parole

Bruit de salle de jeu d'enfants Réducteur de bruit réglé par bandes (min, max, max, max)	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	76	80	4	88 - 68 = 20
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	76	80	4	88 - 66 = 22
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	76	79	3	88 - 67 = 21
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	77	80	3	89 - 69 = 20

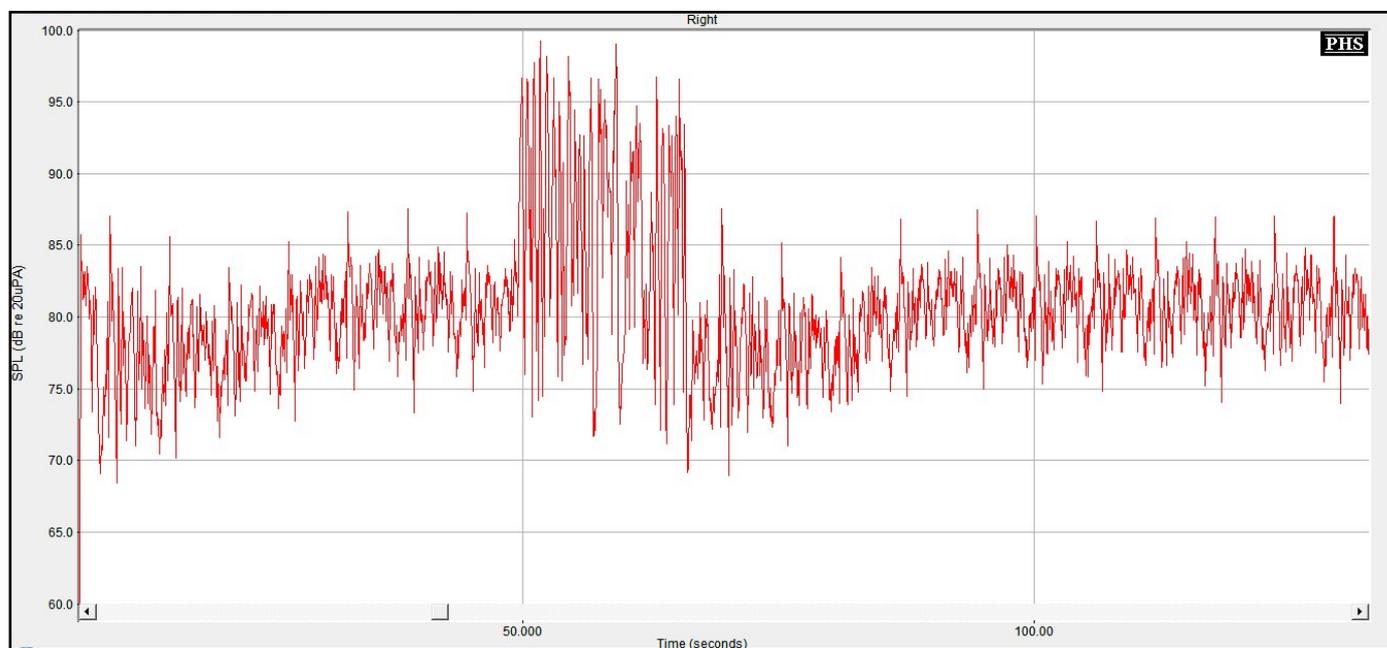


Figure n°97 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

¹³ Cf Annexe n°27 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le réglage par bandes du TPB

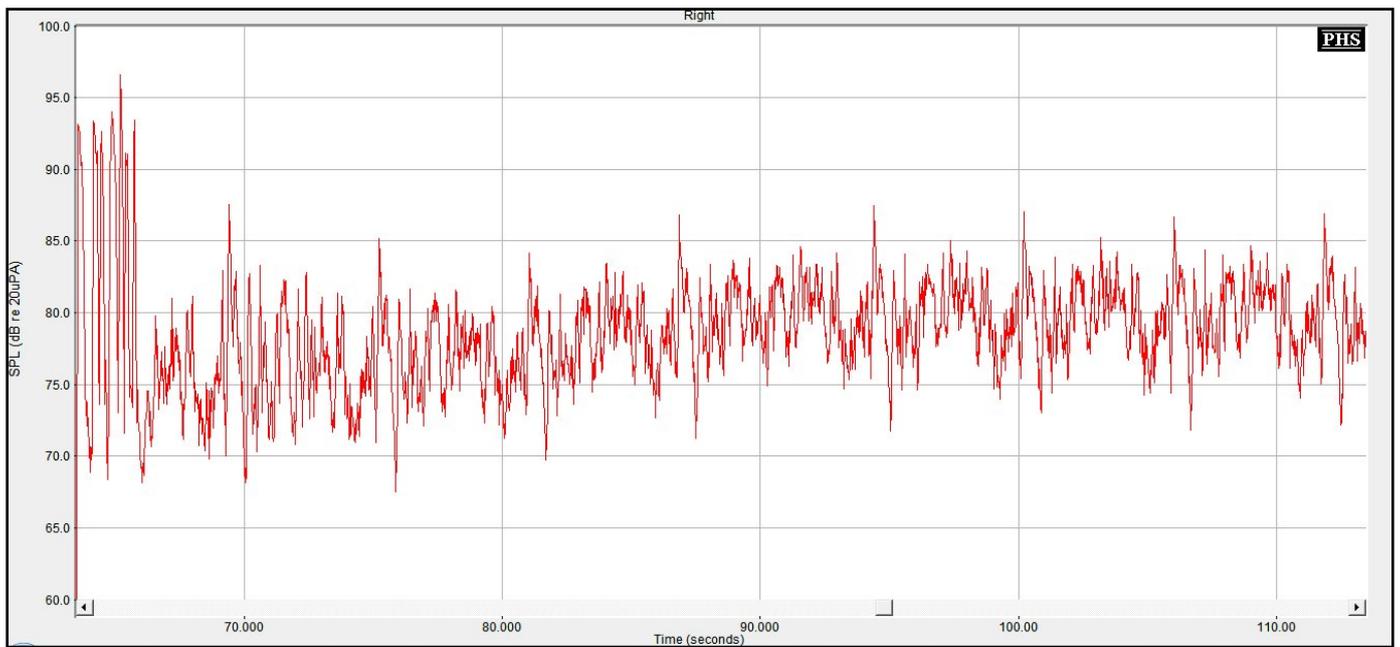


Figure n°98 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

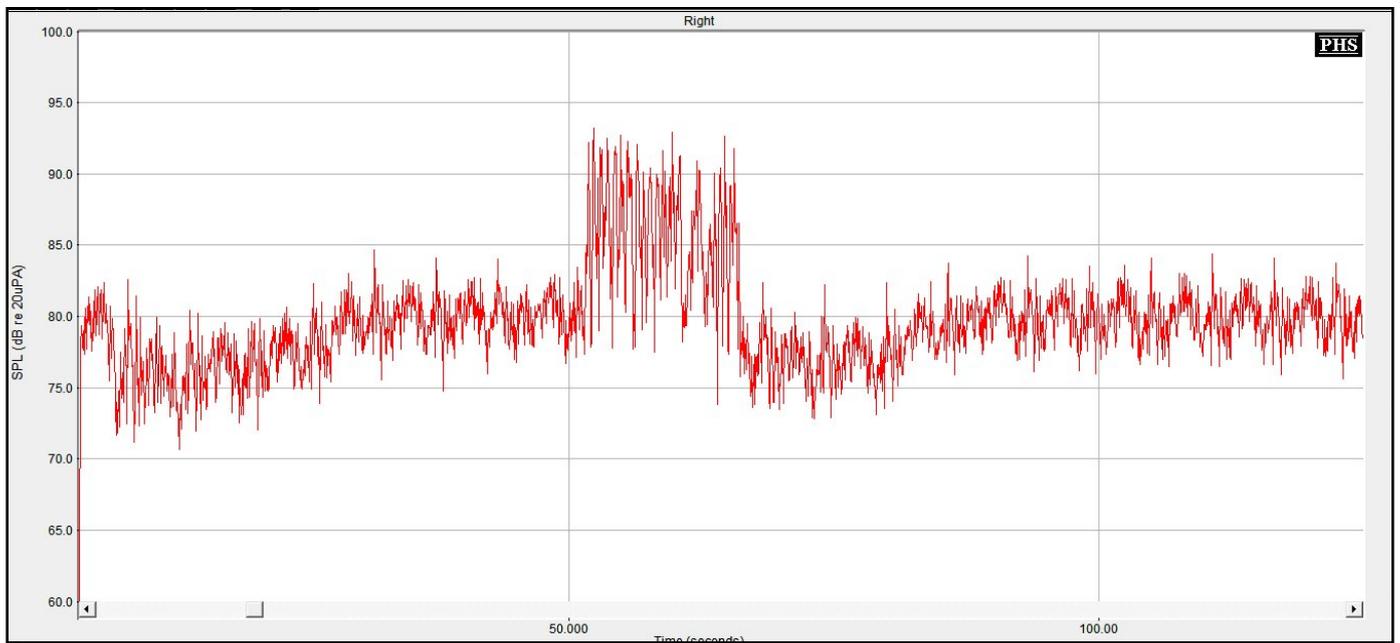


Figure n°99 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

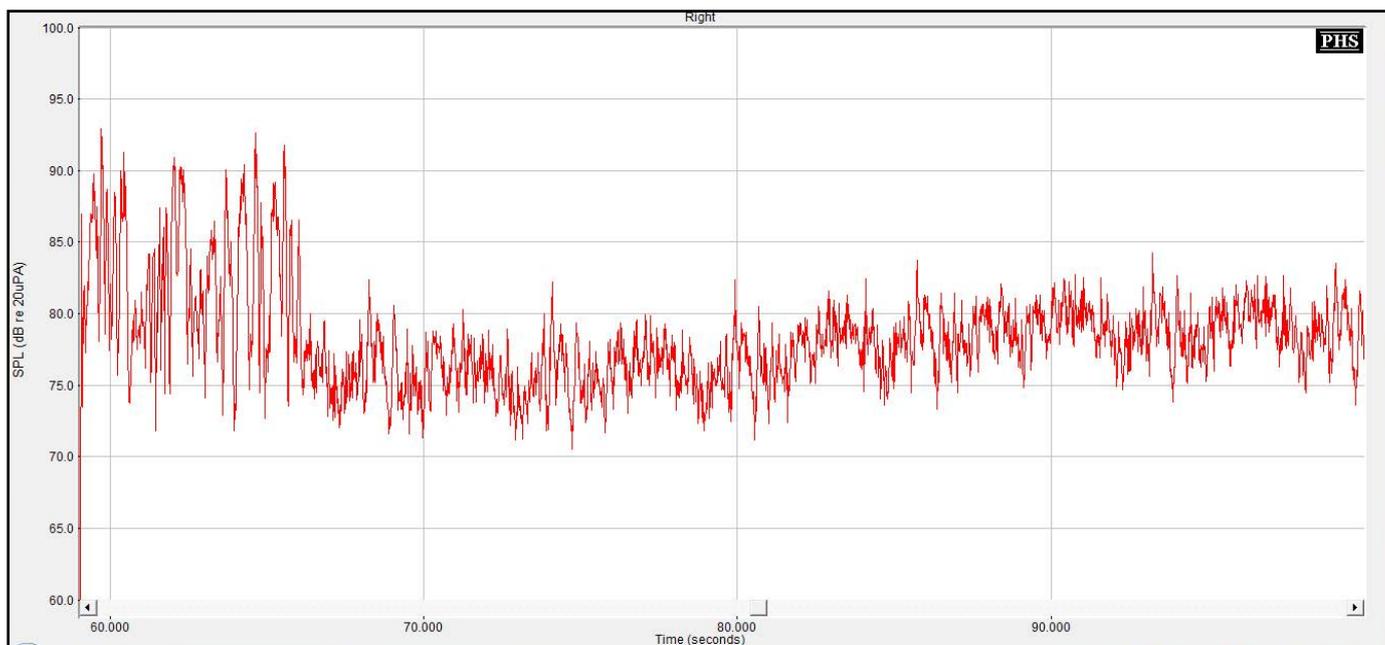


Figure n°100 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé par bandes

2. Représentations temporelles obtenues avec le réglage en bande large au maximum du TPB

Bruit de rame de métro

Les représentations temporelles obtenues avec les programmes ayant le même type de compression étant semblables, seules celles obtenues avec les programmes P2 et P3, respectivement Dual et Syllabic avec tous deux des Ck à 20 dB, sont intégrées dans ce manuscrit, les autres étant disponibles en annexes¹⁴.

¹⁴ Cf Annexe n°28 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de rame de métro obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB

Tableau n°46 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé en bande large au maximum, pour chaque programme, sur le bruit de rame de métro après émission d'un signal de parole

Bruit de rame de métro Réducteur de bruit réglé en bande large au maximum	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	65	74	+ 9	68 - 64 = 4
	74	69	- 5	81 - 68 = 13
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	67	75	+ 8	65 - 61 = 4
	75	72	- 3	73 - 65 = 8
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	73	70	-3	74 - 59 = 15
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	74	69	-5	79 - 59 = 20

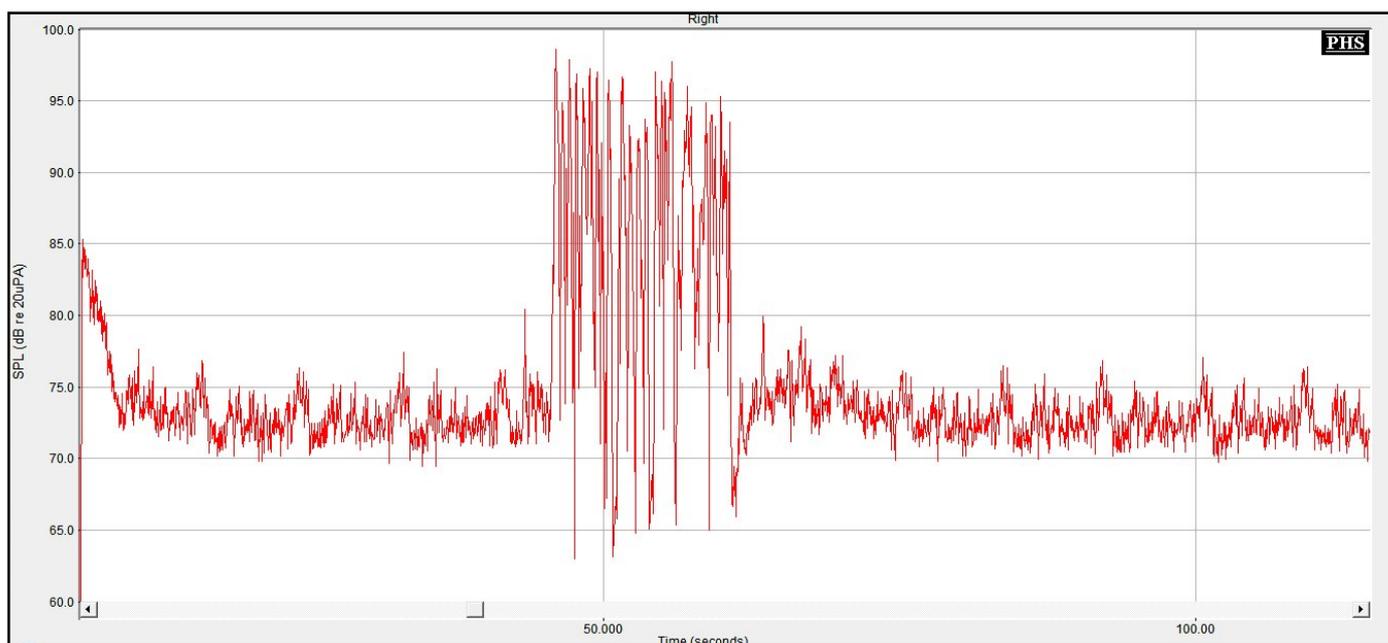


Figure n°101 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

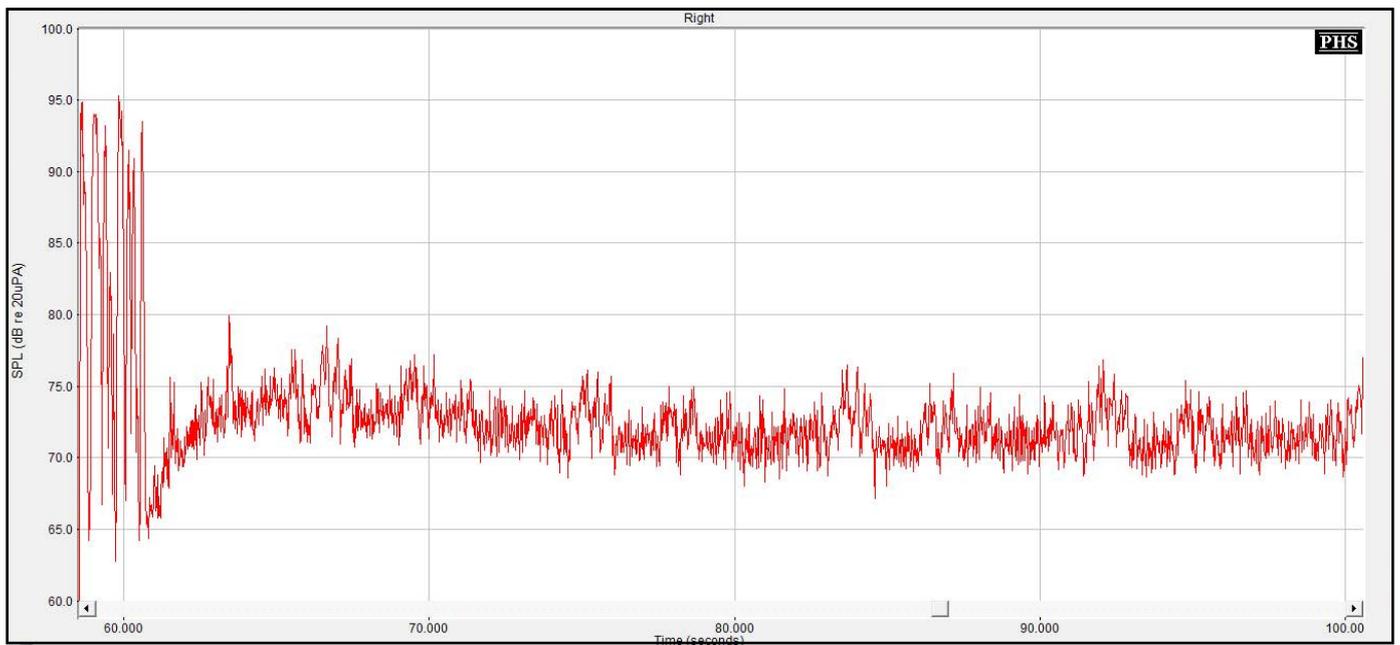


Figure n°102 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

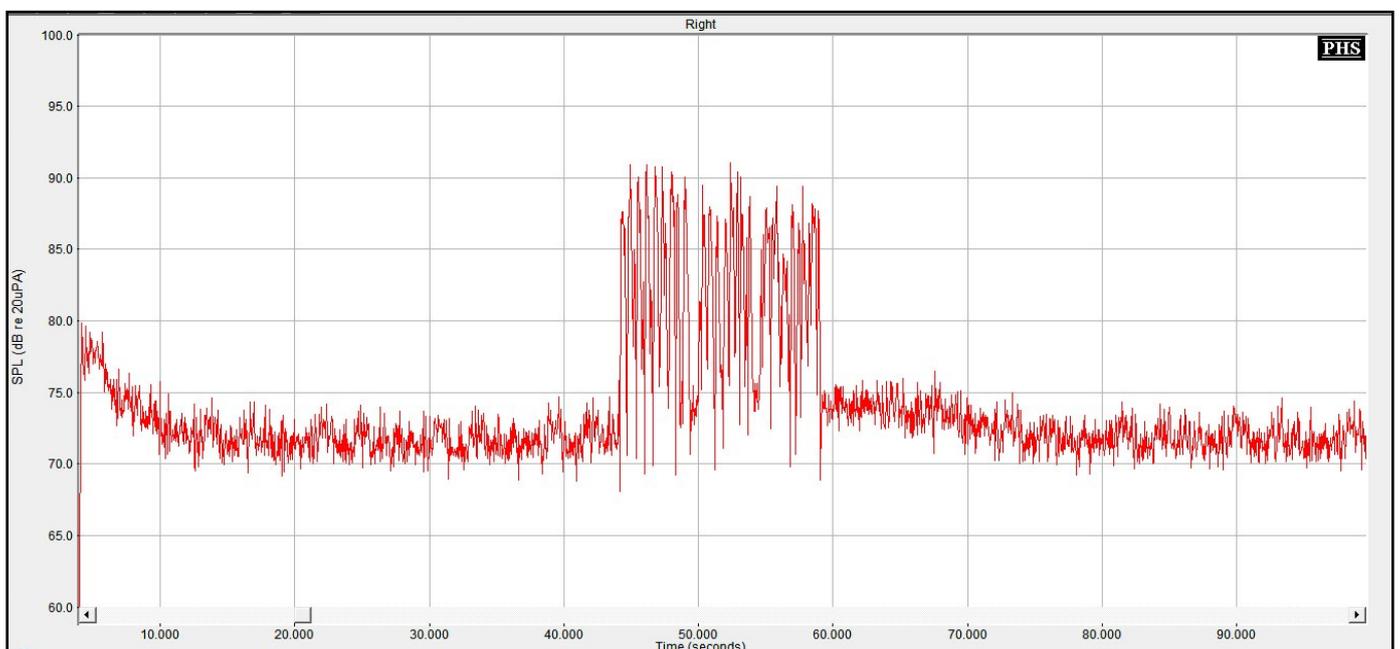


Figure n°103 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

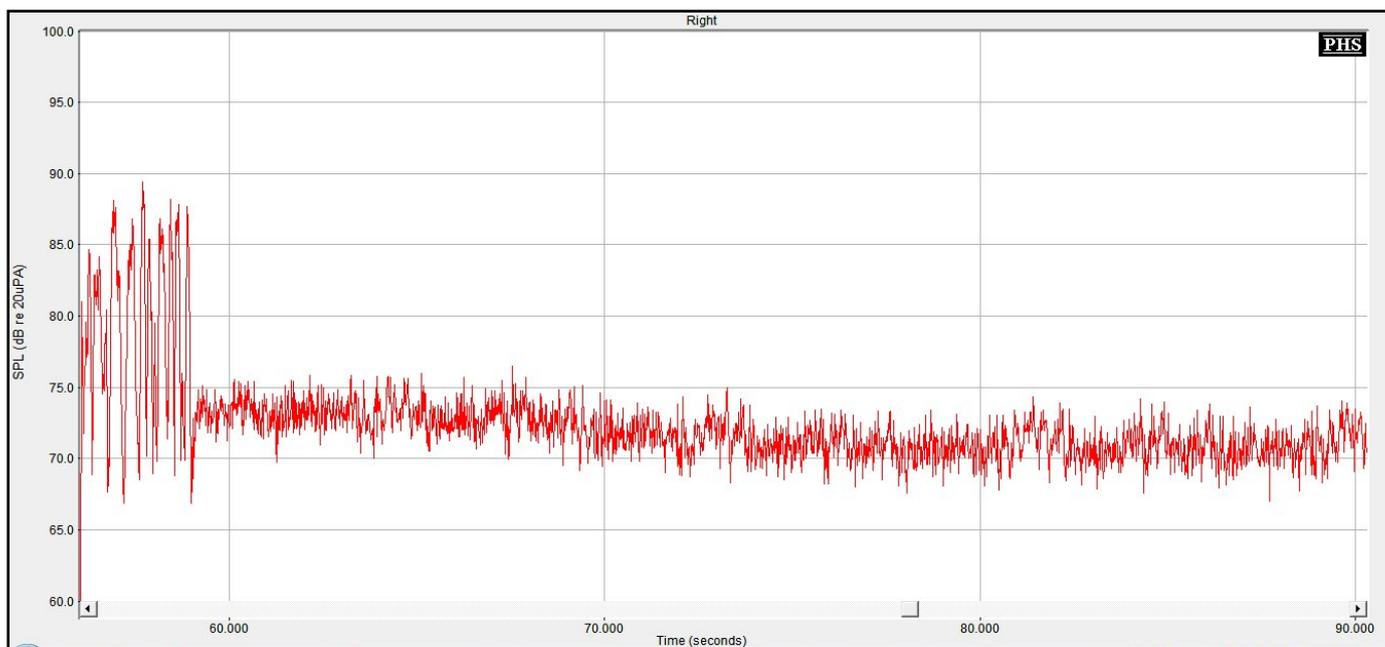


Figure n°104 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

Bruit de restaurant

Tableau n°47 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé en bande large au maximum, pour chaque programme, sur le bruit de restaurant après émission d'un signal de parole

Bruit de restaurant Réducteur de bruit réglé en bande large au maximum	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	66	70	+ 4	59 - 57 = 2
	70	69	- 1	86 - 59 = 27
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	63	71	+ 4	60 - 57 = 3
	71	70	- 1	67 - 60 = 7
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	73	69	-4	63 - 62 = 1
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	71	68	-3	78 - 75 = 3

Pour la même raison que pour l'environnement sonore précédent, nous ne présentons ici que les représentations temporelles obtenues avec les programmes P2 et P3, les autres étant disponibles en annexes¹⁵.

¹⁵ Cf Annexe n°29 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de restaurant obtenues avec le réglage en bande large au maximum du TPB

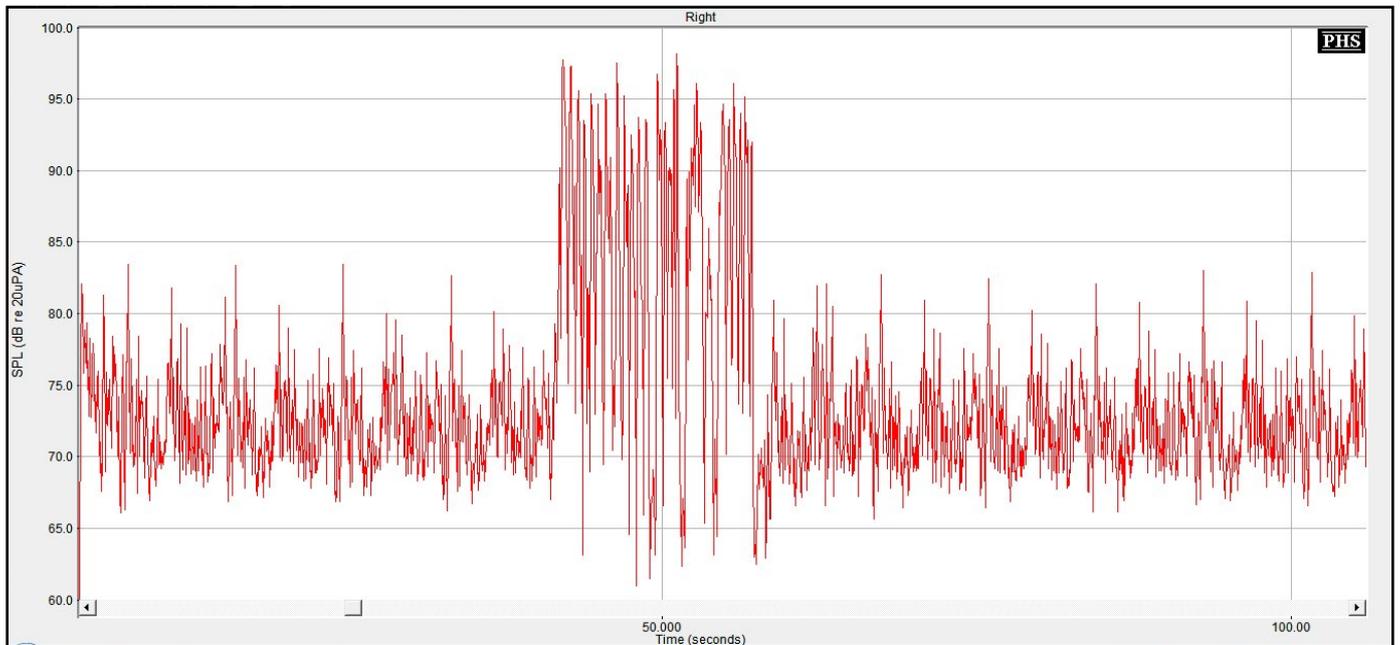


Figure n°105 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

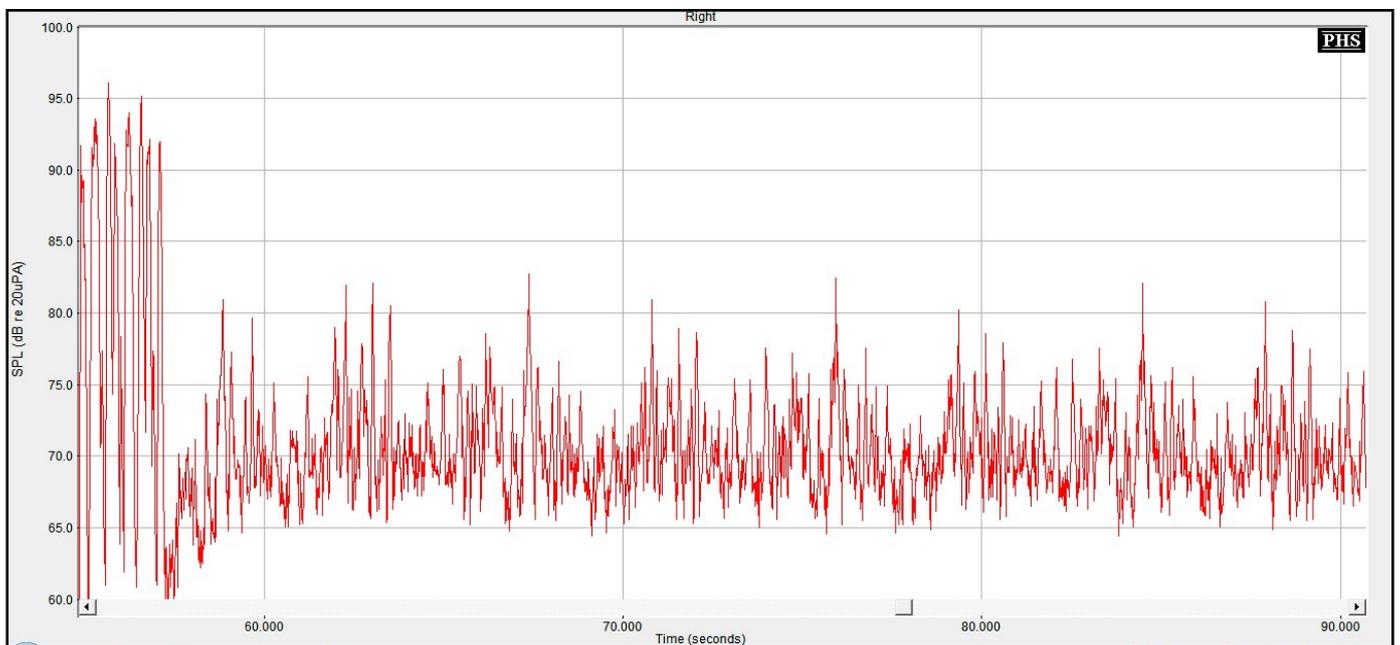


Figure n°106 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

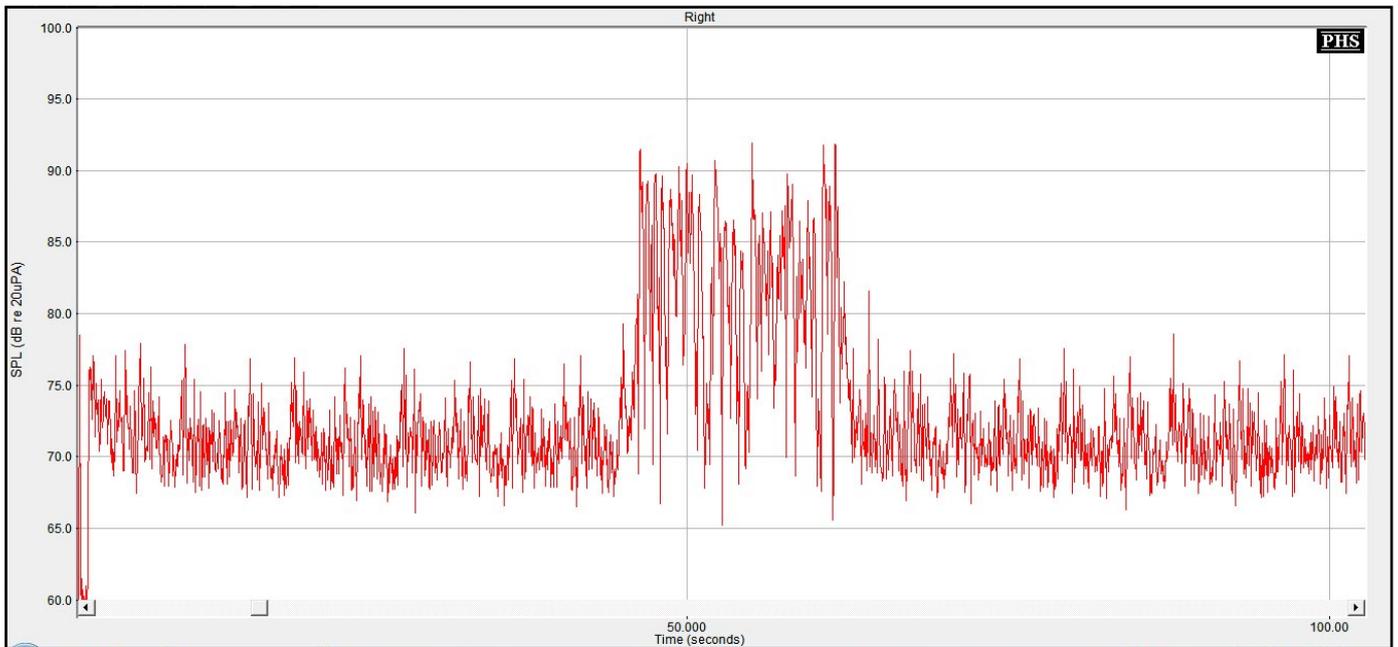


Figure n°107 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

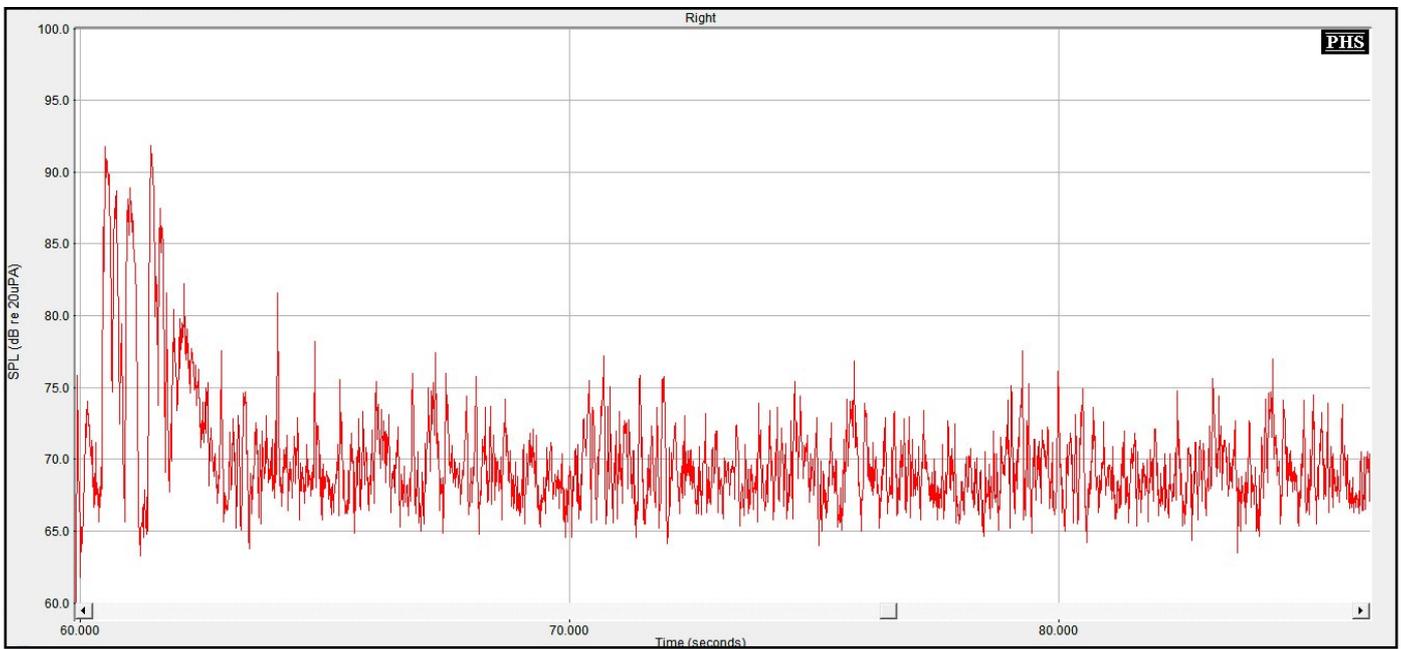


Figure n°108 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

Bruit de cris d'enfants

Pour la même raison que pour le réglage de réducteur de bruit par bandes, nous présenterons ici les représentations temporelles obtenues avec les programmes P2 et P3, même si les résultats obtenus avec les quatre programmes semblent similaires, les autres représentations temporelles étant disponibles en annexes¹⁶.

Tableau n°48 : Caractéristiques de l'atténuation du TPB réglé en bande large au maximum, pour chaque programme, sur le bruit de cris d'enfants après émission d'un signal de parole

Bruit de cris d'enfants Réducteur de bruit réglé en bande large au maximum	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	75	80	5	85 - 62 = 23
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	75	81	6	88 - 60 = 28
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	74	79	5	89 - 63 = 26
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	75	79	4	91 - 69 = 22

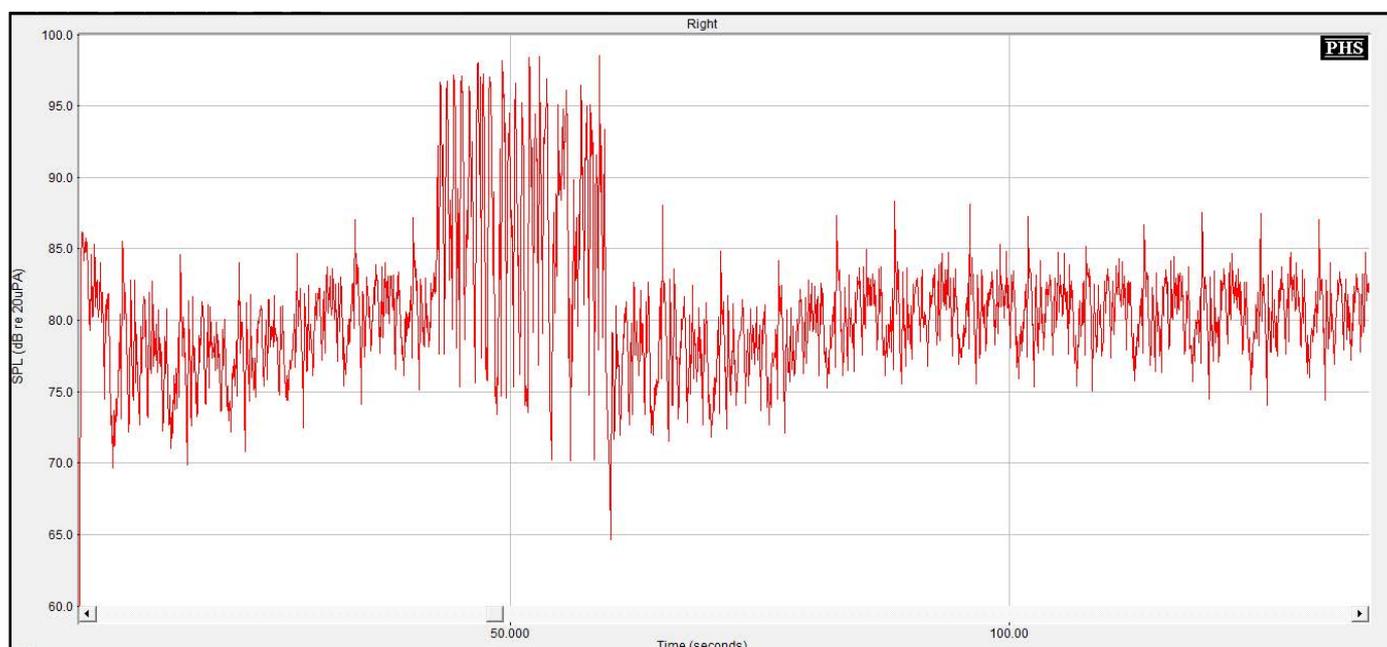


Figure n°109 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

¹⁶ Cf Annexe n°30 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB

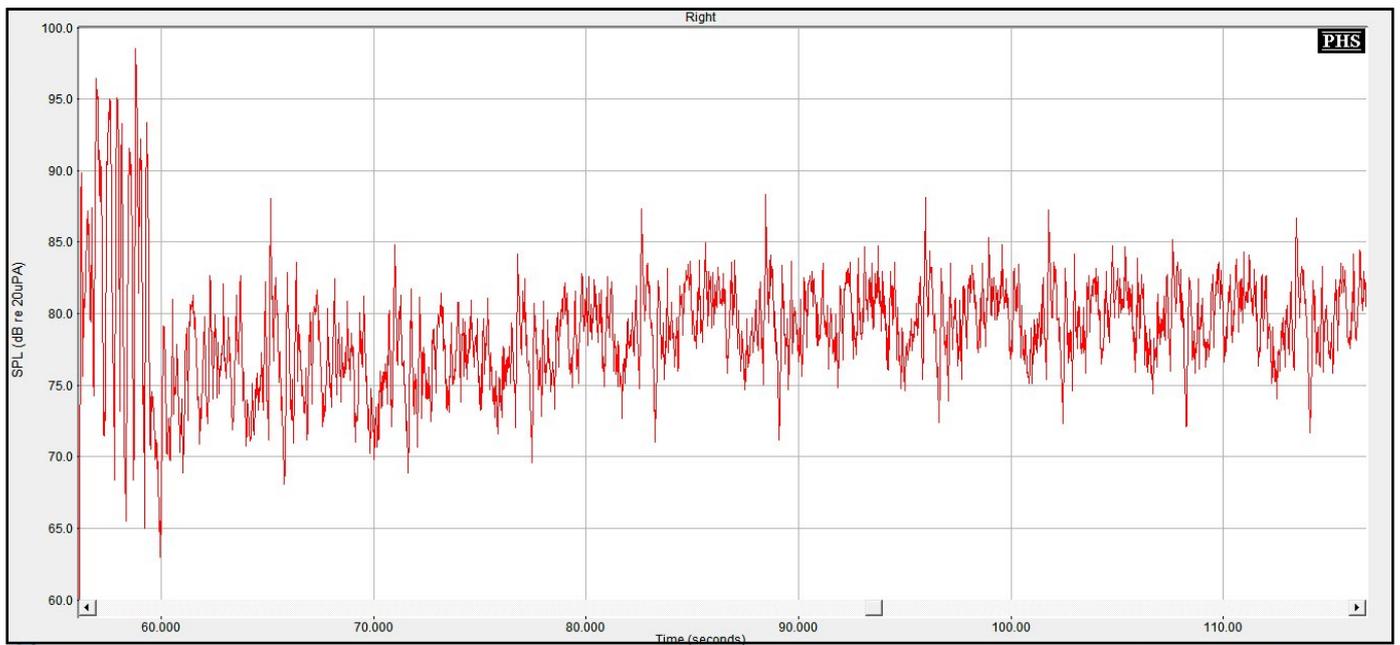


Figure n°110 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

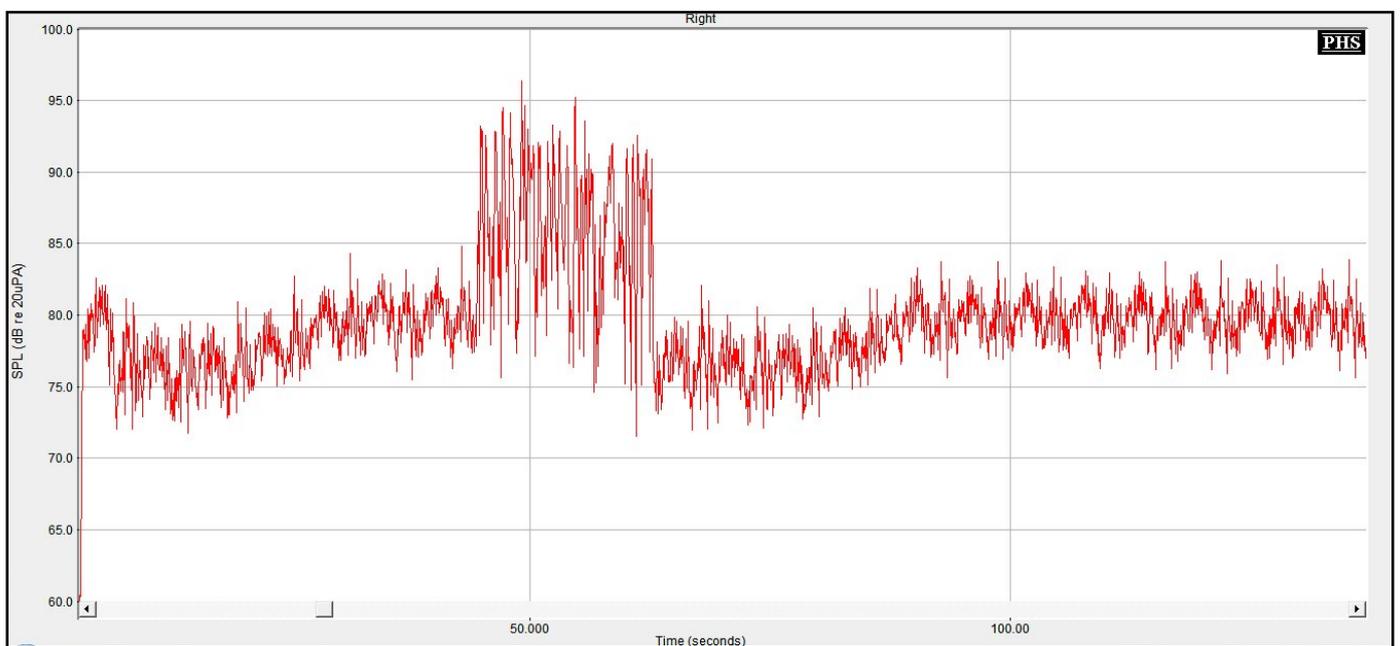


Figure n°111 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

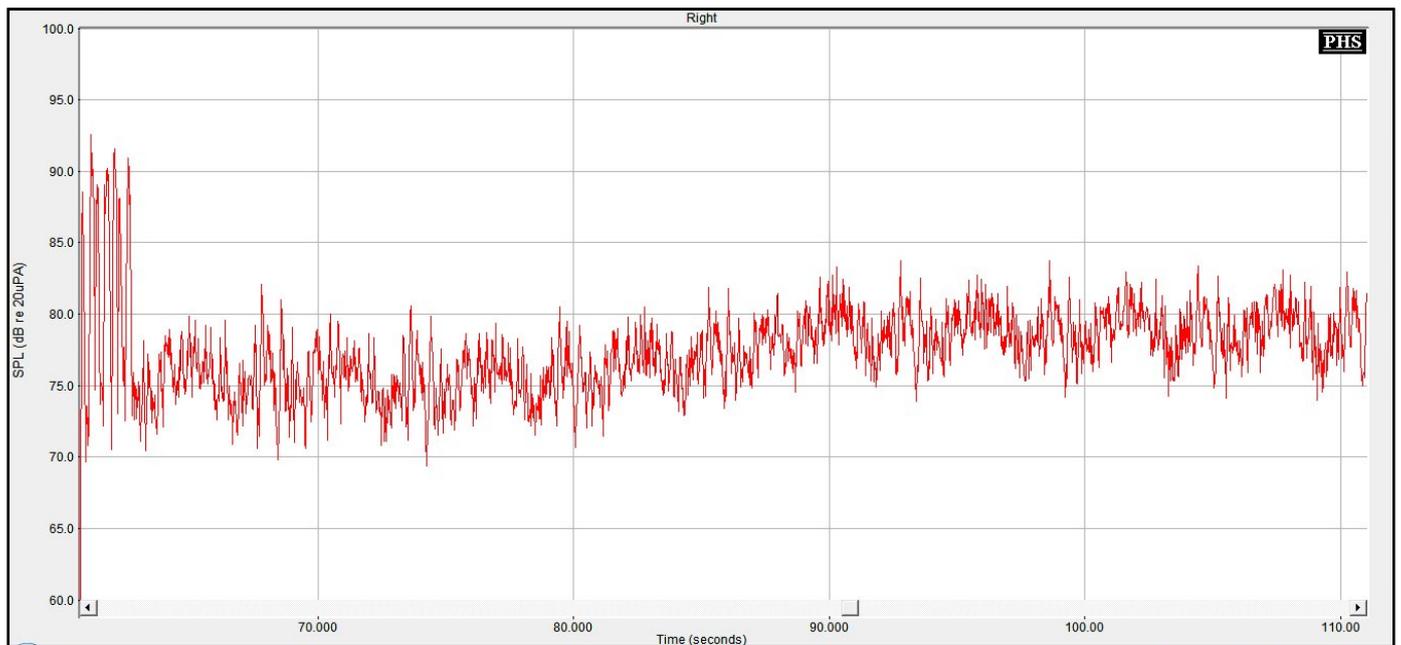


Figure n°112 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit réglé au maximum

3. Représentations temporelles obtenues lorsque le TPB est désactivé

Les différences entre les programmes semblent être principalement causées par le type de compression. Ainsi, pour chaque environnement sonore, nous ne représentons en corps de texte que les représentations temporelles obtenues avec les programmes P2 et P3, respectivement Dual et Syllabic avec tous deux des seuils d'enclenchement de compression à 20 dB.

Bruit de rame de métro¹⁷

Tableau n°49 : Caractéristiques des variations de niveau de pression acoustique après émission d'un signal de parole quand le TPB est inactif, pour chaque programme, sur le bruit de rame de métro

Bruit de rame de métro Réducteur de bruit désactivé	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	70	77	7	52 - 50 = 2
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	71	78	7	62 - 59 = 3
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	77	77	0	0
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	78	78	0	0

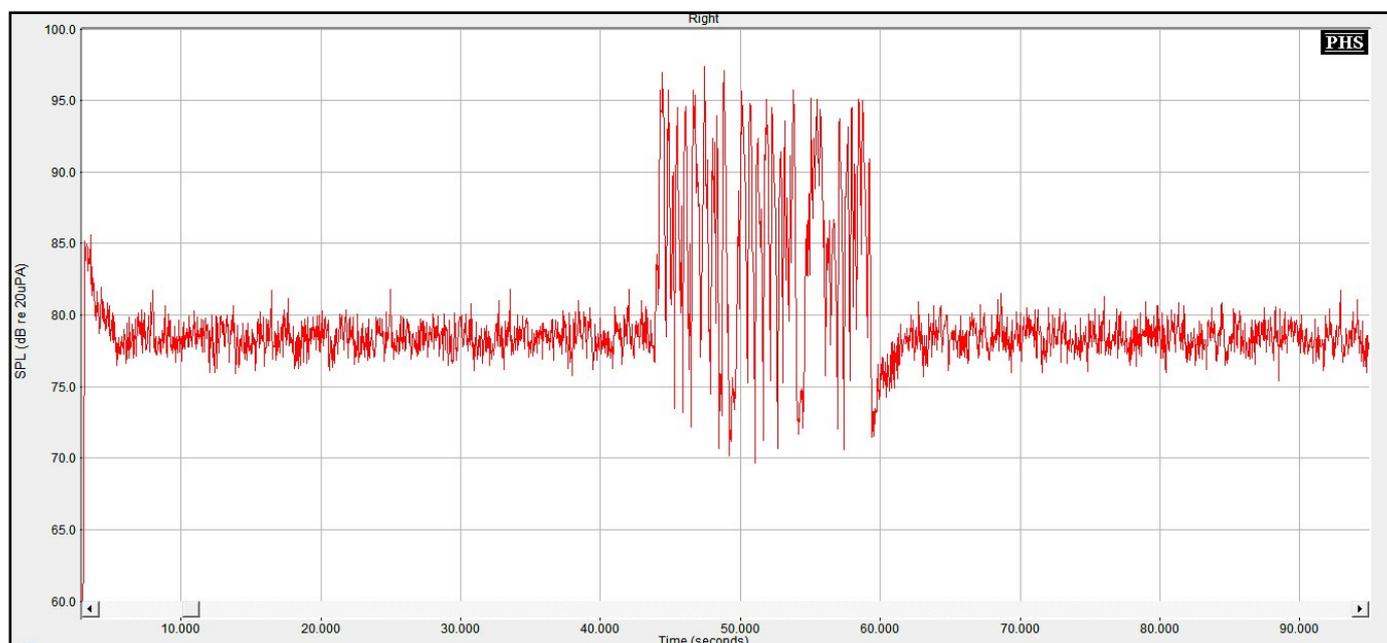


Figure n°113 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

¹⁷ Cf Annexe n°31 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de rame de métro obtenues avec le RdB désactivé

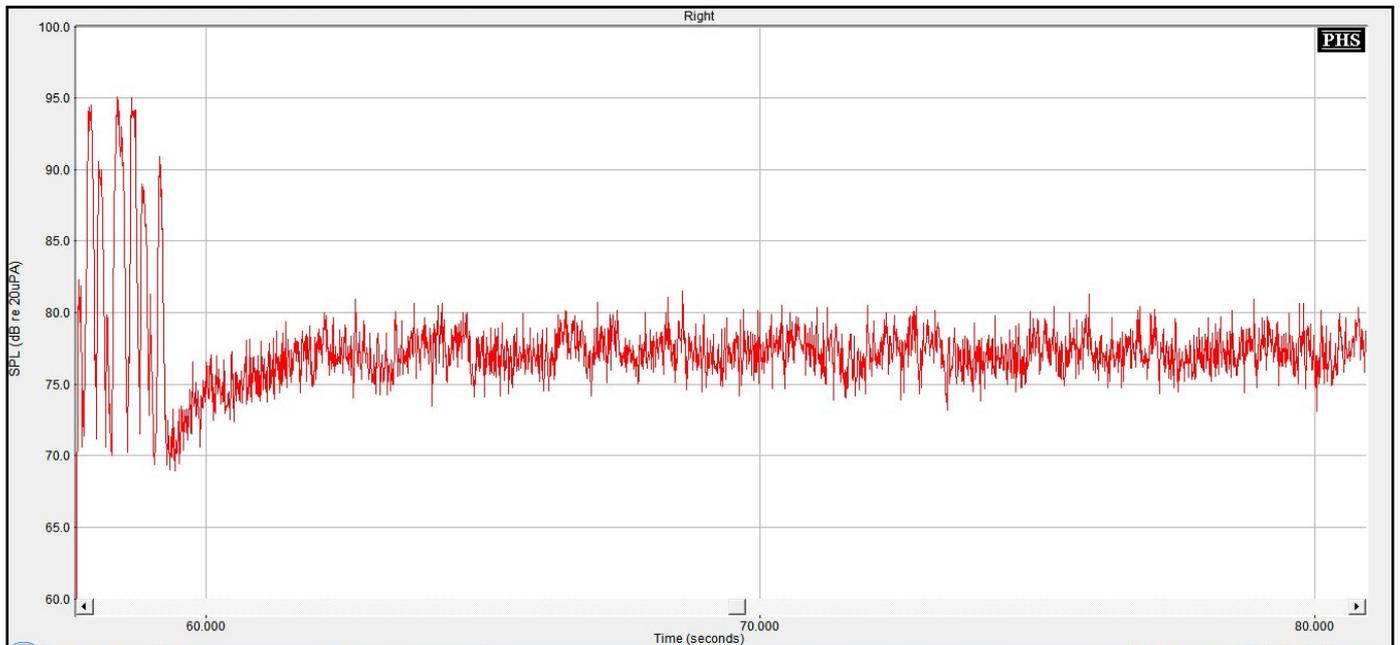


Figure n°114 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

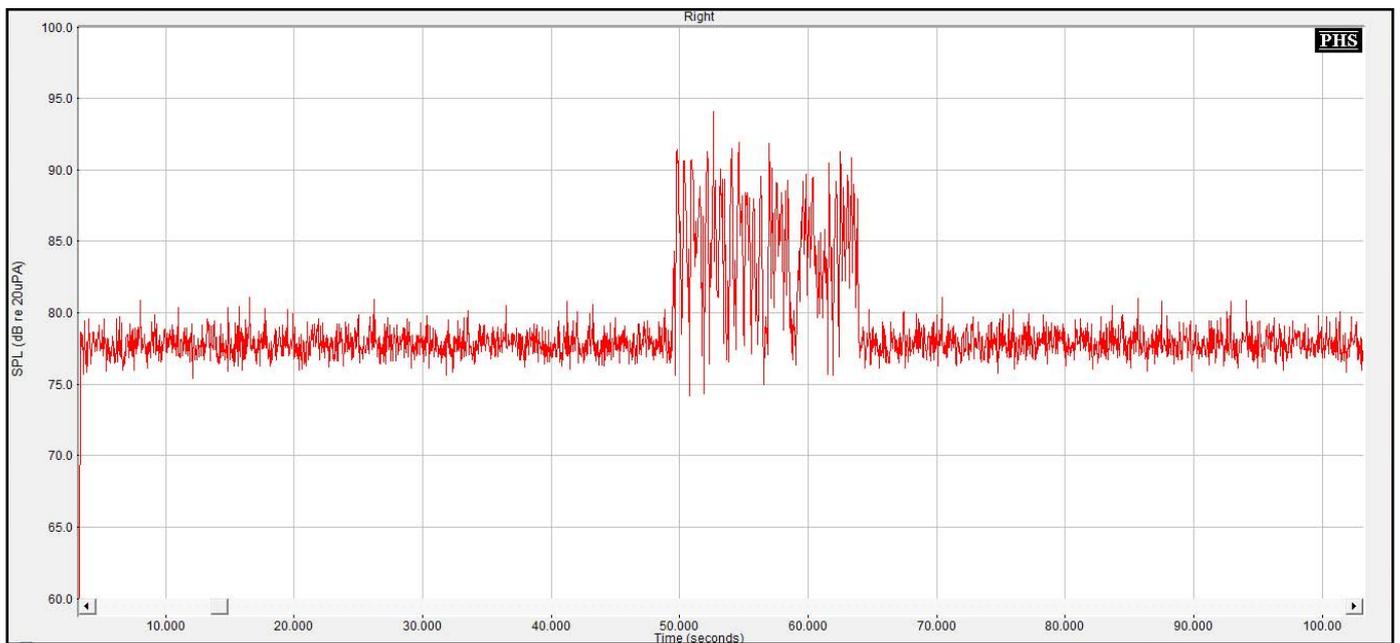


Figure n°115 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

Bruit de restaurant¹⁸

Tableau n°50 : Caractéristiques des variations de niveau de pression acoustique après émission d'un signal de parole quand le TPB est inactif, pour chaque programme, sur le bruit de restaurant

Bruit de restaurant Réducteur de bruit désactivé	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	68	73	5	61 - 59 = 2
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	69	74	5	63 - 61 = 2
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	72	72	0	0
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	74	74	0	0

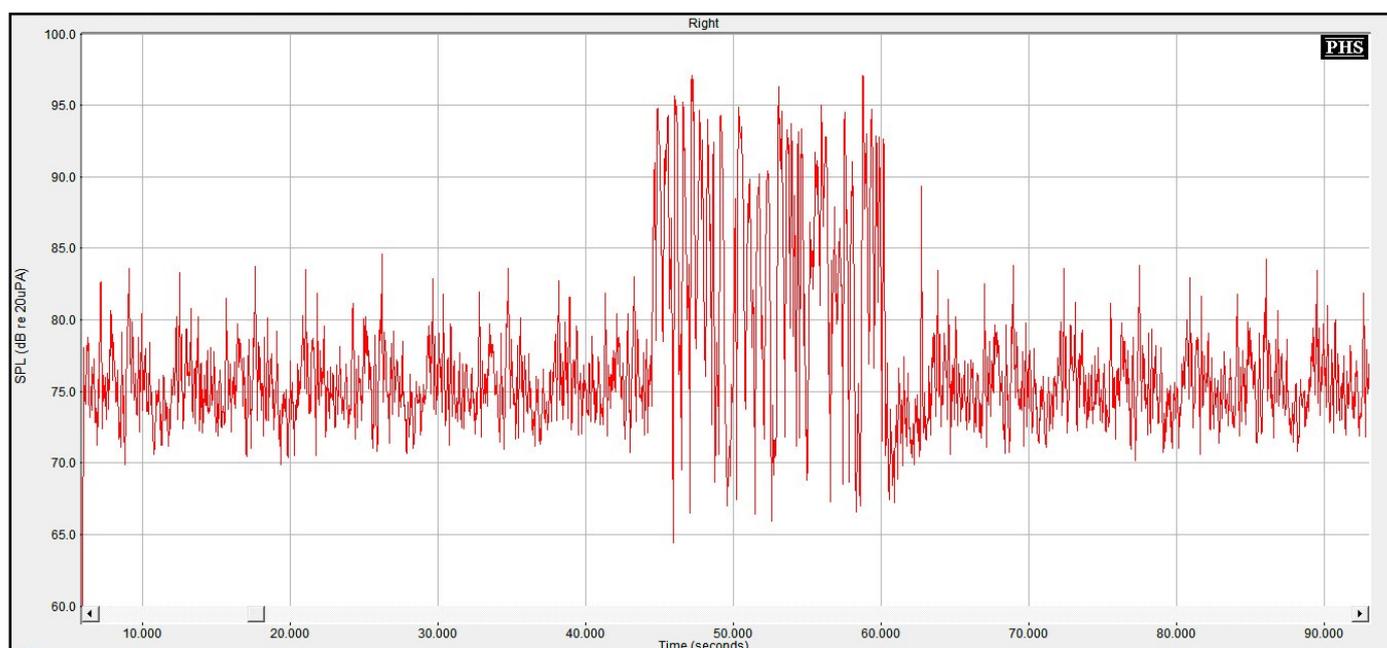


Figure n°116 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

¹⁸ Cf Annexe n°32 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de restaurant obtenues avec le RdB désactivé

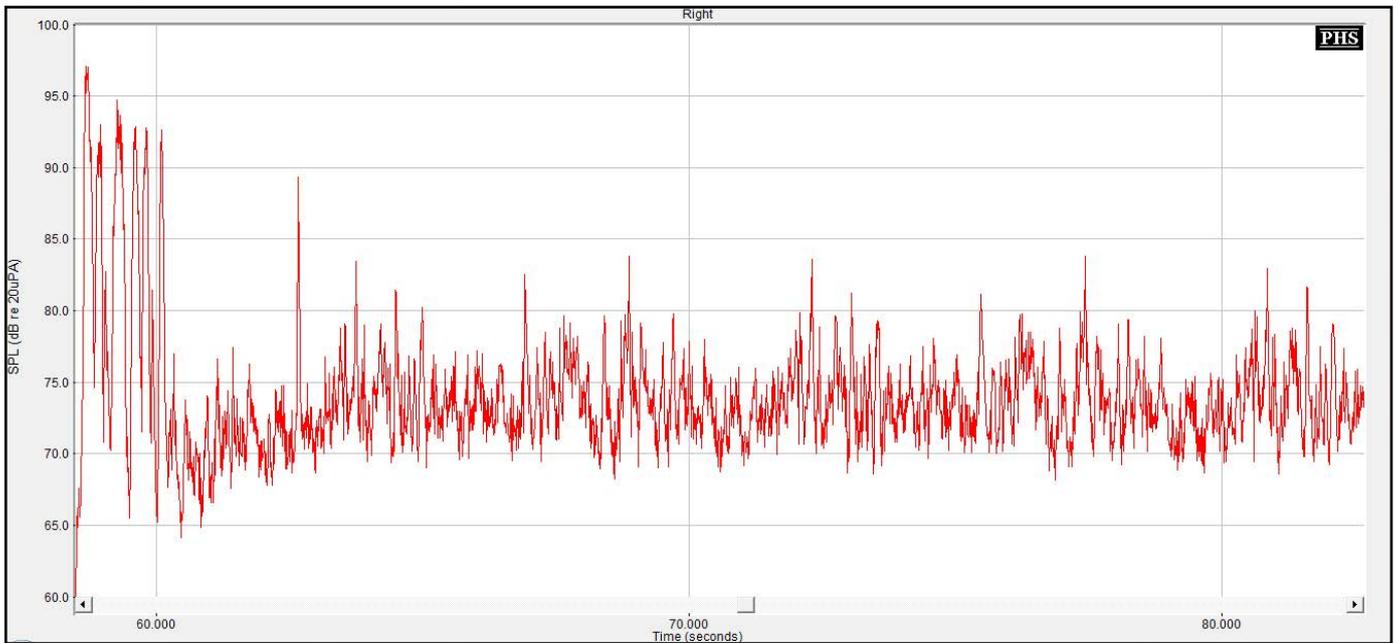


Figure n°117 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

Pour faciliter la mesure de la variation du niveau de pression acoustique après l'arrêt de la parole, nous effectuons un zoom de la représentation temporelle obtenue en P2.

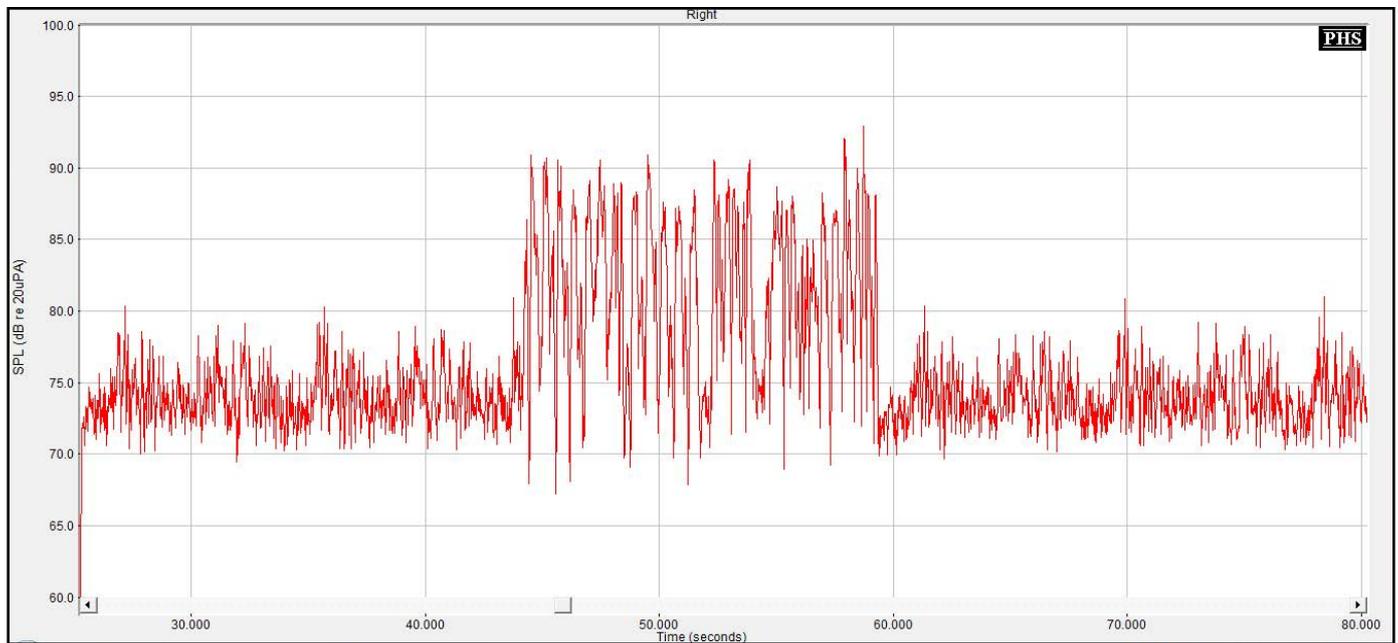


Figure n°118 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

Bruit de cris d'enfants¹⁹

Tableau n°51 : Caractéristiques des variations de niveau de pression acoustique après émission d'un signal de parole quand le TPB est inactif, pour chaque programme, sur le bruit de cris d'enfants

Bruit de cris d'enfants Réducteur de bruit désactivé	Niveau de pression acoustique avant stabilisation (après arrêt de la parole) (en dB SPL)	Niveau de pression acoustique après stabilisation (en dB SPL)	Variation du niveau de pression acoustique du bruit après arrêt de la parole (en dB SPL)	Temps nécessaire à la stabilisation du niveau de pression acoustique du bruit (en s)
P1, Dual avec des Ck dégressifs	79	80	1	62 - 60 = 2
P2, Dual avec des Ck à 20 dB	73	79	6	65 - 64 = 1
P3, Syllabic avec des Ck à 20 dB	79	79	0	0
P4, Syllabic avec des Ck dégressifs	80	80	0	0

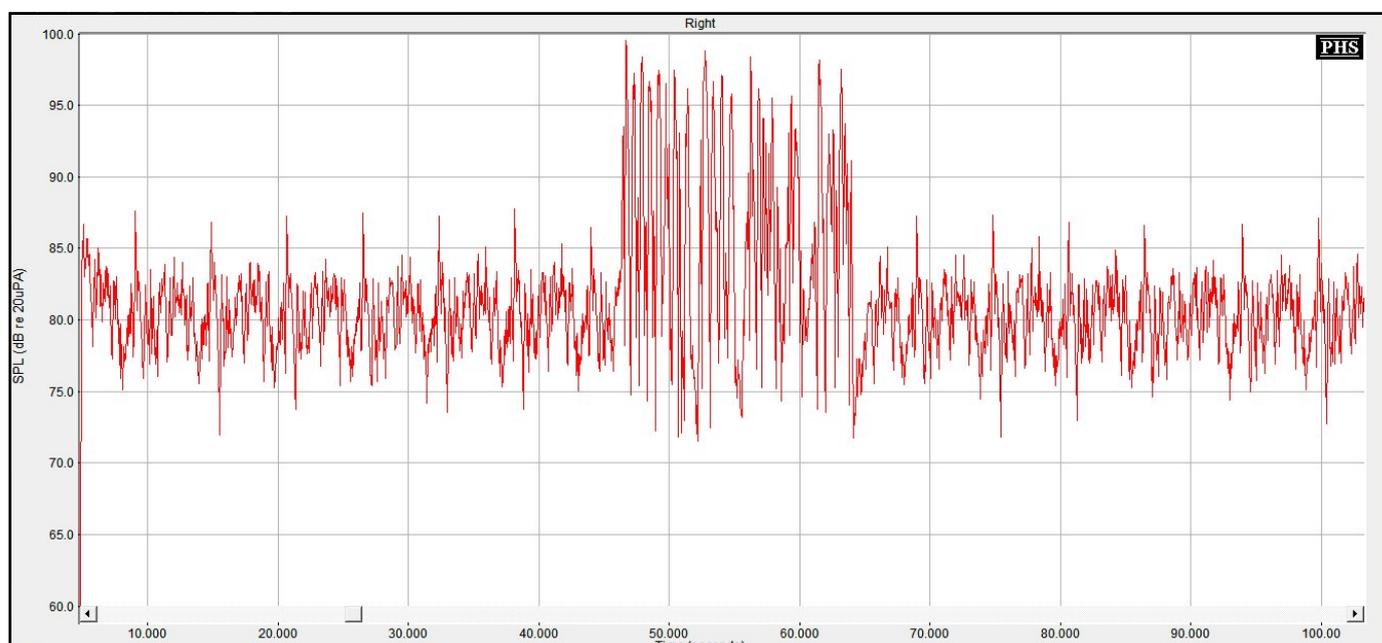


Figure n°119 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

¹⁹ Cf Annexe n°34 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le RdB désactivé

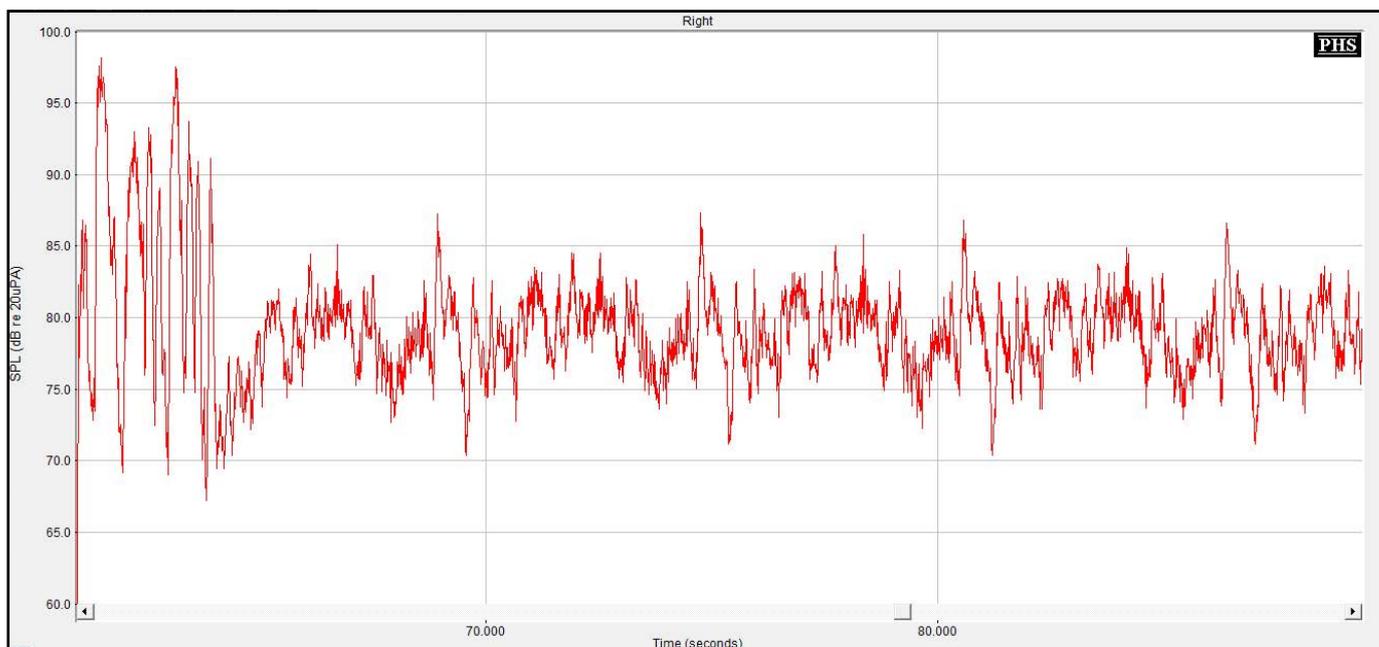


Figure n°120 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P2, Dual et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

La représentation temporelle obtenue en P2 montre une légère augmentation du niveau de bruit après arrêt de la parole. Nous effectuons un zoom pour la mesurer le plus fidèlement possible.

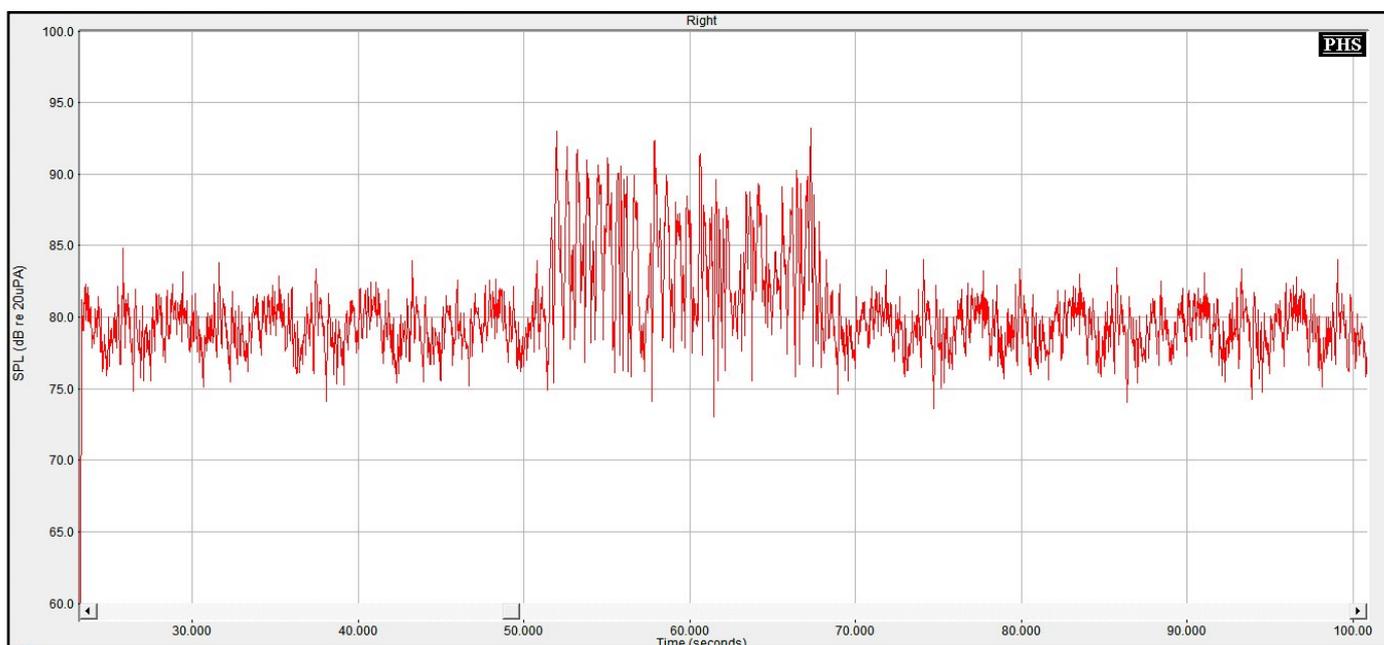


Figure n°121 : Représentation temporelle du bruit de cris d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P3, Syllabic et Ck à 20 dB, Réducteur de bruit désactivé

C. Analyse

1. Réducteur de bruit réglé par bande (min, max, max, max)

Les programmes semblent avoir des fonctionnements similaires en fonction du type de compression.

Environnement sonore de rame de métro

Quand la compression est de type Dual, nous observons une augmentation du niveau sonore après arrêt de la parole, de 5 à 6 dB pendant une durée de 3 secondes. Ce temps nécessaire à la stabilisation du niveau sonore pourrait correspondre au temps de retour de la compression lente.

Pour les programmes à compression rapide, nous observons, après arrêt de la parole, un léger relâchement de l'atténuation du bruit de 2 dB. Il peut correspondre à la quantité de bruit atténuée initialement en présence de bruit seul, et contenue à l'intérieur des canaux comportant des signaux de parole. Lors de la phase de parole dans le bruit, le désenclenchement de ces canaux est nécessaire pour permettre l'émergence du signal de parole. Ce relâchement de l'atténuation se remet en place après arrêt de la parole, en un temps d'action relativement lent de 14 s environ.

Dans les deux cas, ces variations ne sont pas perçues par notre patiente test.

Environnement sonore de restaurant

Quand la compression est lente, nous observons les mêmes phénomènes que pour l'environnement de rame de métro, et dans les mêmes proportions.

En compression rapide, nous n'observons aucune variation du niveau de bruit que ce soit avant ou après arrêt la parole.

Les variations de la compression lente ne sont pas perçues par notre patiente.

Environnement de cris d'enfants

Les variations sont similaires avec les deux types de compression. Sur l'ensemble des représentations temporelles, nous observons, après arrêt de la parole, une activation du réducteur de bruit suivie d'un désenclenchement. A chaque fois, la durée du phénomène total est d'une vingtaine de secondes environ. Cela semble correspondre à une nouvelle analyse de l'environnement sonore par le réducteur de bruit.

La patiente Mlle L. percevait, en effet, une augmentation du niveau sonore qui pourrait tout à fait correspondre à ce que nous observons ici. Néanmoins, elle ne le constatait qu'avec les programmes

de compression lente, P1 et P2. Ceux-ci accusent une variation de 4 dB contre une croissance de niveau sonore de 3 dB pour les programmes de compression rapide.

2. Réducteur de bruit réglé au maximum en bande large

Environnements sonores de rame de métro et de restaurant

Nous observons des comportements similaires des programmes à compression lente sur ces deux environnements sonores. En effet, nous visualisons, après arrêt de la parole une augmentation du niveau sonore suivie d'une légère atténuation pendant un temps plus long.

La première phase correspond à une augmentation de 8 à 9 dB pour le bruit de métro et de 4 dB pour le bruit de restaurant, pendant une durée de quelques secondes (2 à 4 s). Ce phénomène pourrait éventuellement correspondre au temps de retour de la compression lente.

Ensuite, nous observons une deuxième phase qui se caractérise par une atténuation du niveau sonore, de 3 à 5 dB pour le bruit de rame de métro et de 1 dB pour le bruit de restaurant. Nous remarquons que la durée de ce second phénomène est à chaque fois plus importante quand les seuils d'enclenchement sont dégressifs.

Pour les programmes à compression rapide, nous observons une atténuation des niveaux sonores des bruits après arrêt de la parole, d'une durée importante pour le bruit de rame de métro (15 à 20 s) et d'une durée plus courte pour le bruit de restaurant (1 à 3 s).

Environnement de salle de jeux d'enfants

Nous constatons les mêmes effets qu'avec le réglage de réducteur de bruit par bandes. Le réducteur de bruit atténue dans un premier temps, le niveau du bruit après arrêt de la parole, puis se désenclenche. La durée du phénomène est ici un peu plus longue (de quelques secondes) par rapport à la durée obtenue quand le réducteur de bruit est réglé par bandes.

Quand nous comparons les programmes possédant le même réglage de seuils d'enclenchement entre eux (P1 et P4, et P2 et P3), nous constatons de nouveau une différence de 1 dB en faveur de la compression rapide, Syllabic.

3. Réducteur de bruit inactif

Quand le réducteur de bruit est désactivé, nous observons des comportements similaires pour les trois environnements sonores.

Pour les programmes à compression rapide, Syllabic, le niveau de bruit avant et après arrêt du signal de parole demeure inchangé.

Les programmes à compression lente, engendrent quant à eux, une augmentation du niveau de bruit après arrêt de la parole, pendant une durée de quelques secondes. Cette durée est de 1 à 3 s selon les bruits et le réglage des seuils d'enclenchement de la compression. Nous pouvons la définir comme correspondant au temps de retour de la compression lente.

D. Conclusion partielle

1. Réducteur de bruit réglé par bandes

L'action du réducteur de bruit semble différer en fonction du type de compression pour les environnements sonores sur lesquels le réducteur de bruit est efficace.

Pour la compression Dual lente, nous observons une légère augmentation du niveau sonore, qui semble être due au temps de retour de compression. Pour la compression rapide, c'est inverse, l'action du réducteur de bruit qui s'était légèrement relâché (dans certains canaux comportant des éléments de parole), semble se poursuivre pendant une durée lente de 14 s.

Pour le bruit de cris d'enfants, une nouvelle phase d'analyse de 20 s environ, de l'environnement sonore par le réducteur de bruit semble se produire. Elle se caractérise par une atténuation suivie d'un désenclenchement.

2. Réducteur de bruit au maximum

Un comportement différent de la part du réducteur de bruit quand la compression est lente ou rapide, se confirme.

La compression lente semble engendrer pour les bruits de rame de métro et de restaurant, quand le réducteur de bruit est réglé au maximum, une succession de deux phases contraires :

- La première, correspondant au temps de retour de la compression lente entraîne une augmentation du niveau de bruit,
- La seconde, reflet de l'action du réducteur de bruit permet une atténuation complémentaire de l'environnement bruyant. Elle est à chaque fois moins conséquente que l'augmentation qui a précédé.

Cette seconde phase semble avoir le même mode d'action que la phase d'atténuation constatée sur ces mêmes environnements avec la compression rapide Syllabic, quand le réducteur de bruit est réglé par bandes ou en bande large au maximum. Ceci paraît cohérent puisque les programmes à compression rapide ne subissent que l'effet du réducteur de bruit, leur temps de retour étant quasiment instantané.

3. Réducteur de bruit rendu inactif

Nous pouvons alors identifier clairement la première phase observée précédemment avec la compression lente comme étant le temps de retour de cette compression. Elle entraîne une augmentation non négligeable du signal de bruit.

E. Conclusion générale

Après un signal de parole suffisamment long, il peut arriver que le réducteur de bruit poursuive son action par une légère atténuation, pour des bruits comme les environnements de rame de métro ou de restaurant. Cette action fait suite à un léger désenclenchement du débruiteur durant la phase correspondant à l'émission du signal de parole dans le bruit (canaux alliant parole + bruit).

Pour ces environnements, quand la compression est lente, une phase préalable d'augmentation du niveau de bruit correspondant au temps de retour lent de compression, s'intercale, engendrant une succession de deux phases contraires d'augmentation puis de diminution du niveau sonore. La diminution est à chaque fois moins importante que l'augmentation qui vient de précéder.

Pour certains bruits complexes comme l'environnement de salle de jeux d'enfants (dont l'identification par la puce électronique de la prothèse n'est pas fiable), le réducteur de bruit enclenche une nouvelle phase d'analyse, après arrêt du signal de parole (émis pendant 15 s). Celle-ci dure une vingtaine de secondes et se traduit par une diminution suivie d'une augmentation successive du bruit à son niveau initial.

Cet effet de pompage visualisé avec l'ensemble des programmes sur la tête artificielle de KEMAR n'est ressentie par notre patiente test, que lorsque la compression est lente. Les mesures acoustiques effectuées sur le bruit de cris d'enfants ne montrent pas de différence significative entre les programmes à compression lente et rapide (1 dB).

Néanmoins, au vu des résultats observés sur les deux autres bruits, nous pouvons supposer que l'accumulation du temps de retour lent de compression à l'action d'analyse du réducteur de bruit TPB pourrait être responsable de la perception de ce phénomène par notre patiente.

Discussion

Le but de ce mémoire était de définir, au niveau qualitatif, les effets de deux paramètres de compression dans le bruit :

- Le type de compression, lente ou rapide,
- Le réglage des seuils d'enclenchement, bas et identiques sur toutes les fréquences ou dégressifs pour suivre l'enveloppe temporelle de la parole à long terme.

Cette étude a également nécessité l'analyse du fonctionnement du réducteur de bruit intitulé Traitement de la Parole et du Bruit (TPB), sur les environnements sonores choisis, créés à partir d'enregistrement d'environnements sonores réels.

Lors de ce mémoire, nous avons effectué deux types de mesures principales :

- Des enregistrements acoustiques sur une tête artificielle de KEMAR,
- Des tests sur une patiente.

Les premières mesures nous ont permis d'observer de manière objective, l'effet des paramètres de compression sur différents signaux :

- Des bruits calibrés,
- Des bruits non vocaux,
- Des signaux de parole,
- Des éléments de parole dans le bruit.

La seconde partie des tests avait pour but de vérifier s'il existait une répercussion de ces effets au niveau clinique. Elle se composait :

- D'une audiométrie vocale dans le bruit, avec étude
 - des confusions phonétiques,
 - des omissions,
- D'un questionnaire sur la qualité d'écoute ressentie avec chaque programme
 - dans le calme,
 - dans le bruit,
 - lors d'une discussion sur fond bruité.

Les résultats des premières mesures acoustiques ont montré les effets des constantes de temps lentes de la compression Dual. Ceux-ci se traduisent notamment par des sur-corrections et des sous-corrections des différents signaux étudiés, lors de variations en intensité du signal d'entrée. Ces phénomènes ont tendance à s'accroître quand le signal d'entrée comporte d'importantes fluctuations.

Ainsi, une transition de signal d'entrée d'intensité croissante, entraîne une sur-correction du niveau plus fort, qui, succédant à un son faible, se voit attribuer un gain important pendant une durée de 900 ms environ, durée qui correspond au temps d'attaque lent de la compression. A l'inverse, lors d'une variation décroissante en intensité du signal d'entrée, nous observons l'application d'un gain initial faible au second niveau d'entrée inférieur au niveau initial, pendant un temps de retour lent de compression de 1,4 s. Cet effet se manifestera alors, en sortie, par une sous-correction du signal d'entrée.

Parmi les différents tests clinique, l'écart significatif du nombre d'omissions commises en fonction du type de compression était en parfaite corrélation avec les effets visualisés lors des premières mesures acoustiques. D'autres mesures supplémentaires ont permis de mettre en exergue, l'effet de sous-correction provoquée par le temps de retour lent de la compression Dual, sur des signaux de parole émis 0,1 s après l'arrêt d'un signal de bruit, pour un rapport signal sur bruit de 0 dB.

Pour ce qui est du second paramètre de compression étudié, les mesures acoustiques initiales ont montré qu'augmenter les seuils d'enclenchement de la compression, à niveau de sortie identique pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL, engendrait une diminution des niveaux de sortie des sons faibles. Nous visualisons ce phénomène sur l'ensemble des signaux étudiés, de bruit comme de parole, lorsqu'ils sont émis à faible intensité.

L'audiométrie vocale dans le bruit ne donne pas de différence significative au niveau de ce paramètre de réglage, même si notre patiente commet légèrement moins de confusions phonétiques quand les seuils d'enclenchement de la compression sont bas. Ces observations sont cohérentes au vu de la fine différence de réglages de seuils d'enclenchement étudiés, de la perte auditive de notre patiente dont les graves sont assez bien conservés et de la présence d'un événement sur son embout, qui permet un apport naturel des sons de basses fréquences.

Parallèlement à ces effets des paramètres de compression, l'utilisation conjointe du réducteur de bruit TPB à la compression lente, a révélé la manifestation d'un effet de pompage du bruit qui

semblerait correspondre à une nouvelle phase d'analyse de la scène auditive, après arrêt d'un signal de parole suffisamment long, quand l'environnement sonore mis en présence comporte d'importantes fluctuations et ne permet pas une atténuation stable de la part du débruiteur.

Au vu des effets identifiés tout au long de ce mémoire, nous pouvons dire que la répercussion du réglage des paramètres de compression étudiés, sur la transmission des signaux de parole, des signaux de bruit et des signaux de parole dans le bruit, est bien réelle.

L'accent doit alors être mis quant à l'importance d'un choix de facteurs de compression adaptés aux facteurs de recrutement du patient.

En effet, les conséquences acoustiques seront d'autant plus visibles :

- Que le facteur de compression est élevé,
- Qu'il y a du recrutement,
- Que la perte est importante,
- Que l'environnement sonore du patient est riche.

Il est très probable que les mêmes tests pratiqués sur un patient ayant une surdité sévère avec du recrutement auraient montré des différences plus marquées au niveau clinique. En effet, un faible écart de sonie est perçu d'autant plus nettement par un patient dont la dynamique résiduelle est pincée.

L'utilisation d'appareils multicanaux chez un patient malentendant est légitime, puisqu'elle nous permet de normaliser la sonie dont la croissance n'est pas forcément la même sur toutes les fréquences. Une telle technologie ne justifie pas pour autant, l'utilisation d'un algorithme de compression qui a tendance à pondérer et à lisser ses effets. La gêne engendrée par une croissance de sonie inadaptée au facteur de recrutement du patient sera accentuée par l'utilisation d'appareils de correction auditive dont le nombre de canaux est réduit et obligera l'audioprothésiste à réaliser des compromis quant au choix du facteur de compression à appliquer pour chaque bande de réglages.

De plus, si une éventuelle habitude aux réglages peut permettre à un patient d'améliorer ses fonctions d'encodage, la mise en mémoire des signaux acoustiques n'est possible que pour un signal comportant une unicité de forme. Or la compression lente Dual va, à partir d'un signal unique, transmettre une partie des éléments qui le composent, à différentes intensités, en fonction de l'environnement sonore dans lequel il se trouve.

De même, nous pouvons ajouter que cette fonction d'encodage, avec la compression lente, sera d'autant plus perturbée si l'appareillage est de type ouvert. En effet, dans ce cas, une partie du signal sera transmise de façon naturelle tandis que les informations contenues dans l'autre partie ne le seront pas toutes en fonction des conditions d'émission.

Pour compléter l'étude que nous avons menée, il aurait été intéressant de tester d'autres appareils auditifs provenant de différents fabricants puisque seul un type d'appareil a été utilisé dans ce mémoire. Il aurait été également pertinent de comparer les effets des paramètres de compression quand l'appareil possède un nombre restreint de canaux de réglage de compression. De même, coupler étude clinique et mesures acoustiques pour différentes dynamiques résiduelles, des pertes asymétriques voire pour des croissances de sonie irrégulières se serait sans doute avéré très enrichissant.

Conclusion

L'action principale de l'audioprothésiste pour la réhabilitation du patient malentendant appareillé consiste à la mise en place de réglages judicieux et adaptés au sein d'un appareil de correction auditive.

Pour ce faire, un professionnel de l'audition doit prendre en compte de nombreux paramètres qui ne peuvent, en aucun cas, se réduire à une simple analyse des seuils liminaires du patient.

Une anamnèse complète est nécessaire pour cibler, le plus précisément possible, les besoins d'écoute du patient, ainsi que les futures conditions d'utilisation de sa prothèse auditive.

Un bilan d'orientation prothétique doit être réalisé pour permettre à l'audioprothésiste d'appréhender un maximum d'informations techniques inhérentes à la perte auditive : type de perte, détermination précise des seuils subjectifs d'inconfort, dynamique résiduelle du patient, seuil subjectif de confort vocal, croissance de sonie, etc.

Si l'audioprothésiste le juge nécessaire, d'autres tests complémentaires pourront être effectués.

L'ensemble de ces données va nous permettre de définir les bases de nos réglages, à savoir :

- Le gain général pour un niveau d'entrée de 60 dB SPL,
- Les facteurs de compression pour respecter la dynamique résiduelle de notre patient,
- Le réglage des MPO pour respecter les seuils subjectifs d'inconfort de notre patient.

L'adaptation fine en multicanaux des paramètres de compression accroît l'importance d'une définition précise de la dynamique pour chaque fréquence, de façon à permettre un fonctionnement optimal de la prothèse.

La double compression, c'est-à-dire l'utilisation de deux facteurs de compression à deux seuils d'enclenchement différents, est un paramètre particulièrement utile dans la restauration auditive des patients dont la sonie est irrégulière.

Ce mémoire a montré qu'il était potentiellement plus performant d'utiliser une compression rapide Syllabic associée à des seuils d'enclenchement précoces. Il a également mis l'accent sur le risque encouru quand les facteurs de compression ou les gains ne sont pas correctement adaptés au facteur de recrutement du patient.

Lors de la délivrance des appareils auditifs, l'audioprothésiste doit être capable de vérifier la croissance de sonie du patient avec ses prothèses sur toutes les fréquences. C'est un élément primordial du contrôle d'efficacité prothétique. En effet, ni la mesure des seuils prothétiques, ni les mesures in vivo, ni la réalisation d'une vocale dans le calme ou dans le bruit, ne peut permettre de vérifier la justesse du taux de compression employé. C'est pourquoi, il est essentiel de développer des protocoles d'efficacité prothétique incluant des tests et des outils de mesure de croissance de sonie pour confirmer l'adéquation des paramètres de gain et de compression au facteur de recrutement du patient.

Cela nécessite également de pouvoir désactiver l'ensemble des traitements du signal grâce à des logiciels fabricants plus ouverts. En effet, l'automatisme de l'appareil n'est pas toujours adapté aux conditions d'écoute individuelles de nos patients.

De plus, extrapoler les facteurs de compression d'une aide auditive à partir des seuils liminaires de l'audiométrie tonale est insuffisant compte tenu de l'importance de la croissance de sonie que nous avons démontrée ici.

L'utilisation d'un débruiteur performant peut être très pertinente pour diminuer les bruits stationnaires même faibles, de façon à conserver des seuils d'enclenchement bas de la compression.

De même, la directivité est un outil efficace pour améliorer la compréhension en milieu bruyant.

La prise en compte d'une possible interaction des algorithmes entre eux ainsi que leurs effets, positifs ou négatifs, reste nécessaire.

Le multiprogramme peut résoudre ce type de problèmes en sélectionnant des réglages précis qui s'adaptent au ressenti de nos patients dans les environnements auxquels ils ont l'habitude d'être confrontés.

Aujourd'hui, grâce à l'ensemble de ces algorithmes, ce n'est plus réellement le confort qui pose problème au sein d'un appareil de correction auditive. La compréhension en milieu bruyant est une demande croissante. La compression est le réglage qui a le plus évolué au cours des dernières années et son perfectionnement futur pourrait nous permettre de répondre à la demande de finesse d'écoute exigée par nos patients.

Enfin, vu l'évolution importante des traitements du signal, il demeure primordial que l'audioprothésiste approfondisse régulièrement ses connaissances en la matière.

Bibliographie

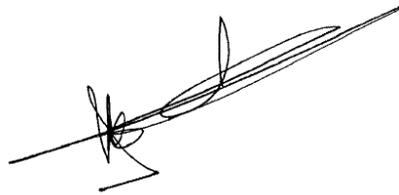
- [1] Loi n° 67-4 du 3 janvier 1967 tendant à la réglementation du métier d'audioprothésiste
- [1] Ducourneau J., Cours de généralités sur les sons, D. E. d'audioprothésiste 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013
- [3] Bonneau A., Cours de phonétique, D. E. d'Audioprothèse 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013
- [3a] Indices acoustiques
 - [3b] Articulation
 - [3c] Indices acoustiques des voyelles
 - [3d] Indices acoustiques des consonnes
 - [3e] Transition et Assimilation de voisement
- [4] Lorenzi C., Gilbert G., Carn H., Garnier S., Moore B.C.J. (2006) Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. Dossier d'information Entendre. Juin 2007, p. 21-27
- [5] Lignon S., Cours sur les domaines de la linguistique, D. E. d'Audioprothèse 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013
- [6] Collège National de d'Audioprothèse, Précis d'audioprothèse, Production phonétique acoustique et perception de la parole, Elsevier Masson, 2008
- [6a] *Chapitre 3, Acoustique de la parole*, p. 98-99
 - [6b] *Chapitre 3, Acoustique de la parole*, p. 224-225
 - [6c] *Chapitre 3, Acoustique de la parole*, p. 225-236
 - [6d] *Chapitre 3, Acoustique de la parole*, p. 235
 - [6e] *Chapitre 3, Acoustique de la parole*, p. 243
 - [6f] *Chapitre 4, Les enveloppes temporelles de la parole*, p. 257-269
 - [6g] *Chapitre 4, Les enveloppes temporelles de la parole*, p. 258-259
 - [6h] *Chapitre 5, Données fréquentielles et temporelles de la perception de la parole*, p. 288-295
- [7] Liénard J. S., Analyse, synthèse et reconnaissance de la parole. Thèse de Doctorat d'Etat des Sciences Appliquées. Université Paris VII, 1972
- [8] Adda C., Intelligibilité de la parole et détection des transitions phonétiques, Mémoire de fin d'étude au D. E. d'audioprothèse, Faculté de Paris VII, 2007
- [9] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'Audioprothèse, L'appareillage de l'adulte, Tome I Le Bilan d'Orientation Prothétique, Les Editions du Collège National d'Audioprothèse, 1999, *chapitre VI.4. Test de paires minimales*
- [10] Lefèvre F., Etude comparative des tests de J. C. Lafon et de J. P. Dupret. Mémoire de fin d'étude au D. E. d'Audioprothésiste, Faculté de Paris VII, 1982
- [11] Adam A. (2006), Le test syllabique analysé ou non analysé en intensité : étude comparative dans le silence et dans le bruit, Les cahiers de l'audition. Vol 22. Sept/oct. 2009, p. 17

- [12] Lafon J.C., Réflexions sur les aspects temporels de la physiologie acoustique, Bulletin d'Audiophonologie, Annales scientifiques médecine et pharmacie, n°3&4, Monographie 168, 1997, p. 47
- [13] Dupret J.P., Lefevre F., A new Approach to Signal Processing for the Severely Hearing Impaired. 3rd Annual Conference of the American Academy of Audiology (poster session), Denver, CO, April 1991
- [14] Moore B. C. J., Introduction to the Psychology of hearing, Academic Press, 1982
- [15] Rosen S., Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 336, 1992, p. 367-373
- [16] Houtgast T., Steeneken H.J.M., A review of the MTF-concept in room acoustics., Journal Acoustical Society of America, Vol 77, 1985, p. 1069-1077
- [17] Berry R.C. Katz S.J., Speech modulated noise, 81nd Meeting of Acoustical Society of America, 1971
- [18] Marine Ardoint , Christian Lorenzi, Effects of lowpass and highpass filtering on the intelligibility of speech based on temporal fine structure or envelope cues, 2009
- [19] Smith Z. M., Delgutte B., et Oxenham A. J., Chimaeric sounds reveal dichotomies in auditory perception », Nature 416, 2002, p. 87-90
- [20] Shannon R. V., Zeng F. G., Kamath V., Wygonski J., et Ekelid M., Speech recognition with primarily temporal cues, Science 270, 1995, p. 303-304
- [21] Renard C., Le renforcement phonétique dans les aides auditives numériques. Les cahiers de l'audition. Vol. 13. n°5, 2000, p. 11-12
- [22] Vernon L., L'audition dans le chaos, édition MASSON, 2008
- [22a] *Chapitre 2, A la lumière du chaos, parlons du bruit*, p. 23
- [22b] *Chapitre 10, Les circuits fonctionnels du tronc cérébral*, p. 132-133
- [23] X. GODIVIER, La résonance stochastique dans la transmission non linéaire du signal, Thèse pour le grade de Docteur en Université de Sciences de l'Ingénieur, 1997
- [24] Lane, H. & Tranel, B., The Lombard sign and the role of hearing in speech. Journal of Speech and Hearing Research, Vol. 14, 1971, p. 677-709
- [25] Botte M. C., Canévet G., Demany L., Sorin C., Psychoacoustique et perception auditive, édition INSERM, 1989, *Perception de la parole continue*, p. 136
- [26] Cherry E.C., Some experiments in the recognition of speech with one or two ears. Journal of the Acoustical Society of America. Vol 25, 1953, p. 975-79
- [27] Van Noorden, L., Temporal coherence in the perception of tonal sequences. Ph.D. dissertation. Eindhoven University of Technology, 1975, Leiden (The Netherlands)
- [28] Grimault N., Micheyl C., Carlyon R.P., Artaud P., Collet K., Perceptual auditory stream segregation of sequences of complex sounds in subjects with normal and impaired hearing, British Journal of Audiology 35, 2001, p. 173-82
- [29] Dan Gnansia, Intelligibilité dans le bruit et démarquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires, Les cahiers de l'audition. Vol 22. Nov/déc. 2009, p. 15-42
- [30] Duquesnoy A. J., Effect of a single interfering noise or speech source upon the binaural sentence intelligibility of aged persons, Journal Acoustical Society of America 74, 1983, p. 739-743

- [31] Festern J. M., and Plomb R., Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing, *Journal Acoustical Society of America* 88, 1990, p. 1725-1736
- [32] Danhauer J. L. et Leppler J. G., Effects of four noise competitors on the California Consonant Test », *Journal Speech, Hear Visors.* 44, 1979, p. 354-362
- [33] Howard-Jones P.A. et Rosen S., The perception of Speech in Fluctuating Noise, *Acustica* 78, 1993, p. 258-272
- [34] Cooke M. et Ellis D. P. W., The auditory organization of speech and other sources in listeners and computational models, *Speech Communication* 35, 2001, p. 141-177
- [35] Cooke M., Glimpsing speech, *J. Phonetics*, 31, 2003, p. 579-584
- [36] Peters R. W., Moore B. C. J. et Baer T., Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people, *Journal Acoustical Society of America* 103, 1998, p. 577-587
- [37] Nelson P.B., Jin S. H., Carney A. E. et Nelson D. A., Understanding speech in modulated interference : cochlear implant users and normal-hearing listeners, *Journal Acoustical Society of America* 113, 2003, p. 961-8
- [38] Quin M. K. et Oxenham A. J., Effect of simulated cochlear-implant processing on speech reception in fluctuating maskers, *Journal Acoustical Society of America* 114, 2003, p. 446-454
- [39] Hopkins K., Moore B. C. J. et Stone M. A., Effect of moderate cochlear hearing loss on the ability to benefit from temporal fine structure information in speech, *Journal Acoustical Society of America* 123, 2008, p. 1140-1153
- [40] Young E. D. et Sachs M.B., Representation of steady-state vowels in the temporal aspects of the discharge patterns of populations of auditory-nerve fibers, *Journal Acoustical Society of America* 66, 1979, p. 1381-1403
- [41] Jonhson D. H., The relationship between spike rate and synchrony in responses of auditory-nerve fibers to single tones, *Journal Acoustical Society of America* 68, 1980, p. 1115-1122
- [42] Lantin P., Cours sur la compression, D. E. d'audioprothèse 1ère année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012
- [43] WIDEX, Le son et l'audition, WIDEX, 2007, *Chapitre 8, Le traitement du signal*
- [43a] *Temps d'attaque et de recouvrement*, p. 171 à 173
- [43b] *Limitation de la sortie lors de niveaux d'entrée élevés*, p. 174
- [44] Lucarelli F., Cours d'électronique appliqué, D. E. d'audioprothèse 1ère année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012
- [45] Meas L., Etude préliminaire sur le réglage des seuils de compression, Mémoire pour de fin d'étude au D. E. d'audioprothèse, Faculté de pharmacie de Nancy, 2009
- [46] Debes A., Cours d'électronique appliqué, D. E. d'audioprothèse 1ère année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012
- [47] Vlaming M., Concave Curvilinear WDRC: Optimizing the Shape of Compression, article, *Hearing Review*, Sept. 2000
- [48] Olivier C., Interactions des réglages : ce qui est attendu et ce qui est obtenu, Mémoire de fin d'étude au D. E. d'audioprothèse, Faculté de Lyon, 2011

- [49] Clerc M., Spectra Plus : un outil pour l'audioprothésiste?, Mémoire de fin d'étude au D. E. d'audioprothèse, Faculté de Pharmacie de Nancy, 1998
- [50] Friant P., Cours sur les méthodes de présélection, D. E. d'audioprothèse 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013
- [51] Collège National d'Audioprothèse, Précis d'audioprothèse, L'appareillage de l'adulte, Tome II Le Choix Prothétique, Les Editions du Collège National d'Audioprothèse, 1999
- [51a] *Chapitre 2, Historique des méthodes de choix prothétiques*, p. 61-76
- [51b] *Chapitre 7, Les méthodes supraliminaire, IV. La méthode DSL*, p. 164
- [51c] *Chapitre VIII, Présentation détaillée du pré-réglage*, Renard. X, p. 207-223
- [52] Girault A., Cours d'initiation aux méthodologies de présélection, D. E. d'audioprothèse 2ème année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2013
- [53] Dodelé L., L'audiométrie vocale en présence de bruit et le test AVfB, Les cahiers de l'audition, vol. 13, n° 5 et 6, septembre-décembre 2000
- [54] Rumeau C., Cours sur l'anatomie de l'oreille externe, D. E. d'audioprothèse 1ère année, Faculté de Pharmacie de Nancy, 2012
- [55] Feddersen, W. E., Sandel, T. T., Teas, D. C., Jeffress, Localization of high-frequency tones, Journal of the Acoustical Society of America, Vol 29, L.A, 1957

Maître de mémoire : M. Christian RENARD



Université de Lorraine
Faculté de pharmacie

Etude qualitative des effets des paramètres de
compression sur la transmission des sons de
parole et de bruit par une aide auditive de
dernière génération

Annexes

Année 2015

Annexes

Annexe n°1 : Compte rendu des réglages

Programme 1 (Universal)	
Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 35 38 38 30 3 20 -4	Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 7 17 25 32 35 36 34 32 31 32 34 35 38 40 32 3 20 -4
MPO (dB) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 -21 -21 -15 -15 -12 -12 -12 -12 -15 -15 -15 -15 -9 -9 -9	MPO (dB) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 -21 -21 -18 -18 -12 -12 -12 -12 -18 -18 -18 -18 -15 -15
Gain des sons faibles 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 35 38 38 30 3 20 -4	Gain des sons faibles 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 7 17 25 32 35 36 34 32 31 32 34 35 38 40 32 3 20 -4
Gain des sons moyens 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 9 17 24 27 28 26 25 24 24 26 28 30 30 23 1 20 -5	Gain des sons moyens 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 10 17 23 27 28 26 24 23 24 25 26 29 31 24 1 20 -5
Gain des sons forts 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 1 4 10 16 20 20 18 17 17 17 18 20 22 22 17 0 20 -5	Gain des sons forts 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 2 5 10 15 19 19 18 15 15 16 17 17 20 23 17 0 20 -5
CK1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 35 45 47 45 41 39 37 33 31 31 30 30 32 30 29 29 30 30 19 20 30 29	CK1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 35 45 47 45 41 39 37 33 31 31 30 30 32 30 29 29 30 30 19 20 30 29
CR1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78	CR1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78
CM 1 2 3 4 5 6 7 8 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 9 10 11 12 13 14 15 16 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 17 18 19 20 Duale Duale Duale Duale	CM 1 2 3 4 5 6 7 8 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 9 10 11 12 13 14 15 16 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 17 18 19 20 Duale Duale Duale Duale
CK2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 50 60 62 60 56 54 52 48 48 46 45 45 47 45 44 44 45 45 19 20 45 44	CK2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 50 60 62 60 56 54 52 48 48 46 45 45 47 45 44 44 45 45 19 20 45 44

Programme 1 (Universal)

CR2											CR2										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,65	1,60	1,78	1,78	2,21	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	1,65	1,60	1,87	1,87	2,21	2,21	2,21	2,21	2,39	2,39	2,12
12	13	14	15	16	17	18	19	20			12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1,92	2,00	2,00	2,17	2,17	2,17	2,17	2,78	2,78			2,12	2,37	2,37	2,42	2,42	2,42	2,42	2,78	2,78		
Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off											Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off										
Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off											Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off										
Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo											Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo										
Microphone TruEar : on Directional : off											Microphone TruEar : on Directional : off										
Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone											Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone										

Programme 2 (Universal)

<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 36 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 17 24 31 35 36 34 31 30 32 33 35 38 39 31 3 20 -4</p>
<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 -21 -21 -15 -15 -12 -12 -12 -12 -15 -15 -15 -15 -9 -9 -9</p>	<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 -21 -21 -18 -18 -12 -12 -12 -12 -18 -18 -18 -18 -15 -15</p>
<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 36 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 17 24 31 35 36 34 31 30 32 33 35 38 39 31 3 20 -4</p>
<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 8 17 23 27 28 26 25 25 26 28 30 30 23 1 20 -5</p>	<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 10 16 22 26 27 25 23 22 23 25 26 29 31 24 1 20 -5</p>
<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 4 10 16 20 20 18 17 17 17 18 20 22 22 17 0 20 -5</p>	<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1 1 1 4 9 14 18 18 17 15 14 15 16 17 20 22 17 0 -5</p>
<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 19 20 20 20</p>	<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 19 20 20 20</p>
<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78</p>	<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78</p>
<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 9 10 11 12 13 14 15 16 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 17 18 19 20 Duale Duale Duale Duale</p>	<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 9 10 11 12 13 14 15 16 Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale Duale 17 18 19 20 Duale Duale Duale Duale</p>
<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 19 20 65 65</p>	<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 19 20 65 65</p>

Programme 2 (Universal)

<p>CR2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92</p> <p>12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78</p>	<p>CR2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12</p> <p>12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78</p>
<p>Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off</p>	<p>Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off</p>
<p>Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off</p>	<p>Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off</p>
<p>Traitement du signal</p> <p>Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max</p> <p>SoundSmoothing: off</p> <p>eWindScreen : off</p> <p>Anti-Larsen : turbo</p>	<p>Traitement du signal</p> <p>Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max</p> <p>SoundSmoothing: off</p> <p>eWindScreen : off</p> <p>Anti-Larsen : turbo</p>
<p>Microphone</p> <p>TruEar : on Directional :off</p>	<p>Microphone</p> <p>TruEar : on Directional :off</p>
<p>Signal d'entrée</p> <p>Signal d'entrée : Microphone</p>	<p>Signal d'entrée</p> <p>Signal d'entrée : Microphone</p>

Programme 3 (Universal)

<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 36 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 17 24 31 35 36 34 31 30 32 33 35 38 39 31 3 20 -4</p>
<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 -21 -21 -15 -15 -12 -12 -12 -12 -15 -15 -15 -15 -9 -9 -9</p>	<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 -21 -21 -18 -18 -12 -12 -12 -12 -18 -18 -18 -18 -15 -15</p>
<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 36 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 17 24 31 35 36 34 31 30 32 33 35 38 39 31 3 20 -4</p>
<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 8 17 23 27 28 26 25 25 26 28 30 30 23 1 20 -5</p>	<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 10 16 22 26 27 25 23 22 23 25 26 29 31 24 1 20 -5</p>
<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 1 4 10 16 20 20 18 17 17 17 18 20 22 22 17 0 20 -5</p>	<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1 1 1 1 4 9 14 18 18 17 15 14 15 16 17 20 22 17 0 -5</p>
<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 19 20 20 20</p>	<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 19 20 20 20</p>
<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78</p>	<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78</p>
<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll.</p>	<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll.</p>
<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 19 20 65 65</p>	<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 19 20 65 65</p>

Programme 3 (Universal)

CR2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,85 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78	CR2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,85 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78
Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off	Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off
Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off	Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off
Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo	Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo
Microphone TruEar : on Directional :off	Microphone TruEar : on Directional :off
Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone	Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone

Programme 4 (Universal)

<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 35 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Courbes de réponse Gain (dB): 20 dB</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 7 17 25 32 35 36 34 32 31 32 34 35 38 40 32 3 20 -4</p>
<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 -21 -21 -15 -15 -12 -12 -12 -12 -15 -15 -15 -15 -9 -9 -9</p>	<p>MPO (dB)</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 -21 -21 -18 -18 -12 -12 -12 -12 -18 -18 -18 -18 -15 -15</p>
<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 6 15 25 31 35 35 33 32 32 32 33 35 38 38 30 3 20 -4</p>	<p>Gain des sons faibles</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 2 7 17 25 32 35 36 34 32 31 32 34 35 38 40 32 3 20 -4</p>
<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 9 17 24 27 28 26 25 24 24 26 28 30 30 23 1 20 -5</p>	<p>Gain des sons moyens</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 3 10 17 23 27 28 26 24 23 24 25 26 29 31 24 1 20 -5</p>
<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 1 4 10 16 20 20 18 17 17 17 18 20 22 22 17 0 20 -5</p>	<p>Gain des sons forts</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 1 1 2 5 10 15 19 19 18 15 15 16 17 17 20 23 17 0 20 -5</p>
<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 35 45 47 45 41 39 37 33 31 31 30 30 32 30 29 29 30 30 19 20 30 29</p>	<p>CK1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 35 45 47 45 41 39 37 33 31 31 30 30 32 30 29 29 30 30 19 20 30 29</p>
<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,78 1,78 2,21 2,00 2,00 2,00 2,00 1,92 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1,92 2,00 2,00 2,17 2,17 2,17 2,17 2,78 2,78</p>	<p>CR1</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1,65 1,60 1,87 1,87 2,21 2,21 2,21 2,21 2,39 2,39 2,12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 2,12 2,37 2,37 2,42 2,42 2,42 2,42 2,78 2,78</p>
<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll.</p>	<p>CM</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll. Syll.</p>
<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 50 60 62 60 56 54 52 48 46 46 45 45 47 45 44 44 45 45 19 20 45 44</p>	<p>CK2</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 50 60 62 60 56 54 52 48 46 46 45 45 47 45 44 44 45 45 19 20 45 44</p>

Programme 4 (Universal)

CR2											CR2										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,65	1,60	1,78	1,78	2,21	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,92	1,65	1,60	1,87	1,87	2,21	2,21	2,21	2,21	2,39	2,39	2,12
12	13	14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
1,92	2,00	2,00	2,17	2,17	2,17	2,17	2,78	2,78	2,12	2,37	2,37	2,42	2,42	2,42	2,42	2,78	2,78				
Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off											Fonction Tinnitus Traitement anti-acouphène : off										
Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off											Compression fréquentielle Compression fréquentielle : off										
Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo											Traitement du signal Emergence Directionnelle de Parole (EDP) : - Traitement de la parole et du bruit: min, max, max, max SoundSmoothing: off eWindScreen : off Anti-Larsen : turbo										
Microphone TruEar : on Directional : off											Microphone TruEar : on Directional : off										
Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone											Signal d'entrée Signal d'entrée : Microphone										

Annexe n°2 : Listes de paires minimales de Béraha

AUDIOMETRIE VOCALE

Test d'identification phonémique par paires minimales

J.-P. Beraha

Patient

Date												
Audiomètre												
Opérateur	CD 5 piste											
Observations	1 62			2 63			3 64			4 65		
	cil	s		suite	s		grise	z		jute	t	
	sable	s		passe	s		base	z		patte	t	
	sort	s		sourd	s		bouse	z		botte	t	
	biche	ch		ruche	ch		Chine	ch		pique	k	
	tache	ch		châle	ch		cache	ch		pâque	k	
	mouche	ch		broche	ch		choc	ch		loque	k	
	fiche	f		fuite	f		grive	v		pipe	p	
	fard	f		face	f		cave	v		(pipe)	p	
	touffe	f		fort	f		foule	f		râpe	p	
	louche	l		mouche	m					soupe	p	
	/ 10			/ 10			/ 10			/ 10		

Collège National d'Audioprothèse – 2006

Annexe n°3 : Anamnèse de la patiente test, Mlle L.

LABORATOIRE D'AUDIOLOGIE RENARD

Date : _____
N° de dossier : _____ Audio : _____

NOM : L. _____
PRENOM : _____
DATE DE NAISSANCE : _____
ADRESSE : _____
CODE POSTAL : _____ VILLE : _____
TEL. FIXE : _____ PORTABLE : _____ MAIL : _____

NOM DE JEUNE FILLE : _____
SEXE : _____
AGE : _____ PARKING

Domicile sans aide Domicile avec aide (remplir annexes SAMID) Etablissement Gériatrique (remplir annexes SAMID) Etablissement Spécialisé (remplir annexes SAMID)

SECURITE SOCIALE : _____ ADRESSE : _____
N° : _____
MUTUELLE : _____ ADRESSE : _____
N° : _____
AUTRE ORGANISME : _____ ADRESSE : _____

PRESCRIPTION DU DOCTEUR : _____ VILLE : _____
MEDECIN TRAITANT : _____ VILLE : _____
ACCOMPAGNANTS : _____

I - RENSEIGNEMENTS PERSONNELS

1 - EXERCICES PROFESSIONNELS

A - Activité
En activité retraité chômeur sans emploi
Incapacité de travail motif : _____
Dernière profession exercée : audioprothésiste

B - Exposition aux bruits
Type de bruit : _____
Type de spectre : RAS
Nombre d'années d'exercice professionnel : _____
Nombre d'années d'exposition au bruit : _____
Durée journalière d'exposition : _____

Profession précédente : Job d'été, à la chaîne
Exposition aux bruits : peu Perle du Nord
Type de bruit : _____
Type de spectre : RAS
Nombre d'années d'exercice professionnel : _____
Nombre d'années d'exposition au bruit : _____
Durée journalière d'exposition : _____

2 - CONDITIONS DE VIE

A - Habitation
Maison Appartement Calme Bruyant
Nombre de personnes habitant au foyer : 2
Présence d'animaux familiers bruyants : 1 chat peu bruyant.

B - Bruits dans l'environnement
A la maison : _____
Au travail : _____
Détente : _____
Loisirs : Théâtre
Divers : _____

Rue passante

3 - HISTOIRE DE LA SURDITE
Age d'apparition : Enfance
Début de la gêne : _____
Niveau de la gêne globale : moyenne
Gêne oreille droite ++ Gêne oreille gauche ++
Progressivité Stabilité
Tolérance aux bruits forts : limitée
Tolérance aux bruits impulsionnels : mauvaise sans ACA

4 - DIFFICULTES DE COMPREHENSION
Selon le patient Selon les accompagnants
Conversation à deux : fait répéter
En groupe : dit sur les lèvres
En milieu bruyant : _____
Au travail : ok avec ACA
Dans la rue : _____
A la radio : _____
A la télévision : net + fait
Au téléphone : D G
En réunion : _____
Au club du 3ème âge : _____
Autres : _____
Locuteur rapide : _____
S'aide de la labiolecture oui non

Troubles de la localisation sonore spatiale
Qualité de la localisation : _____
Bonne Perturbée Mauvaise

II - RENSEIGNEMENTS MEDICAUX

I - ANTECEDENTS O.R.L.

A - Surdités de transmission :
Otitis : ++ dans l'enfance
Otorrhées : non
Perforation tympanique : non
Sécrétion de cérumen : Légère Moyenne Abondante
Malformation du pavillon ou du CAE : _____
Cholestéatome : _____
Otospongiose : _____
Autres interventions chirurgicales O.R.L. : RAS

B - Surdités de perception endocochléaires :

Presbyacousie : _____
Barotraumatismes : Chasseur Tireur
Surdité brusque : _____
Surdité toxique : _____

C - Surdités de perception rétrocochléaires :

Neurinome : _____
Autres tumeurs : _____

D - Acouphènes OD OG

Périodicité : occasionnel en cas de
Type : stress
Retentissement psychique : _____

E - Vertiges : 3 fois en 8 ans (VPPB)

Périodicité : _____
Type : _____
Retentissement psychique : _____

2 - ANTECEDENTS FAMILIAUX

Côté paternel : grand-mère, 1 tante, 1 cousin DCD
Côté maternel : _____

Collatéraux : _____

3 - AUTRES ANTECEDENTS

Maladies : _____
Rhumatismes : _____
Perte de sensibilité tactile : _____
Handicap moteur : _____
Tremblements : _____ Parkinson : _____
Interventions chirurgicales : 3 arthroscopies

4 - ETAT GENERAL

Qualité de l'état général : bonne
Tension artérielle : bonne
Stabilité de la tension : RAS
Prise d'hypo ou hypertenseurs : _____
Troubles métaboliques : _____
Diabète : _____
Hypercholestérolémie : _____
Médications diverses : aucun
Tranquillisants : _____

Adaptation et port des différentes prothèses :

Appareil dentaire : RAS
Lunettes : oui (lentilles)

Acuité visuelle :

De loin : corrigée non corrigée
De près : corrigée non corrigée
Strabisme Cataracte Glaucome
Opérations : _____

Transpiration: Légère Moyenne Abondante

Nervosité et anxiété : non

Latéralité : Droitier Gaucher

Fatigabilité :

Dans la journée : _____
Le soir : _____
Sieste : _____ Durée : _____

Phénomènes allergiques :

Sensibilité de la peau : _____
à certains vêtements : _____
à certains cosmétiques : _____

Eczéma Psoriasis Démangeaisons
Divers : _____

5 - SUIVI MEDICAL :

Suivi médical par le médecin O.R.L. : _____
Périodicité : _____

Suivi médical par le médecin traitant :

Visite du médecin traitant
Visite chez le médecin traitant
Périodicité : _____

III - APPAREILLAGE AUDITIF PRECEDENT

Jamais appareillé Déjà appareillé
Appareillage au laboratoire
Appareillage extérieur
Date de l'appareillage : A l'âge de 8 ans la première fois
Audioprothésiste : _____

Oreille droite : Port de l'appareil droit
Marque : _____ Permanent
Type : _____ Très fréquent
Numéro : _____ Occasionnel
Réglages : _____ Rarissime
Nul
Embout : _____

Oreille gauche : Port de l'appareil gauche
Marque : _____ Permanent
Type : _____ Très fréquent
Numéro : _____ Occasionnel
Réglages : _____ Rarissime
Nul
Embout : _____

Satisfaction :
Excellente Bonne
Médiocre Nulle

MOTIVATION POUR L'APPAREILLAGE :

OBSERVATIONS :

IV - ORIGINE

STEREALISABLE NON STEREALISABLE
1er APPAREILLAGE RENOUELEMENT

En cas de 1er appareillage préciser la ou les origines :
CLIENT LABO CLIENT MED PRESCRIPT

MED (nom du méd.) : _____
GENE (nom du méd.) : _____
REC (nom) : _____
PLV
PRES (nom du journal) : _____
DIR (nom de l'action) : _____
PARRAINAGE (nom) : _____ n° _____
SITE

Annexe n°4 : Ensemble des représentations temporelles témoignant de l'atténuation du TPB sur différents bruits

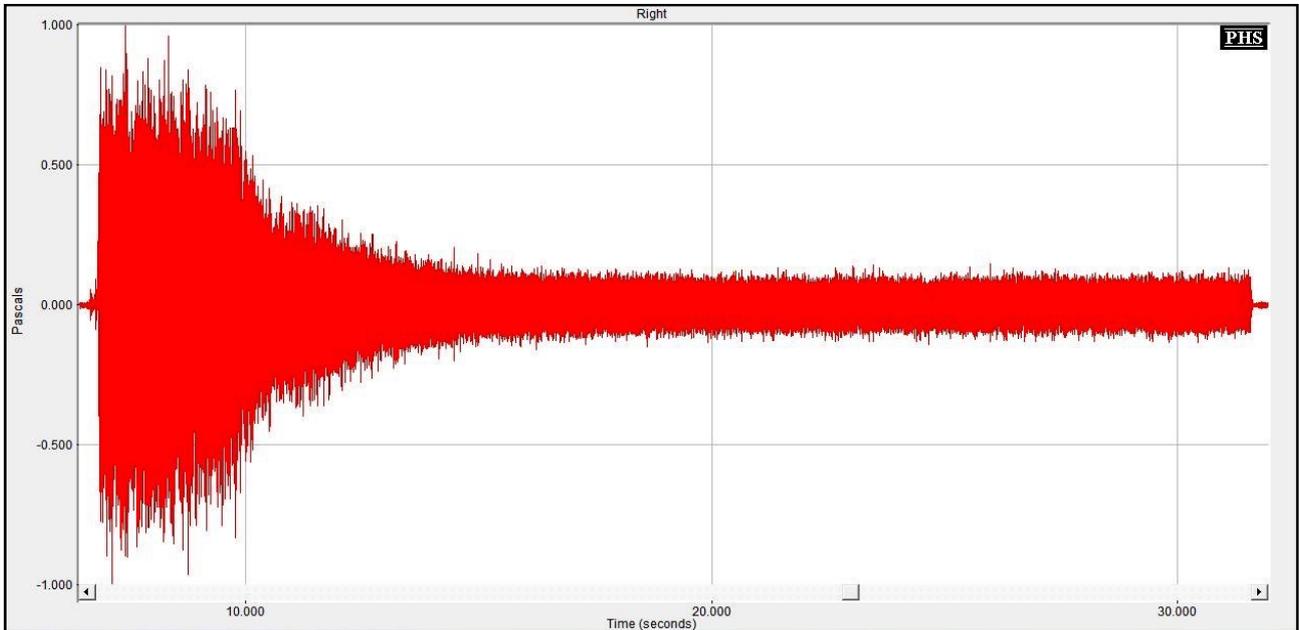


Figure n°122 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit blanc

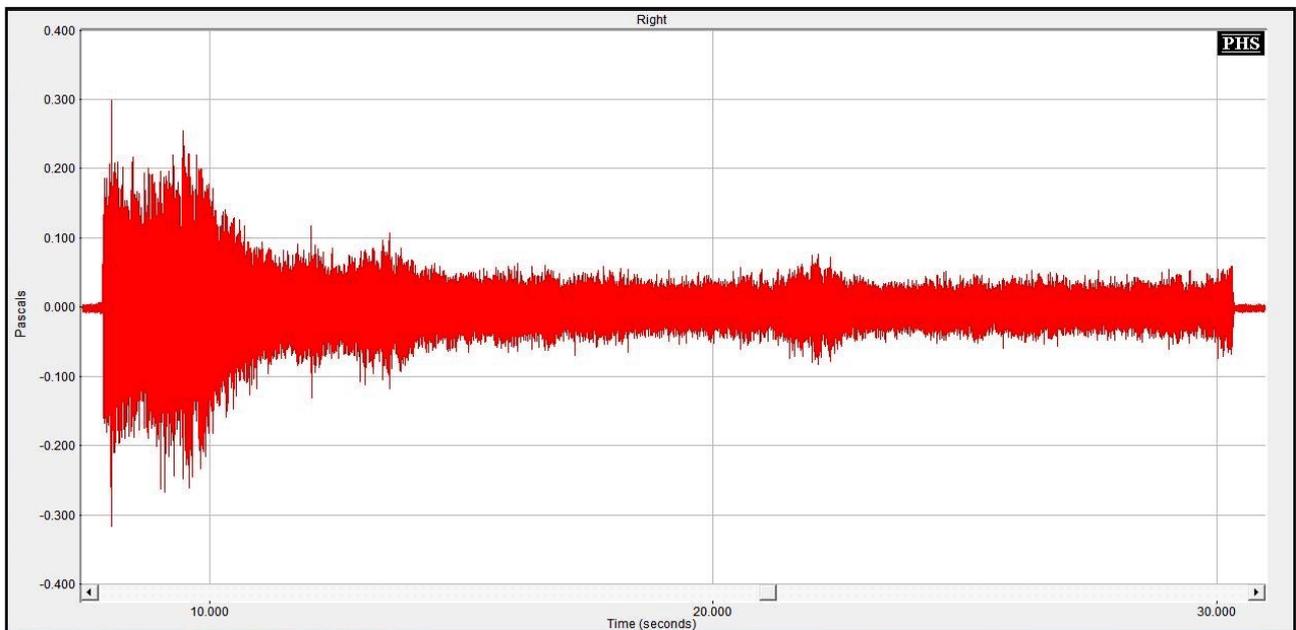


Figure n°123 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit de rame de métro

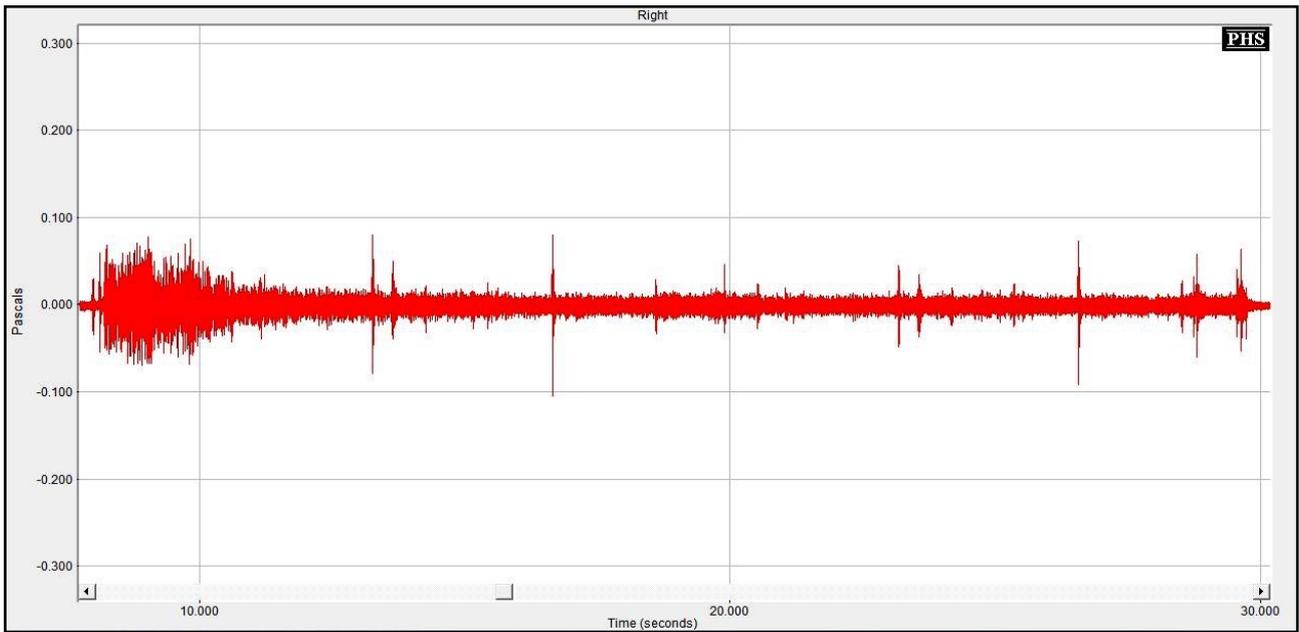


Figure n°124 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit de TGV

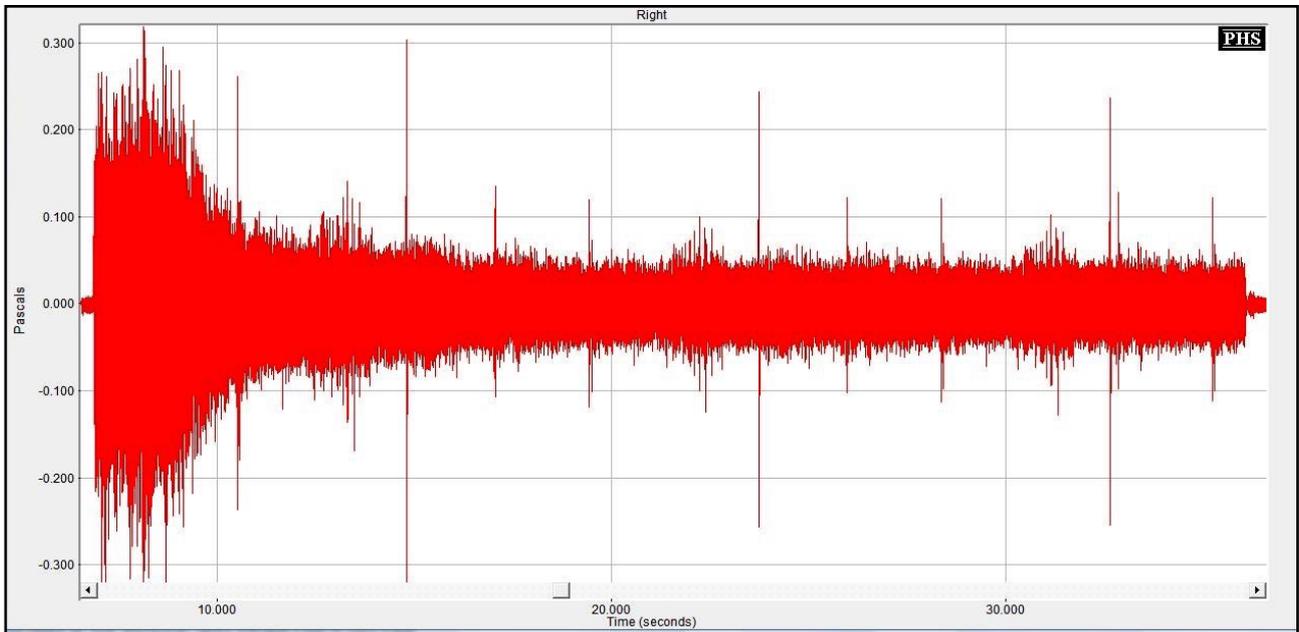


Figure n°125 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit de rue passante

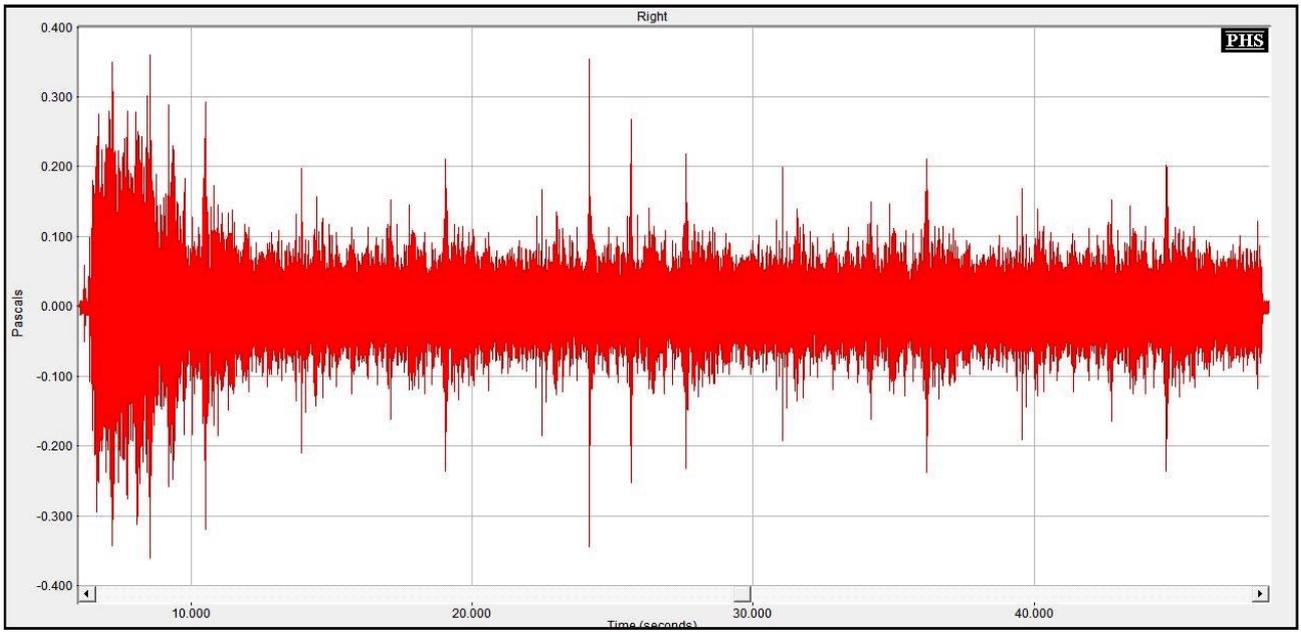


Figure n°126 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur le bruit de restaurant

Annexe n°5 : Ensemble des représentation temporelles correspondant à l'action du TPB sur des sons wobulés

Emission à 50 dB SPL

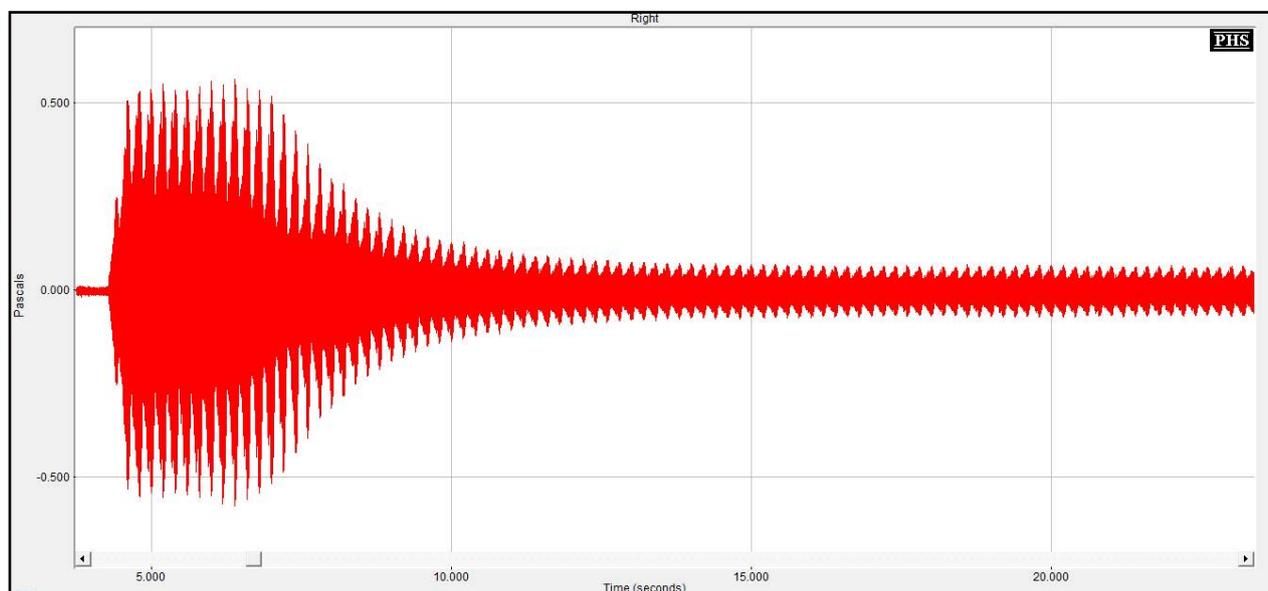


Figure n°127 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 250 Hz, émis à 50 dB SPL

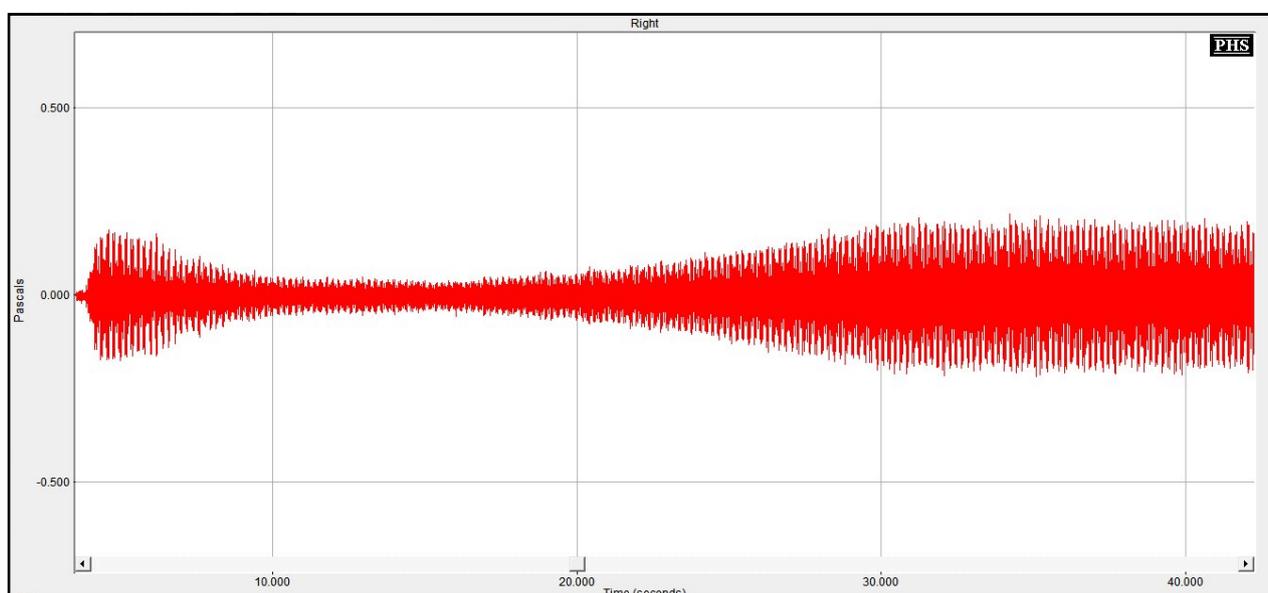


Figure n°128 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 500 Hz, émis à 50 dB SPL

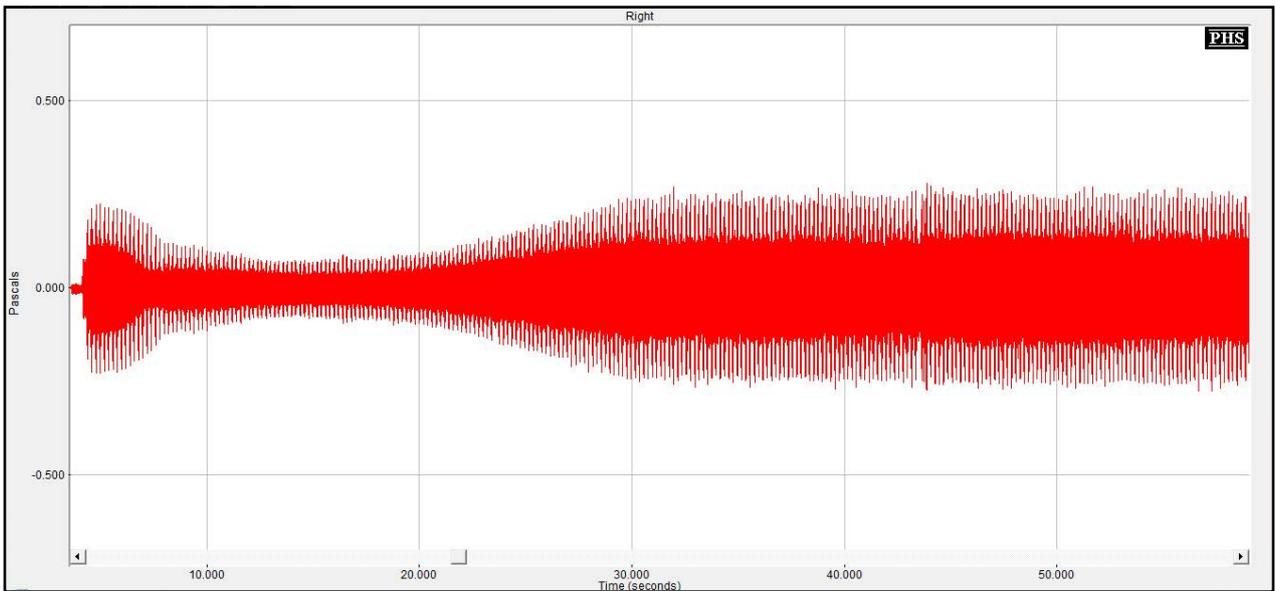


Figure n°129 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 750 Hz, émis à 50 dB SPL

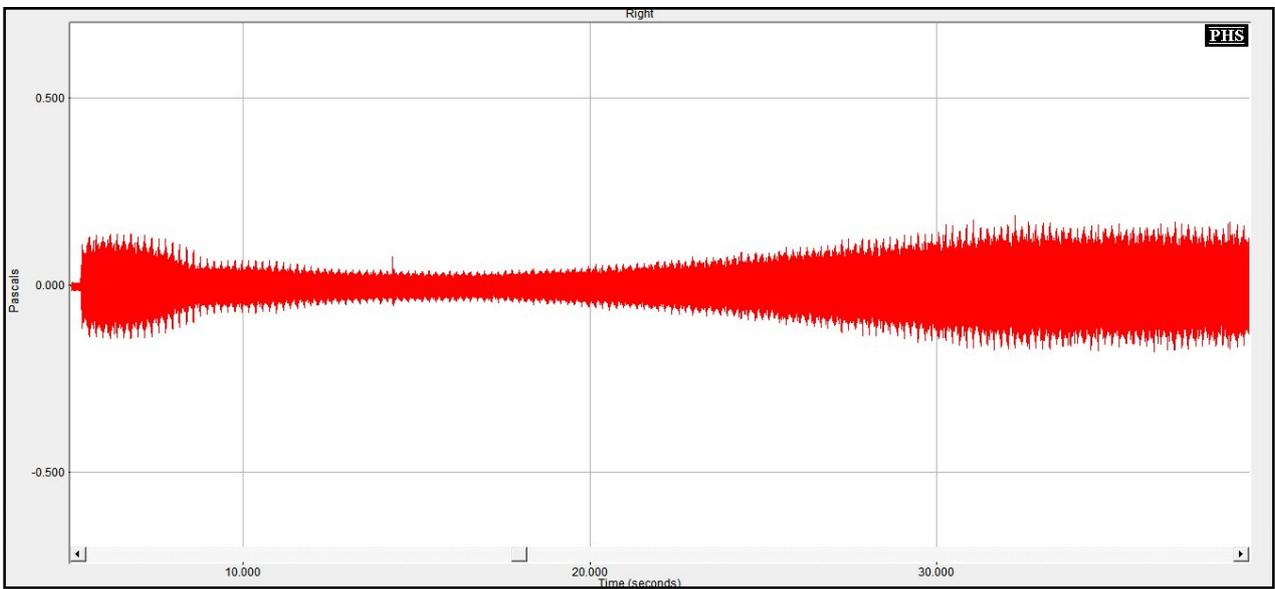


Figure n°130 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 1000 Hz, émis à 50 dB SPL

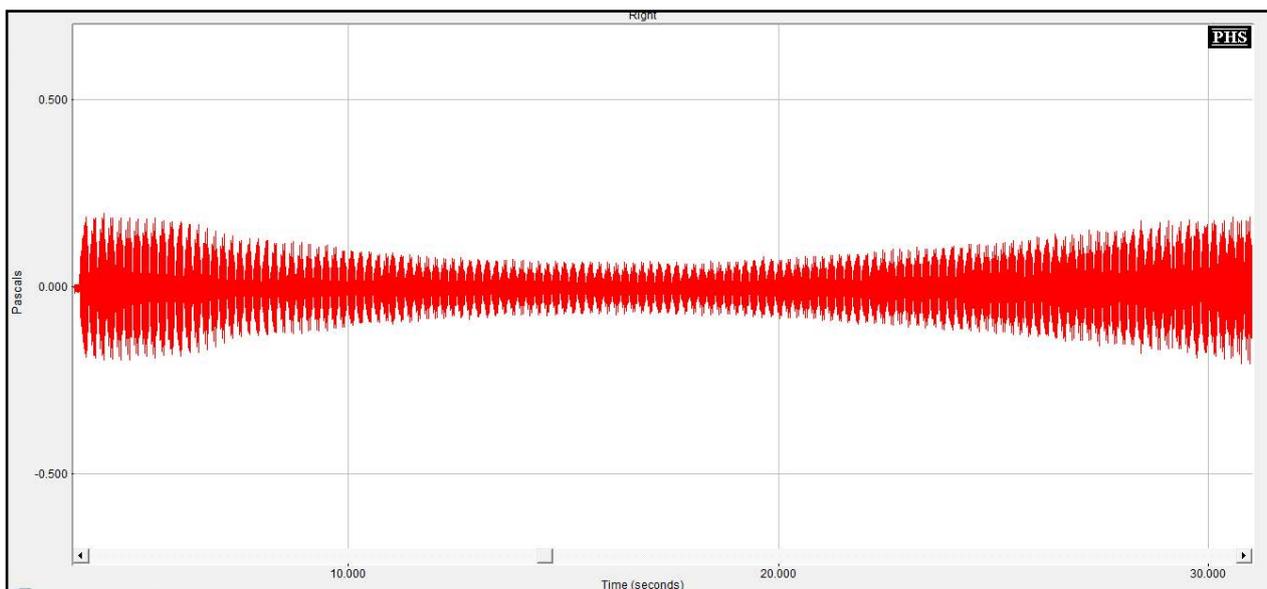


Figure n°131 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 1500 Hz, émis à 50 dB SPL

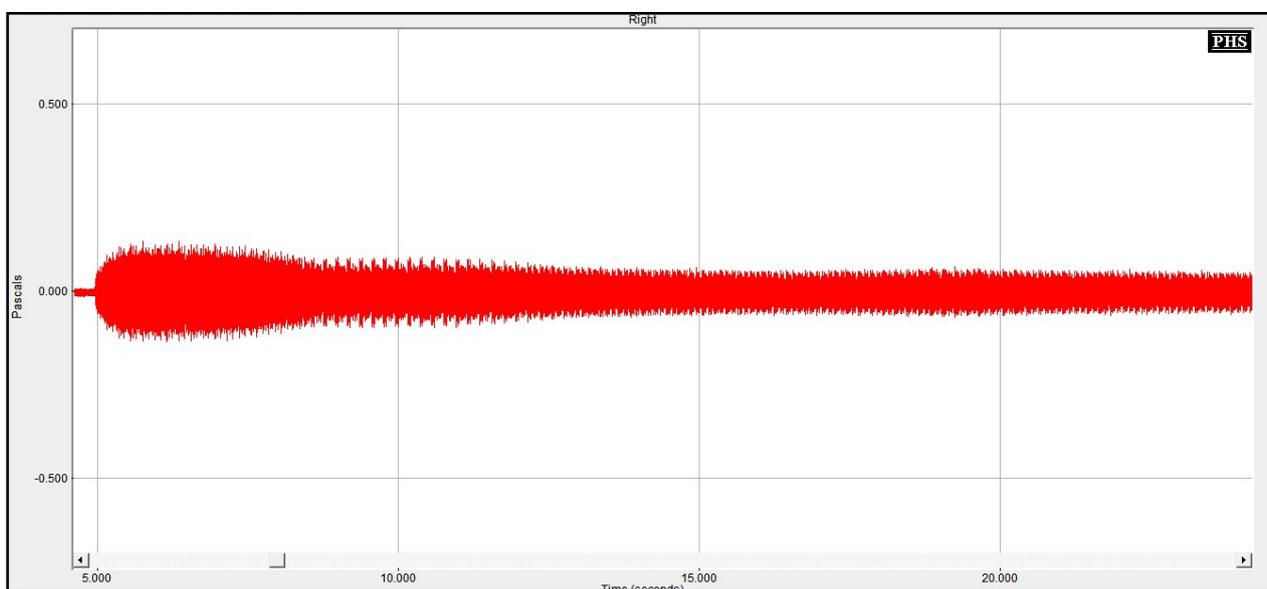


Figure n°132 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 3000 Hz, émis à 50 dB SPL

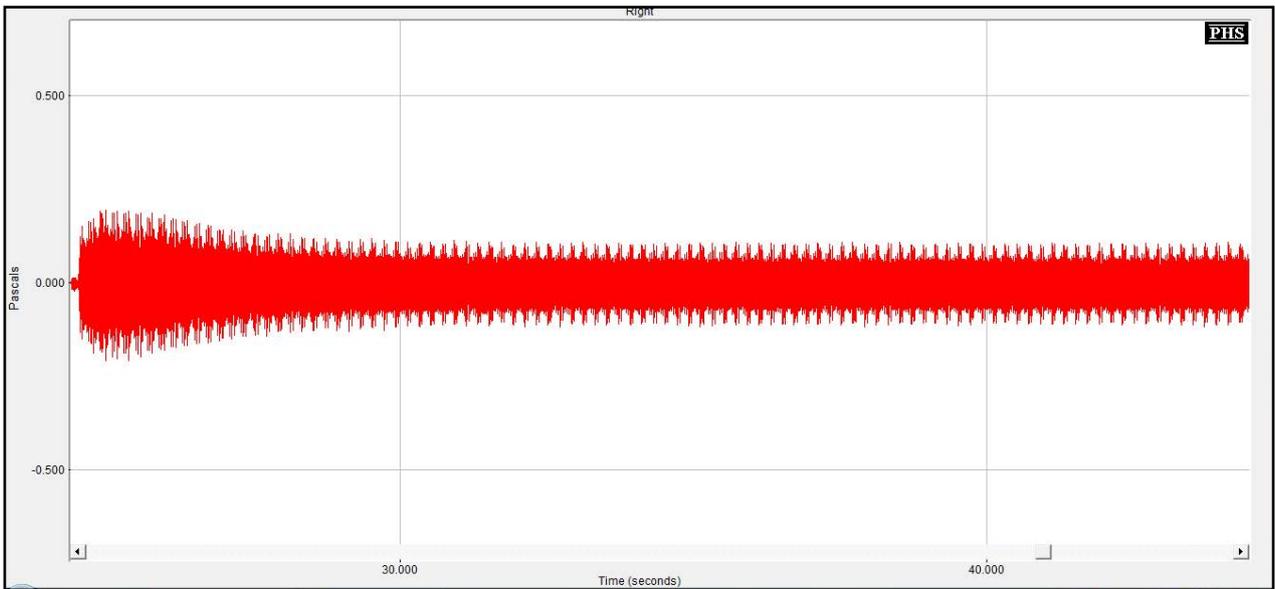


Figure n°133 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 4000 Hz, émis à 50 dB SPL

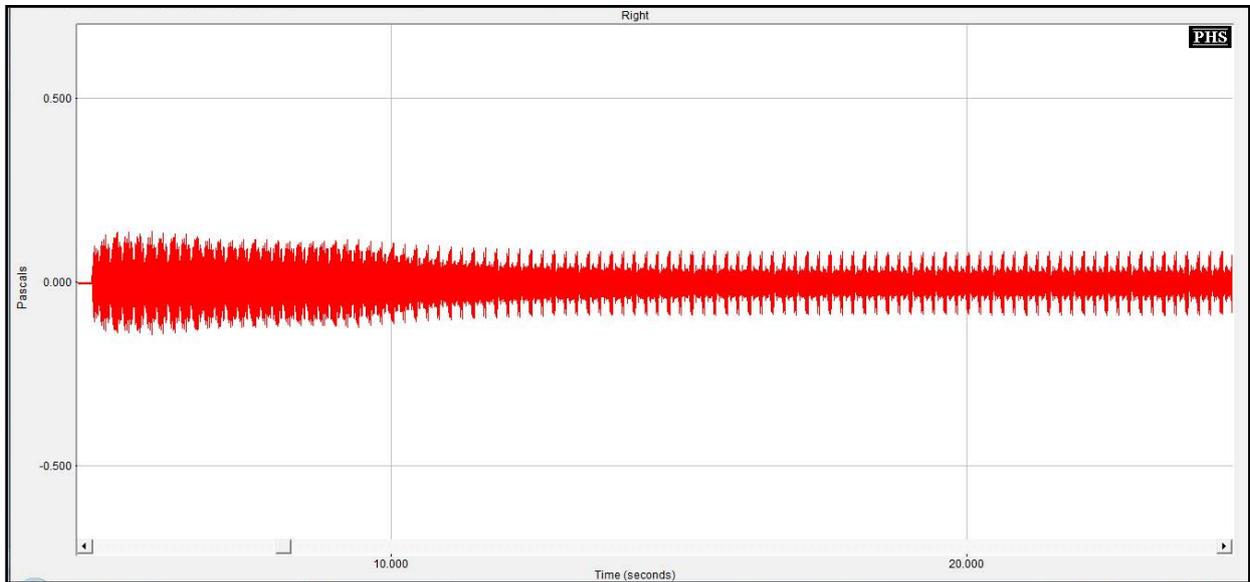


Figure n°134 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 6000 Hz, émis à 50 dB SPL

Emission à 70 dB

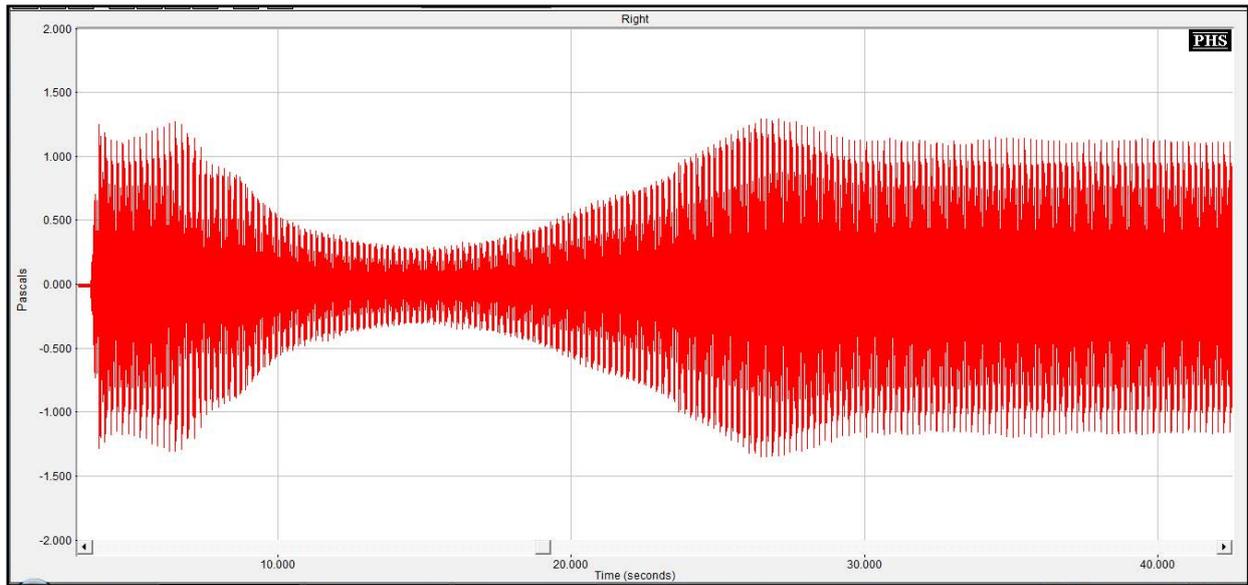


Figure n°135 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 500 Hz, émis à 70 dB SPL

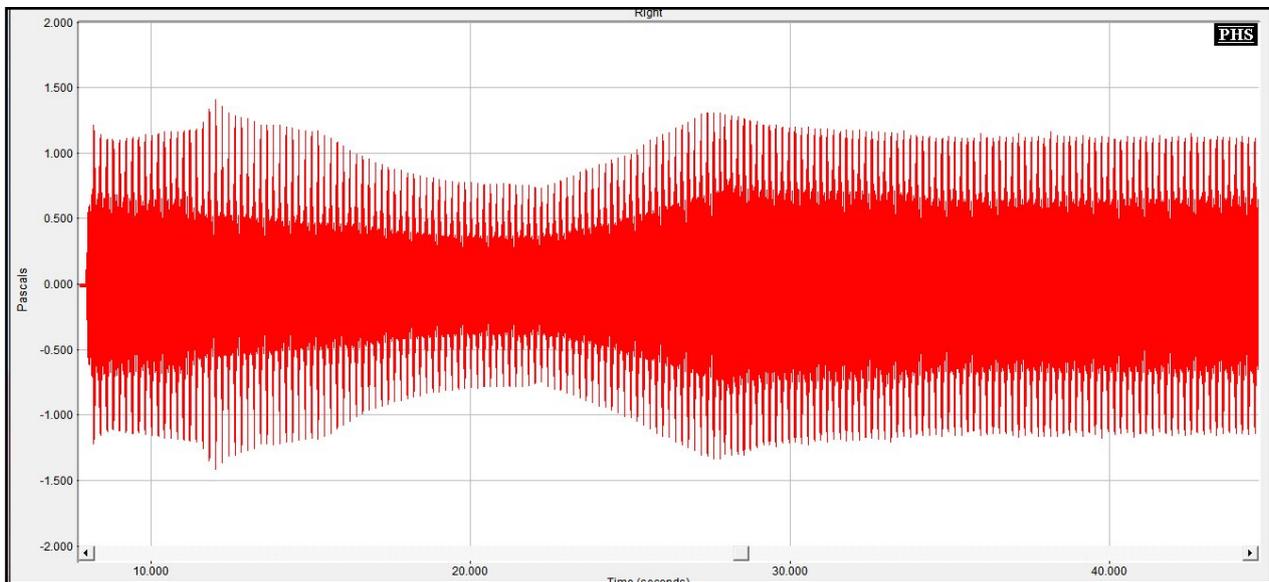


Figure n°136 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 750 Hz, émis à 70 dB SPL

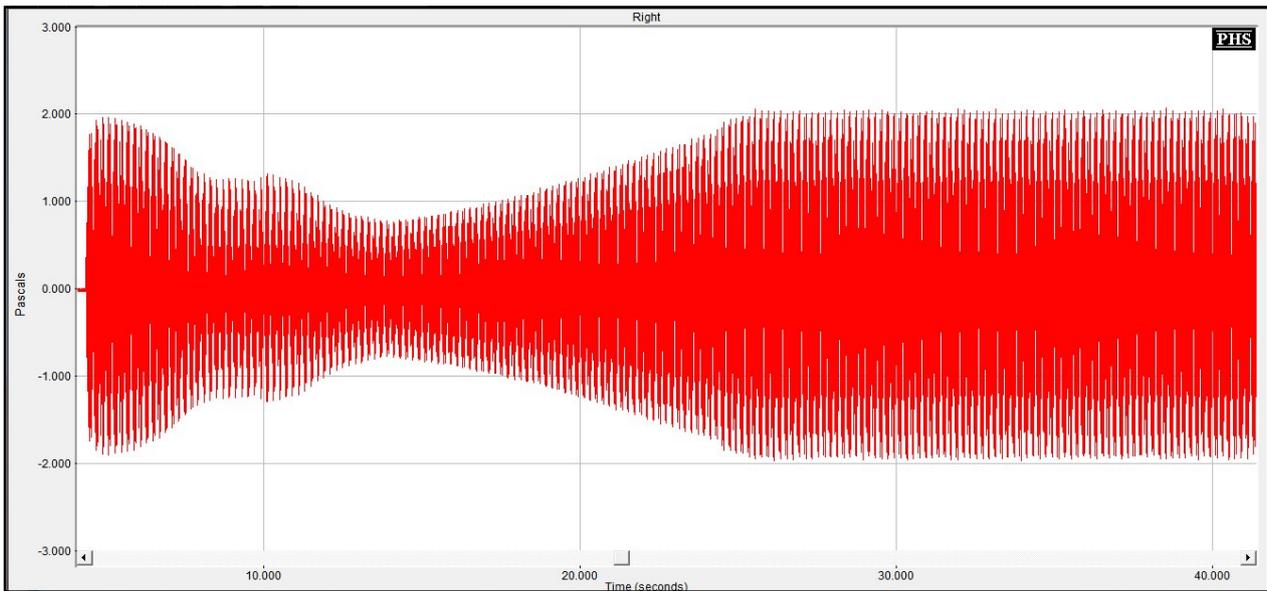


Figure n°137 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 1500 Hz, émis à 70 dB SPL

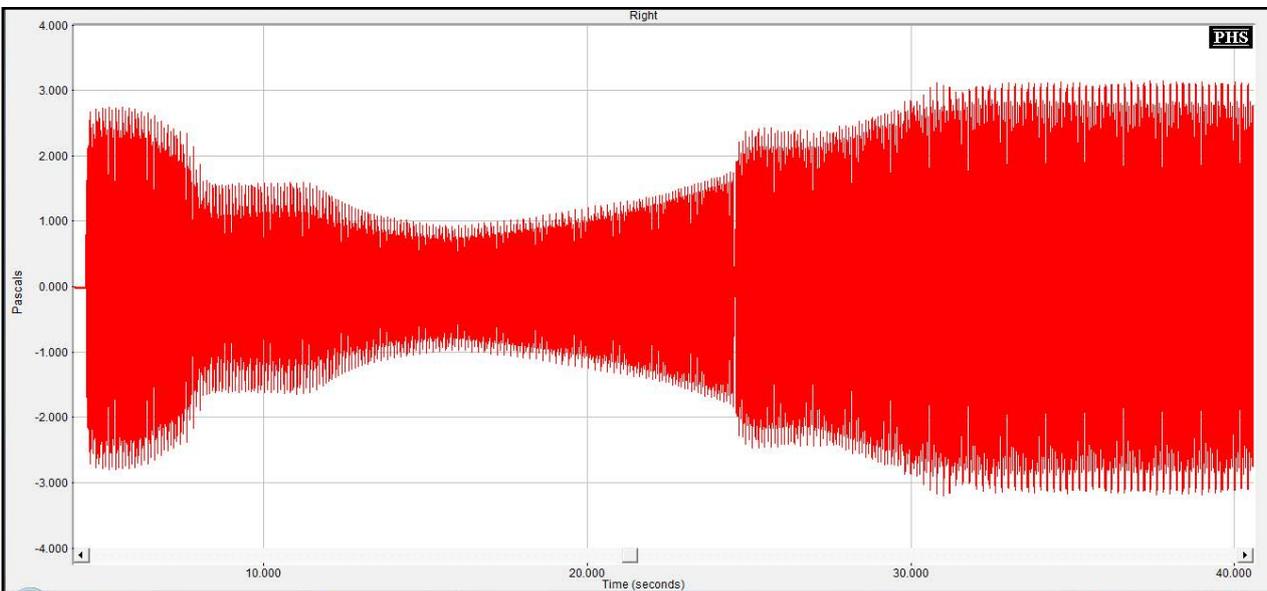


Figure n°138 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 2000 Hz, émis à 70 dB SPL

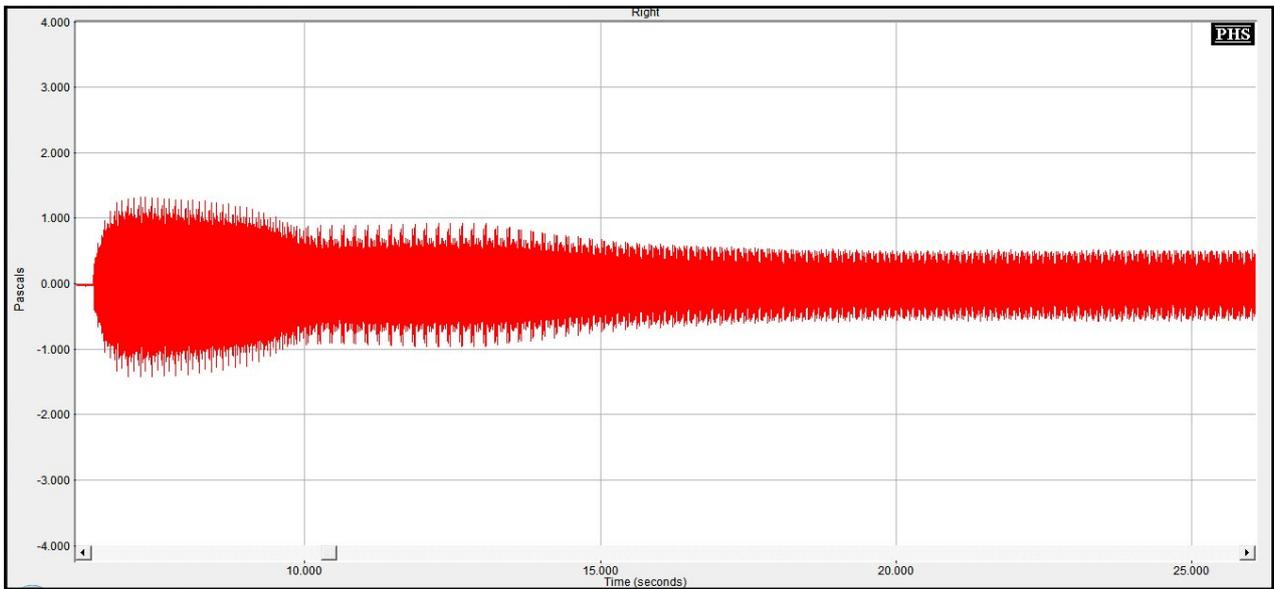


Figure n°139 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 3000 Hz, émis à 70 dB SPL

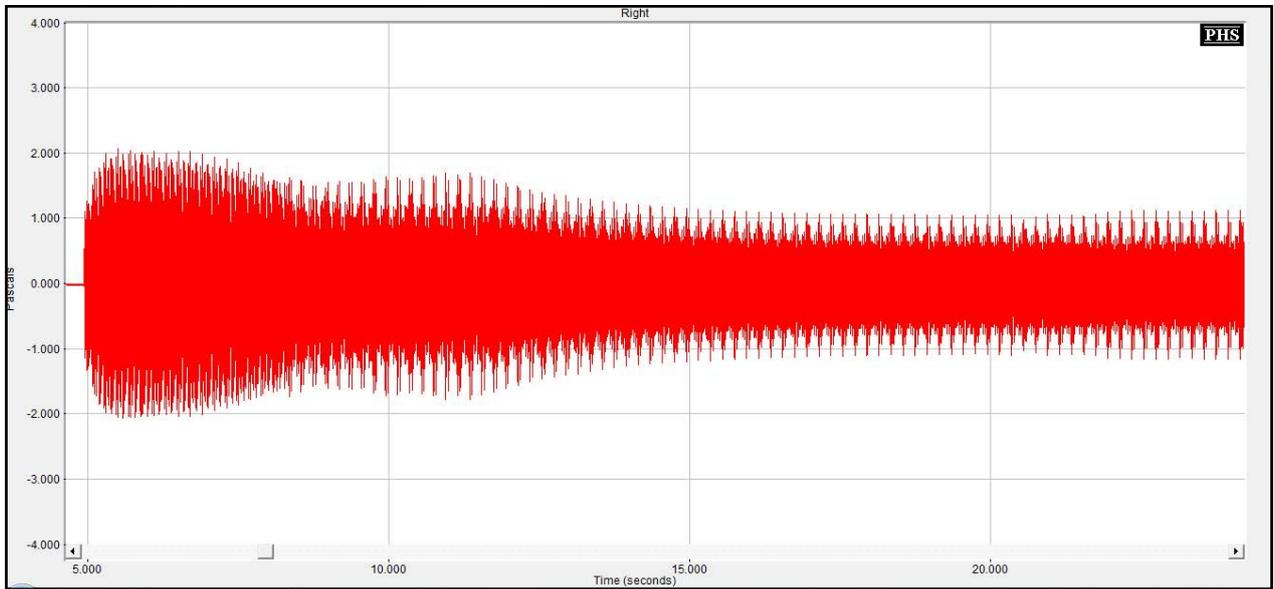


Figure n°140 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 4000 Hz, émis à 70 dB SPL

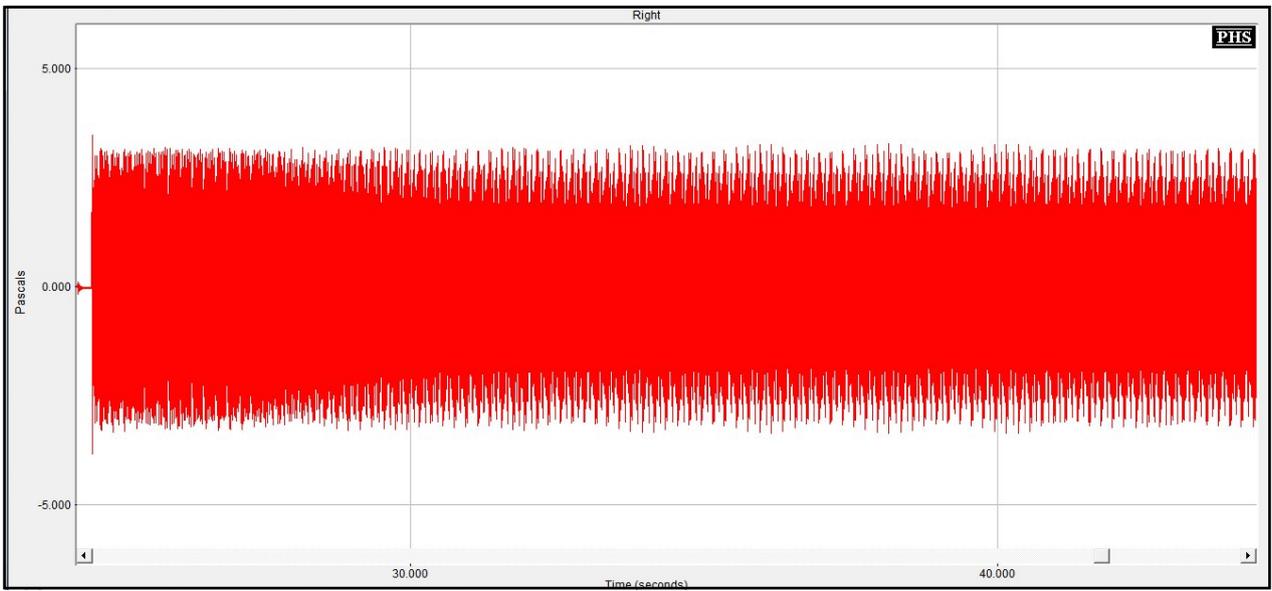


Figure n°141 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un son wobulé de 6000 Hz, émis à 70 dB SPL

Annexe n°6 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation par le TPB d'un bruit blanc émis à différentes intensités

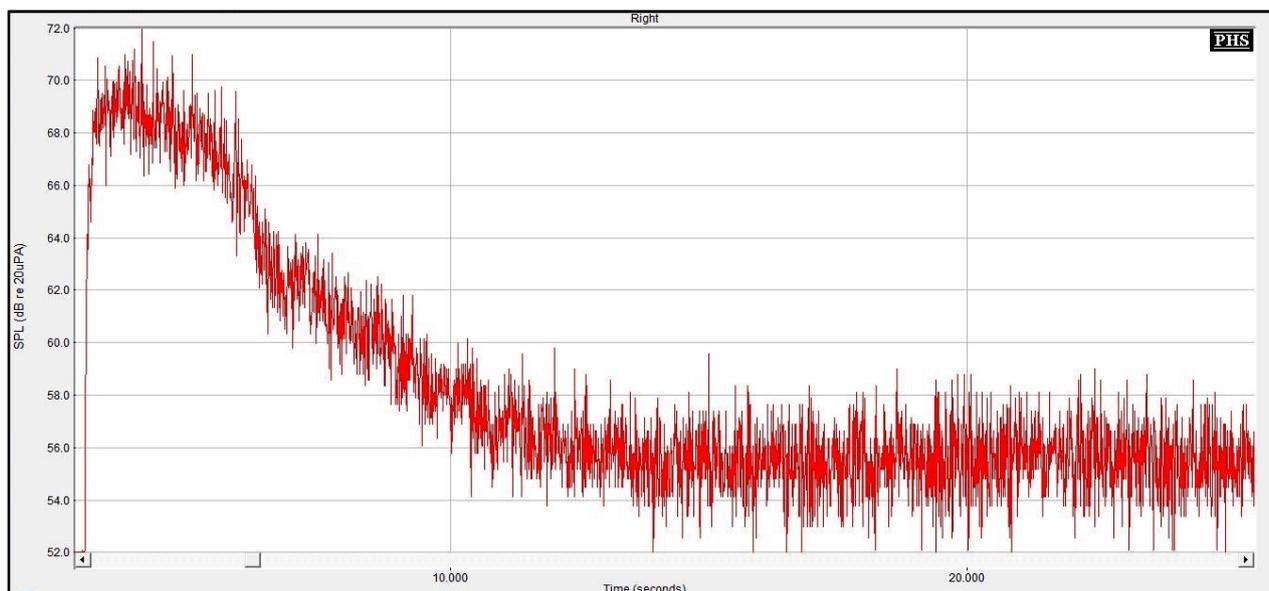


Figure n°142 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc, émis à 45 dB SPL

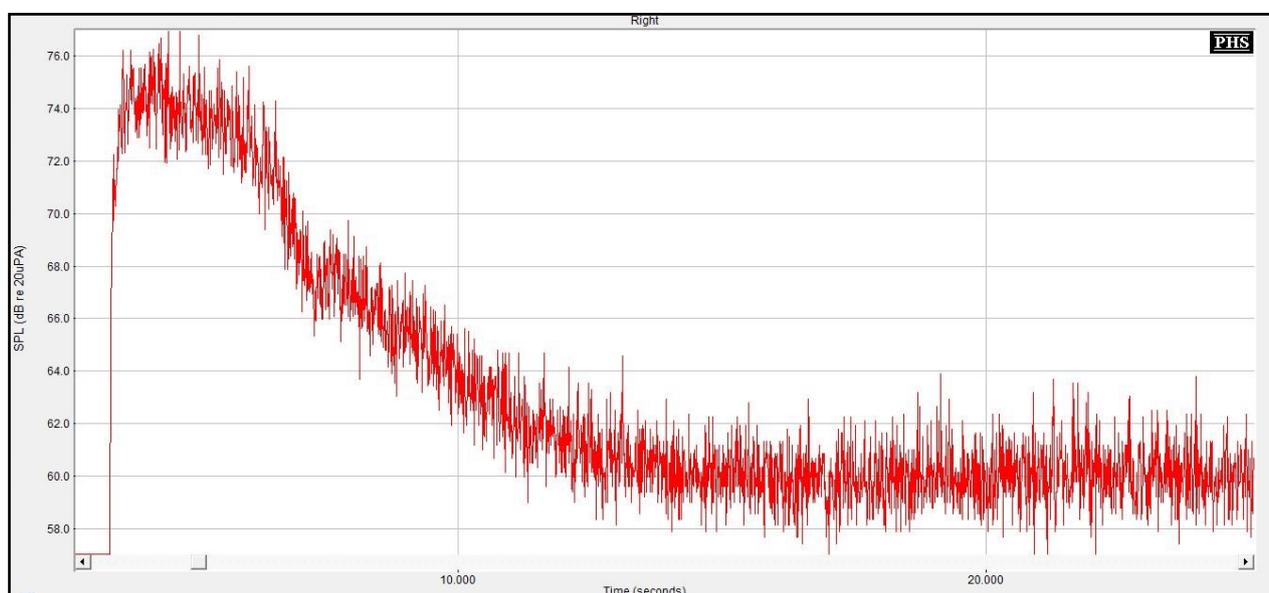


Figure n°143 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc, émis à 50 dB SPL

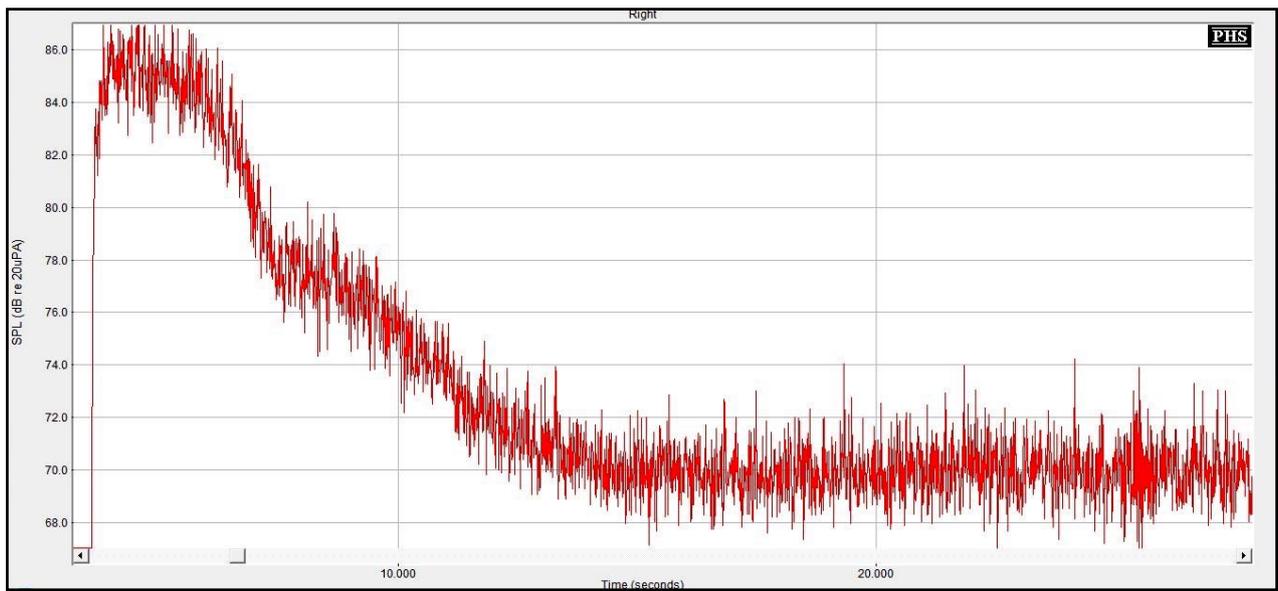


Figure n°144 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc, émis à 60 dB SPL

Annexe n°7 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation par le TPB de différents bruits émis à différentes intensités

Bruit de rame de métro

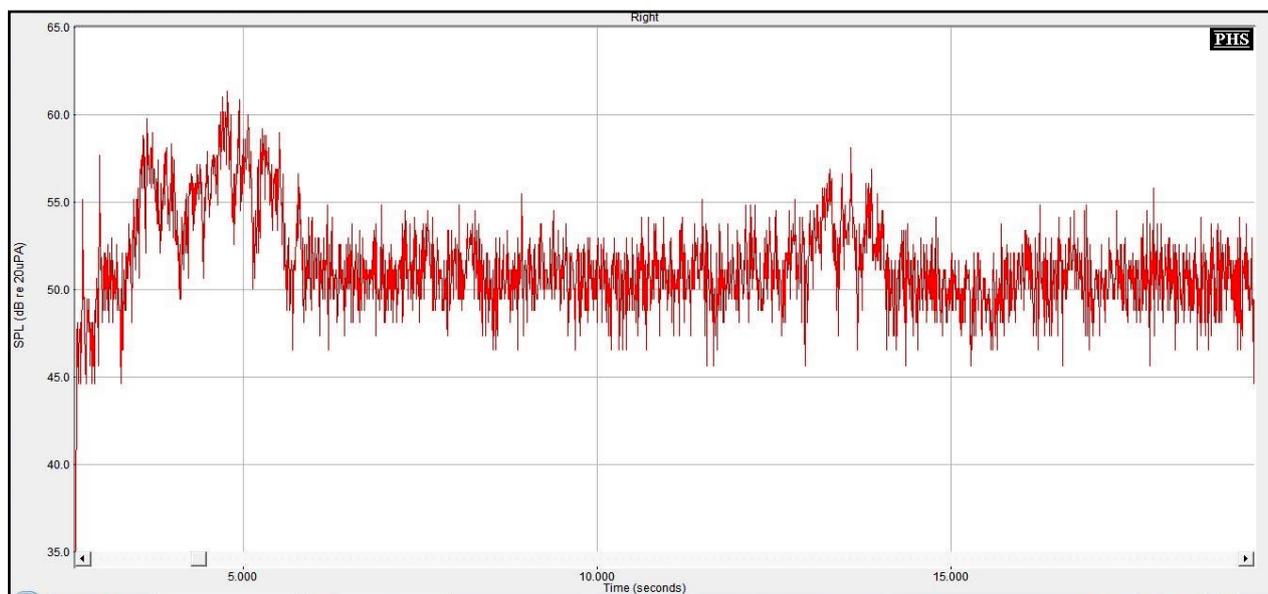


Figure n°145 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de rame de métro, émis à 40 dB SPL

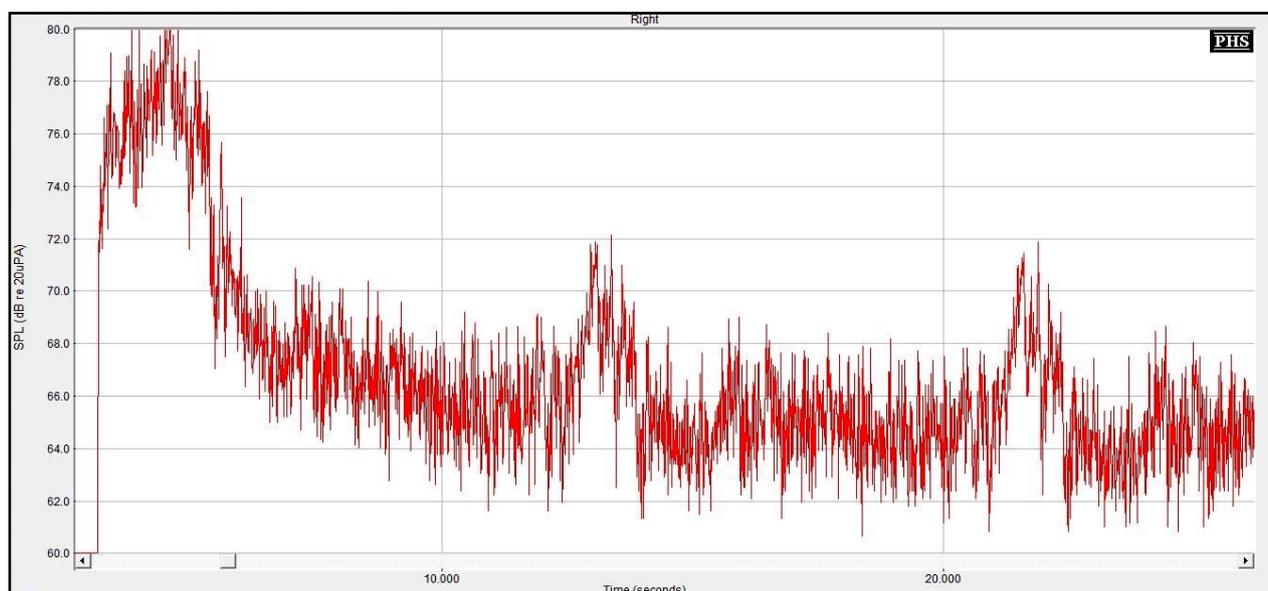


Figure n°146 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de rame de métro, émis à 55 dB SPL

Bruit de restaurant

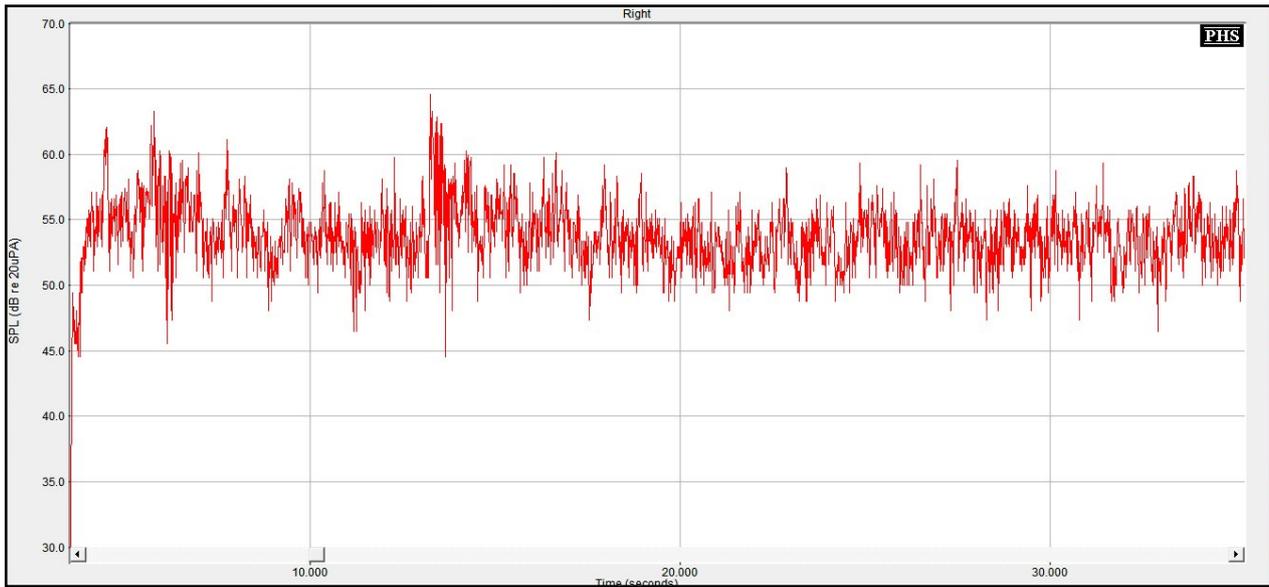


Figure n°147 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de restaurant, émis à 40 dB SPL

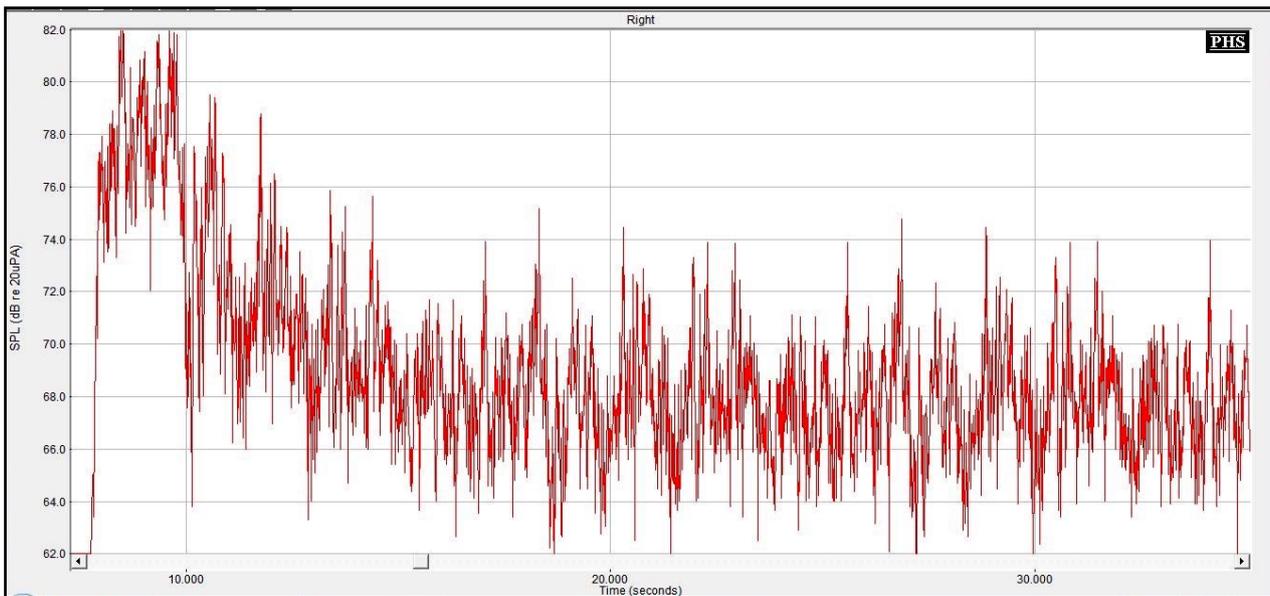


Figure n°148 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de restaurant, émis à 55 dB SPL

Bruit de cris d'enfants

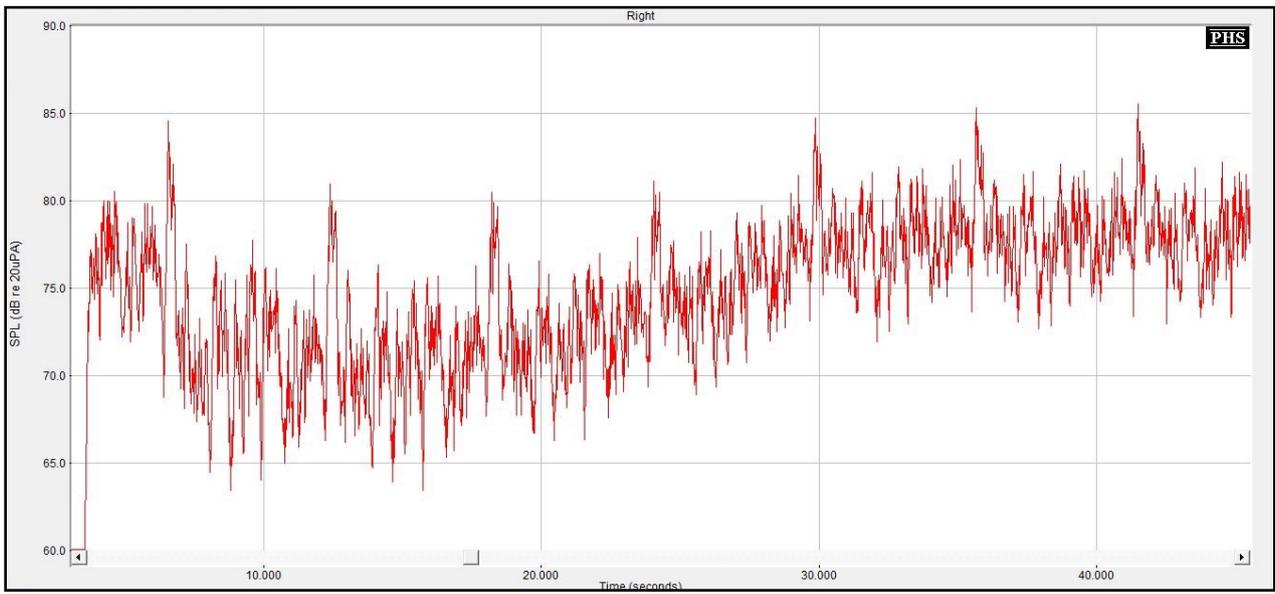


Figure n°149 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit de cris d'enfants, émis à 55 dB SPL

Annexe n°8 : Ensemble des représentations temporelles montrant l'atténuation d'un BB émis à 55 dB SPL pour différents taux de compression

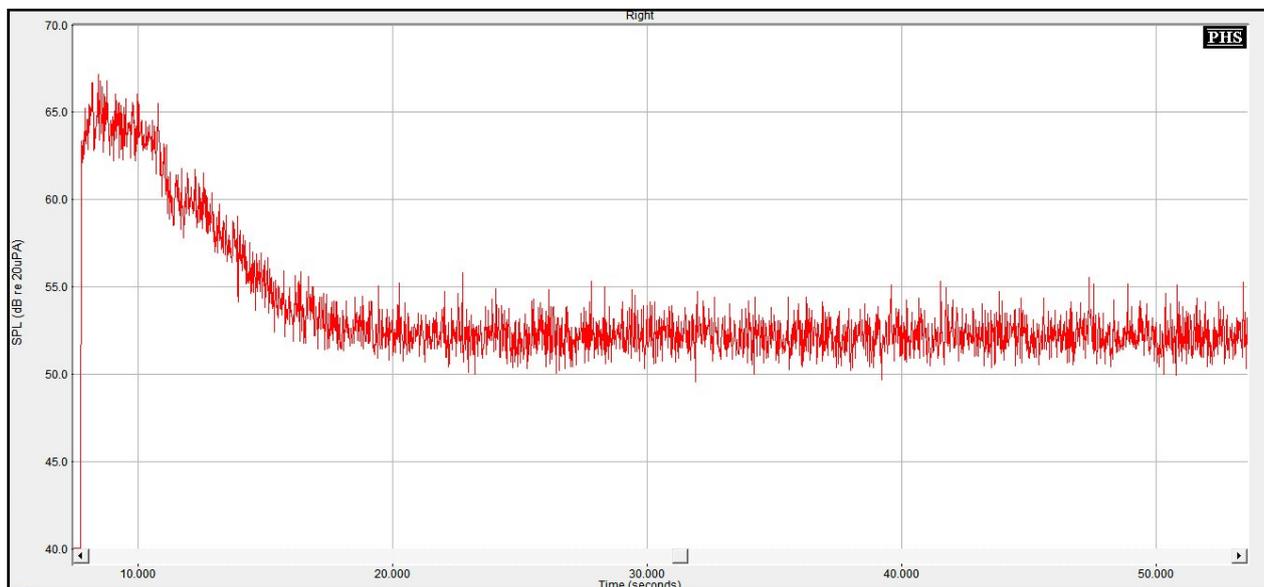


Figure n°150 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 1,5 et des Ck à 20 dB

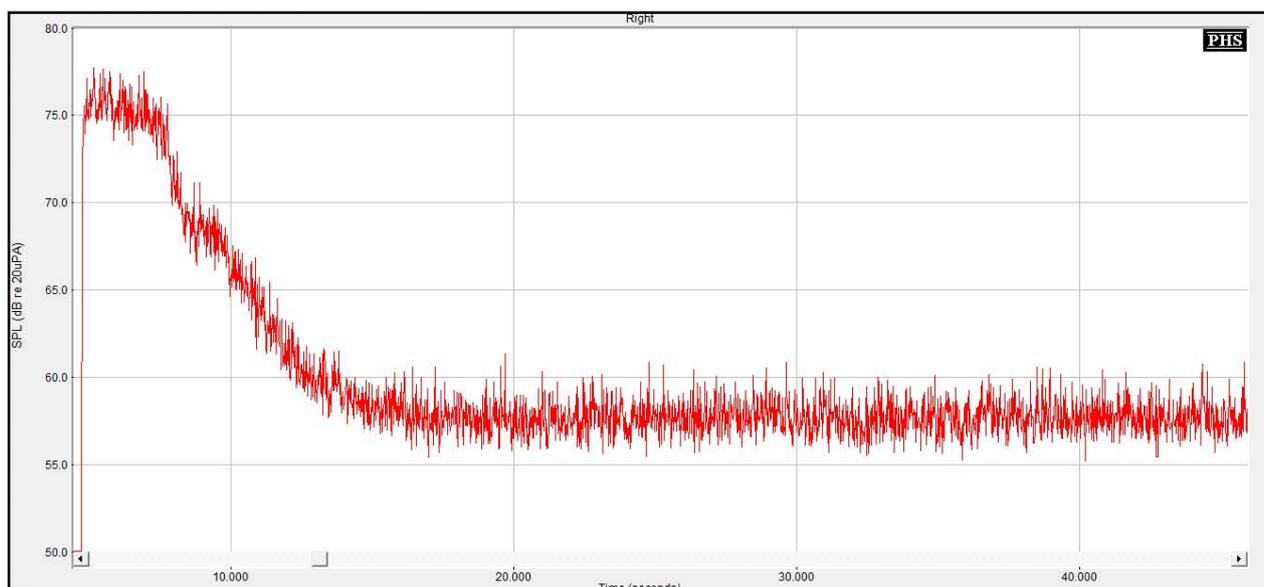


Figure n°151 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 1,5 et des Ck à 70 dB

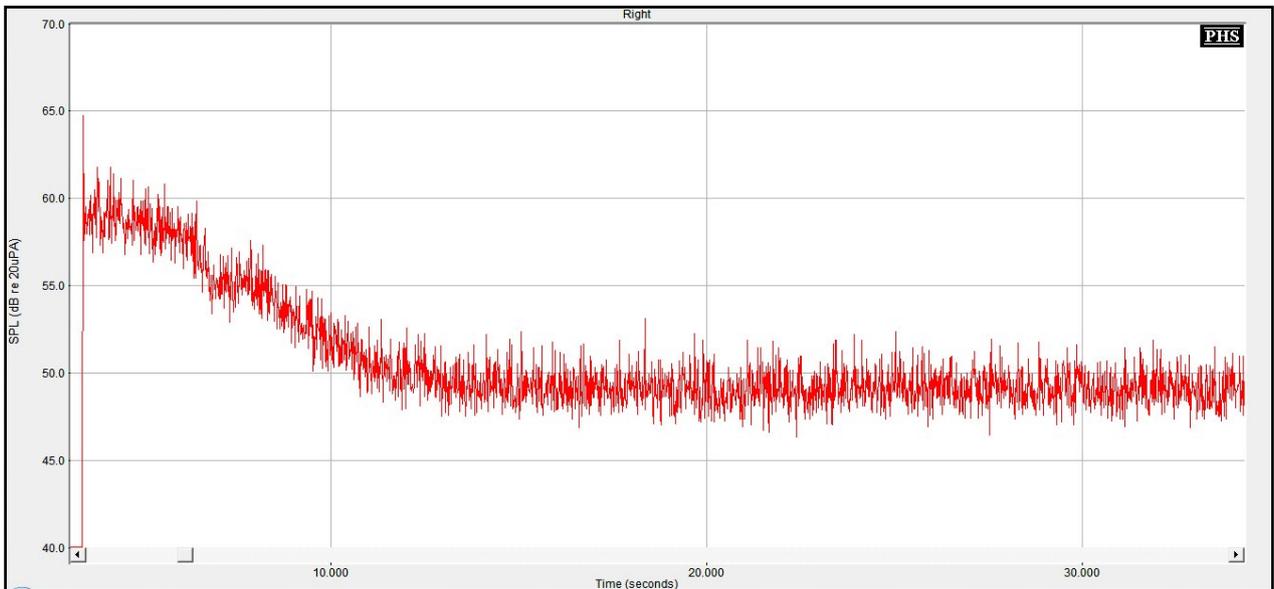


Figure n°152 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 2 et des Ck à 20 dB

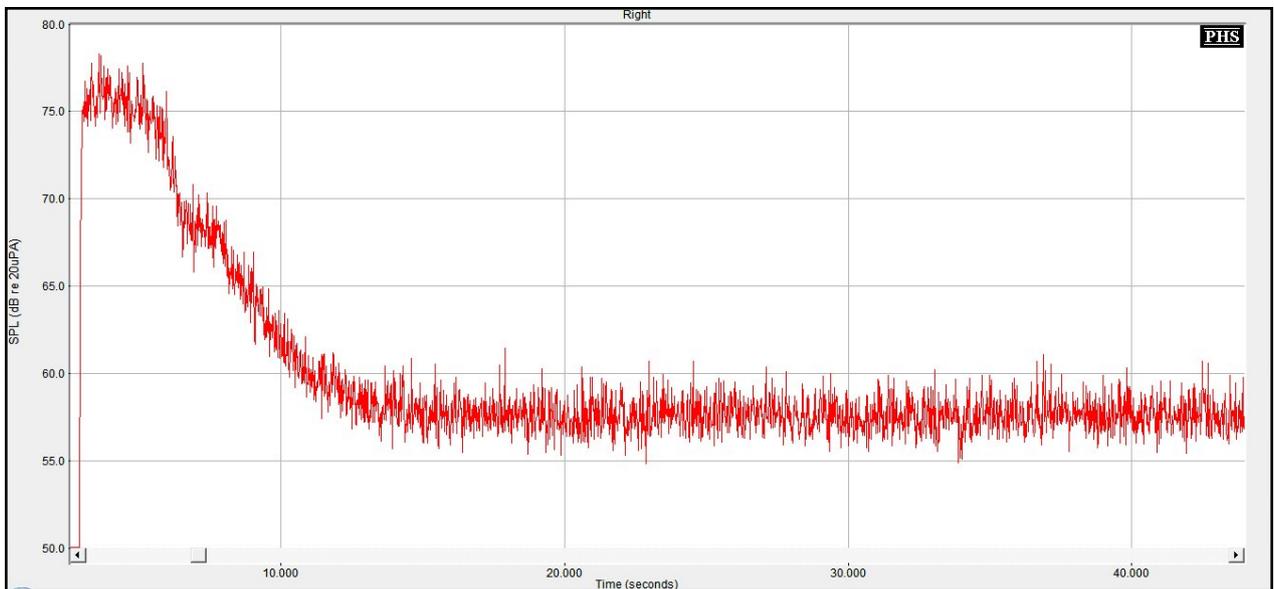


Figure n°153 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 2 et des Ck à 70 dB

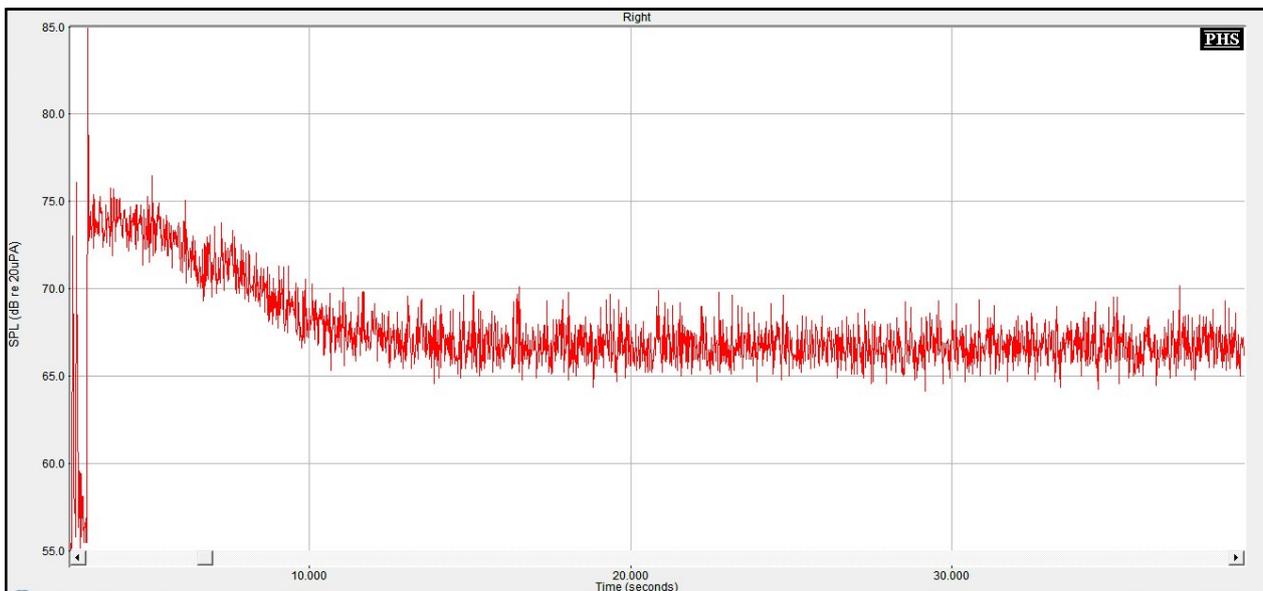


Figure n°154 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 3 et des Ck à 20 dB

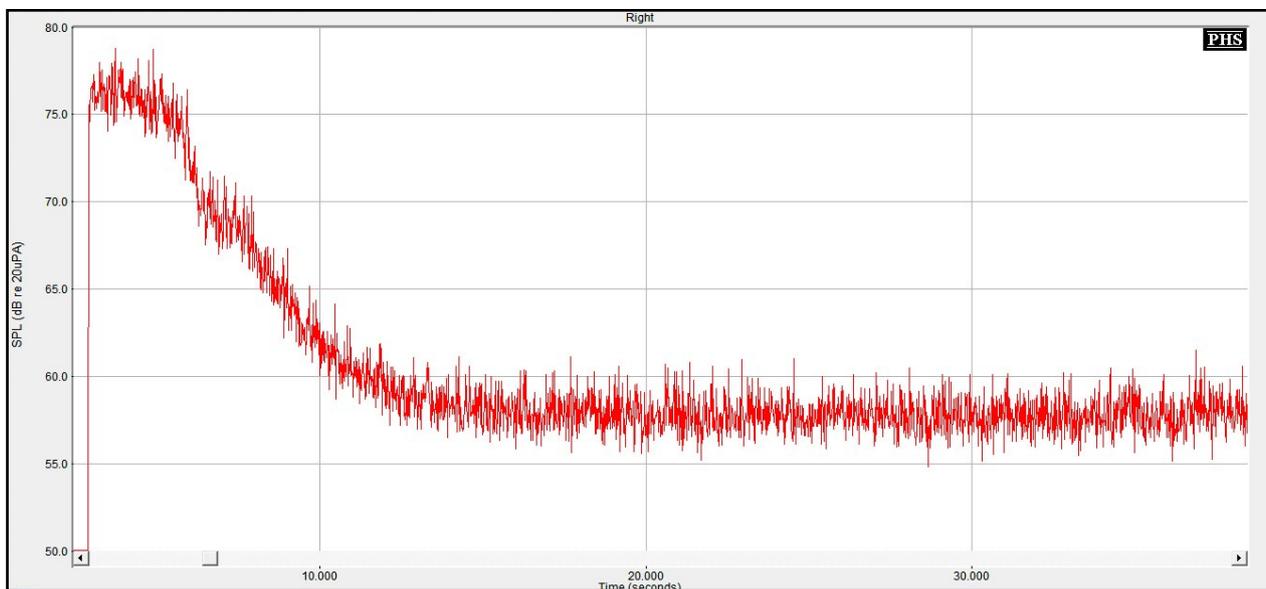


Figure n°155 : Représentation temporelle de l'action du réducteur de bruit réglé en bande large au maximum sur un bruit blanc émis à 55 dB SPL quand l'appareil possède un gain de 20 dB, un taux de compression de 3 et des Ck à 70 dB

Annexe n°9 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au coupleur 2cc et montrant la différence Dual / Syllabic, 1er jeu de programme

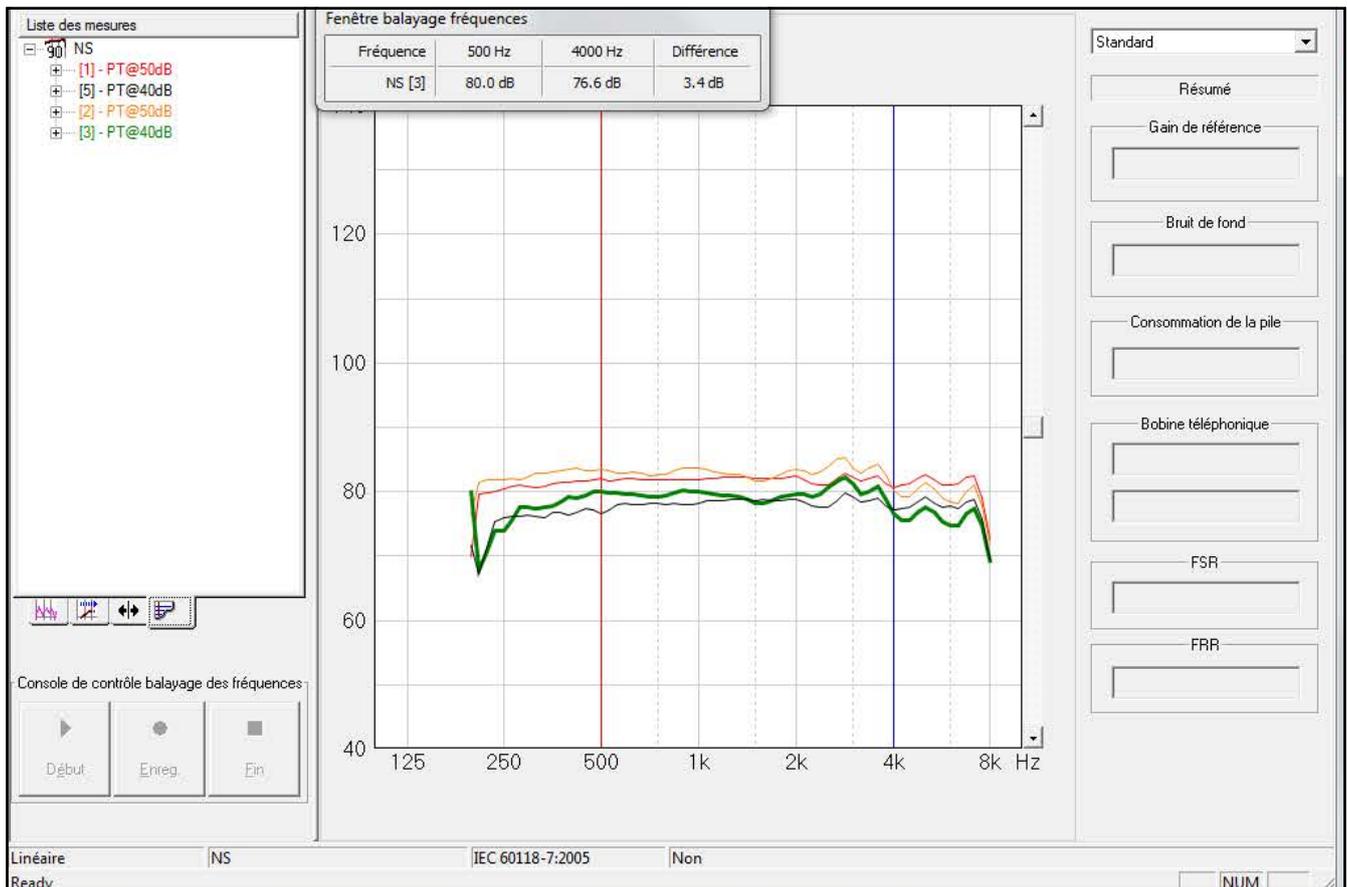


Figure n°156 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 40 dB SPL, en Syllabic en noir et en Dual en vert, et de 50 dB SPL, en Syllabic en rouge et Dual en orange, Ck à 20 dB

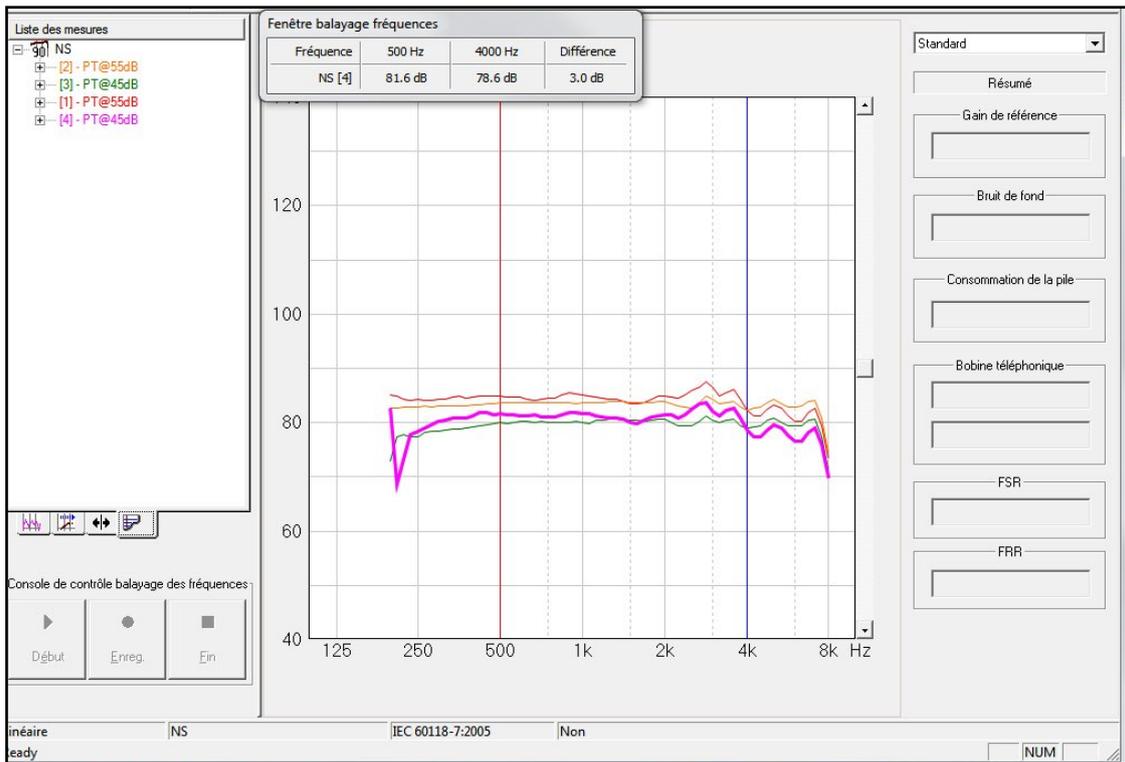


Figure n°157 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 45 dB SPL, en Syllabic en vert et en Dual en rose, et de 55 dB SPL, en Syllabic en orange et Dual en rouge, Ck à 20 dB

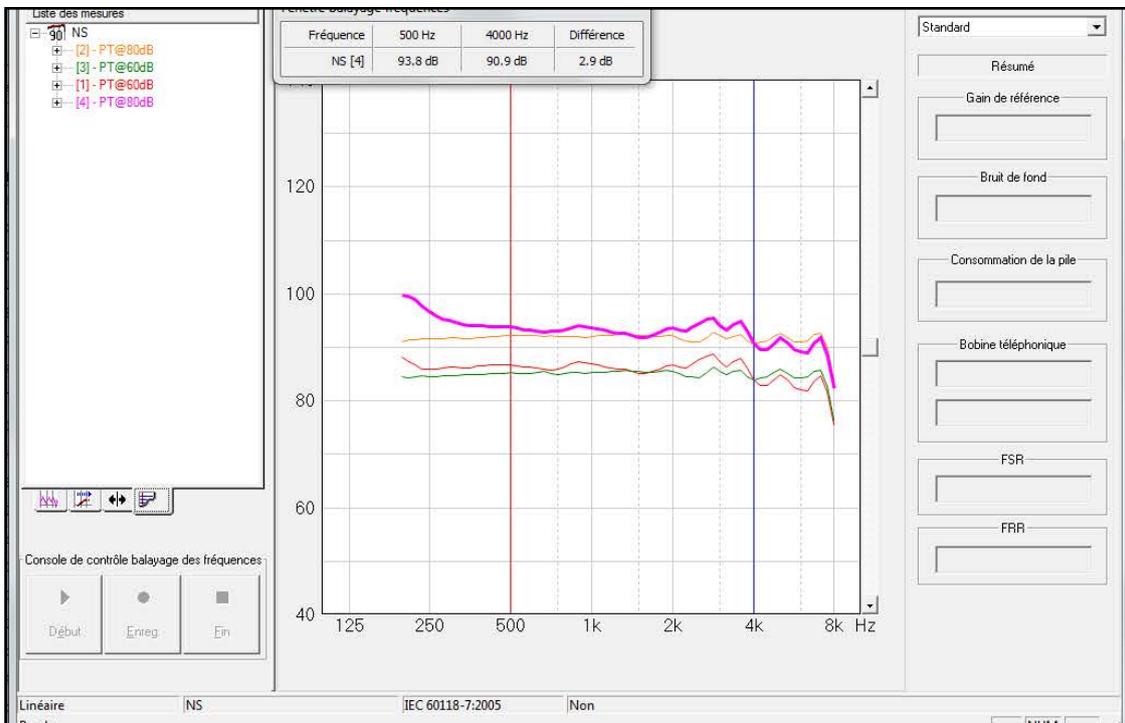


Figure n°158 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 60 dB SPL, en Syllabic en vert et en Dual en rouge, et de 80 dB SPL, en Syllabic en orange et Dual en rose, Ck à 20 dB

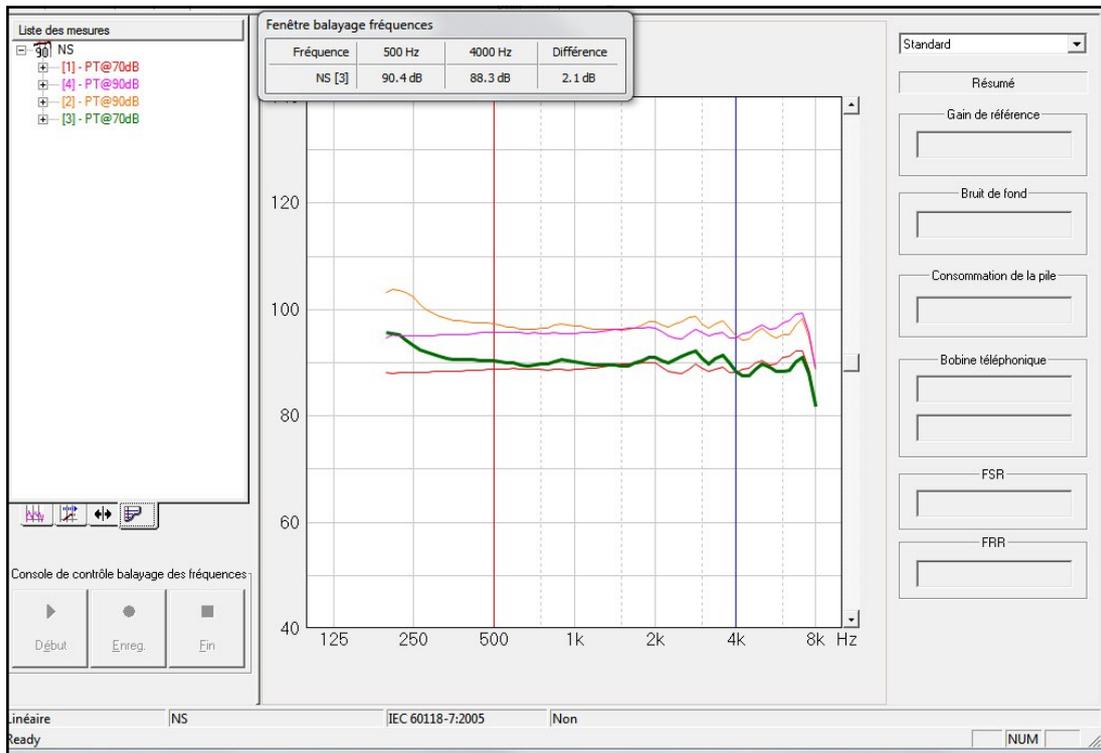


Figure n°159 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 70 dB SPL, en Syllabic en rouge et en Dual en vert, et de 90 dB SPL, en Syllabic en rose et Dual en orange, Ck à 20 dB

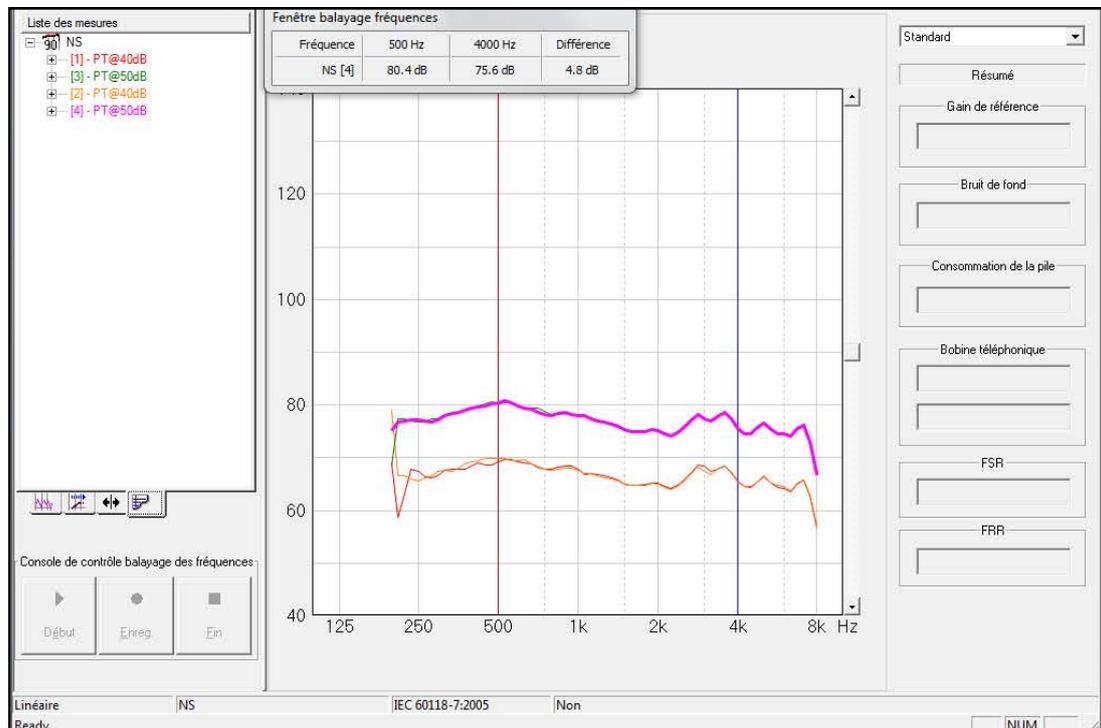


Figure n°160 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 40 dB SPL, en Syllabic en rouge et en Dual en orange, et de 50 dB SPL, en Syllabic en vert et Dual en rose, Ck à 50 dB (pas d'action de la compression)

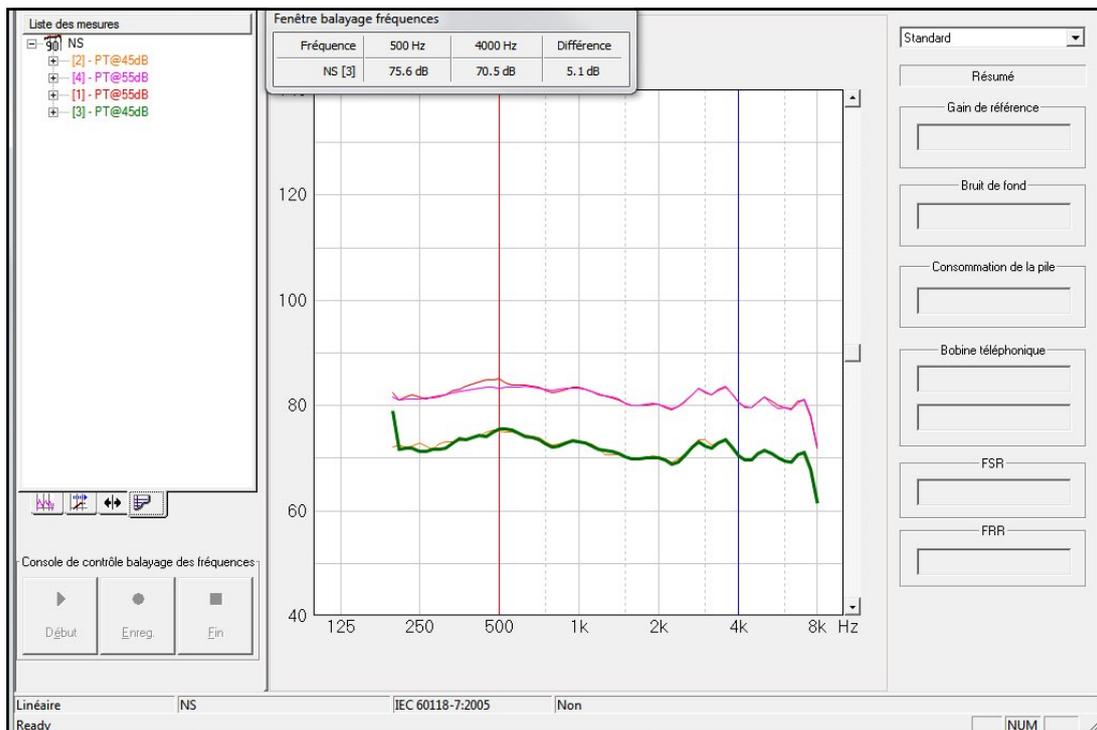


Figure n°161 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 45 dB SPL, en Syllabic en orange et en Dual en vert, et de 55 dB SPL, en Syllabic en rose et Dual en rouge, Ck à 50 dB (pas d'action de la compression)

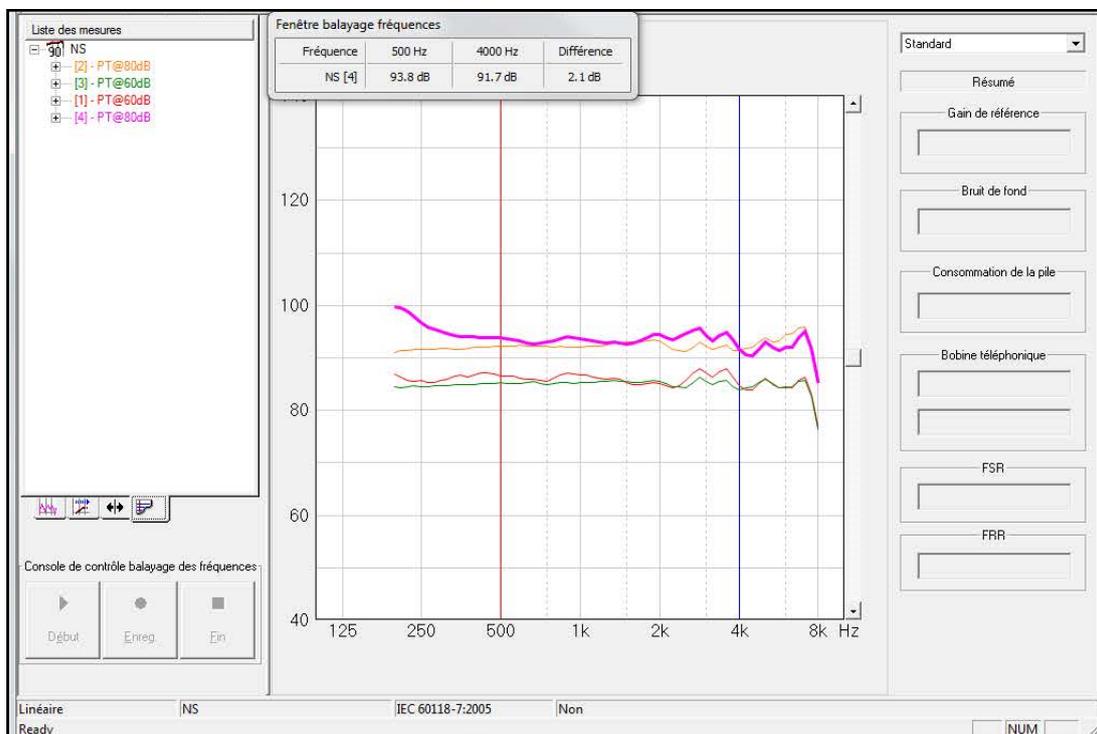


Figure n°162 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 60 dB SPL, en Syllabic en vert et en Dual en rouge, et de 80 dB SPL, en Syllabic en orange et Dual en rose, Ck à 50 dB

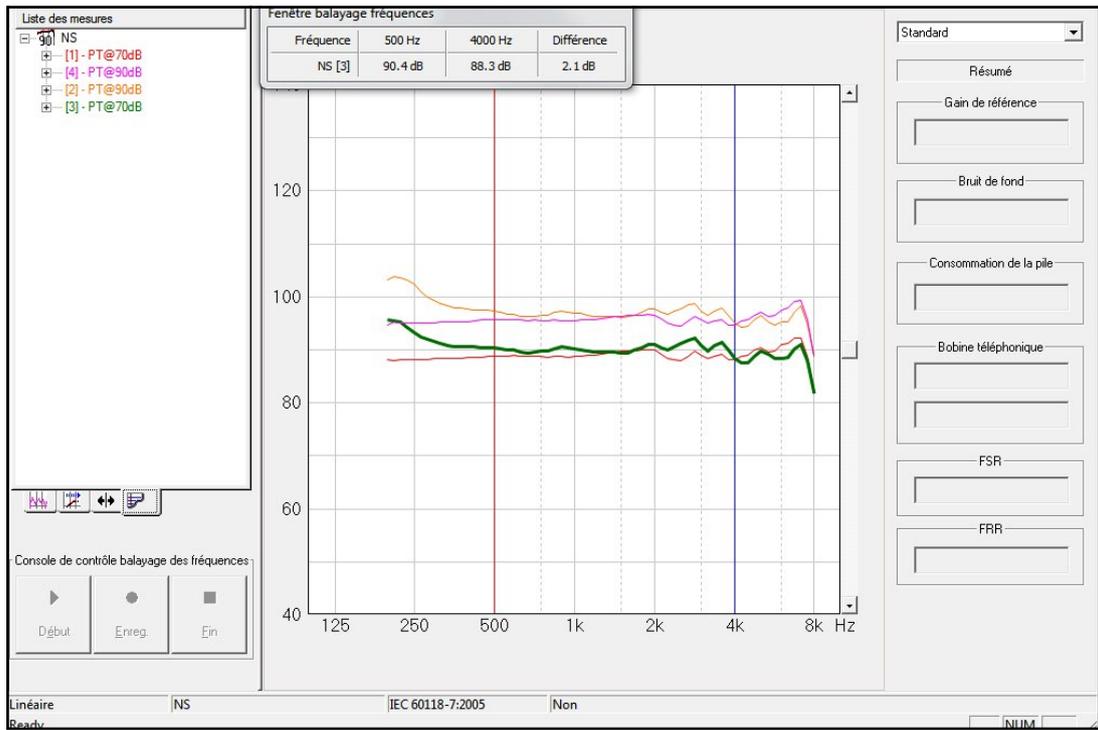
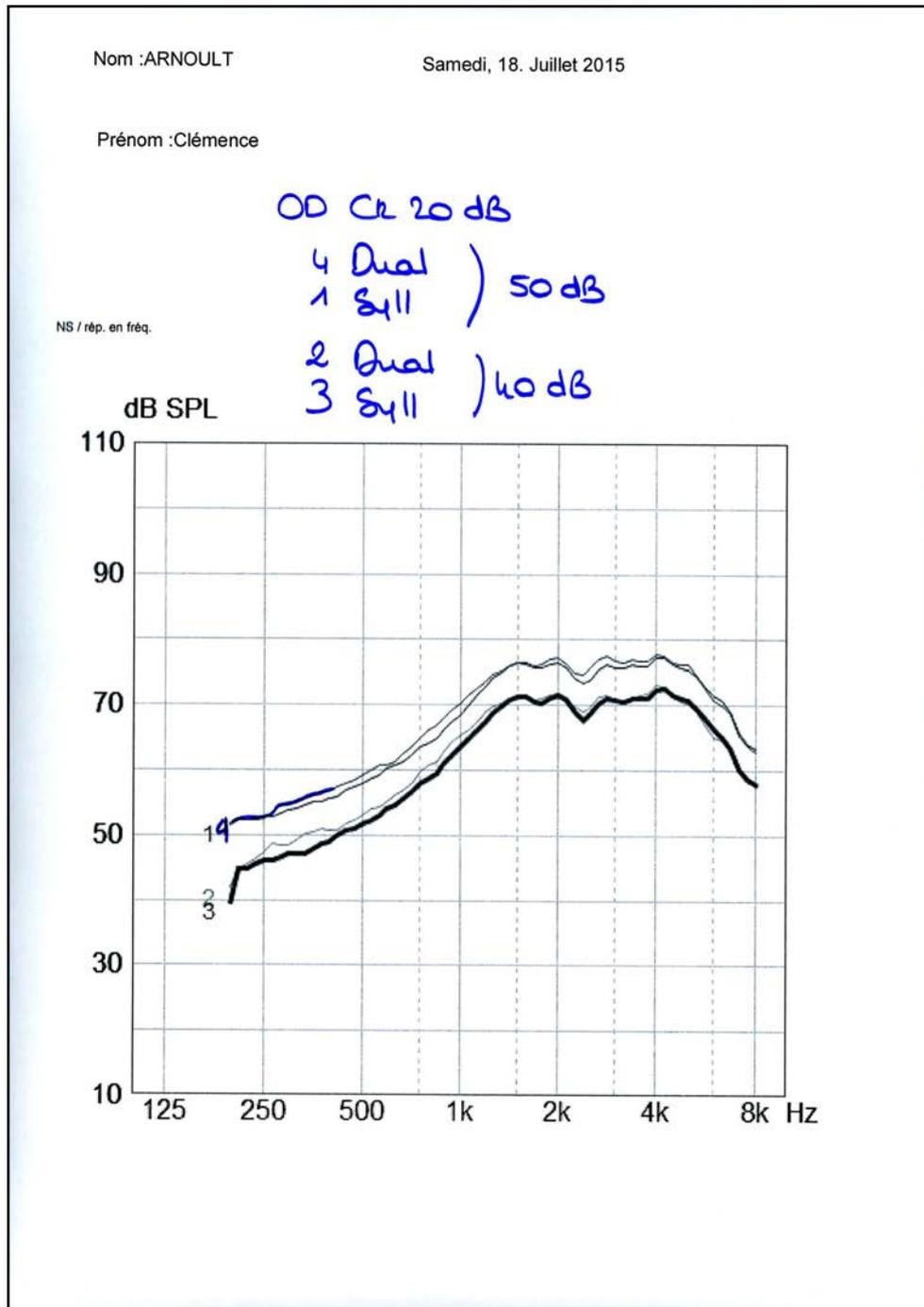


Figure n°163 : Courbes de sortie obtenues en chaîne de mesure au coupleur 2 cc pour des niveaux d'entrée de 70 dB SPL, en Syllabic en rouge et en Dual en vert, et de 90 dB SPL, en Syllabic en rose et Dual en orange, Ck à 50 dB

Annexe n°10 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au coupleur 2cc et montrant la différence Dual / Syllabic, 2nd jeu de programme

Pour des seuils d'enclenchement de 20 dB



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

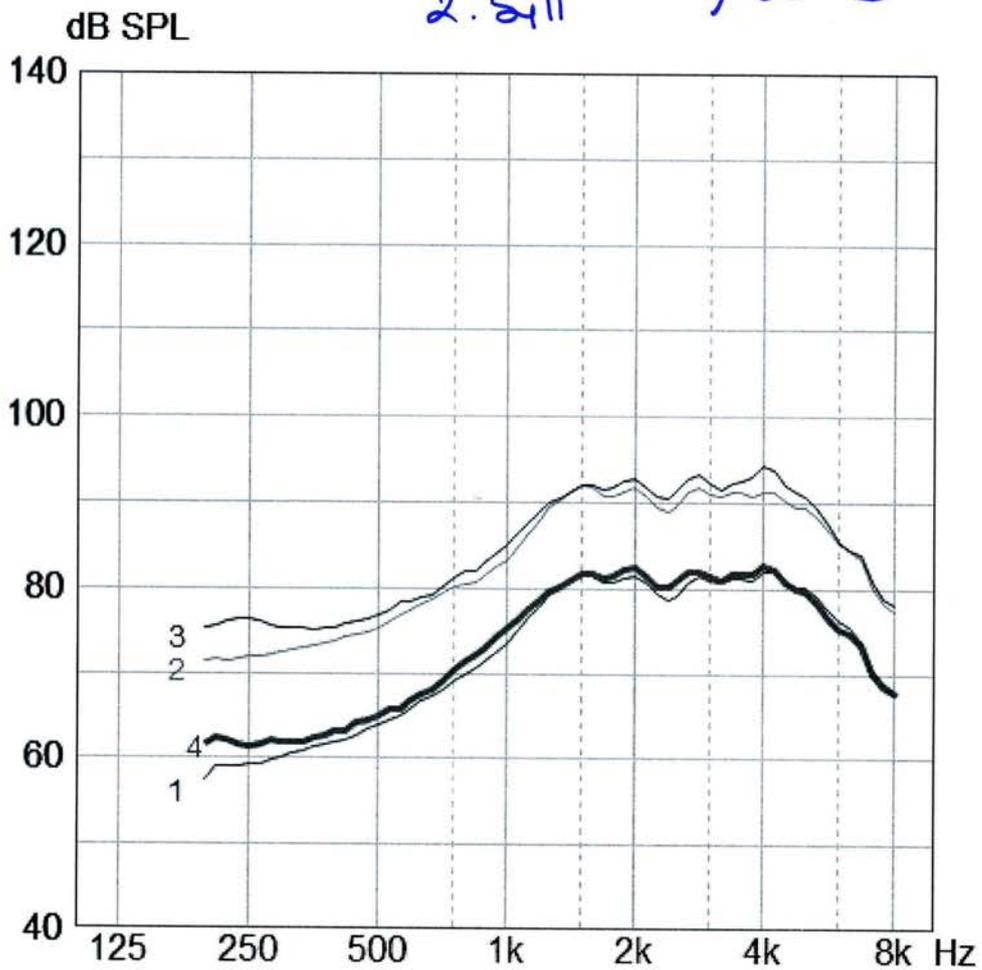
Prénom : Clémence

00 Ch 20 dB

4. Oval) 60 dB
1. Syll

3. Oval) 80 dB
2. Syll

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

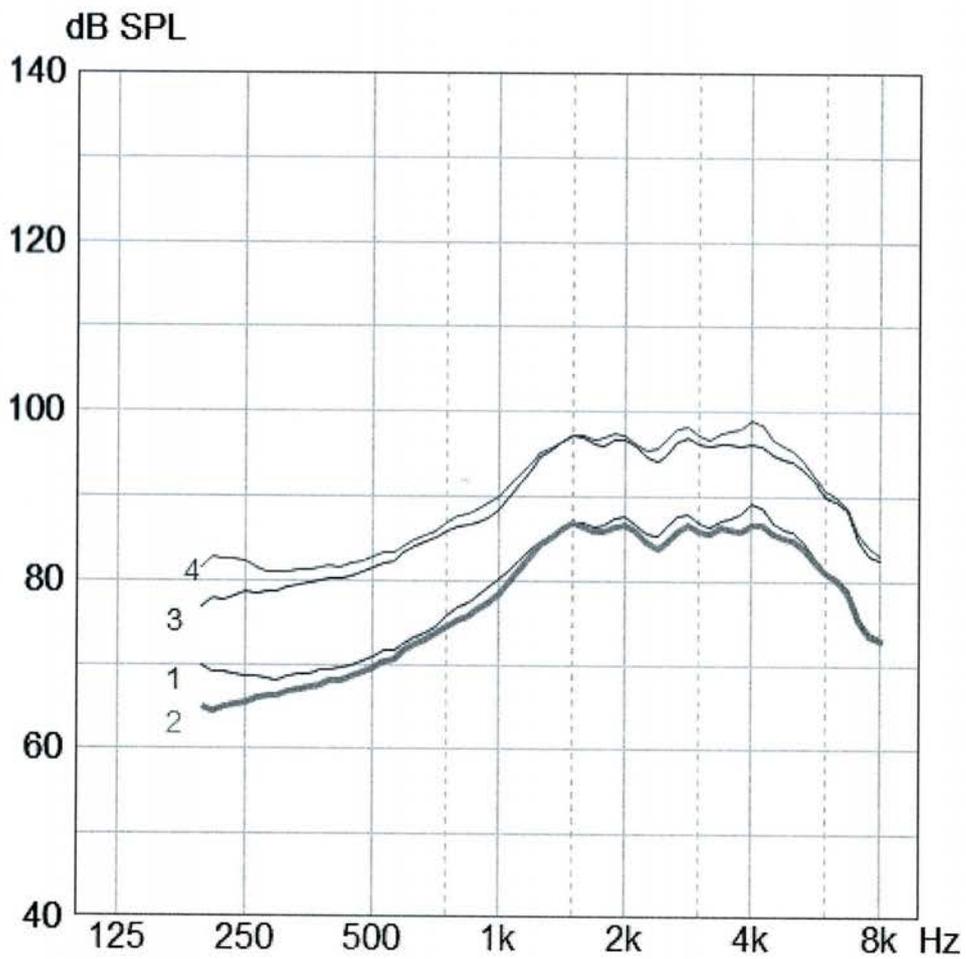
Prénom : Clémence

00 Ck 20 dB

1. Dual
2. Syll) 70 dB

4. Dual
3. Syll) 90 dB

NS / rép. en fréq.



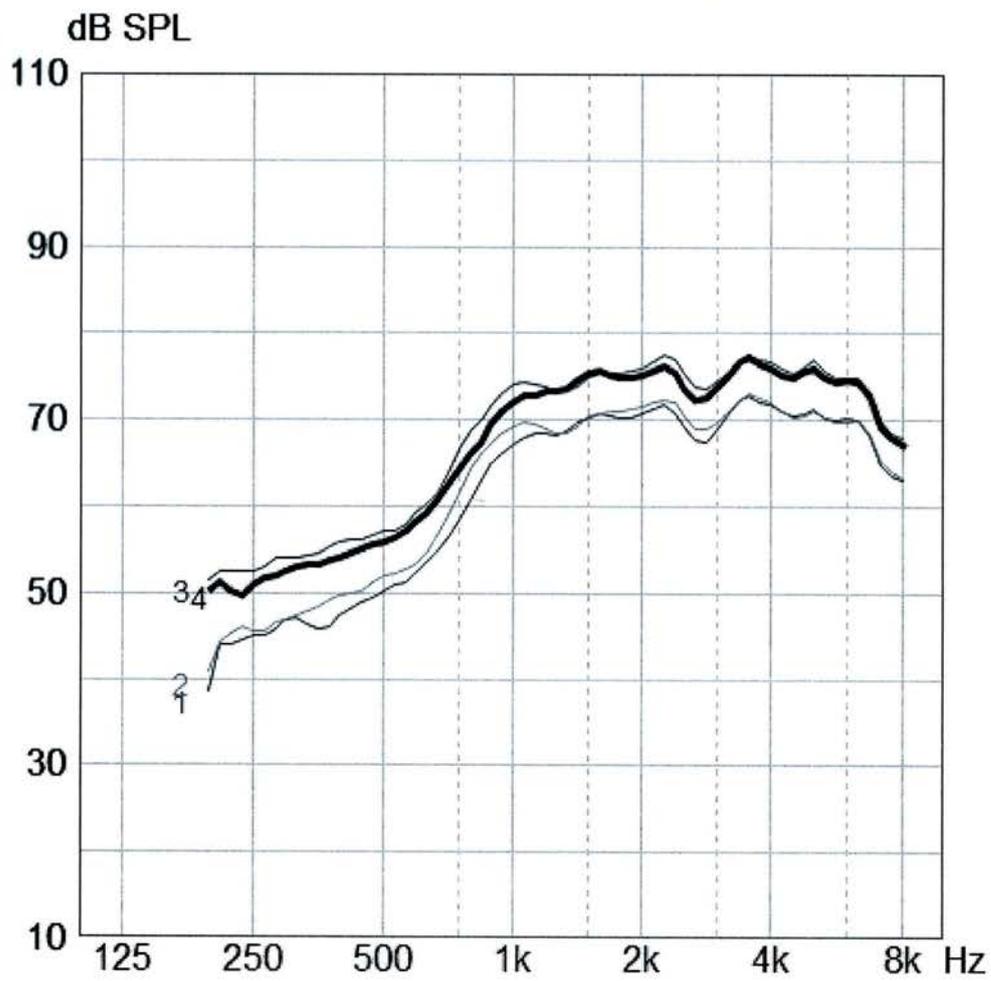
Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

Prénom : Clémence

OG Ck 20 dB
3. Dual) 50 dB
4. Syll)
2. Dual) 40 dB
1. Syll)

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

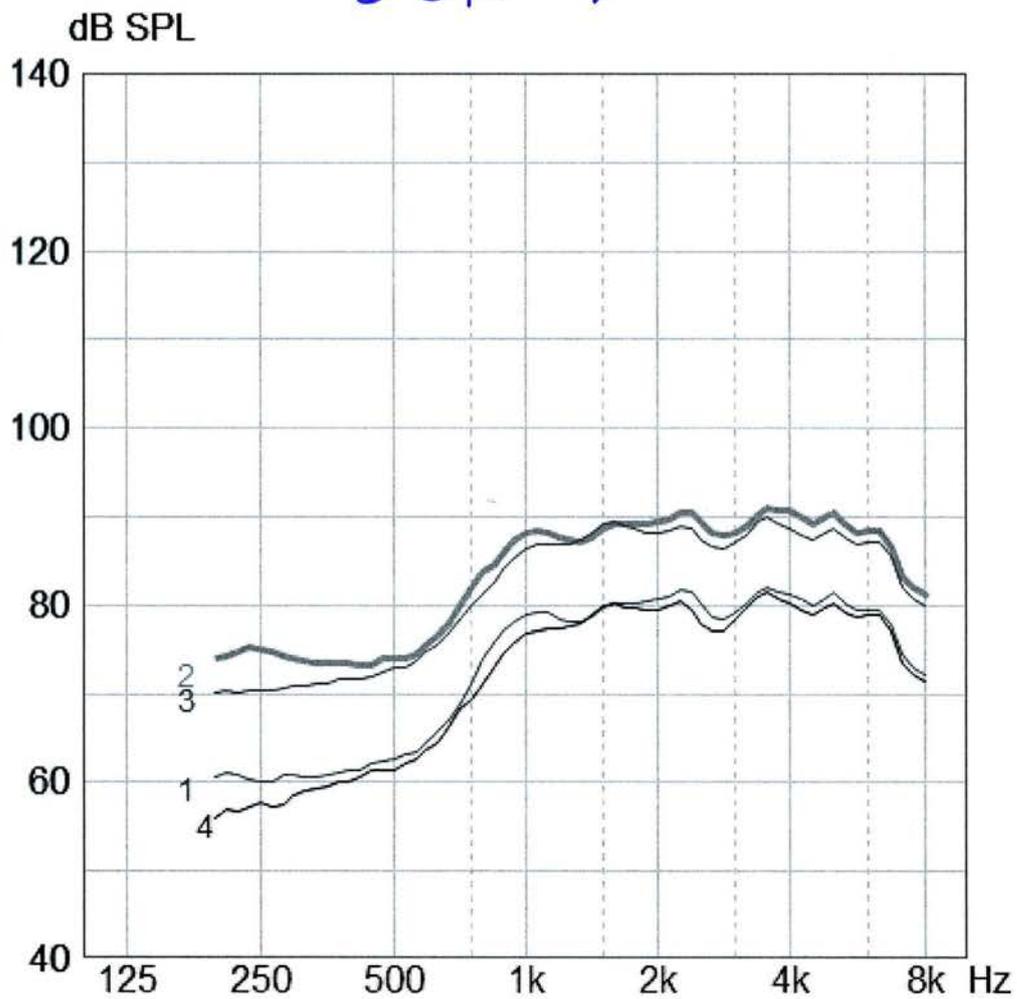
Prénom : Clémence

OG Ch 20 dB

1. Dual)
4. Syll) 60 dB

2. Dual)
3 Syll) 80 dB

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

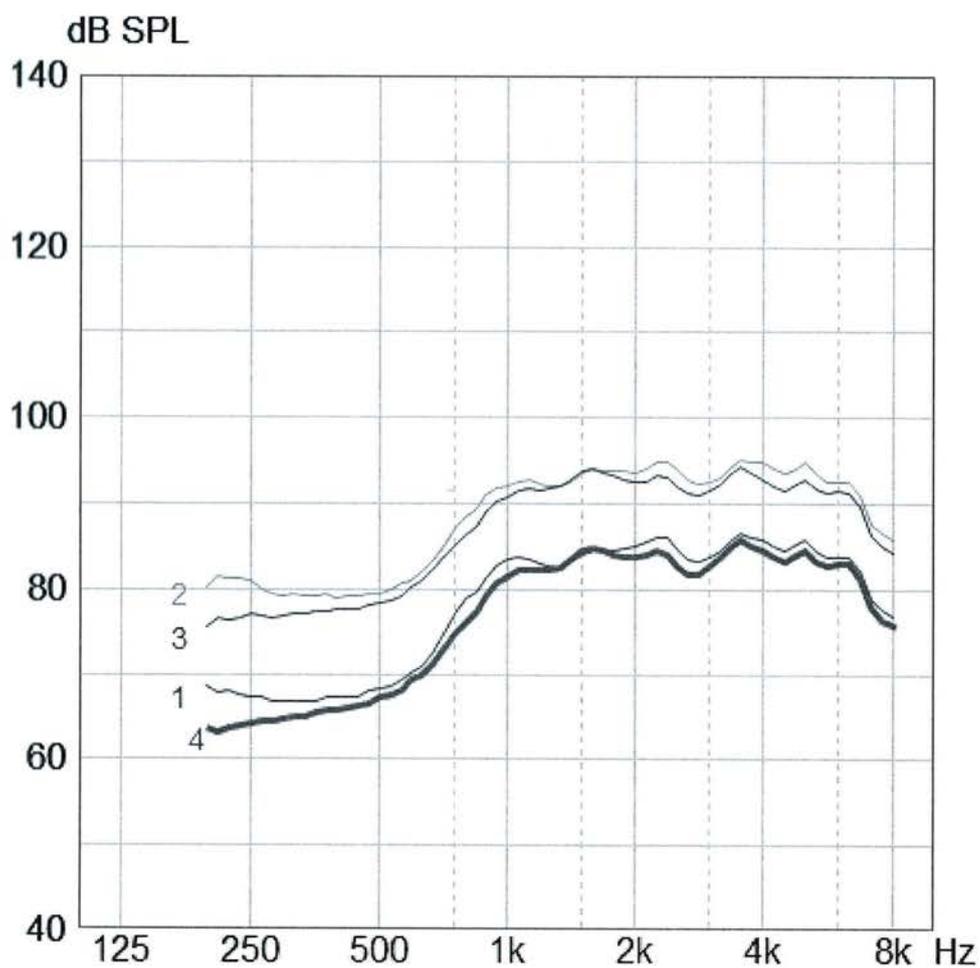
Prénom : Clémence

OG Cr 20 dB

2. Dual) 90 dB
3. Syll)

1. Dual) 70 dB
4. Syll)

NS / rép. en fréq.



Pour des seuils enclenchement dégressifs

Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

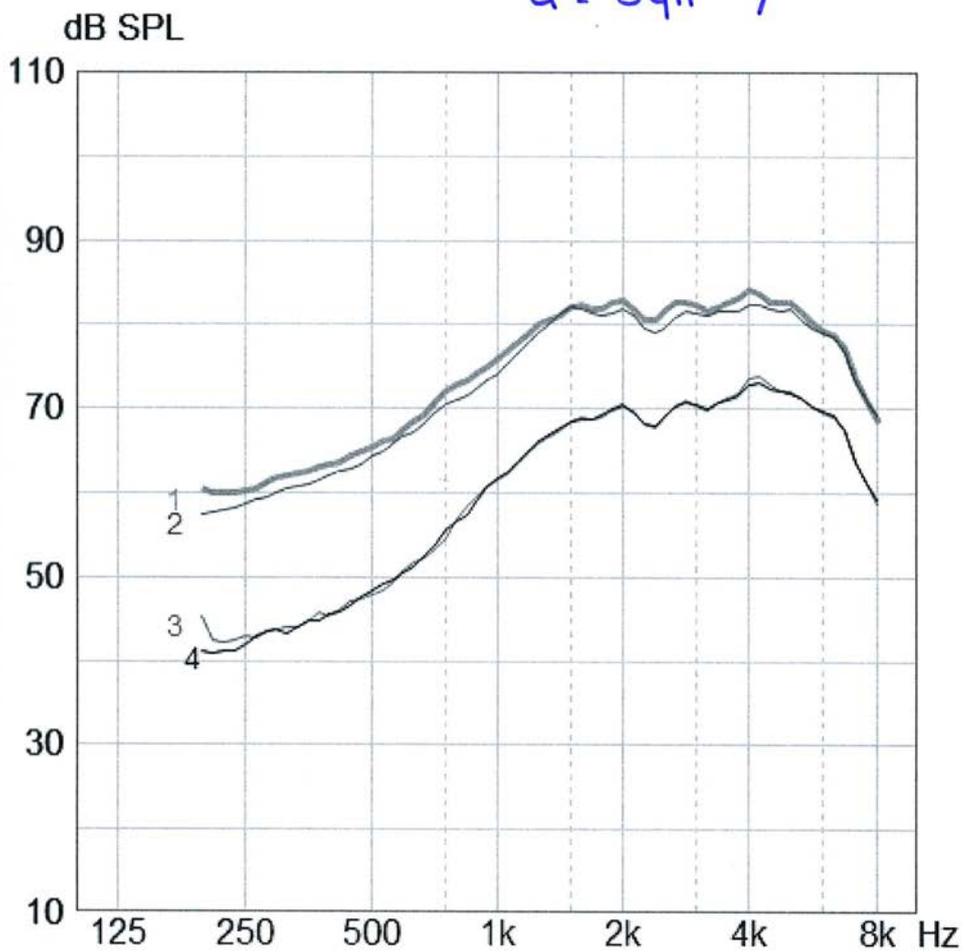
Prénom : Clémence

OD Ck dégressifs

1 - Syll) 60 dB
2 - Dual)

3 - Dual) 40 dB
4 - Syll)

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

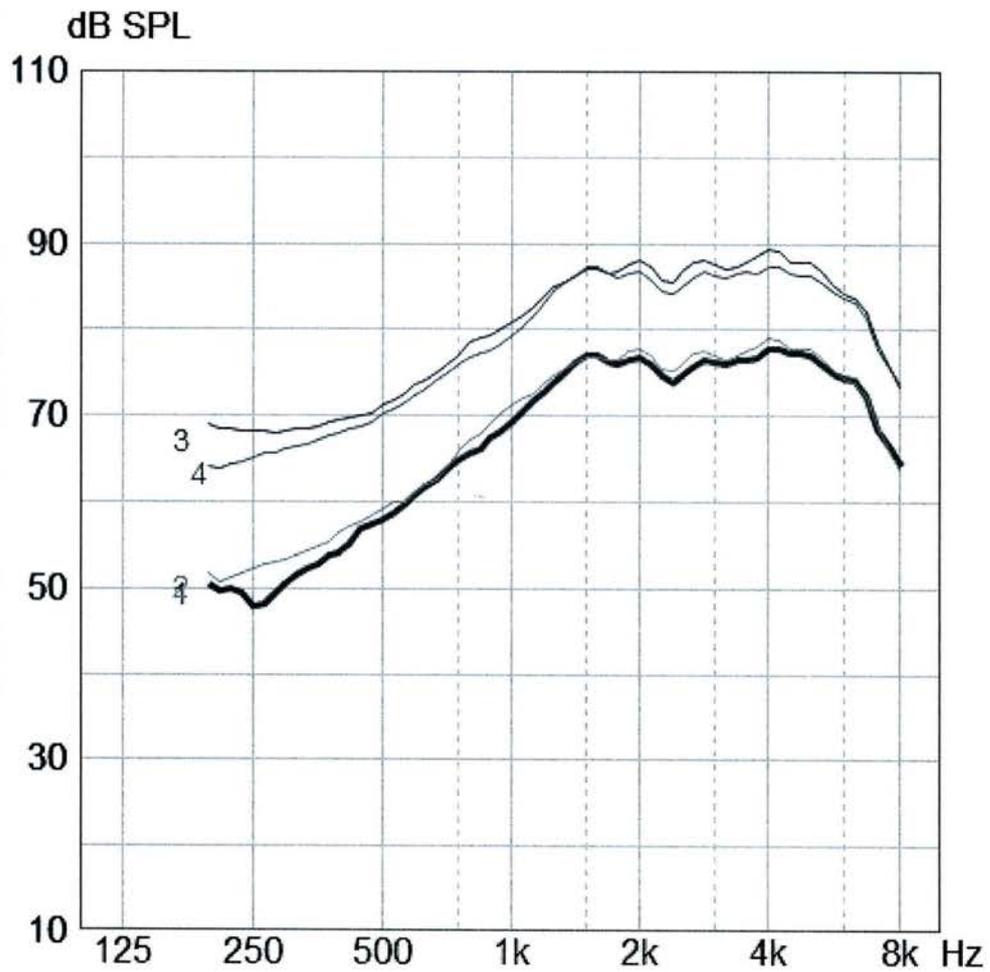
Prénom : Clémence

OD Ck degressifs

1. Syll) 50dB
2. Dual)

3. Dual) 70dB
4. Syll)

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

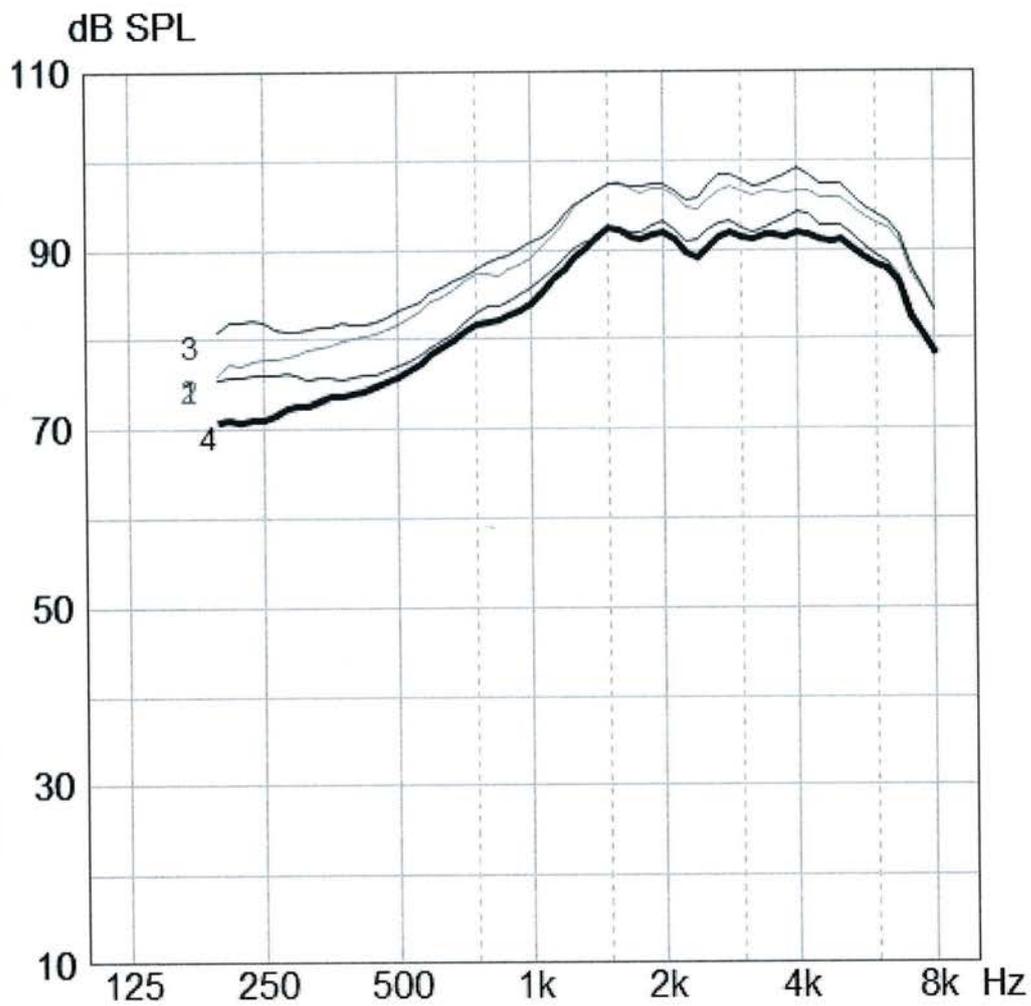
Samedi, 18. Juillet 2015

Prénom : Clémence

OD Ck dégradés

1. Dual)
4. Syll) 80 dB
3. Dual)
2. Syll) 90 dB

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

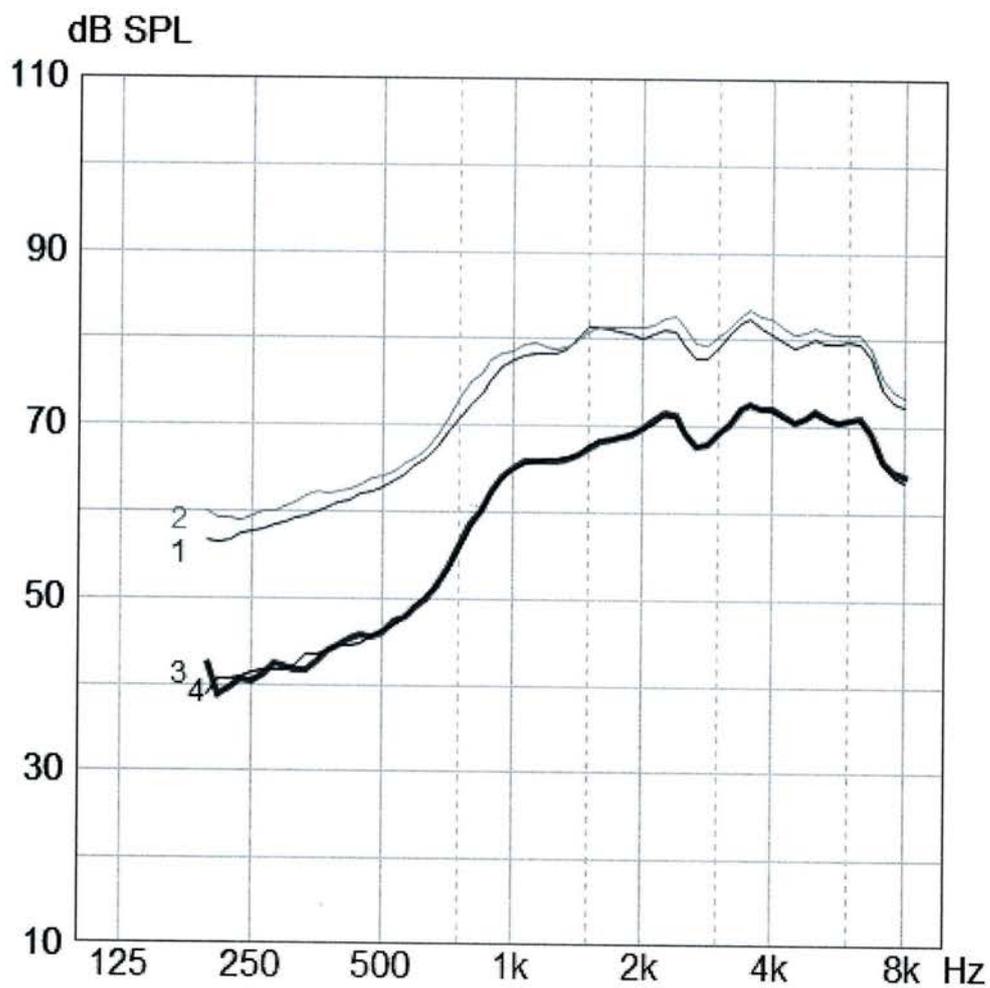
Samedi, 18. Juillet 2015

Prénom : Clémence

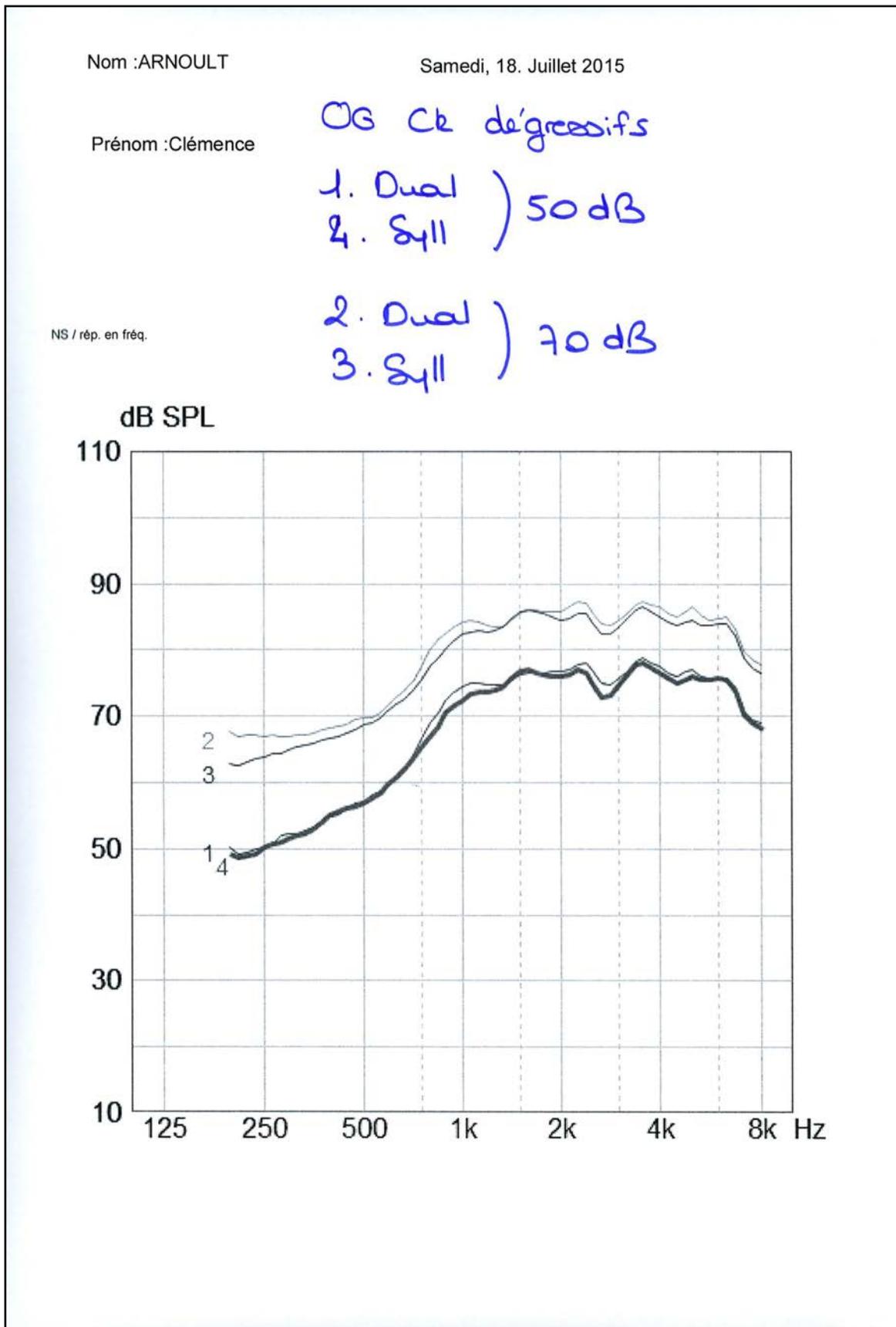
OG Ch degressifs
4. Syll) 40 dB
3. Dual

1. Syll) 60 dB
2. Dual

NS / rép. en fréq.



Annexe n°11 : Ensemble des courbes de sortie obtenues au



coupleur 2cc et montrant la différence Ck 20 dB / Ck dégressifs

Pour la compression Syllabic

Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

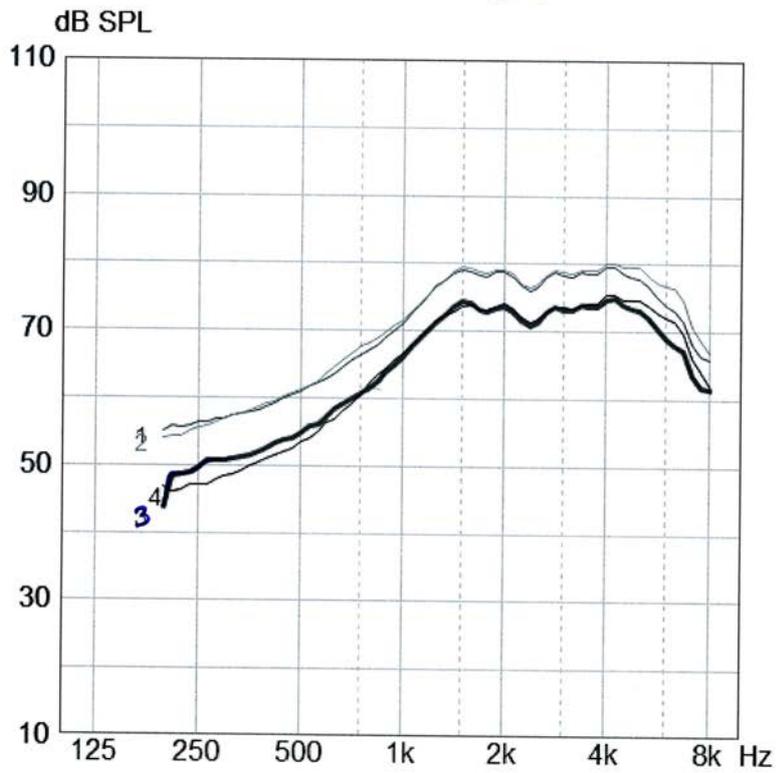
Prénom : Clémence

00 Syllabic

2. Cr 20
1. Cr dag) 55 dB

3. Cr 20
4. Cr dag) 45 dB

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

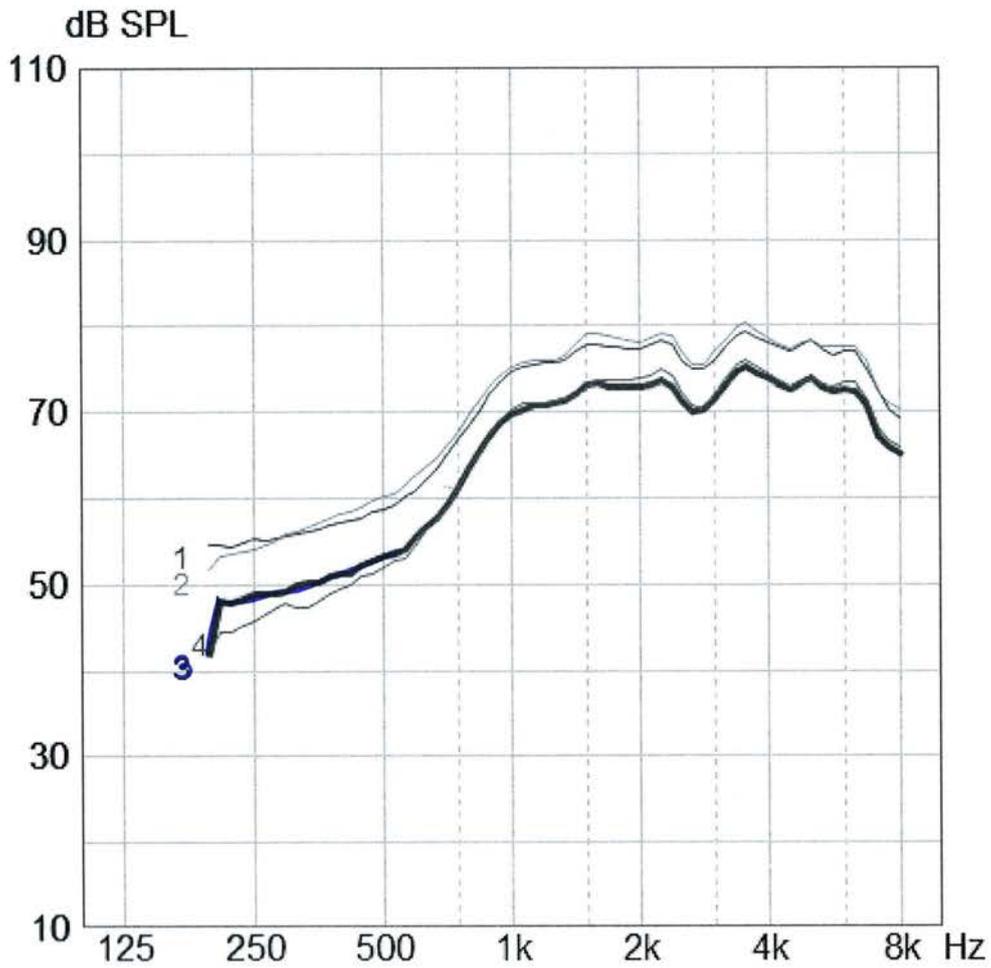
OD Syllabic

Prénom : Clémence

3. Ck 20) 45 dB
4. Ck déq)

1. Ck 20) 55 dB
2. Ck déq)

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

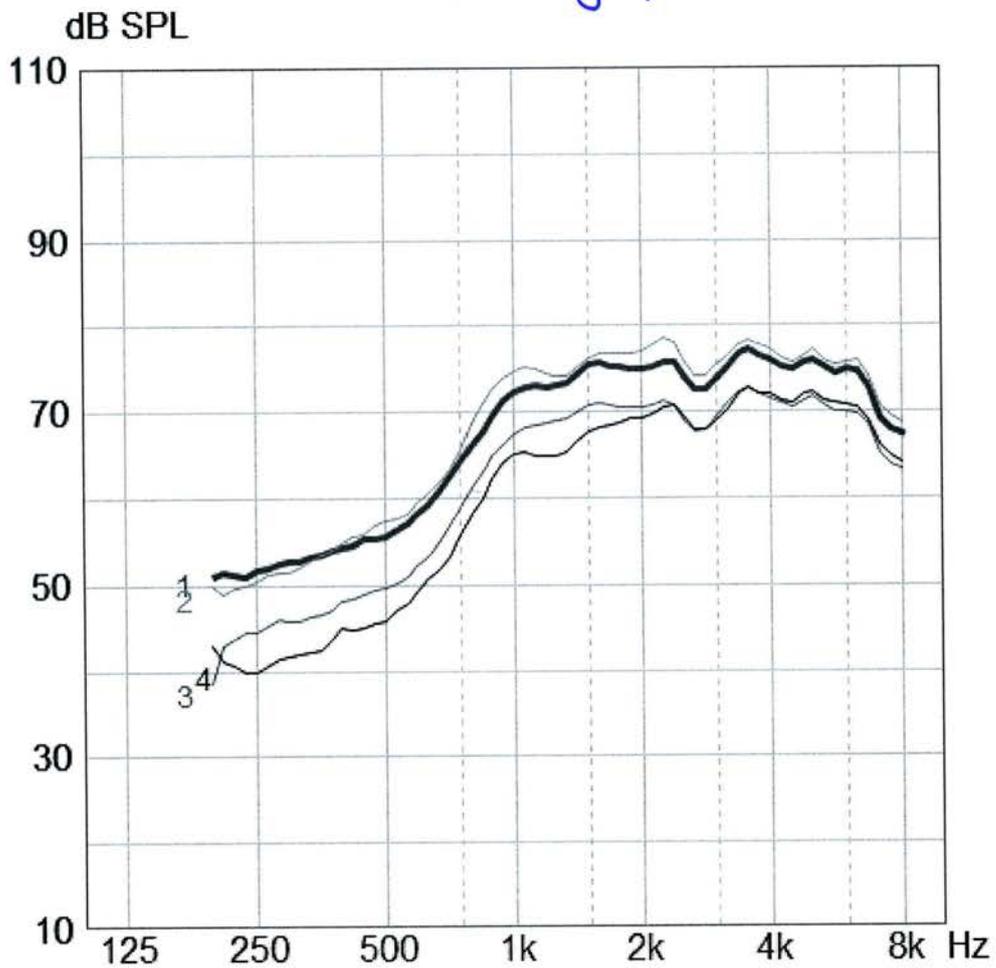
Prénom : Clémence

Syllabic OG

3. Ch 20
4. Ch dég) 40 dB

1. Ch 20
2. Ch dég) 50 dB

NS / rép. en fréq.



Pour la compression Dual

Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

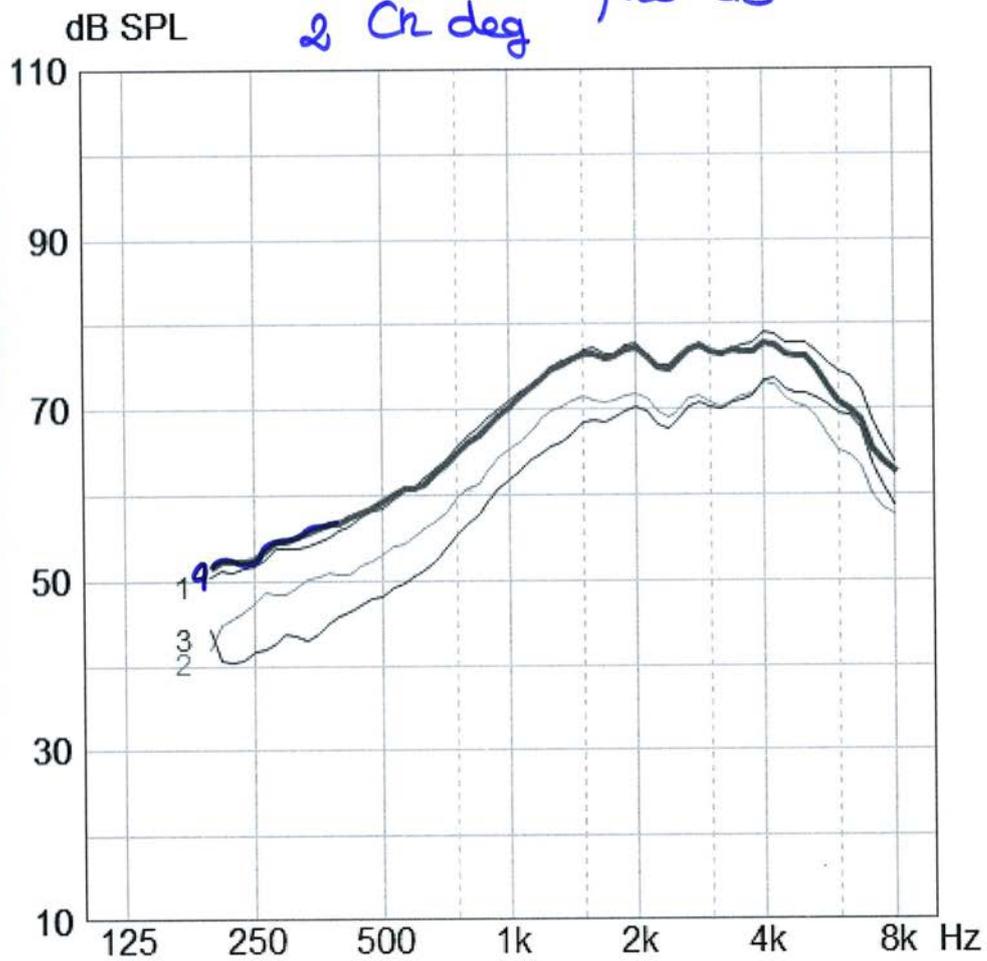
Prénom : Clémence

OS Dual

4 Ch 20
1 Ch deg) 50 dB

NS / rép. en fréq.

3 Ch 20
2 Ch deg) 40 dB



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

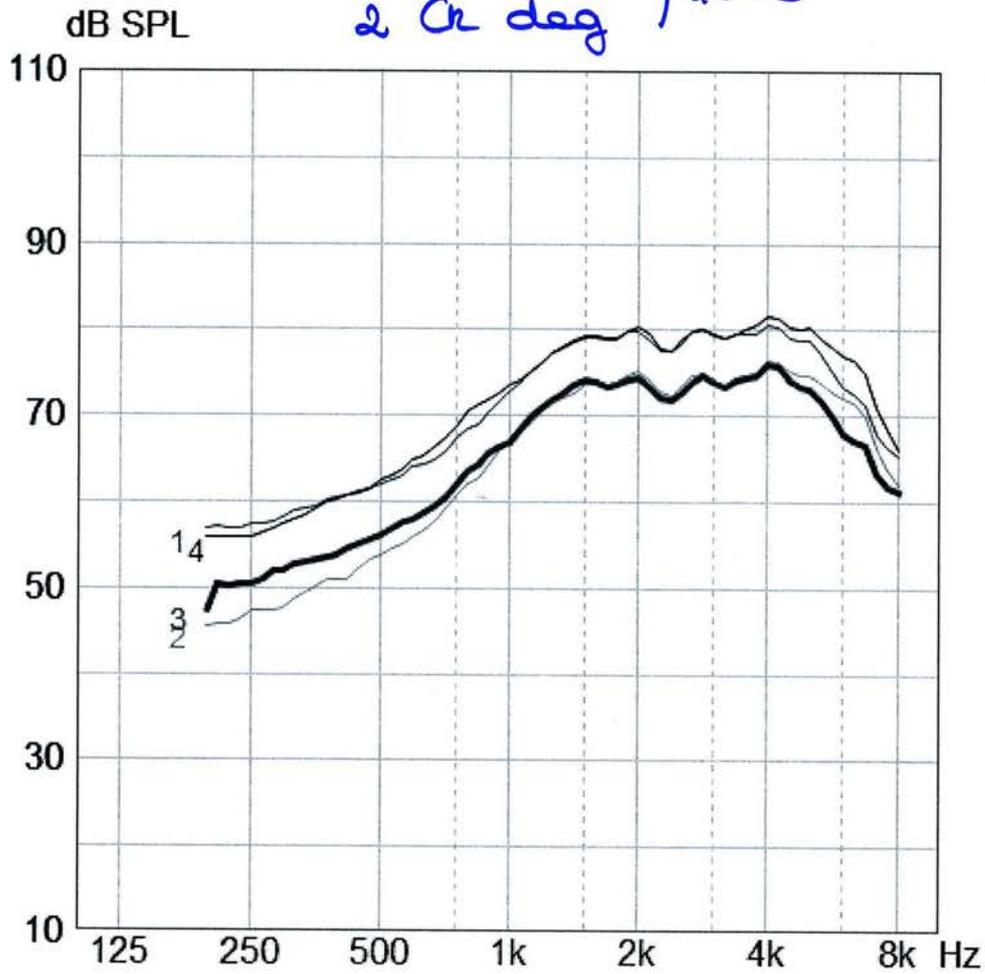
Prénom : Clémence

00 Oval

4 Cr 20
4 Cr deg) 55 dB

NS / rép. en fréq.

3 Cr 20
2 Cr deg) 45 dB



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

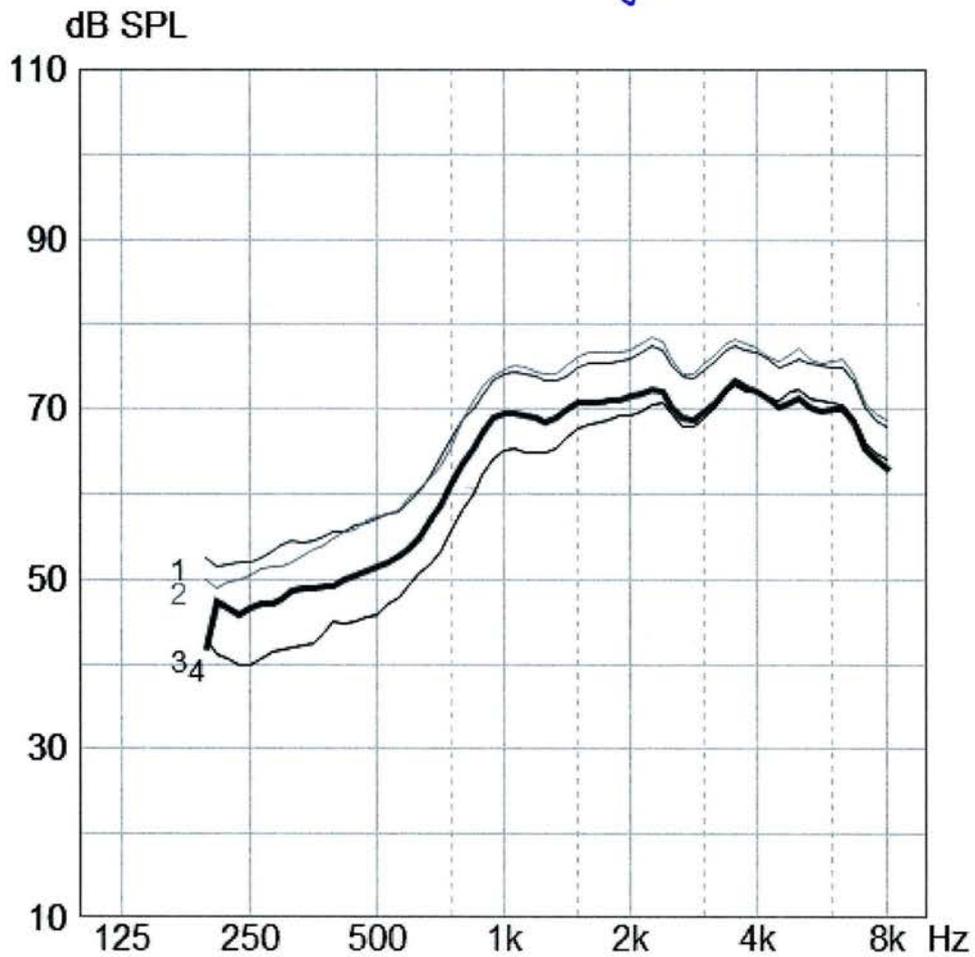
Prénom : Clémence

Dual OG

1. Ck 20)
2. Ck déq) 50 dB

3. Ck 20)
4. Ck déq) 40 dB

NS / rép. en fréq.



Nom : ARNOULT

Samedi, 18. Juillet 2015

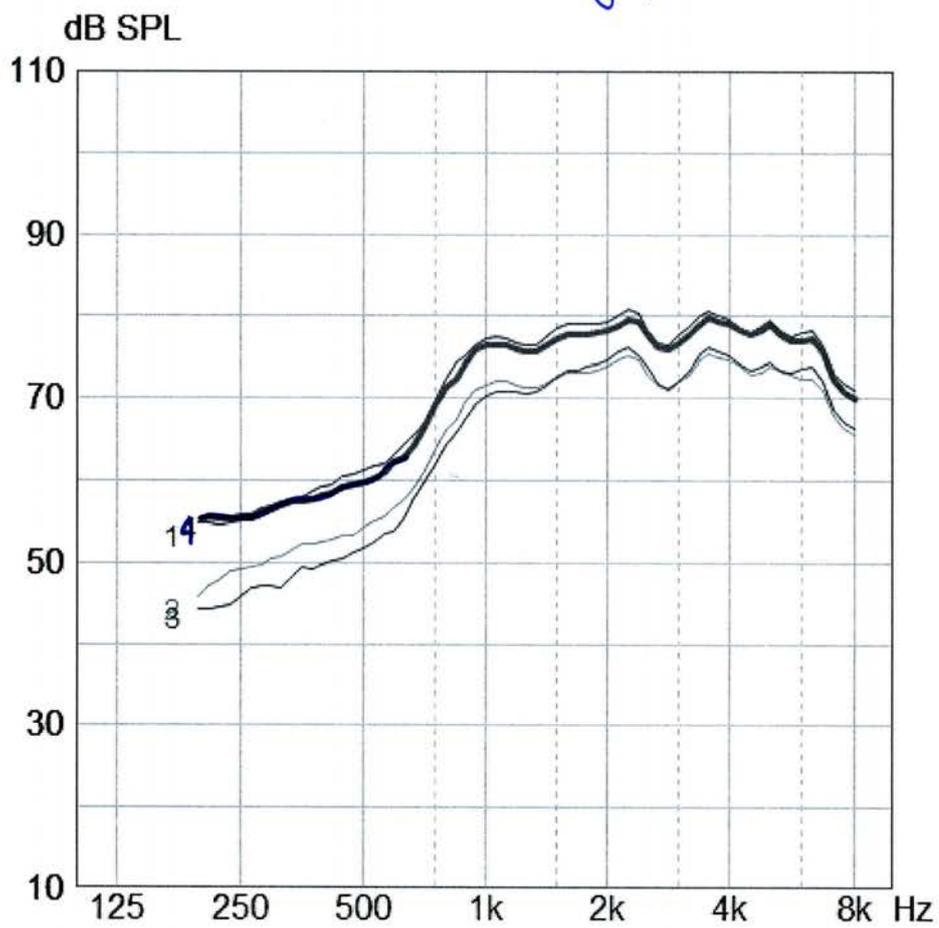
Prénom : Clémence

Dual OG

1. Chz déq) 55 dB
4. Chz 20

2. Chz 20) 45 dB
3. Chz déq

NS / rép. en fréq.



Annexe n°12 : Représentations temporelles d'un bruit blanc émis en continu à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenues avec le second jeu de programmes

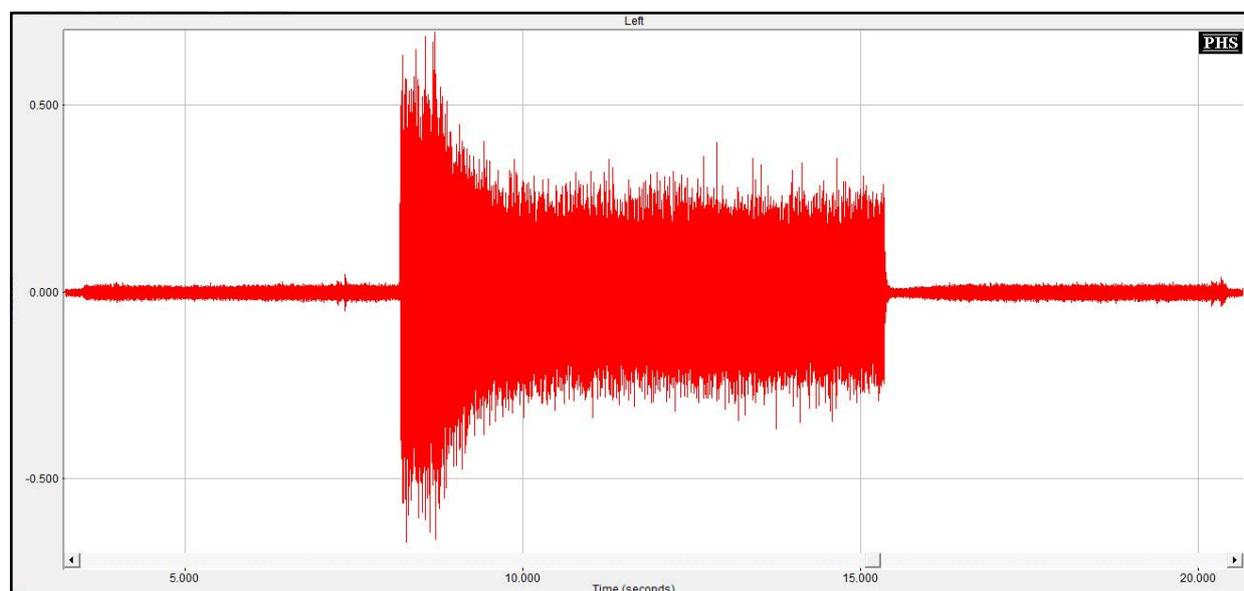


Figure n°164 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenue avec l'appareil réglé en Dual avec des seuils d'enclenchement dégressifs, P1 du 2nd jeu de programmes

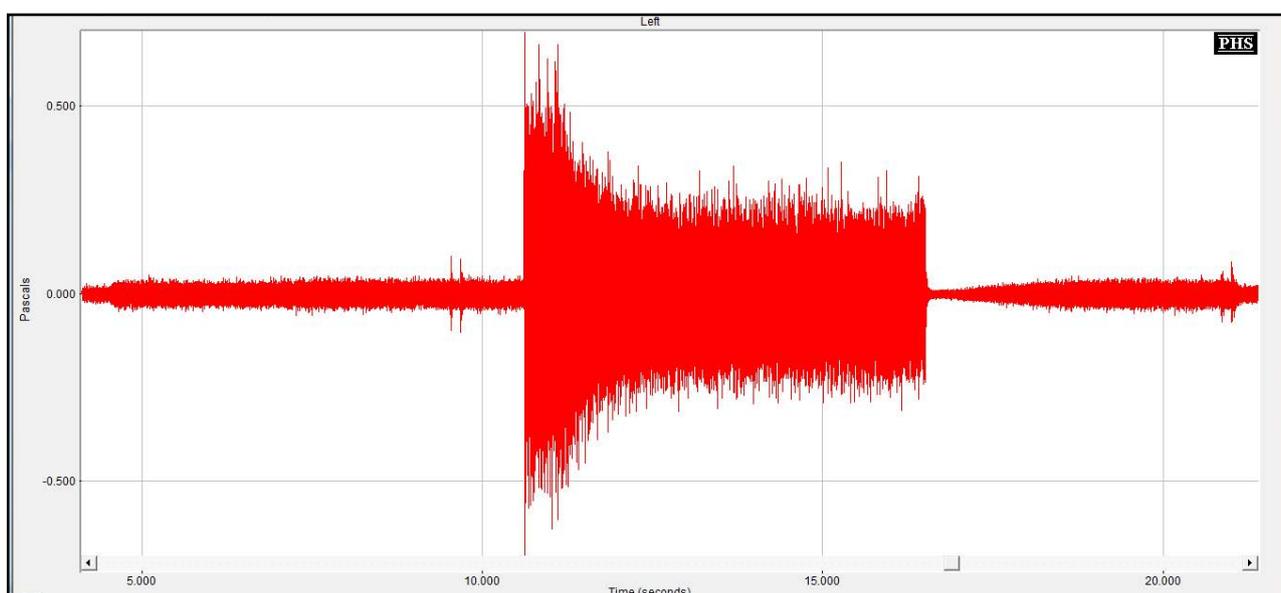


Figure n°165 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenue avec l'appareil réglé en Dual avec des seuils d'enclenchement à 20 dB, P2 du 2nd jeu de programmes

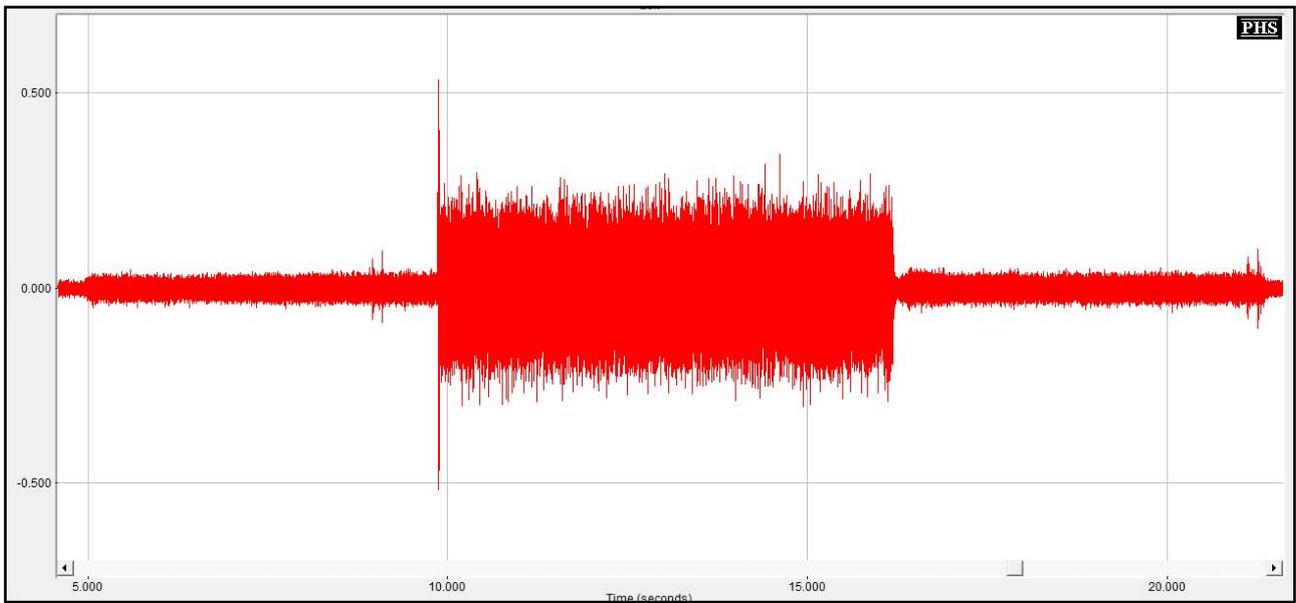


Figure n°166 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenue avec l'appareil réglé en Syllabic avec des seuils d'enclenchement à 20 dB, P3 du 2nd jeu de programmes

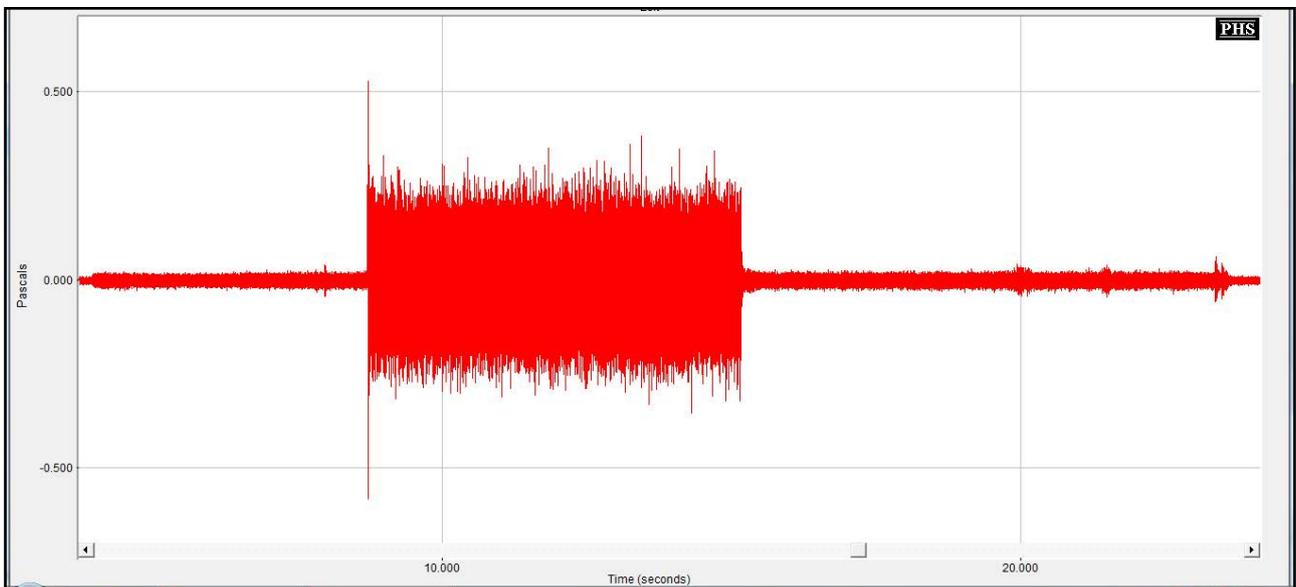


Figure n°167 : Représentation temporelle d'un bruit blanc émis de façon continue à 30, 60 puis 30 dB SPL, obtenue avec l'appareil réglé en Syllabic avec des seuils d'enclenchement dégradés, P4 du 2nd jeu de programmes

Annexe n°13 : Autres zoom du spectre du bruit blanc émis à 55 dB SPL

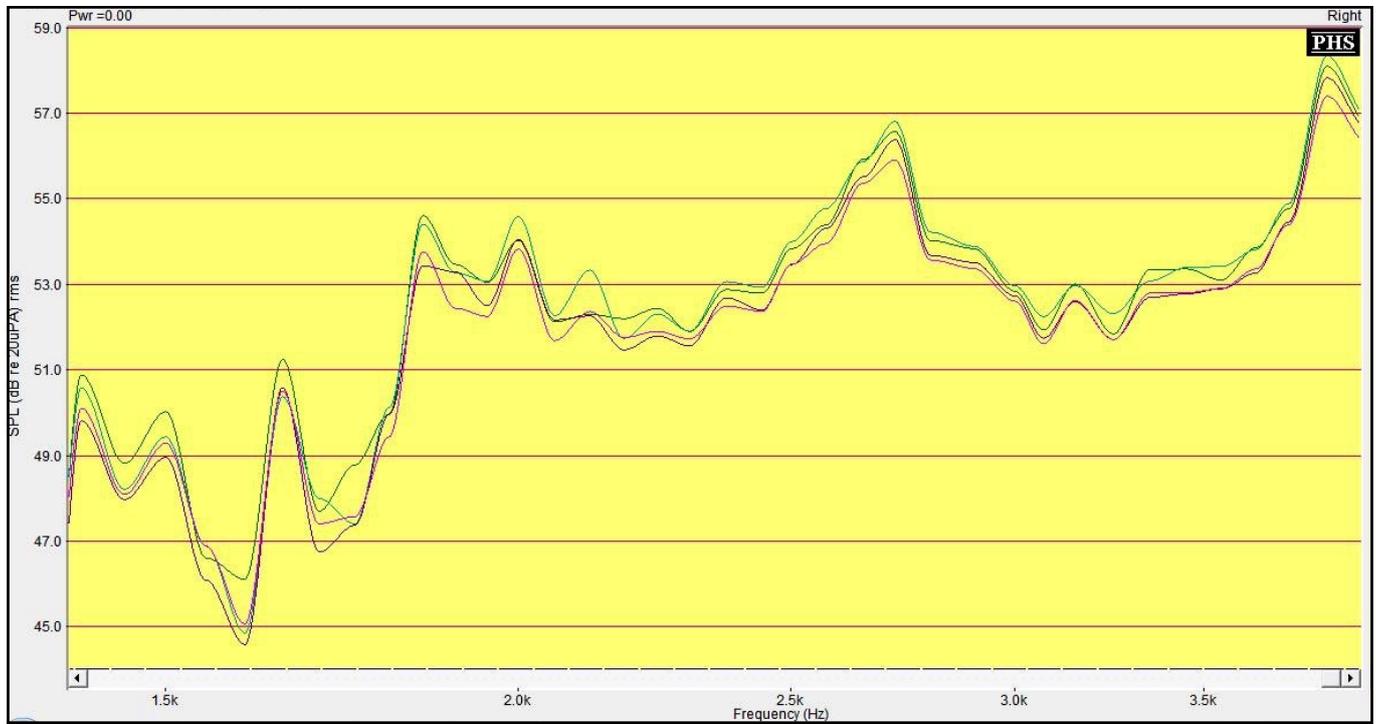


Figure n°168 : Zoom de 1500 à 4000 Hz, des spectres du bruit blanc obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

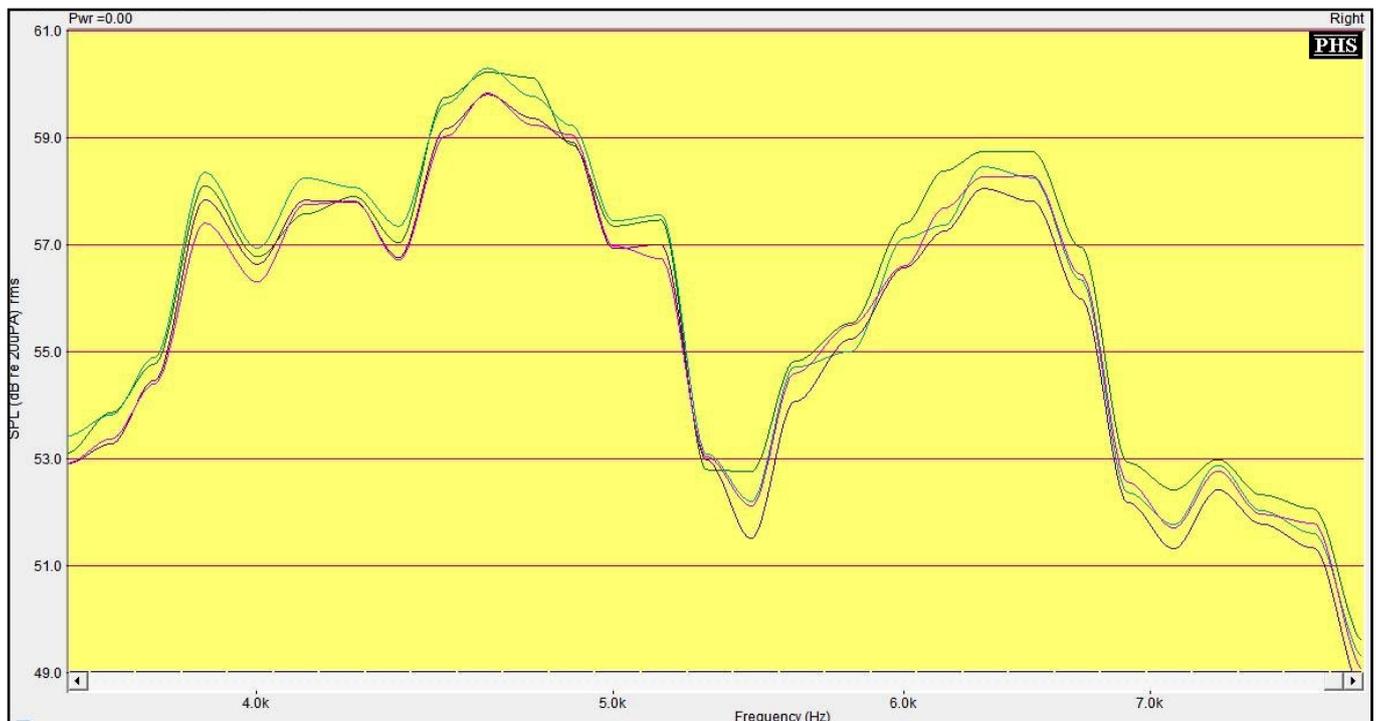


Figure n°169 : Zoom de 4000 à 8000 Hz, des spectres du bruit blanc obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Annexe n°14 : Zoom de 1500 à 4000 Hz du spectre du bruit de restaurant émis à 55 dB SPL

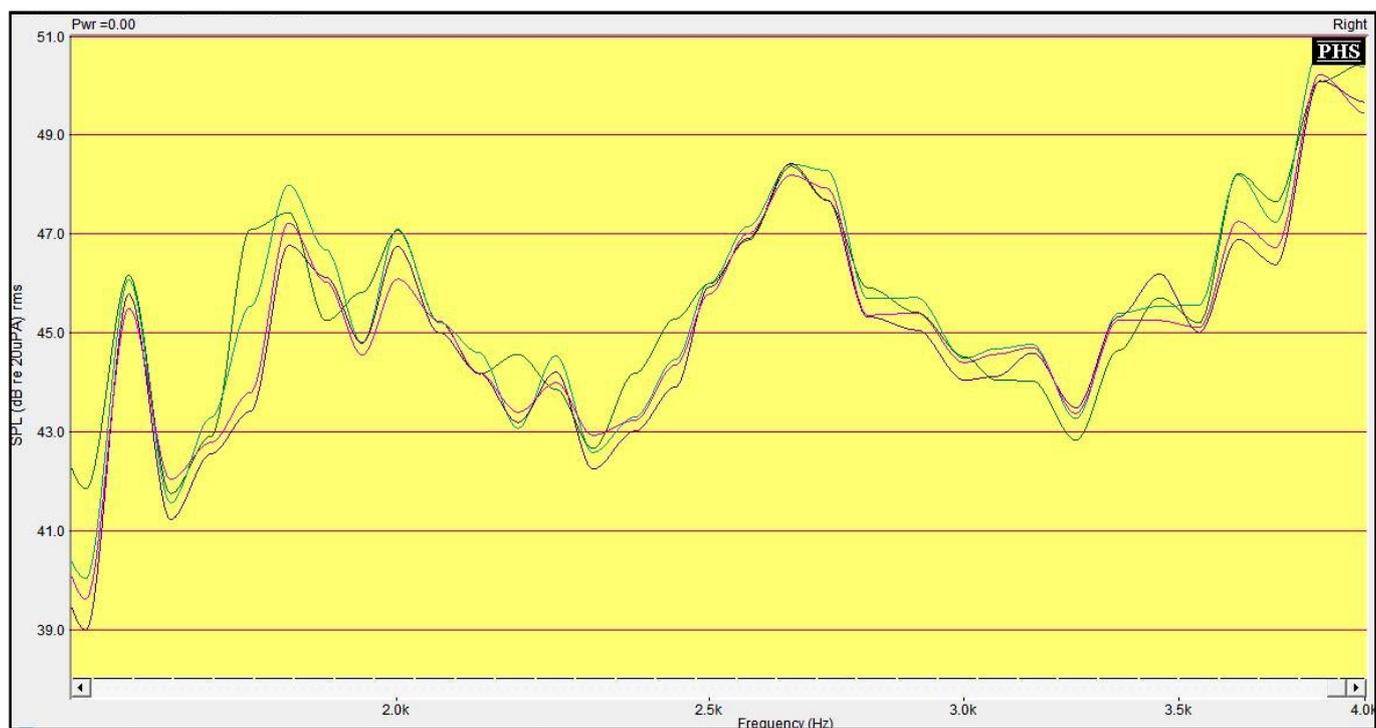


Figure n°170 : Zoom de 1500 à 4000 Hz, des spectres du bruit de restaurant obtenus avec les programmes P1 (vert), en P2 (bleu), en P3 (violet) et en P4 (rose)

Annexe n°15 : Nombre d'erreurs commises par type de bruit

Tableau n°52 : Nombre d'erreurs commises par programme et par type de bruits

Nombre d'erreurs commises	P1	P2	P3	P4
Bruit de cris d'enfant	13	10	8	8
Bruit de rame de métro	5	5	6	5
Bruit de restaurant	6	5	4	5
Total d'erreurs sur les trois bruits	24	20	18	18

Annexe n°16 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par programme pour chaque type de bruit

Bruit de salle de jeux d'enfants

Tableau n°53 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur le bruit de cris d'enfants

Ensemble des listes, bruit de cris d'enfants	P1	P2	P3	P4
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 6 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 4 compact / diffus : 5 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 5 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 3 compact / diffus : 2 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 3 vocalique / non vocalique : 1 sonore / sourd : 2 grave / aigu : 5 compact / diffus : 1 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 5 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 3 compact / diffus : 3 oral / nasal : 1
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	12	8	6	8
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	10	6	7	7
Total d'erreur sur les traits acoustiques	22	14	13	15

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : P1 > P4 > P2 > P3

- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : $P1 > P4 = P2 > P3$
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : $P1 > P4 = P3 > P2$

Bruit de rame de métro

Tableau n°54 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur le bruit de rame de métro

Ensemble des listes, bruit de métro	P1	P2	P3	P4
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 2 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 2 compact / diffus : 1 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 1 vocalique / non vocalique : 1 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 1 compact / diffus : 1 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 2 vocalique / non vocalique : 1 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 4 compact / diffus : 1 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 2 vocalique / non vocalique : 1 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 2 compact / diffus : 0 oral / nasal : 1
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	5	2	3	3
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	3	2	6	3
Total d'erreur sur les traits acoustiques	8	4	9	6

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : $P3 > P1 > P4 > P2$
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : $P1 > P3 = P4 > P2$

- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : $P3 > P4 = P1 > P2$

Bruit de restaurant

Tableau n°55 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque programme sur le bruit de restaurant

Ensemble des listes, bruit de restaurant	P1	P2	P3	P4
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 1 vocalique / non vocalique : 1 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 1 compact / diffus : 0 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 3 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 2 grave / aigu : 2 compact / diffus : 0 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 2 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 1 compact / diffus : 0 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 2 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 3 compact / diffus : 1 oral / nasal : 0
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	2	8	5	5
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	1	2	1	4
Total d'erreur sur les traits acoustiques	3	10	6	9

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : $P2 > P4 > P3 > P1$
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : $P2 > P4 = P3 > P1$
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : $P4 > P2 > P3 = P1$

Annexe n°17 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par type de compression et par type de bruit

Bruit de salle de jeux d'enfants

Tableau n°56 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque type de compression sur le bruit de cris d'enfants

Ensemble des listes, bruit de cris d'enfants	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 11 vocalique / non vocalique : 5 sonore / sourd : 4 grave / aigu : 7 compact / diffus : 7 oral / nasal : 2	continu / discontinu : 8 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 8 compact / diffus : 4 oral / nasal : 2
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	20	14
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	16	14
Total d'erreur sur les traits acoustiques	36	28

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Dual > Syllabic
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Dual > Syllabic
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Dual > Syllabic

Bruit de rame de métro

Tableau n°57 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque type de compression sur le bruit de rame de métro

Ensemble des listes, bruit de métro	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 3 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 3 compact / diffus : 2 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 4 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 6 compact / diffus : 1 oral / nasal : 2
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	7	6
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	5	9
Total d'erreur sur les traits acoustiques	12	15

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Syllabic > Dual
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Dual > Syllabic
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Syllabic > Dual

Bruit de restaurant

Tableau n°58 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque type de compression sur le bruit de restaurant

Ensemble des listes, bruit de restaurant	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 4 vocalique / non vocalique : 4 sonore / sourd : 2 grave / aigu : 3 compact / diffus : 0 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 4 vocalique / non vocalique : 4 sonore / sourd : 2 grave / aigu : 4 compact / diffus : 1 oral / nasal : 0
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	10	10
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	3	5
Total d'erreur sur les traits acoustiques	13	15

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Syllabic > Dual
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Dual = Syllabic
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Syllabic > Dual

Annexe n°18 : Analyse des confusions par quantification des traits acoustiques par réglage de seuils d'enclenchement et par type de bruit

Bruit de salle de jeux d'enfants

Tableau n°59 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur le bruit de cris d'enfants

Ensemble des listes, bruit de cris d'enfants	Seuils d'enclenchement à 20 dB	Seuils d'enclenchement dégressifs
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 8 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 8 compact / diffus : 3 oral / nasal : 2	continu / discontinu : 11 vocalique / non vocalique : 5 sonore / sourd : 4 grave / aigu : 7 compact / diffus : 8 oral / nasal : 2
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	14	20
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	13	17
Total d'erreur sur les traits acoustiques	27	37

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Ck dégressifs > Ck à 20 dB
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB

Bruit de rame de métro

Tableau n°60 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur le bruit de rame de métro

Ensemble des listes, bruit de métro	Seuils d'enclenchement à 20 dB	Seuils d'enclenchement dégressifs
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 3 vocalique / non vocalique : 2 sonore / sourd : 0 grave / aigu : 5 compact / diffus : 2 oral / nasal : 1	continu / discontinu : 4 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 4 compact / diffus : 1 oral / nasal : 1
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	5	8
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	8	6
Total d'erreur sur les traits acoustiques	13	14

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Ck dégressifs > Ck à 20 dB
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Ck à 20 dB > Ck dégressifs

Bruit de restaurant

Tableau n°61 : Nombre de traits acoustiques erronés correspondant aux confusions phonétiques commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur le bruit de restaurant

Ensemble des listes, bruit de restaurant	Seuils d'enclenchement à 20 dB	Seuils d'enclenchement dégressifs
Fréquence totale des traits acoustiques mis en cause	continu / discontinu : 5 vocalique / non vocalique : 5 sonore / sourd : 3 grave / aigu : 3 compact / diffus : 0 oral / nasal : 0	continu / discontinu : 3 vocalique / non vocalique : 3 sonore / sourd : 1 grave / aigu : 4 compact / diffus : 1 oral / nasal : 0
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle continu / discontinu vocalique / non vocalique sonore / sourd	13	7
Total d'erreur sur les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle grave / aigu compact / diffus oral / nasal	3	5
Total d'erreur sur les traits acoustiques	16	12

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus de confusions à celui en provoquant le moins, on obtient :

- au niveau global : Ck à 20 dB > Ck dégressifs
- pour les traits acoustiques en lien avec l'acuité temporelle : Ck à 20 dB > Ck dégressifs
- pour les traits acoustiques en lien avec la sélectivité fréquentielle : Ck dégressifs > Ck à 20 dB

Annexe n°19 : Analyse quantitative des omissions par programme et par type de bruit

Tableau n°62 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque programme et sur chaque type de bruit

Total de consonnes non perçues	P1	P2	P3	P4
Bruit de cris d'enfant	1	3	1	1
Bruit de rame de métro	3	4	1	2
Bruit de restaurant	5	2	2	2
Total d'omissions sur les trois bruits	9	9	4	5

Si nous classons les programmes de manière décroissante c'est-à-dire de celui provoquant le plus d'omissions à celui en provoquant le moins, nous obtenons :

- pour le bruit de cris d'enfants : $P2 > P1 = P3 = P4$,
- pour le bruit de rame de métro : $P2 > P1 > P4 > P3$,
- pour le bruit de restaurant : $P1 > P2 = P3 = P4$,
- pour l'ensemble des bruits confondus : $P1 = P2 > P4 > P3$.

Annexe n°20 : Analyse quantitative des omissions par type de compression et par type de bruit

Tableau n°63 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque type de compression sur chaque type de bruit

Total de consonnes non perçues	Compression lente, Dual	Compression rapide, Syllabic
Bruit de cris d'enfant	4	2
Bruit de rame de métro	7	3
Bruit de restaurant	7	4
Total d'omissions sur les trois bruits	18	9

Annexe n°21 : Analyse quantitative des omissions par réglage des seuils d'enclenchement et par type de bruit

Tableau n°64 : Nombre d'omissions commises par la patiente pour chaque réglage de seuils d'enclenchement sur chaque type de bruit

Total de consonnes non perçues	Seuils d'enclenchement dégressifs	Seuils d'enclenchement à 20 dB
Bruit de cris d'enfant	2	4
Bruit de rame de métro	5	5
Bruit de restaurant	7	4
Total d'omissions sur les trois bruits	14	13

Annexe n°22 : Ensemble des spectrogrammes objectivant l'effet du type de compression en milieu bruyant sur la parole

Avec un bruit blanc

Les mots

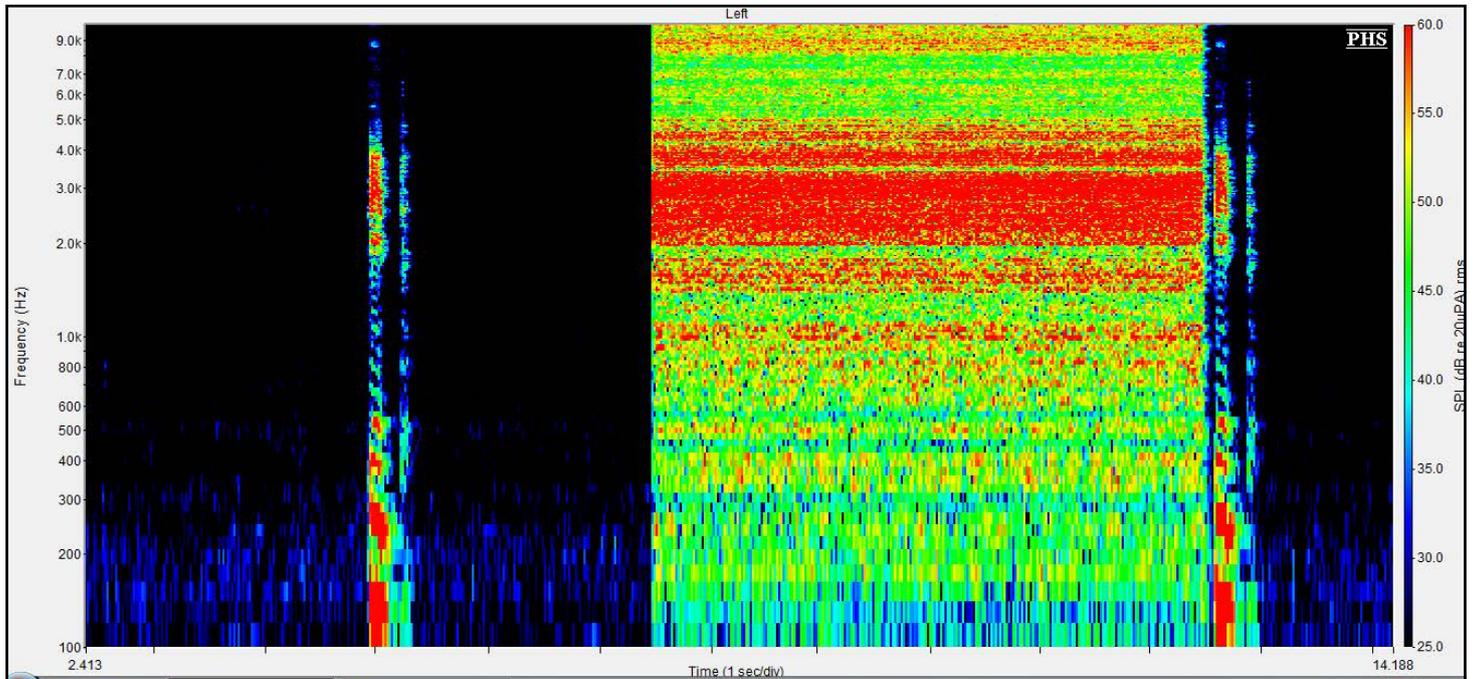


Figure n°171 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

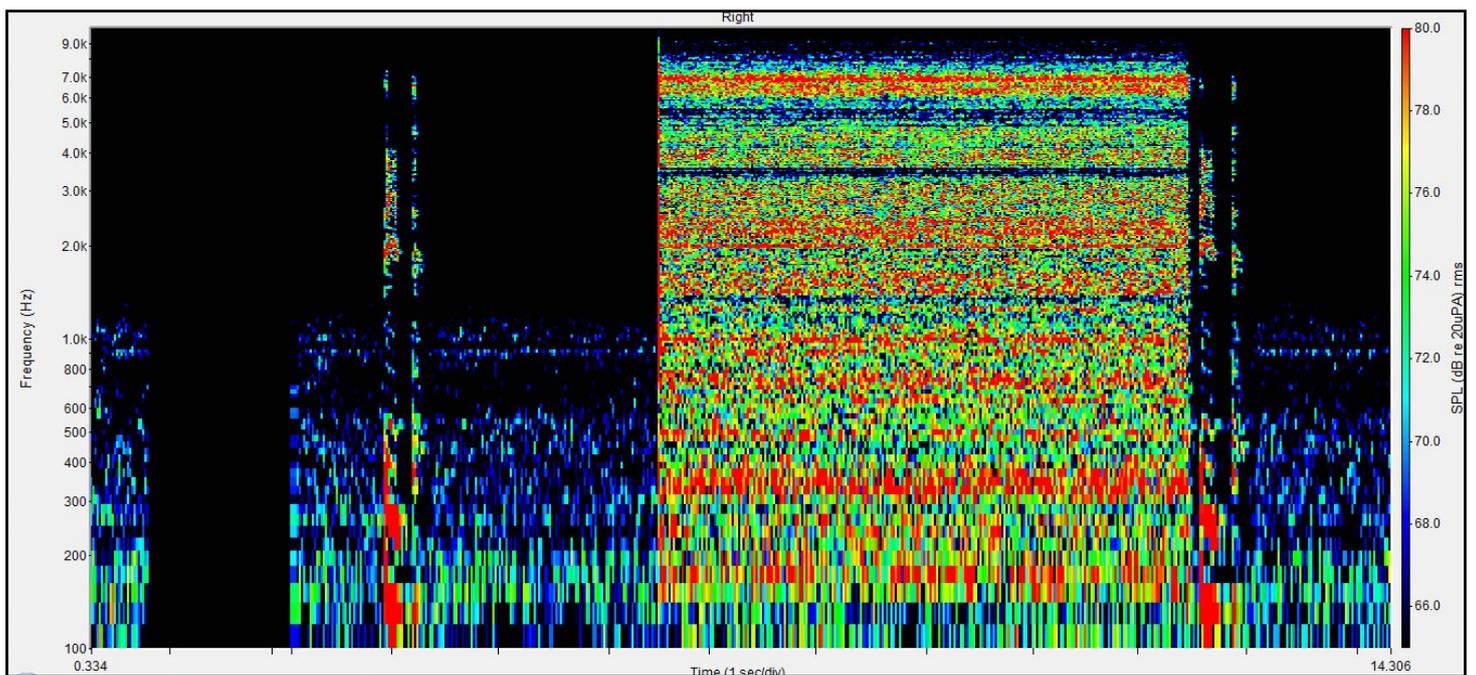


Figure n°172 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

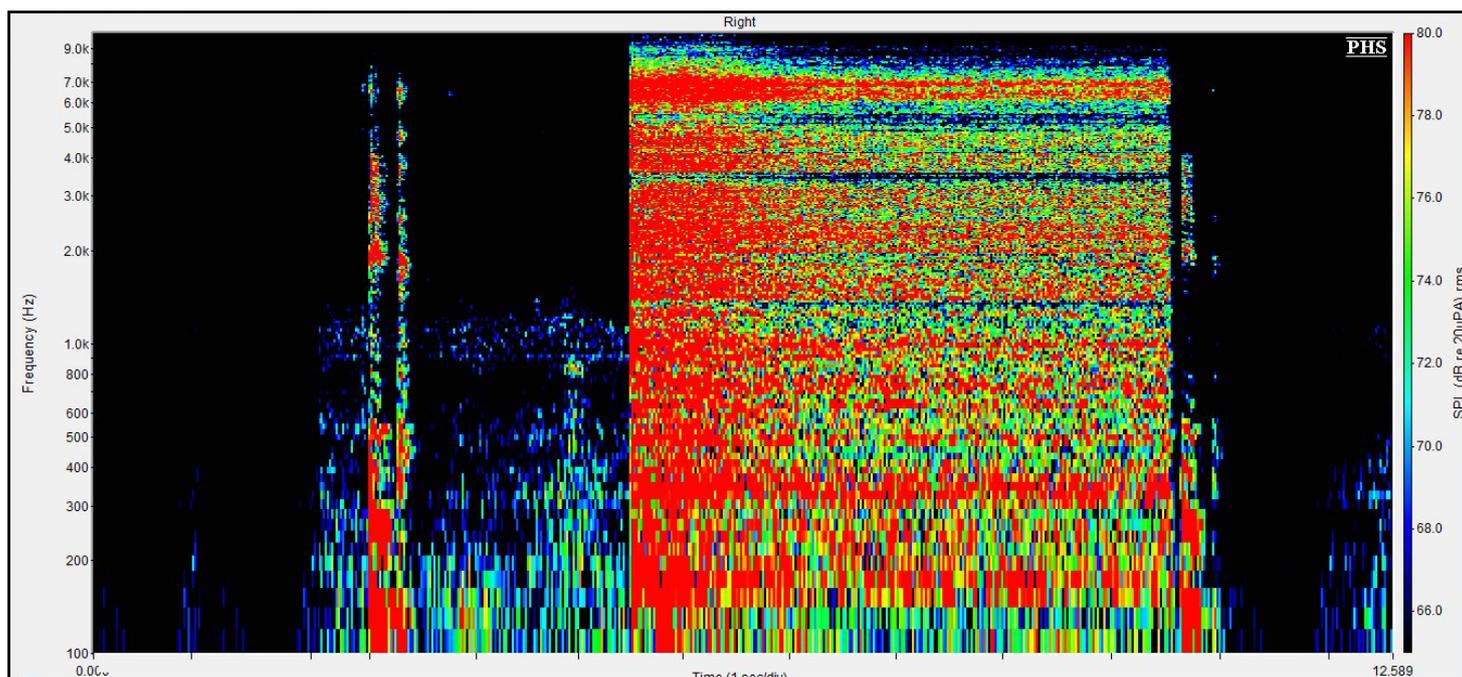


Figure n°173 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

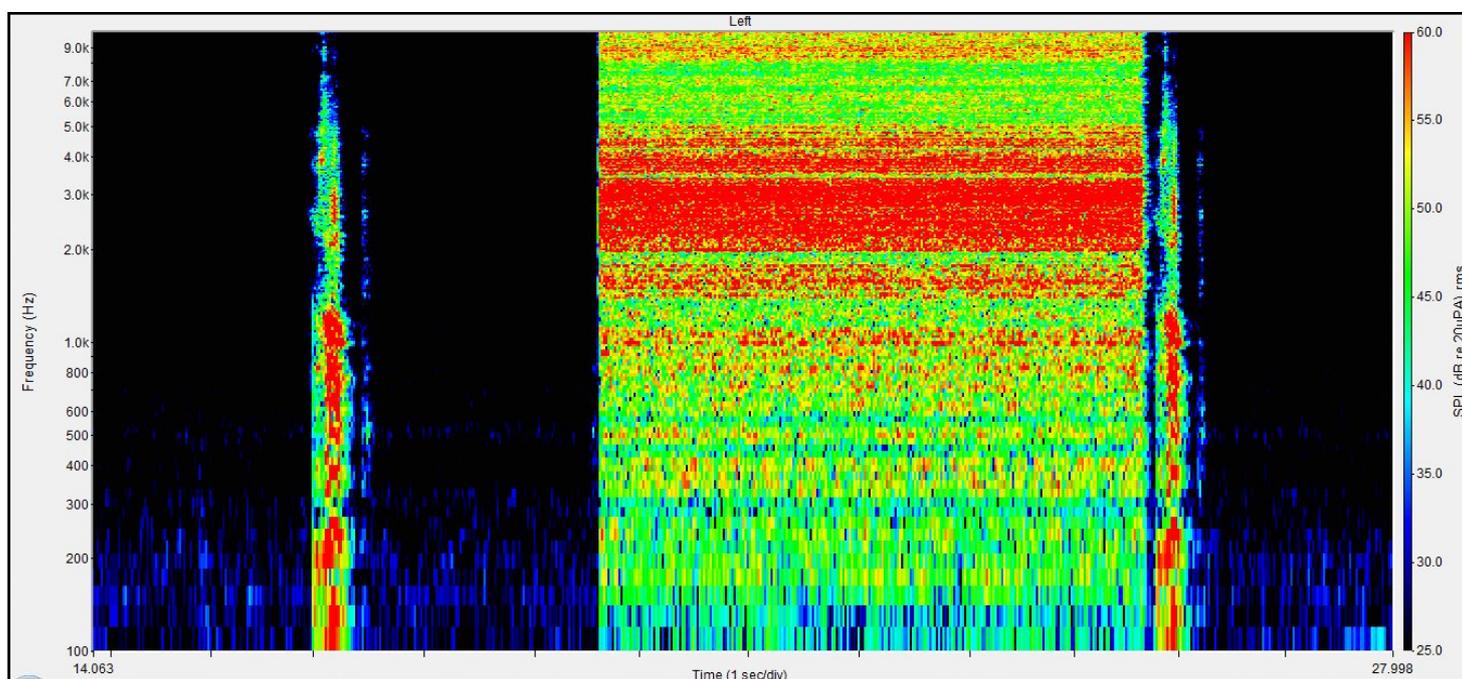


Figure n°174 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

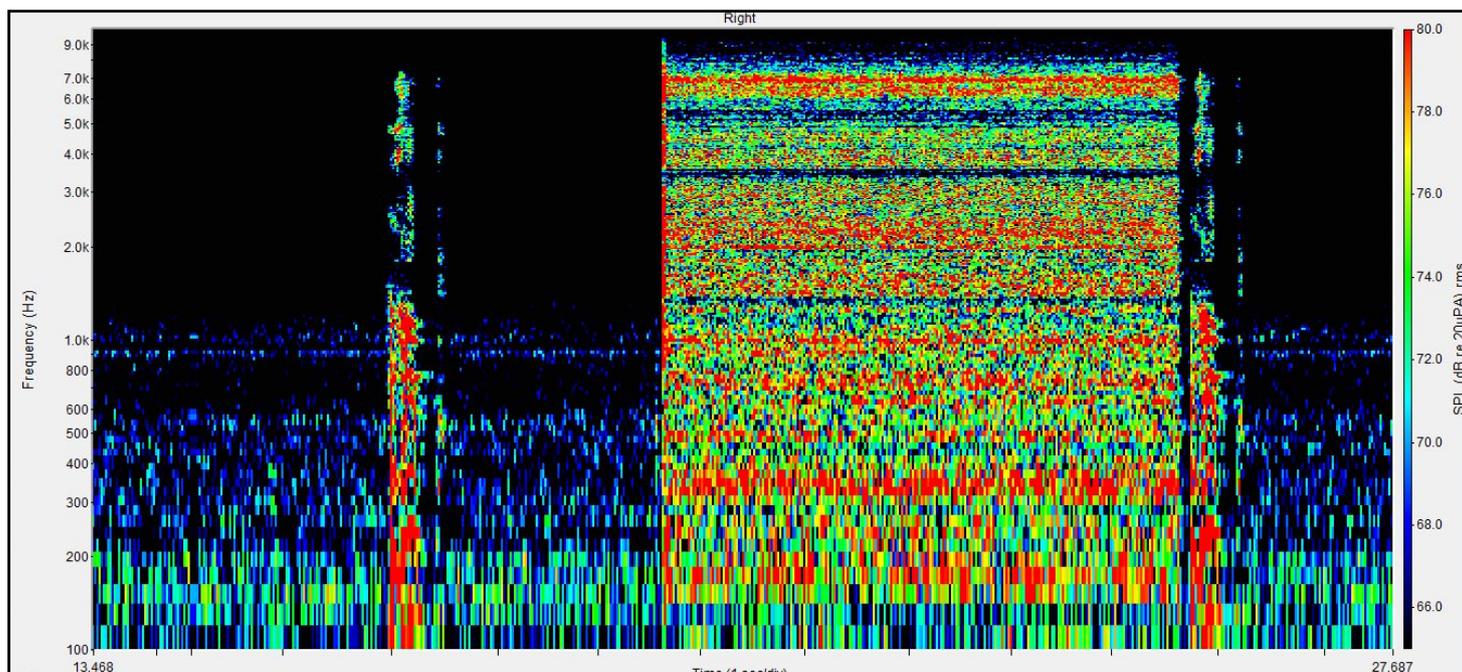


Figure n°175 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

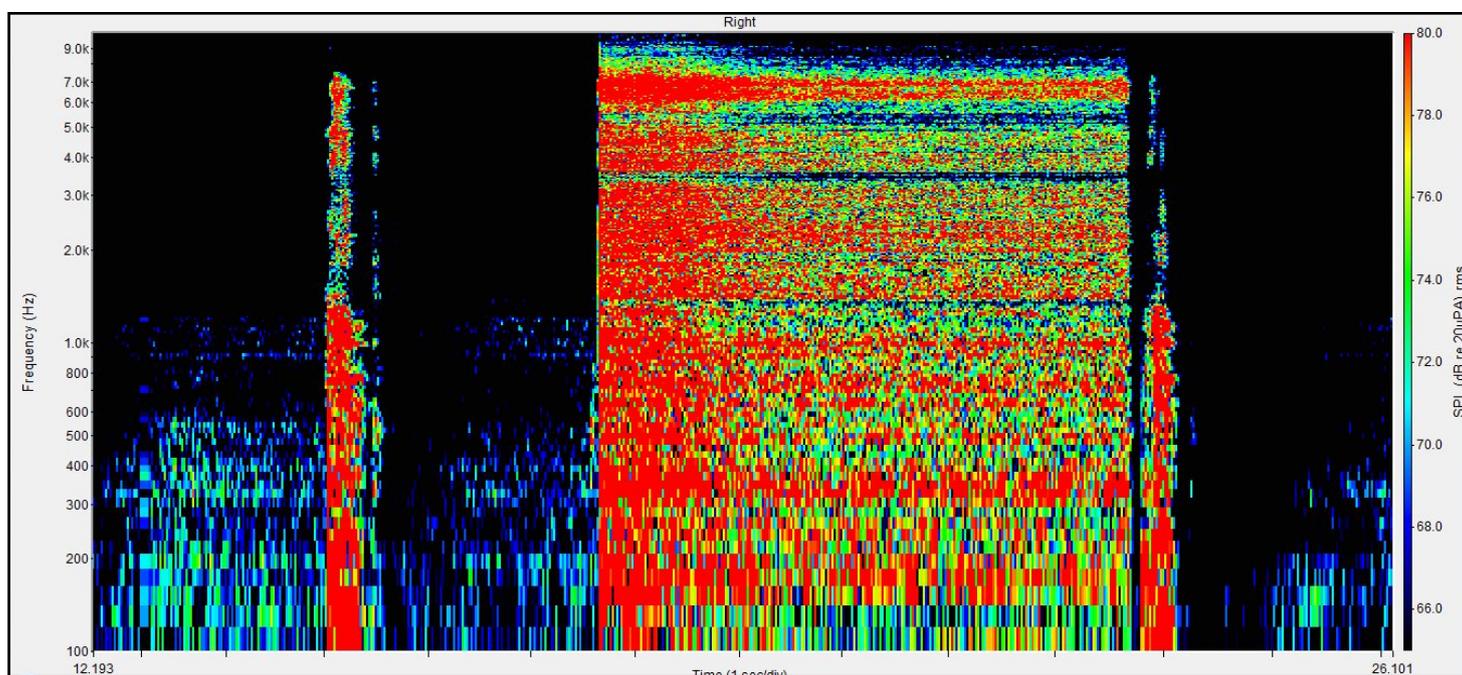


Figure n°176 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

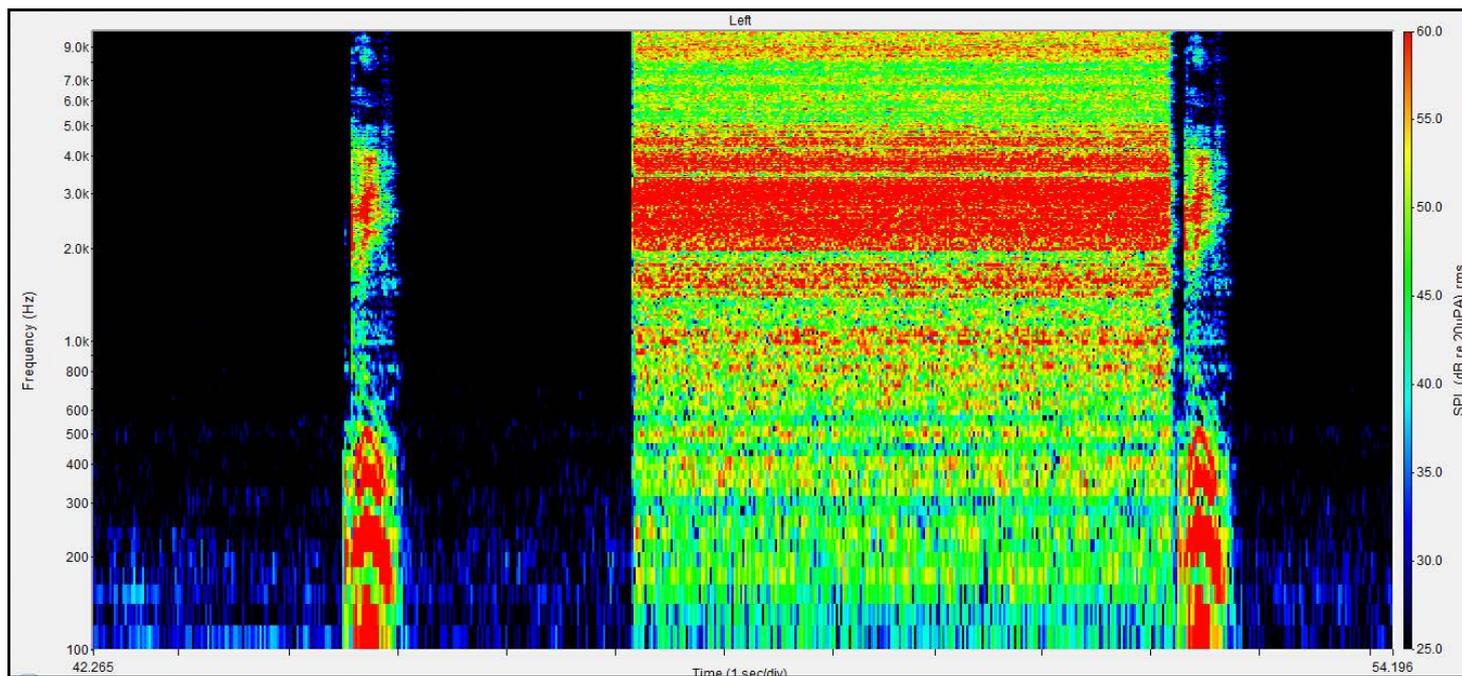


Figure n°177 : Spectrogramme du mot « grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

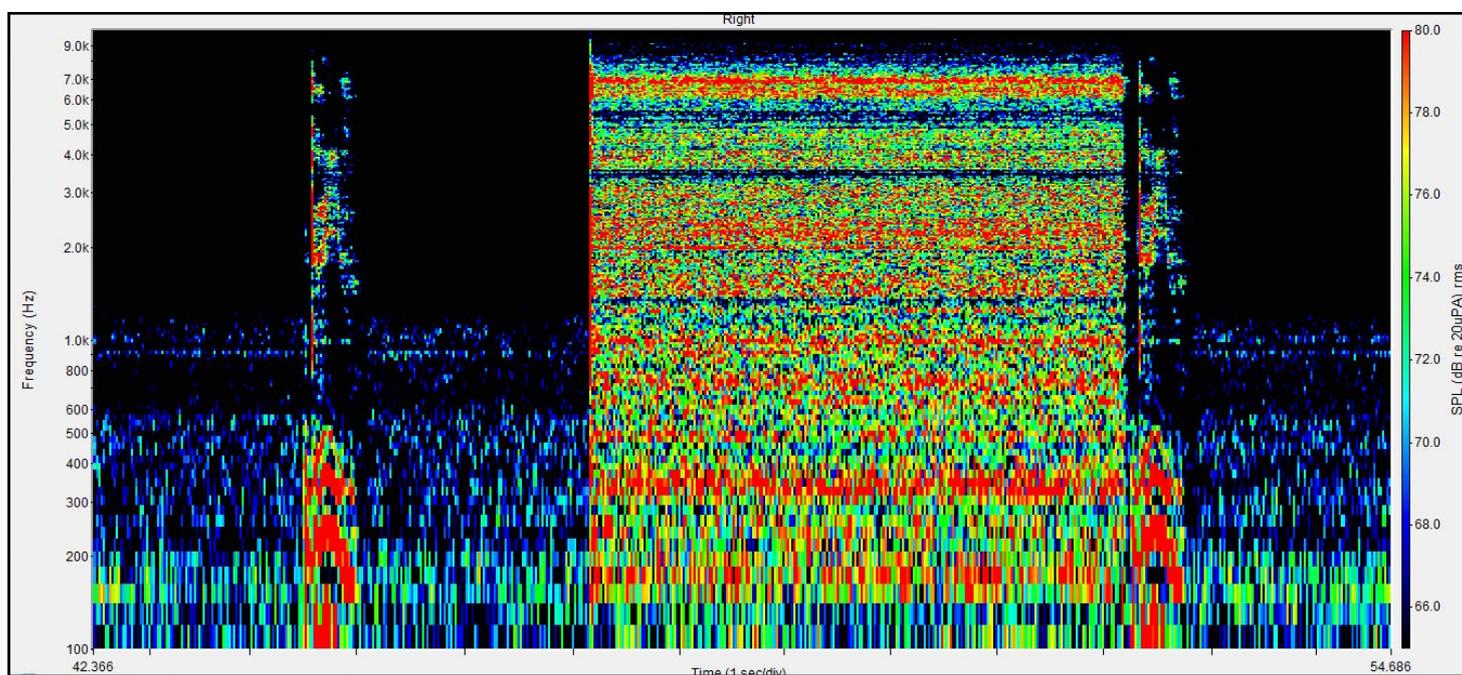


Figure n°178 : Spectrogramme du mot « grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

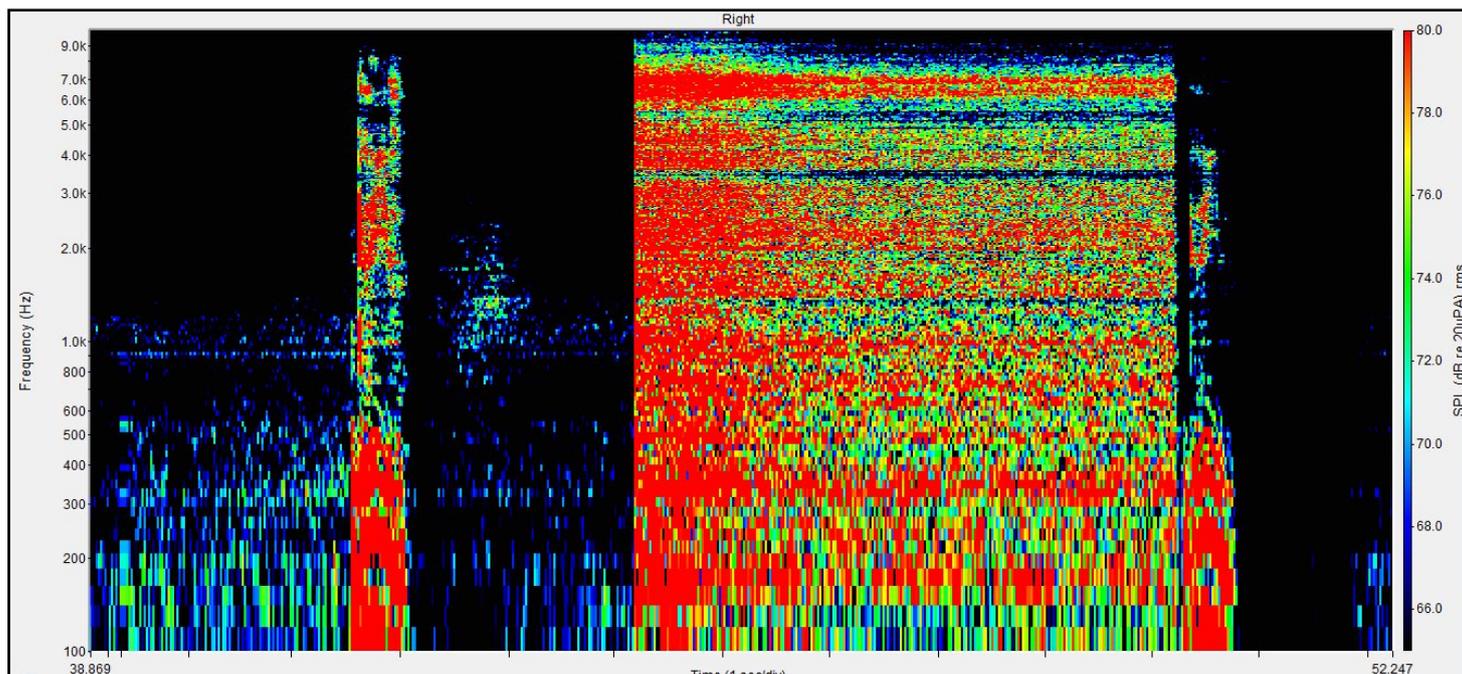


Figure n°179 : Spectrogramme du mot «grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type VCV

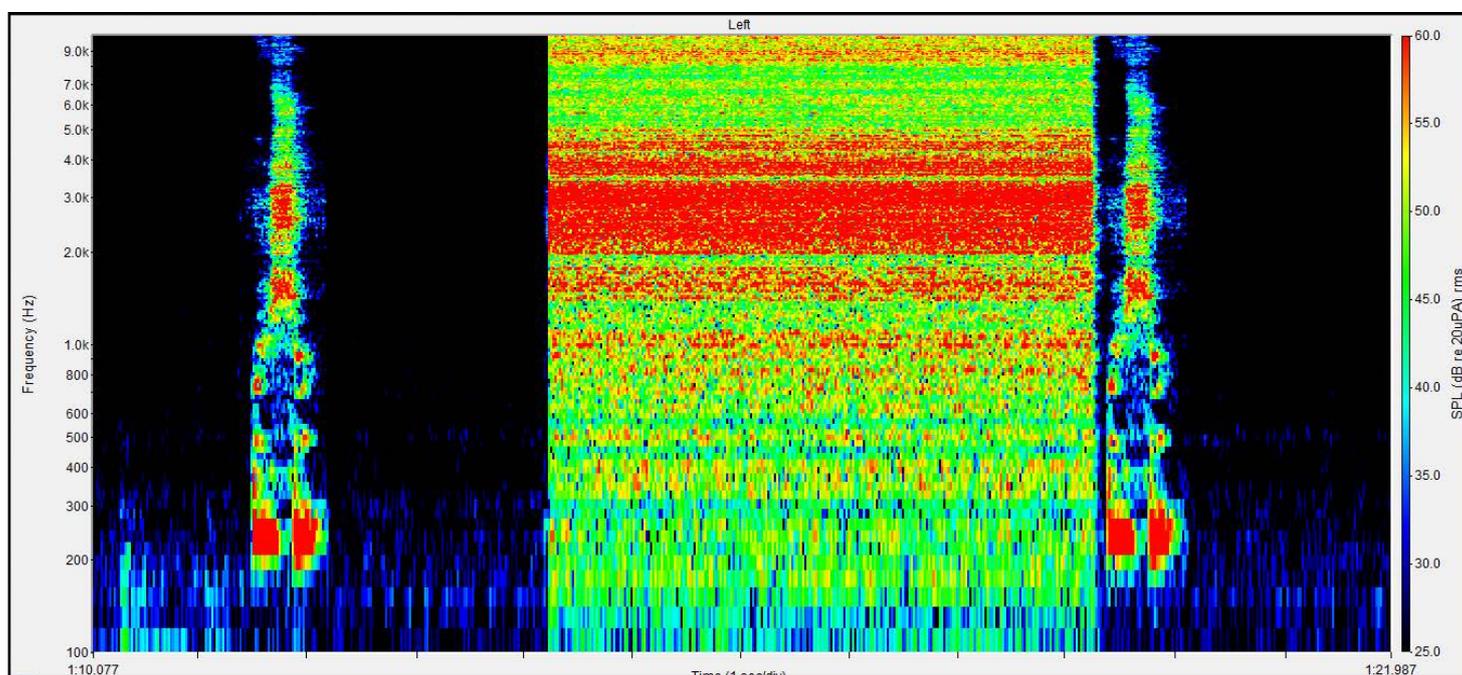


Figure n°180 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

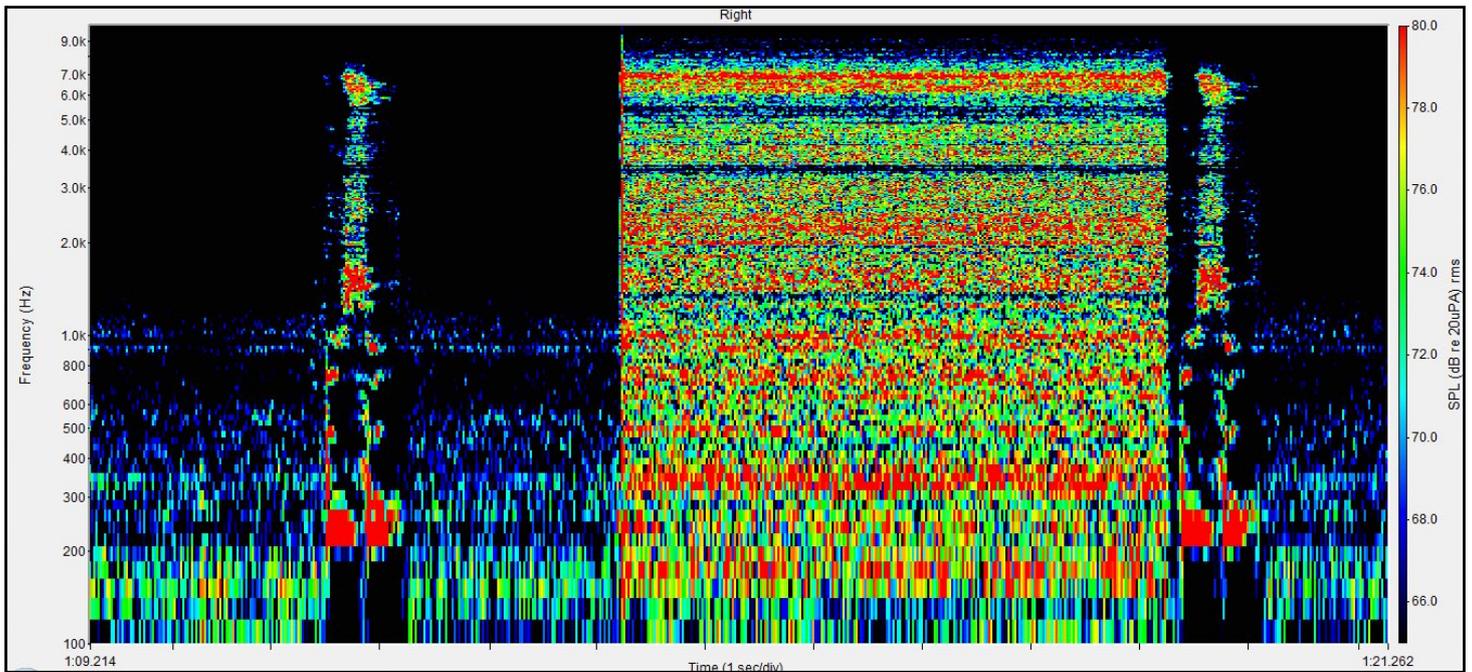


Figure n°181 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

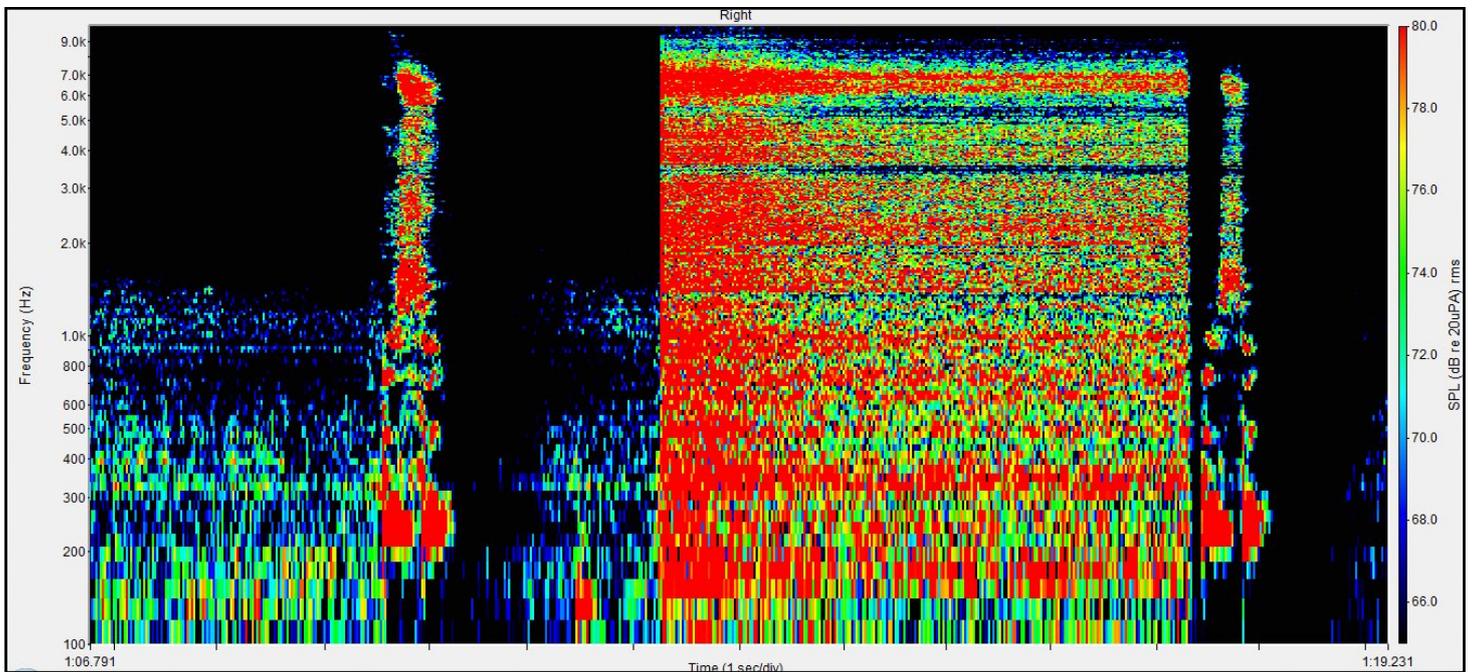


Figure n°182 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

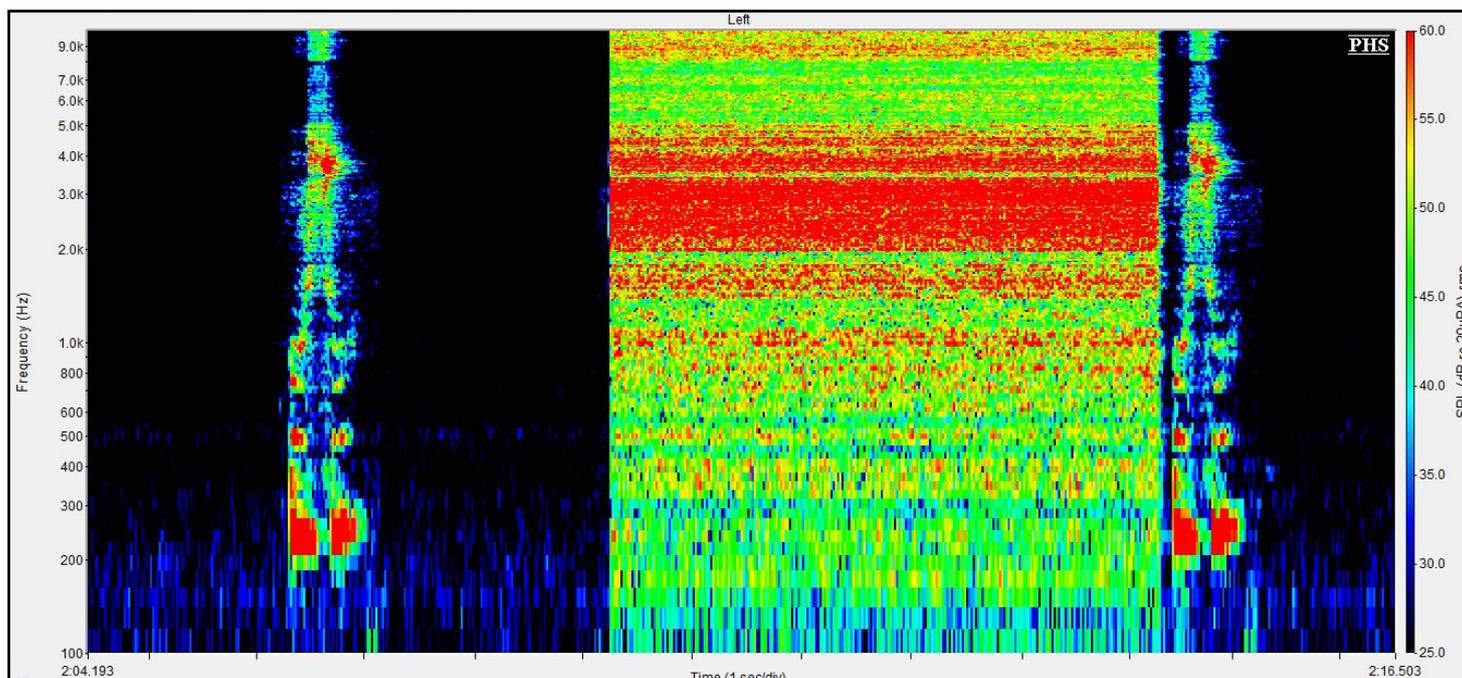


Figure n°183 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

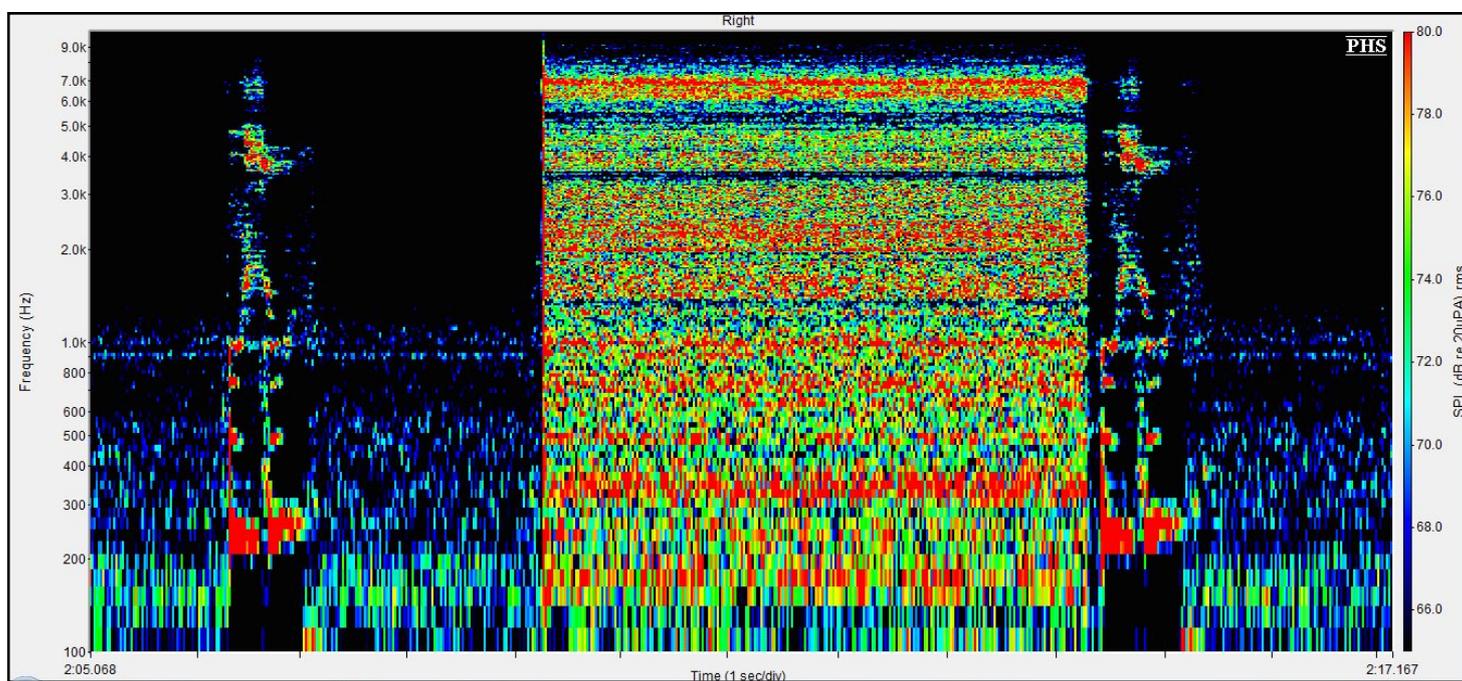


Figure n°184 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

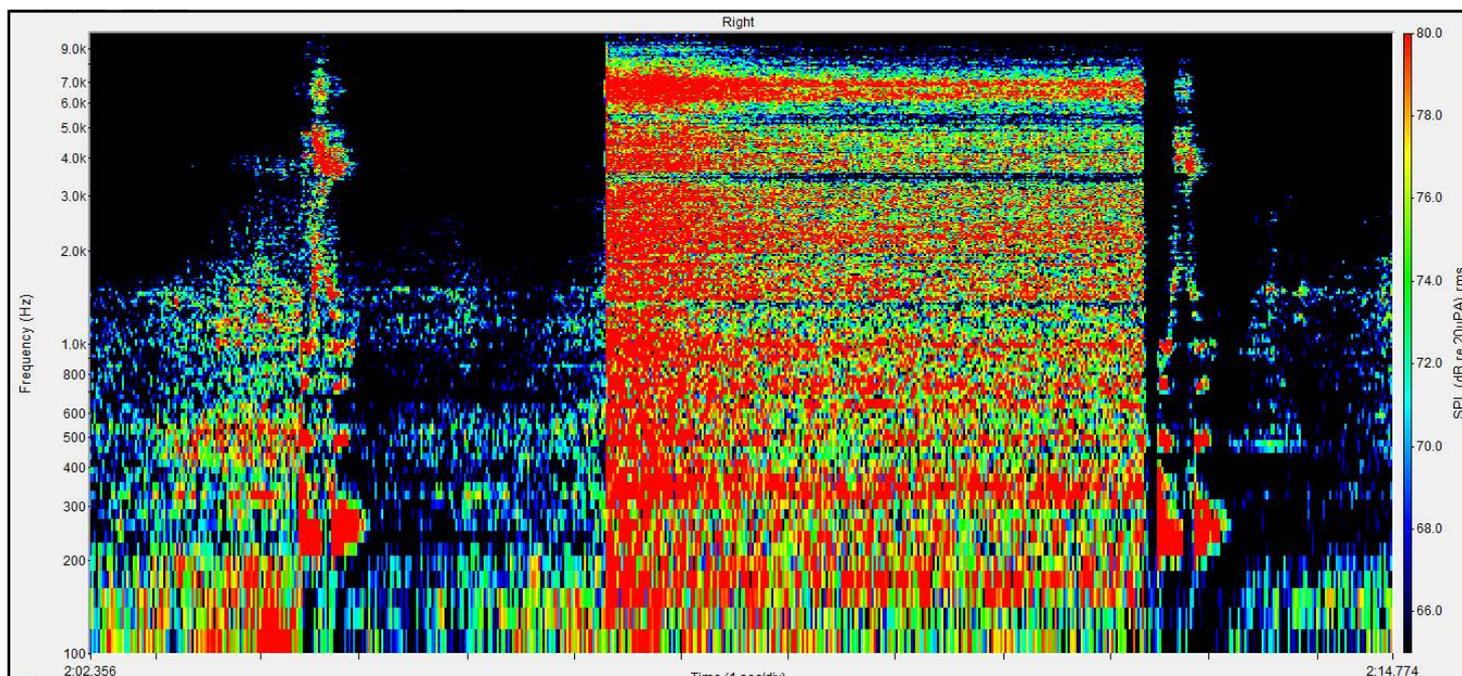


Figure n°185 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

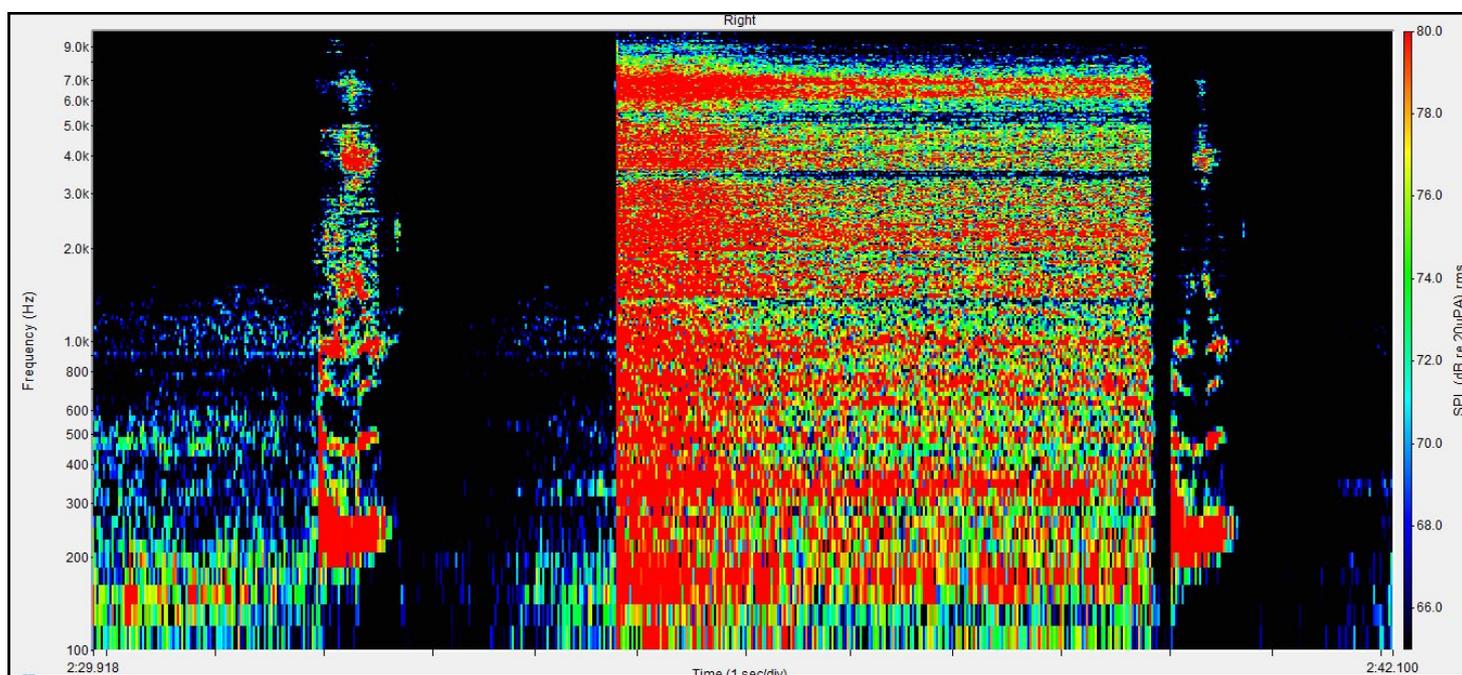


Figure n°186 : Spectrogramme du logatome « ouizou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouizou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

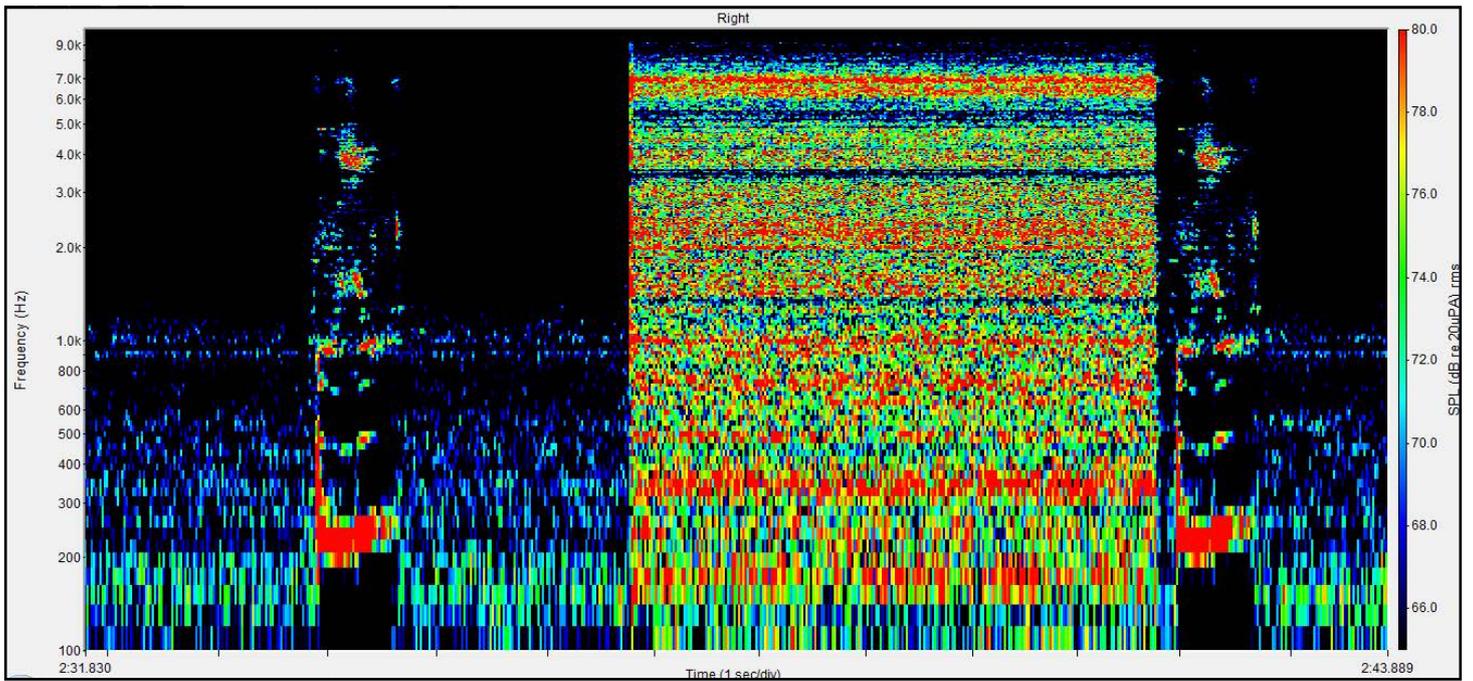


Figure n°187 : Spectrogramme du logatome « ouzo », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

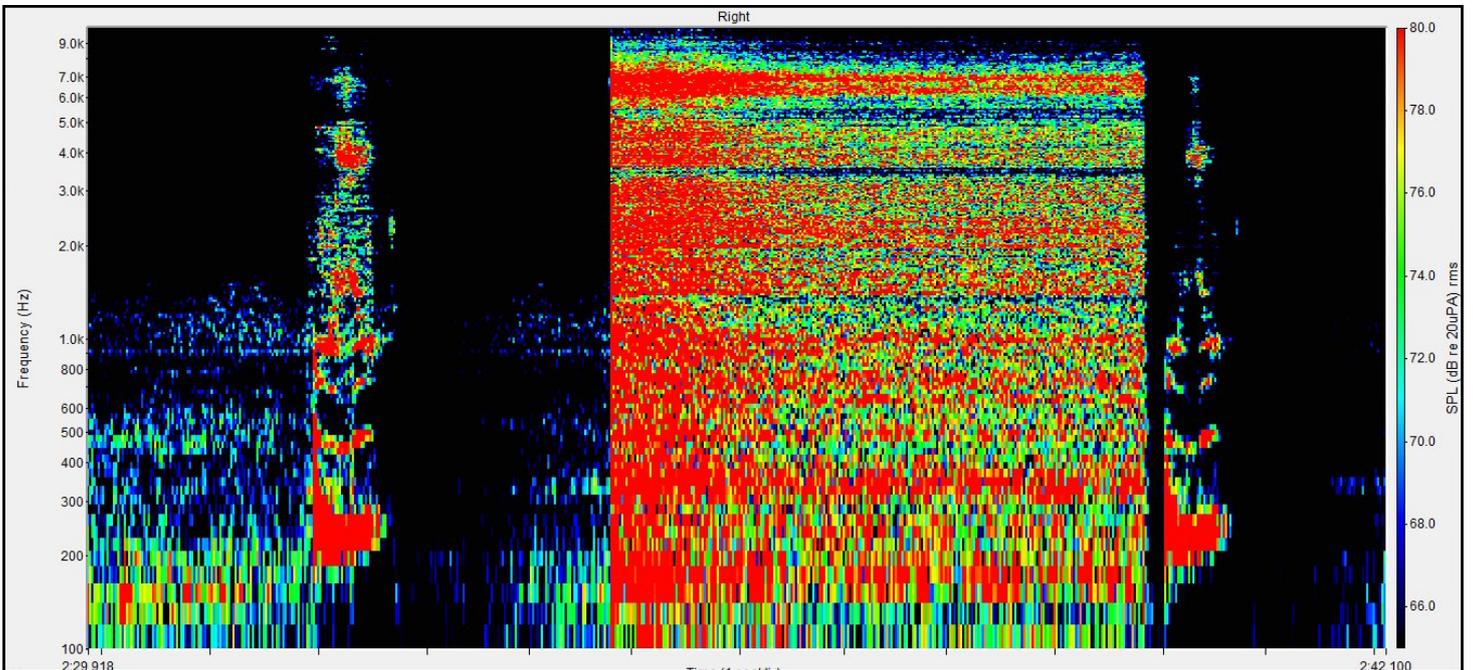


Figure n°188 : Spectrogramme du logatome « ouzo », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type CVC

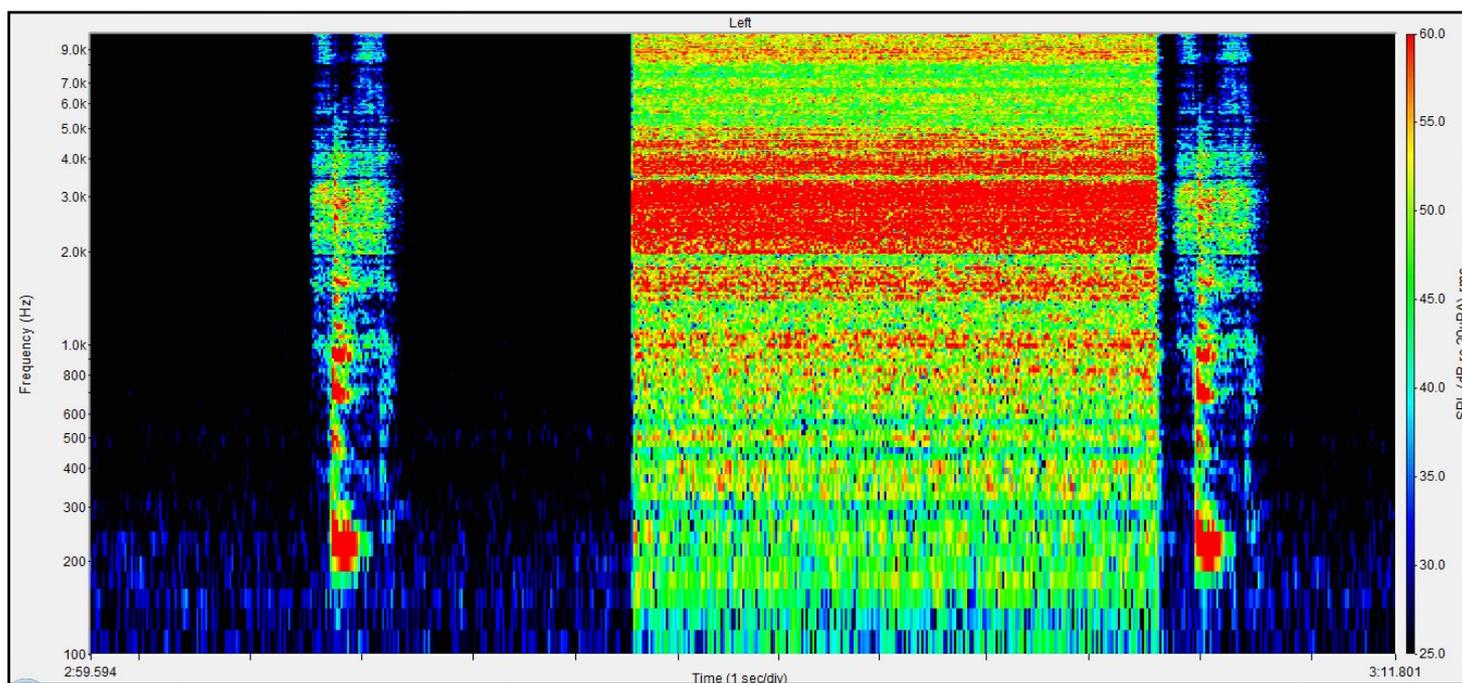


Figure n°189 : Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

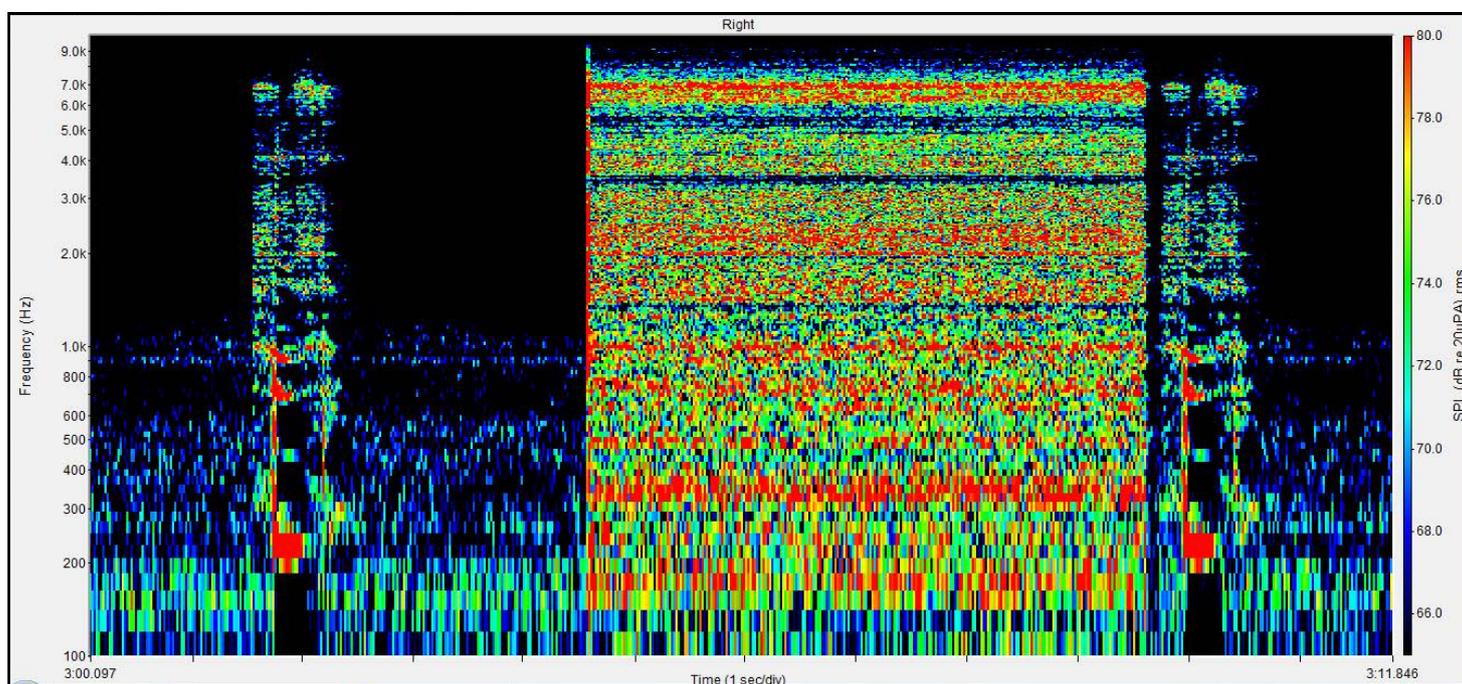


Figure n°190 : Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

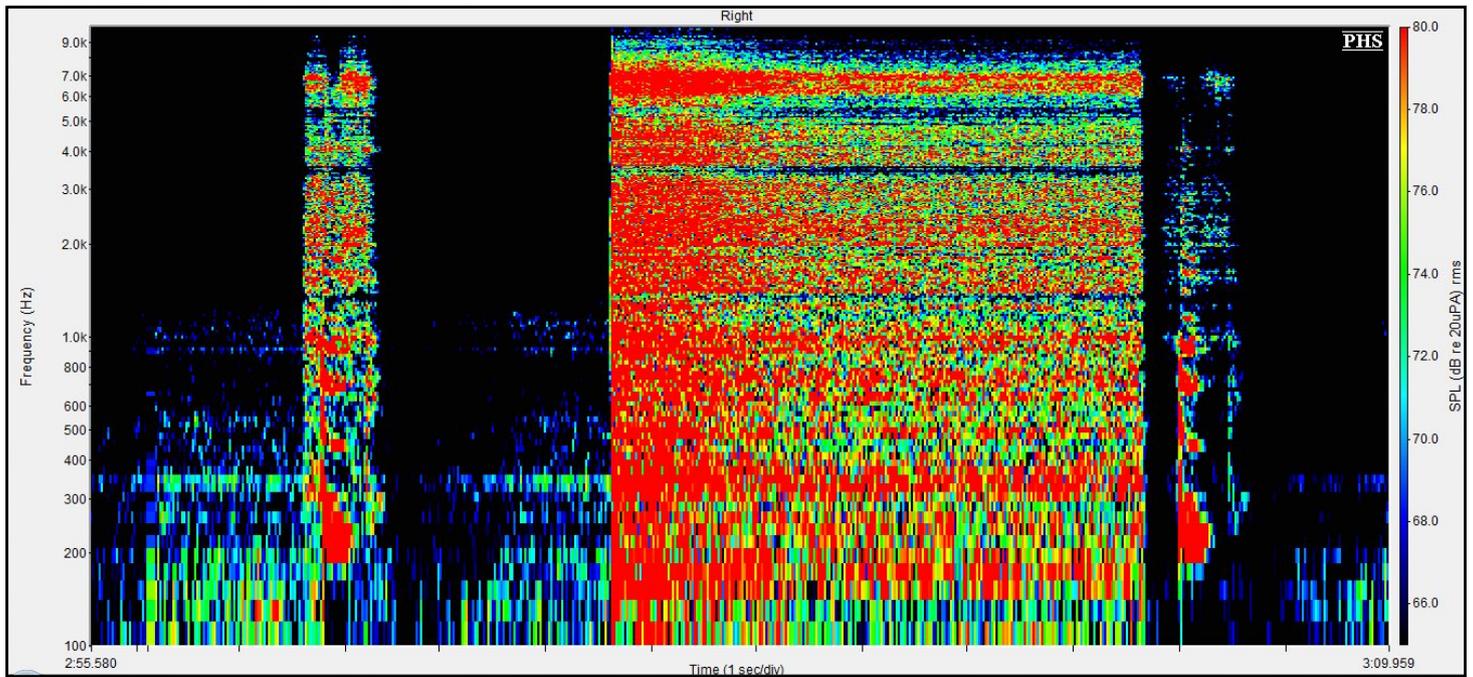


Figure n°191 : Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

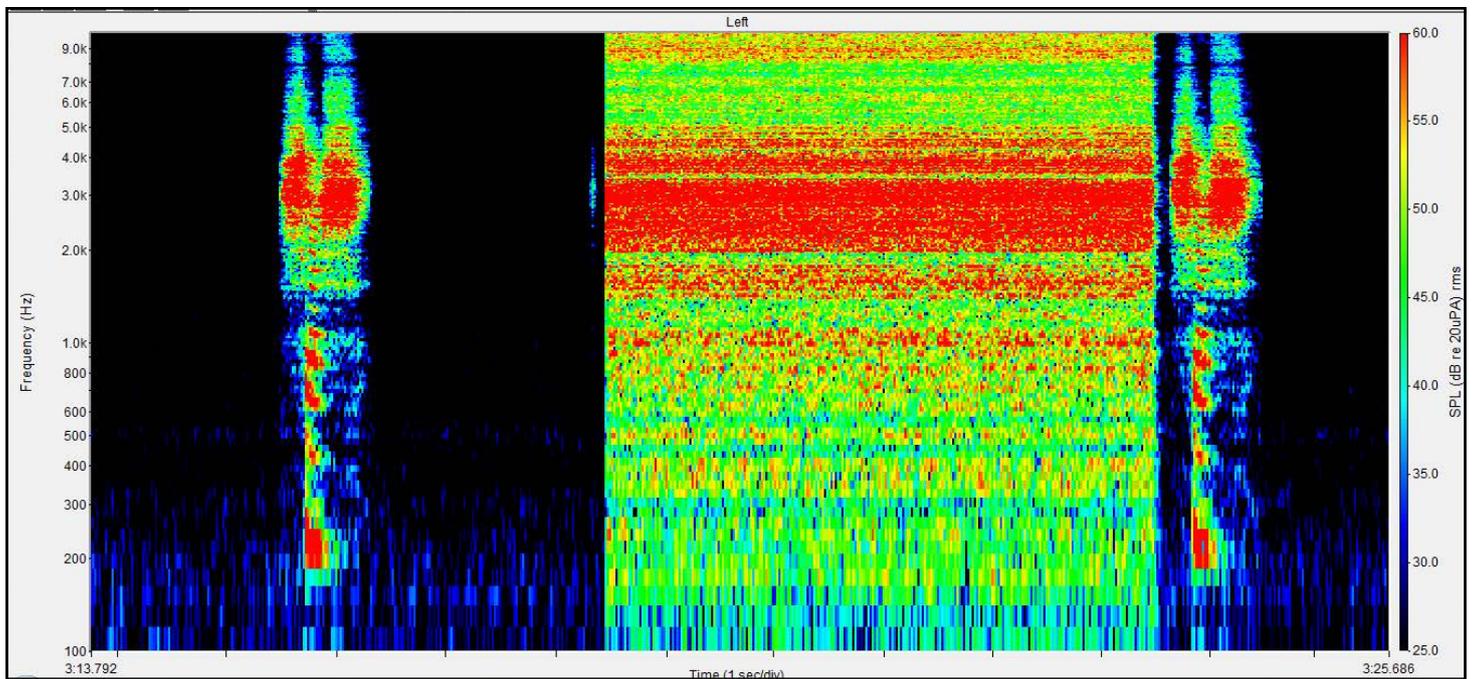


Figure n°192 : Spectrogramme du logatome « chach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

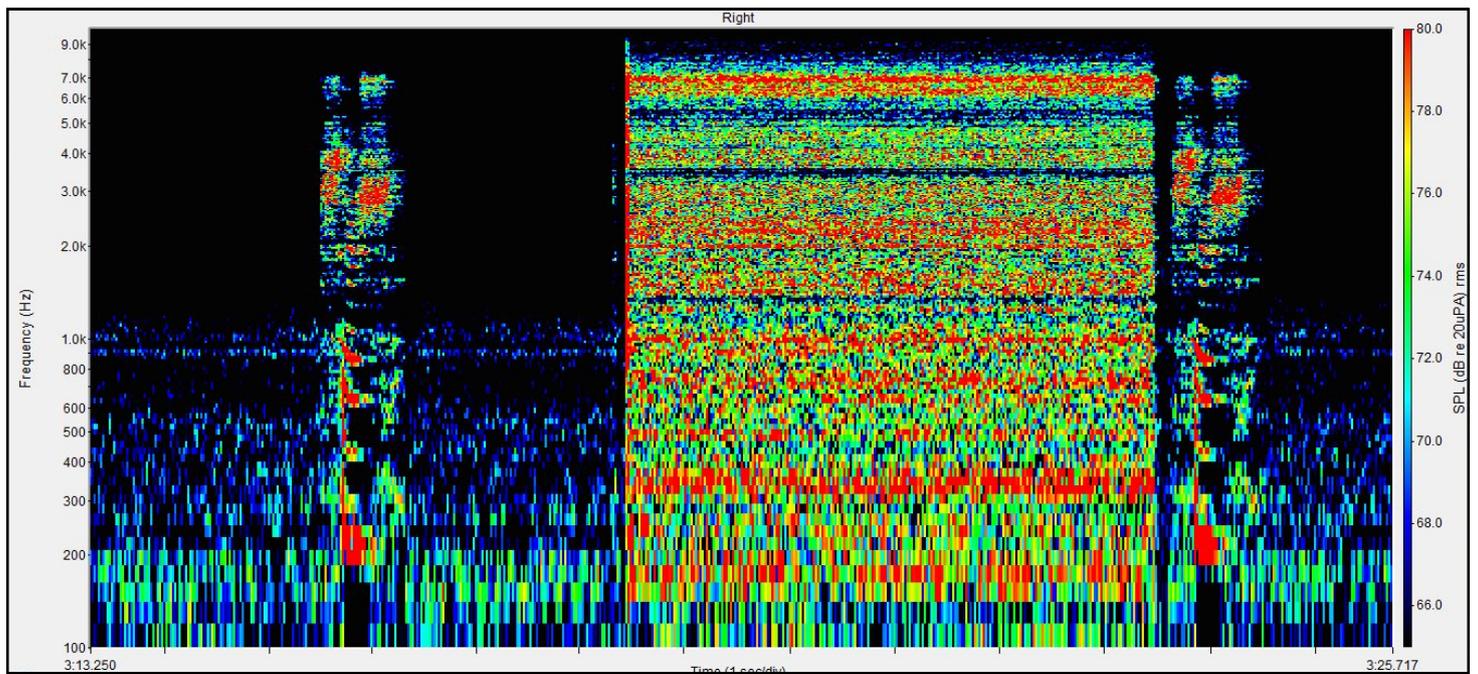


Figure n°193 : Spectrogramme du logatome « kach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « kach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

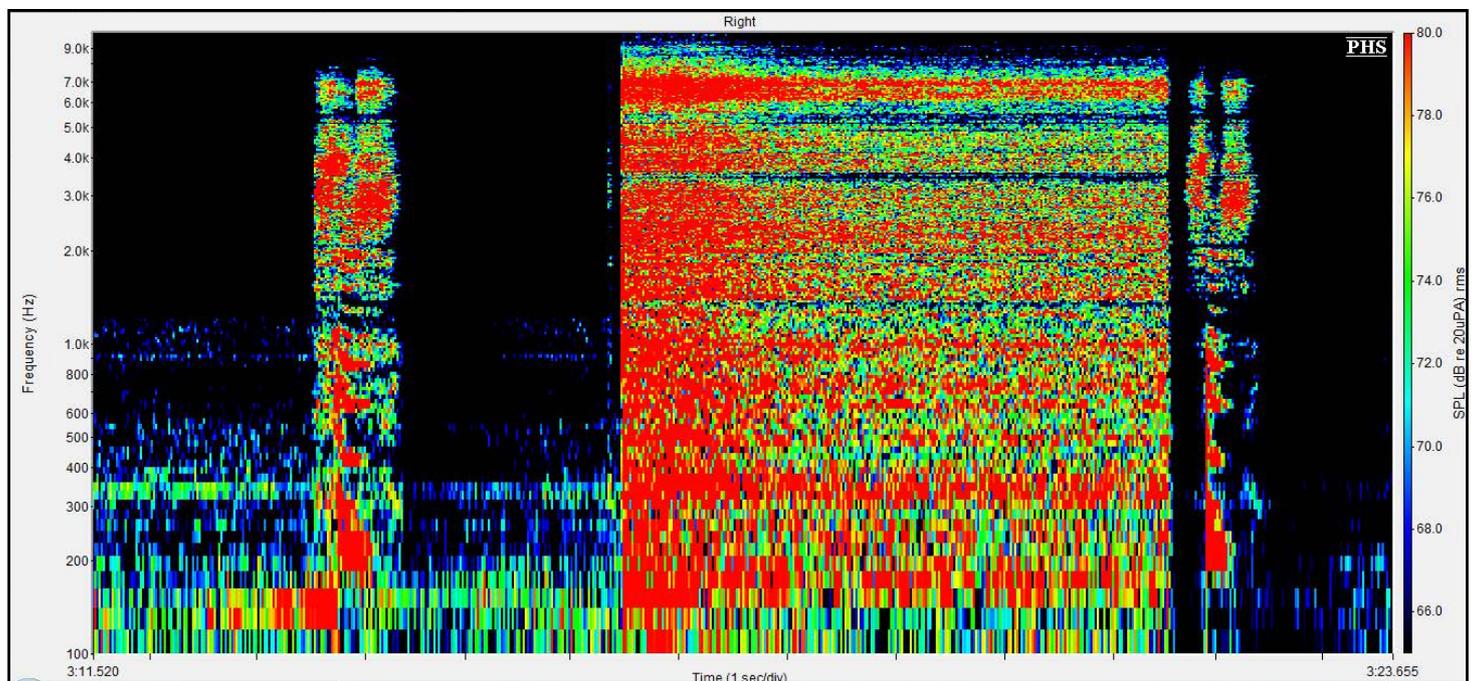


Figure n°194 : Spectrogramme du logatome « kach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit blanc puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « kach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Avec le bruit de cris d'enfants

Les mots

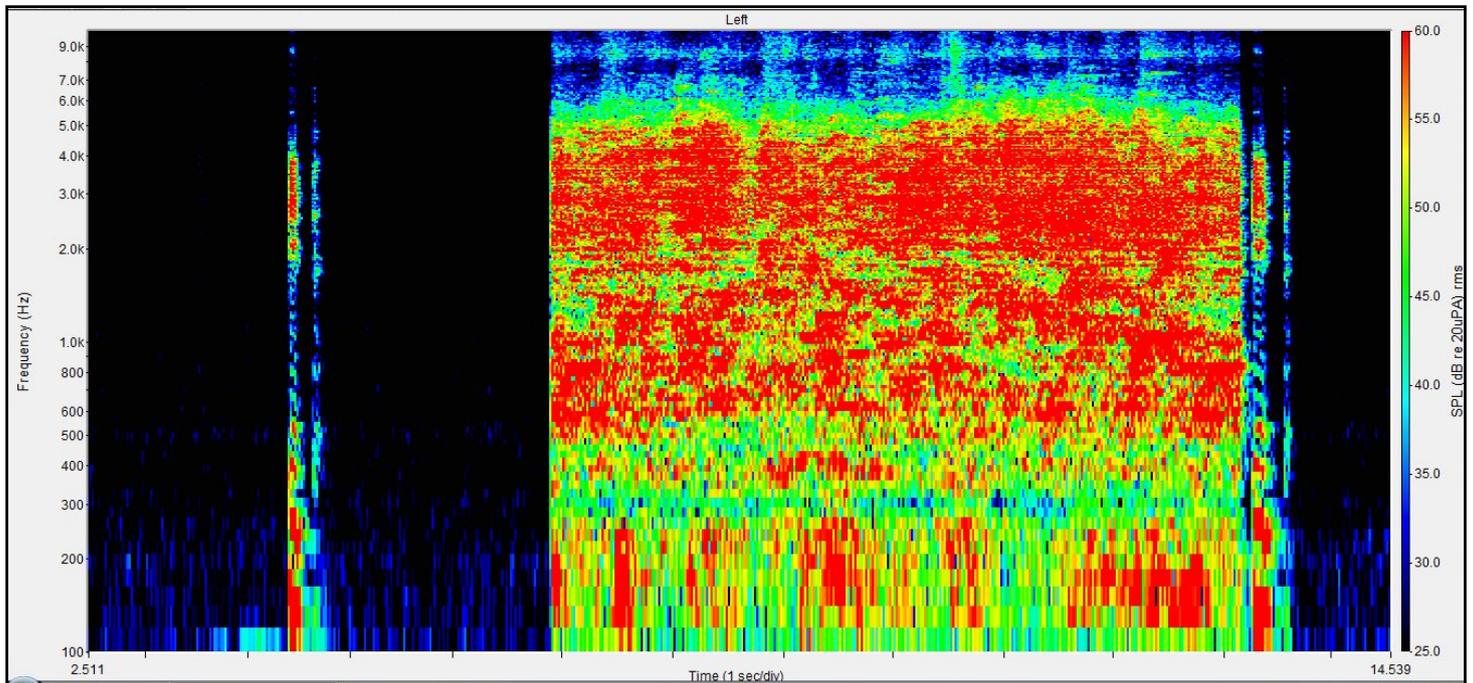


Figure n°195 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

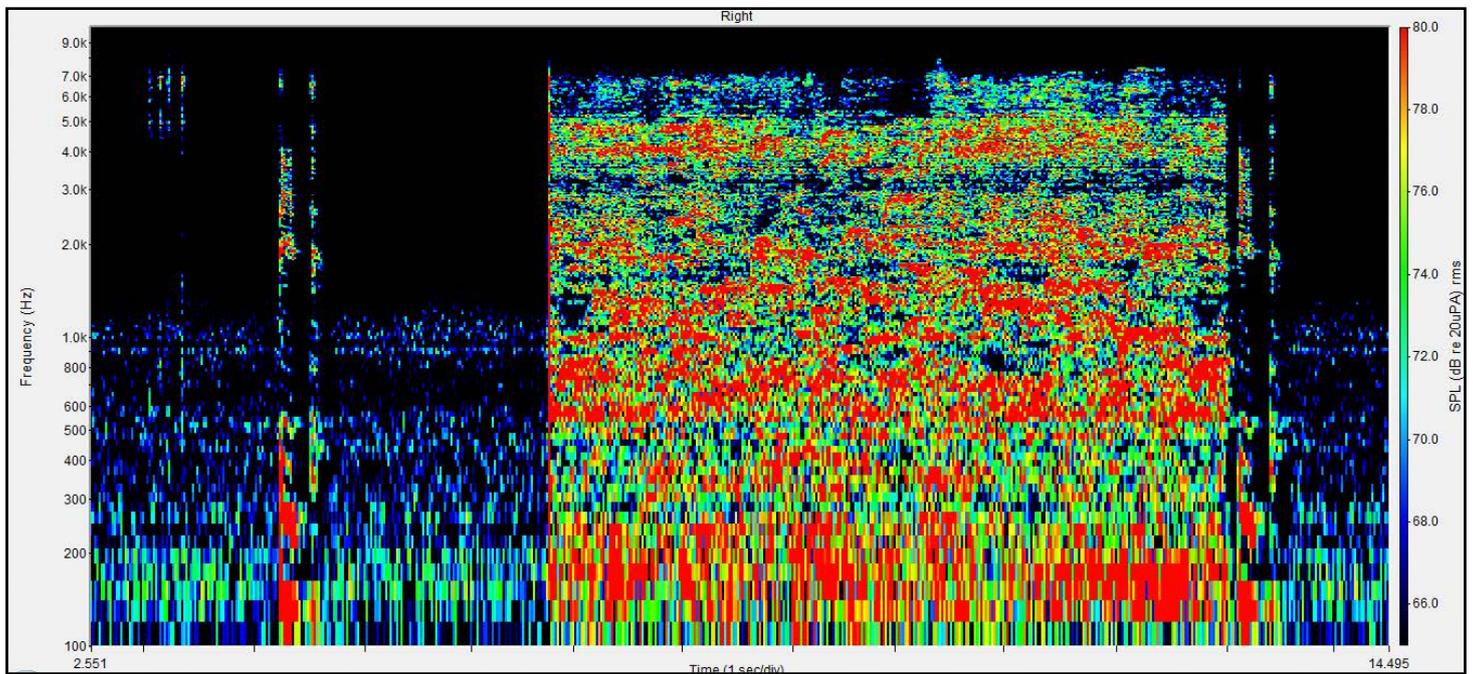


Figure n°196 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

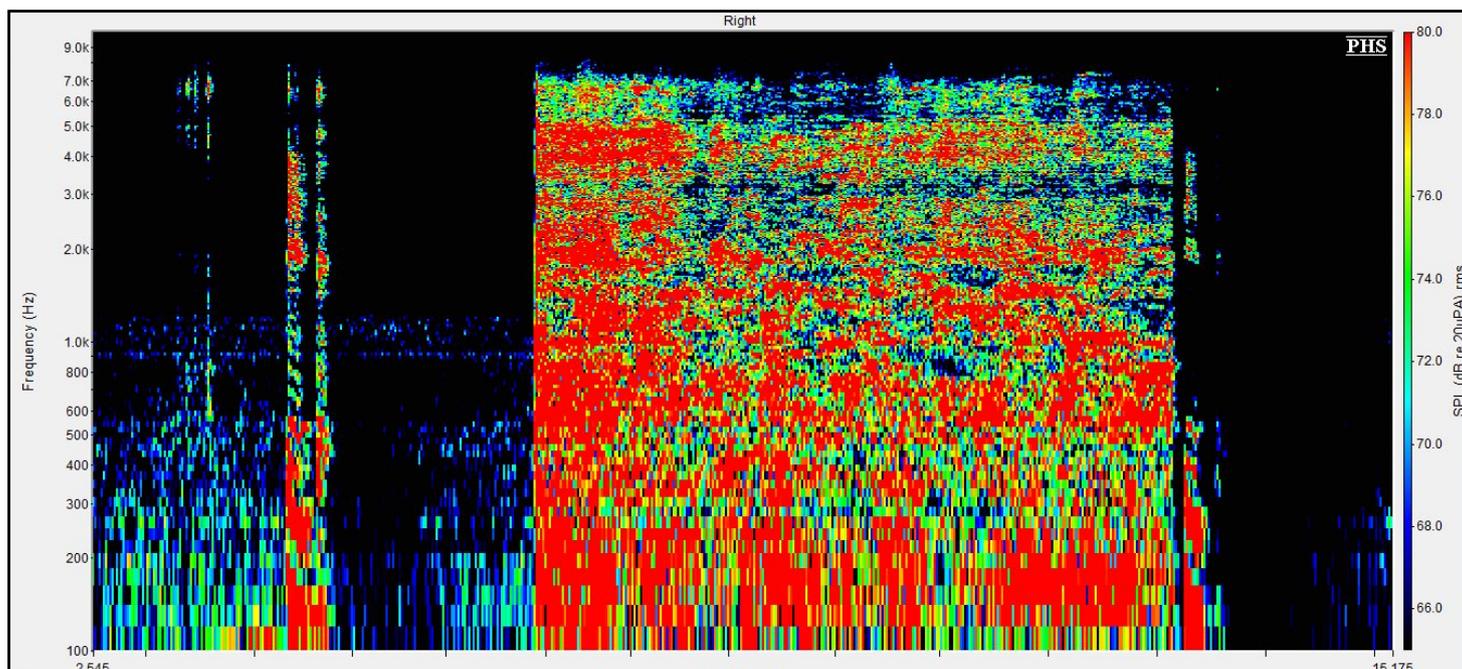


Figure n°197 : Spectrogramme du mot « pipe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

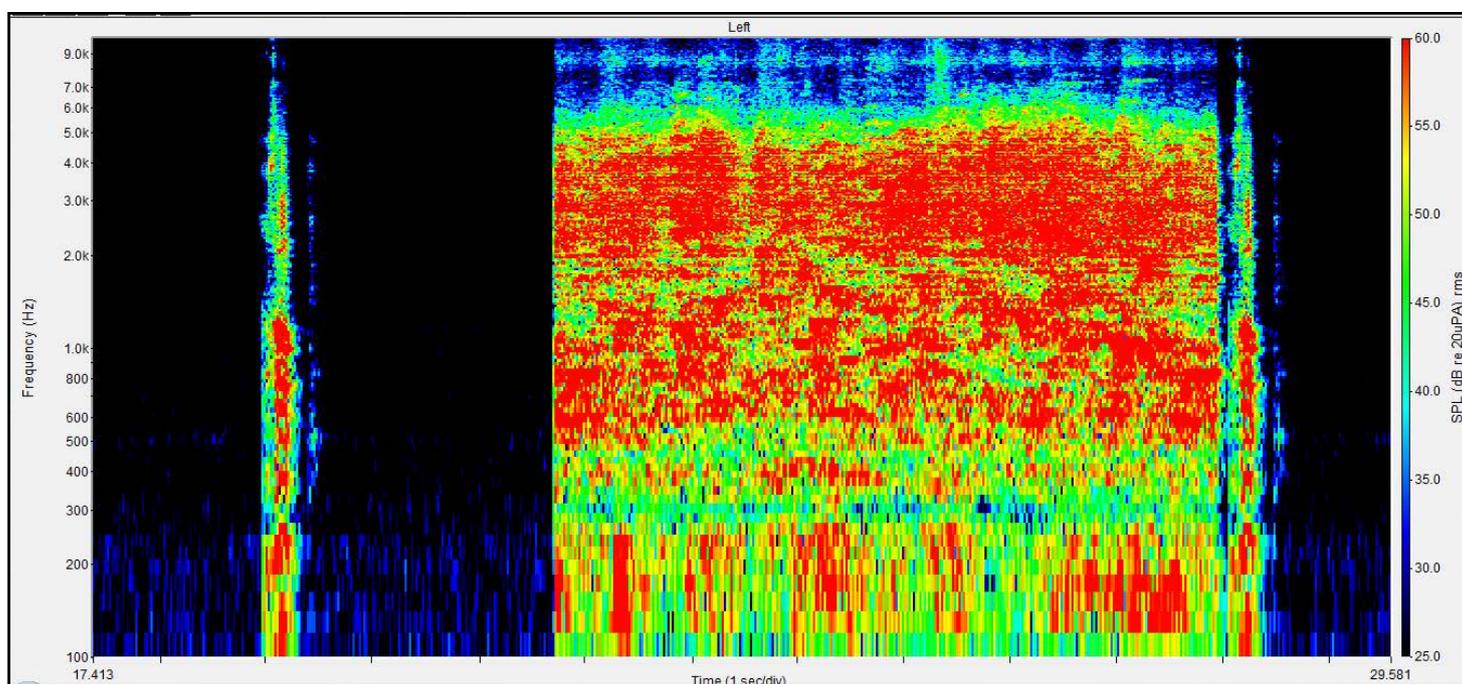


Figure n°198 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

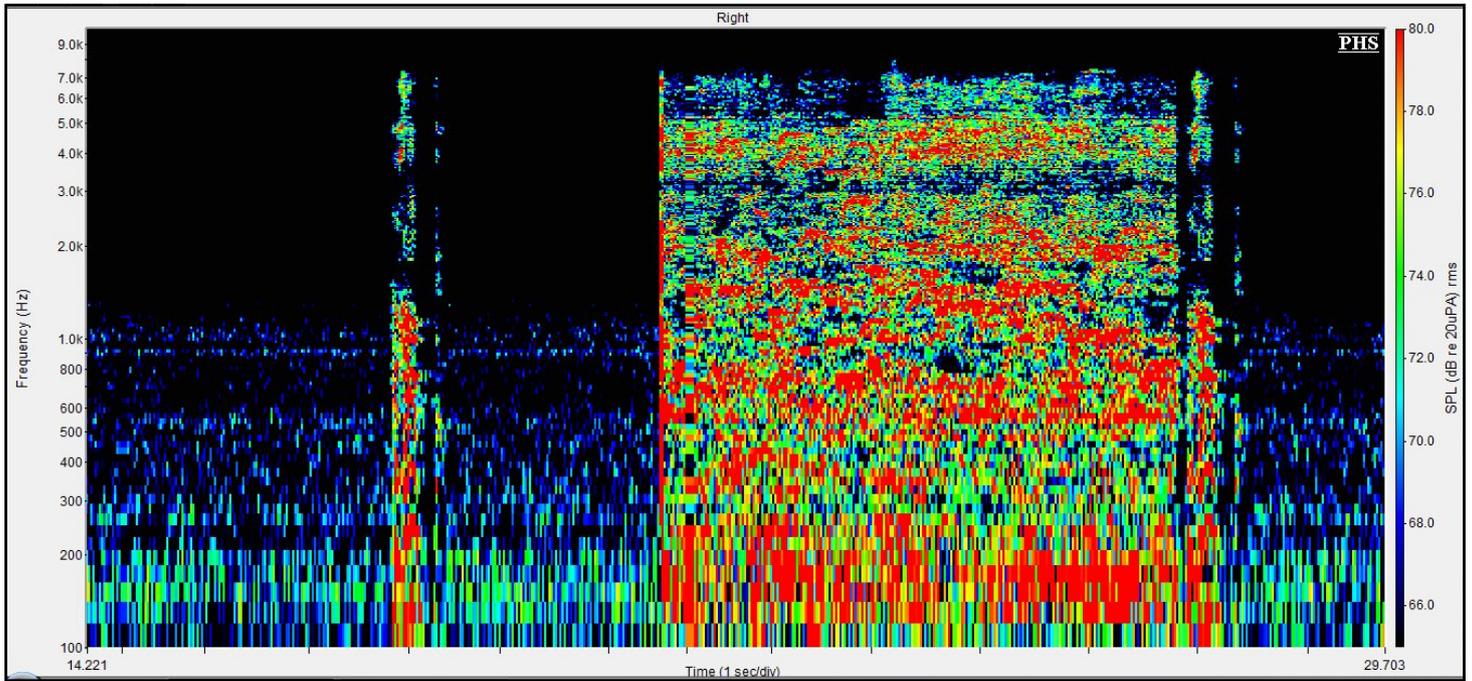


Figure n°199 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

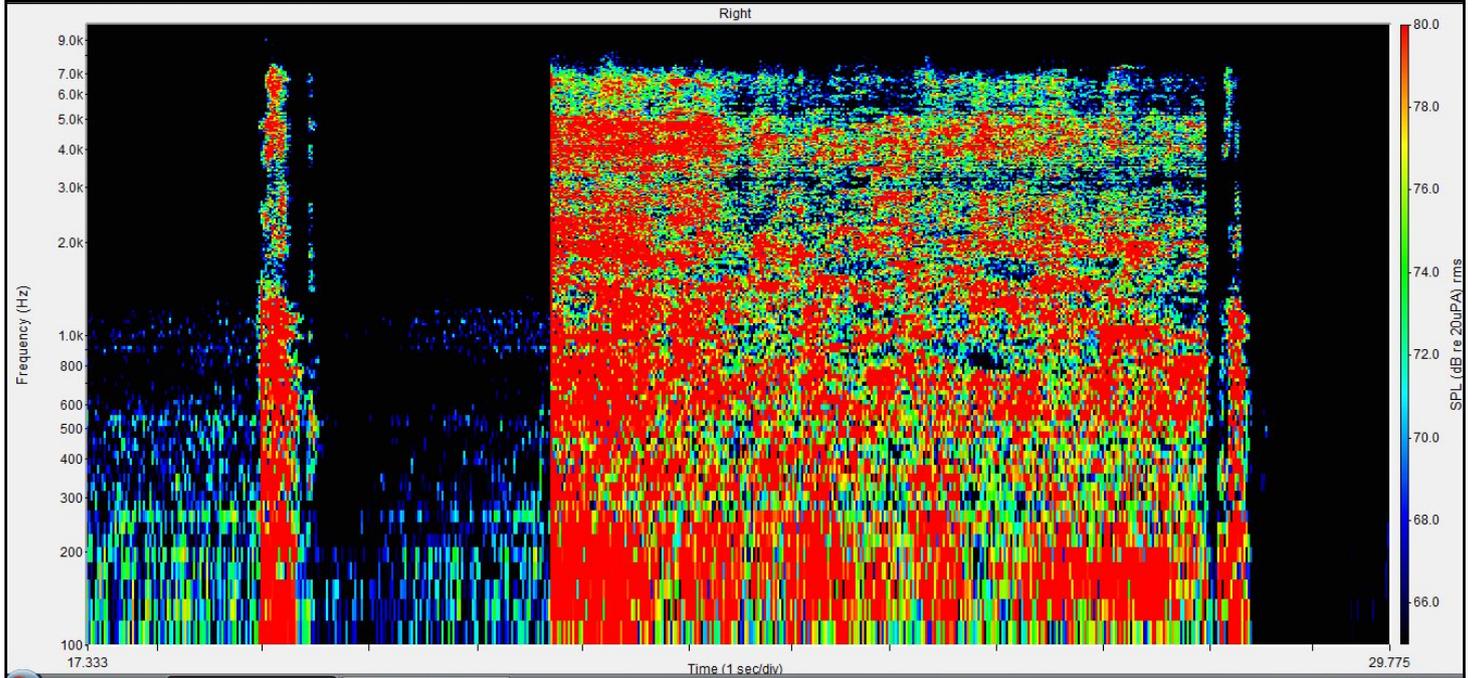


Figure n°200 : Spectrogramme du mot « râpe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

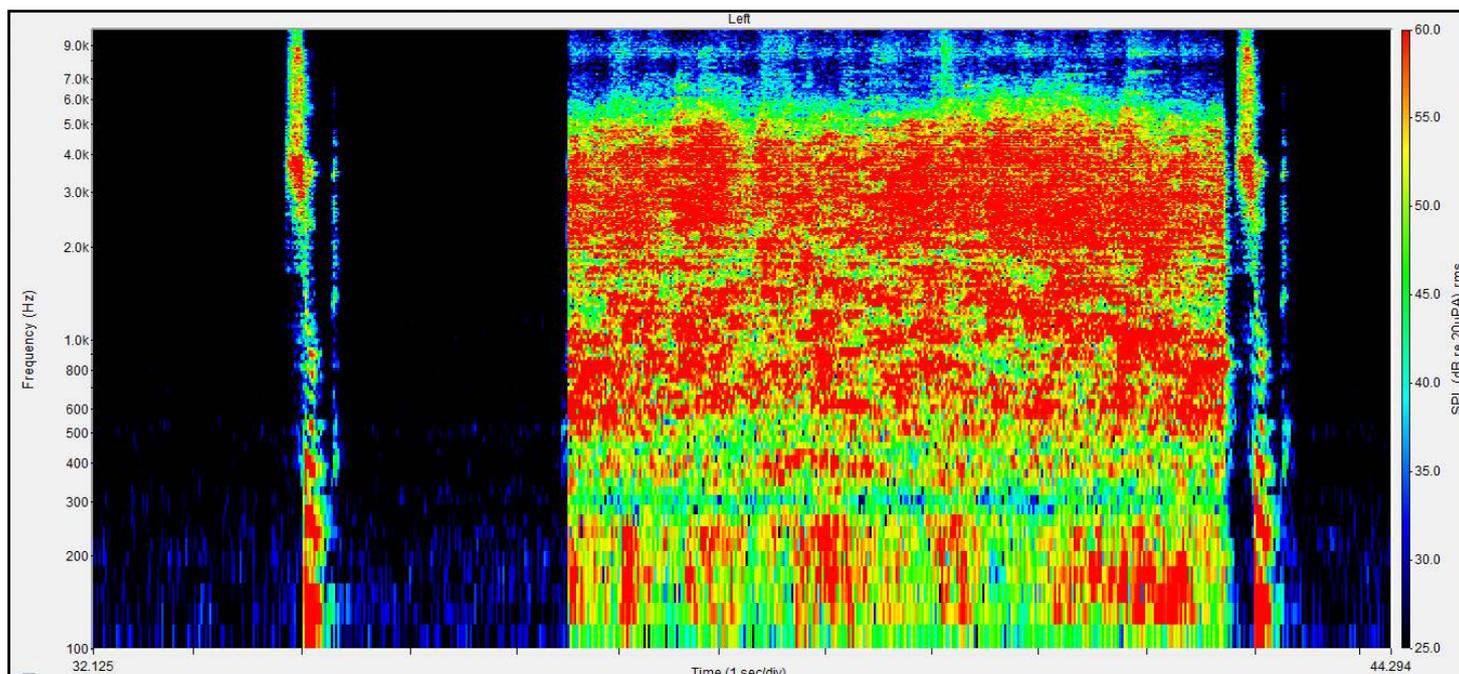


Figure n°201 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

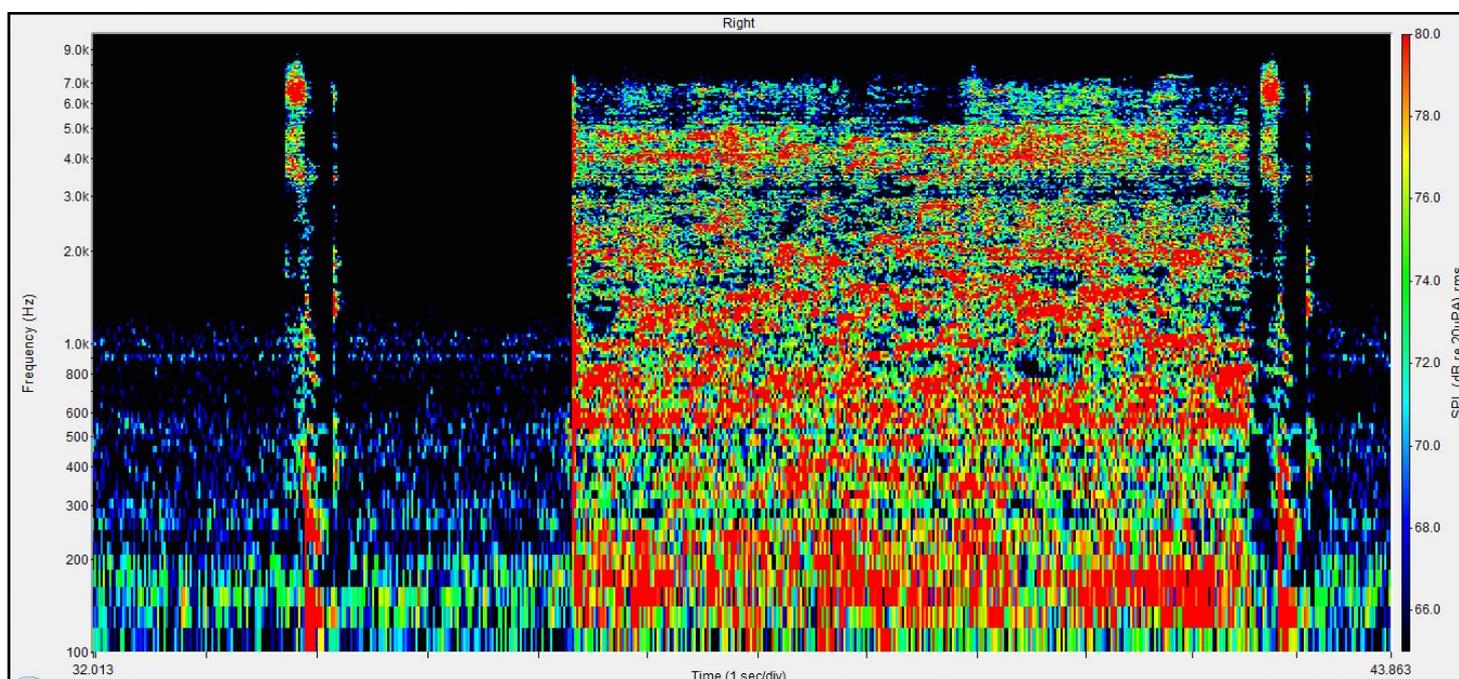


Figure n°202 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

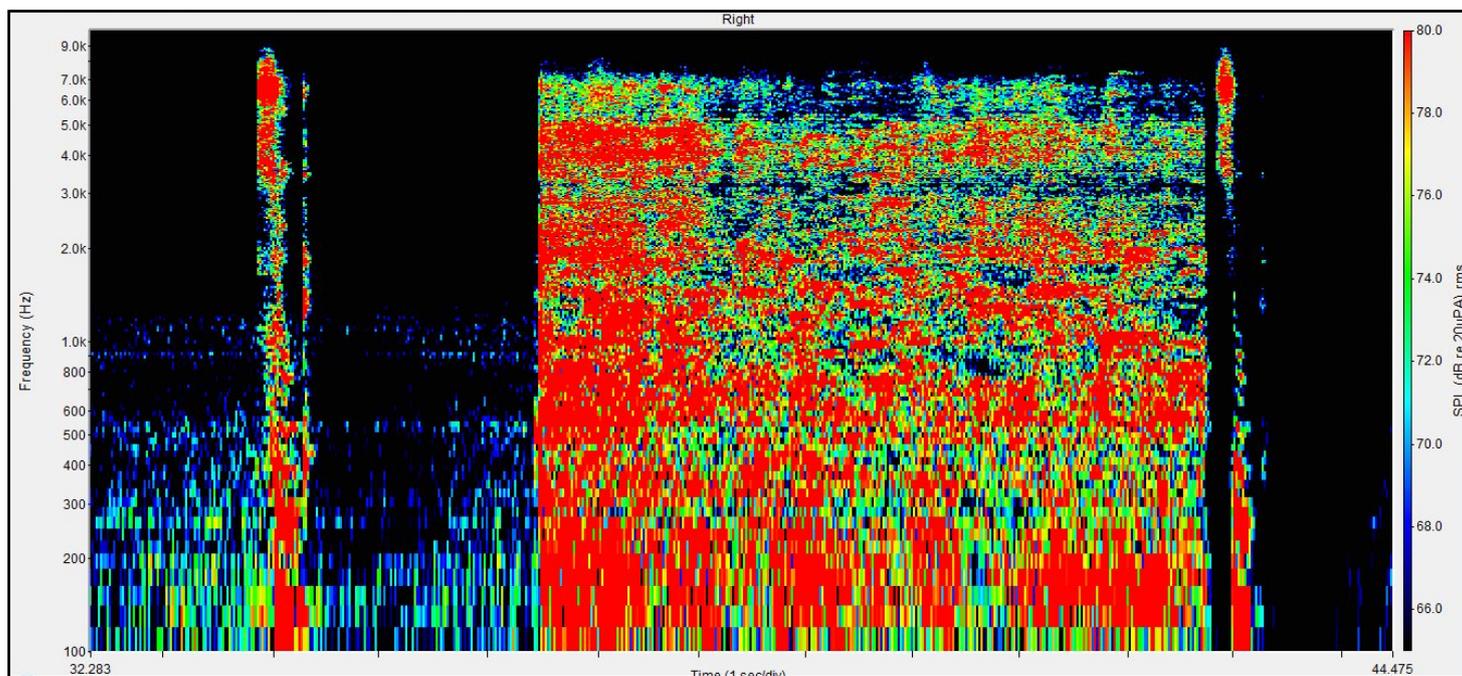


Figure n°203 : Spectrogramme du mot « soupe », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

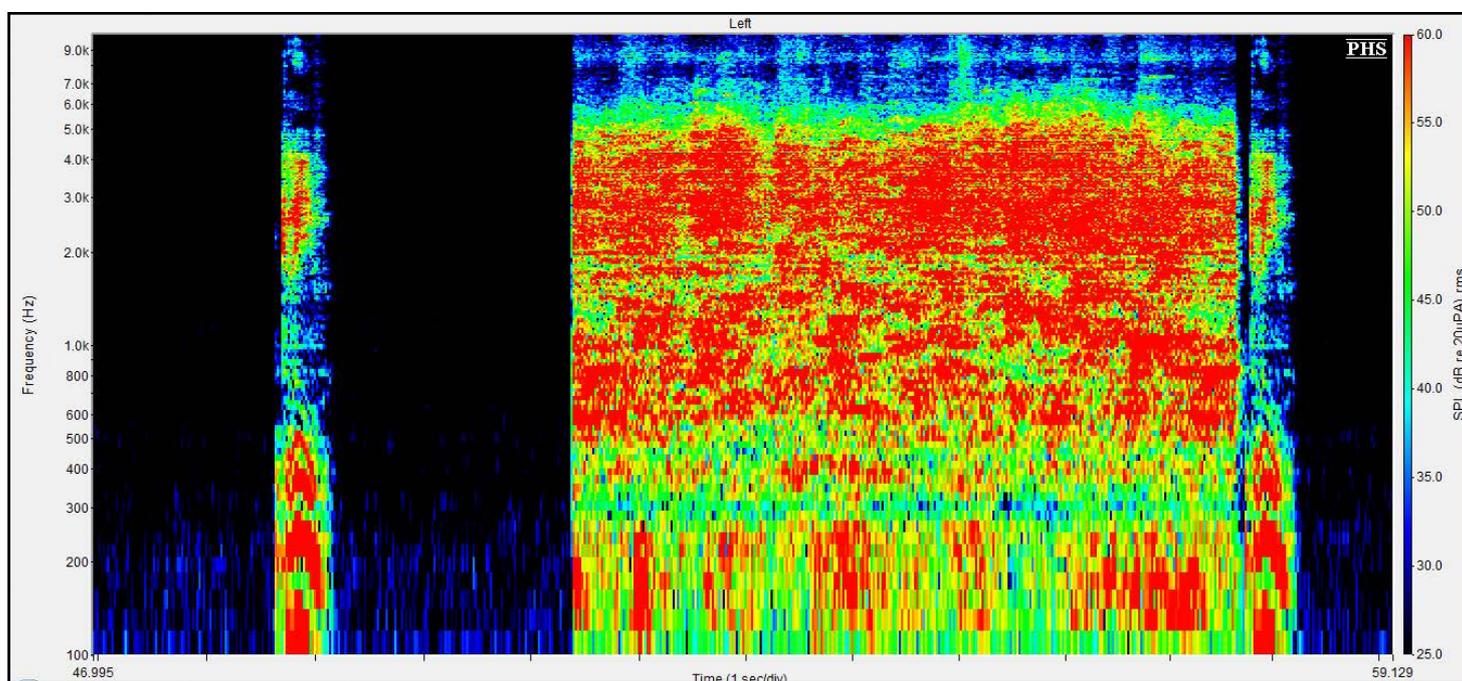


Figure n°204 : Spectrogramme du mot « grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

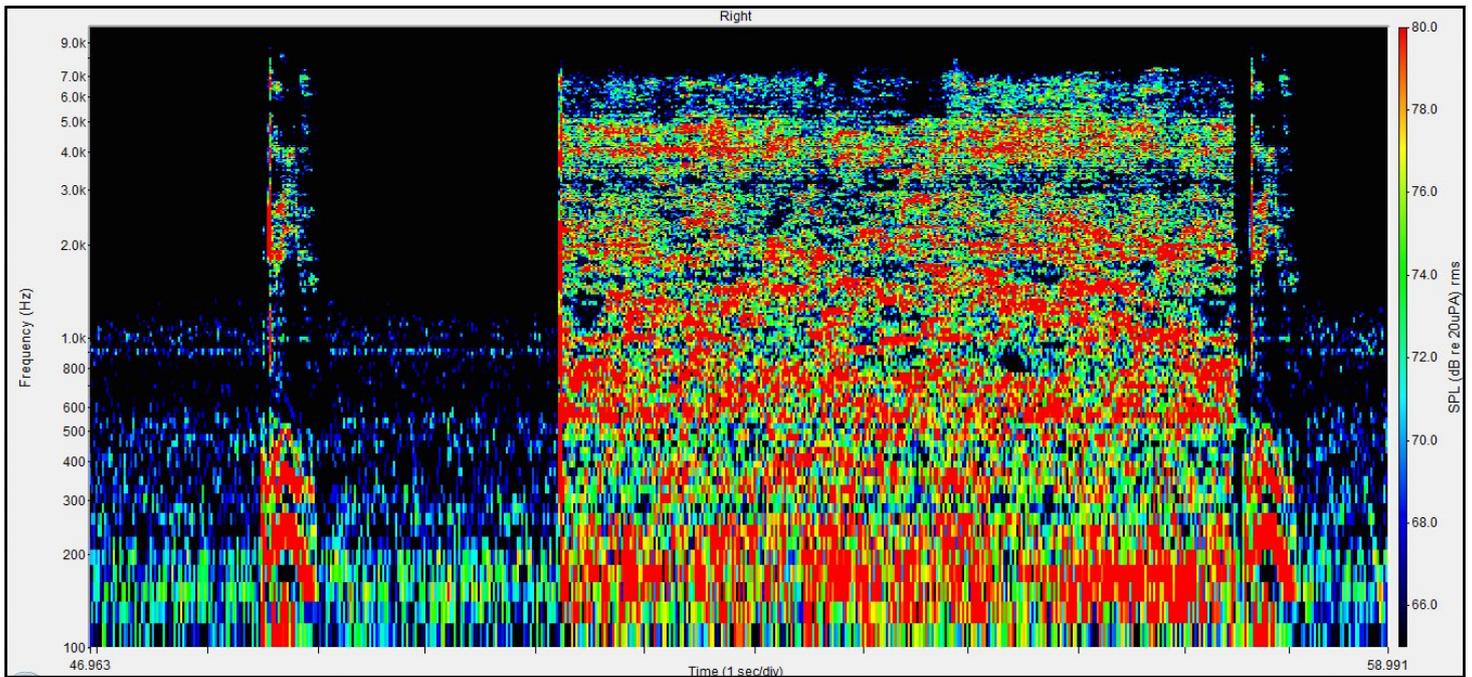


Figure n°205 : Spectrogramme du mot « grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

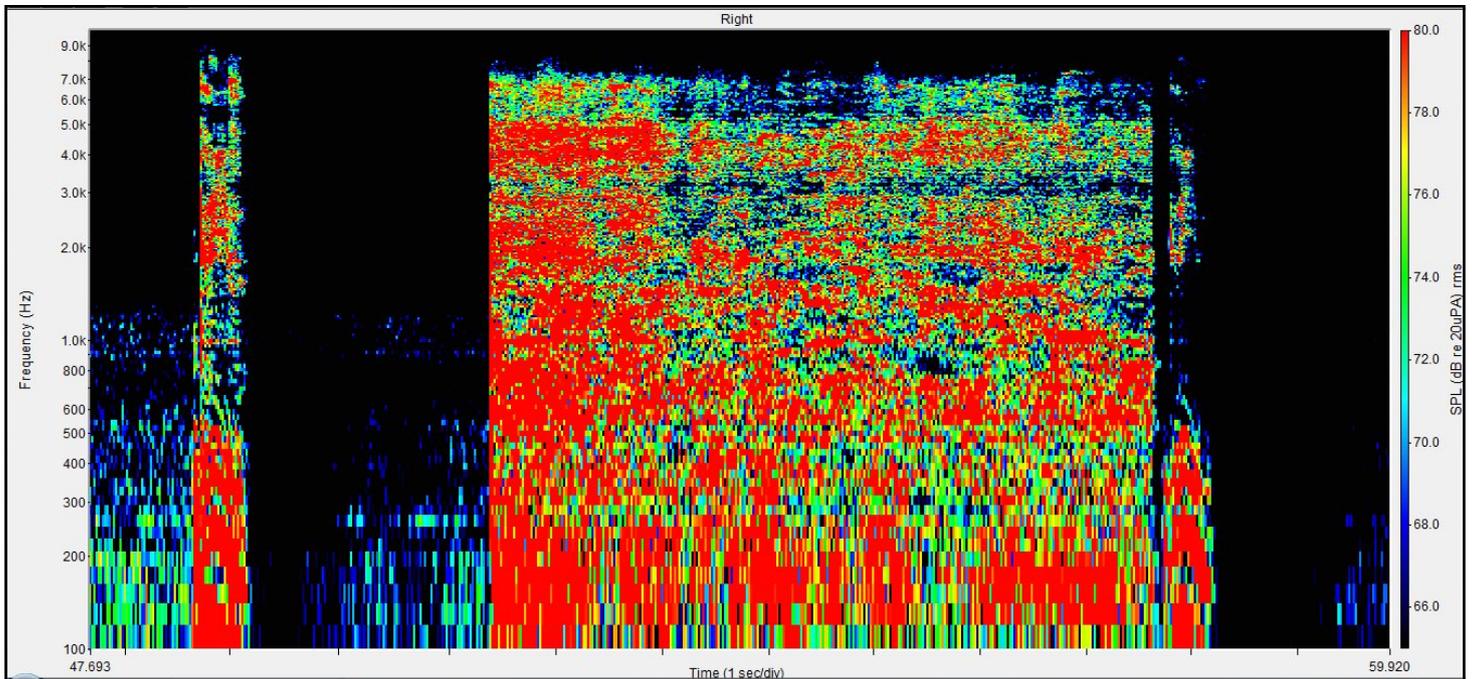


Figure n°206 : Spectrogramme du mot « grive », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type VCV

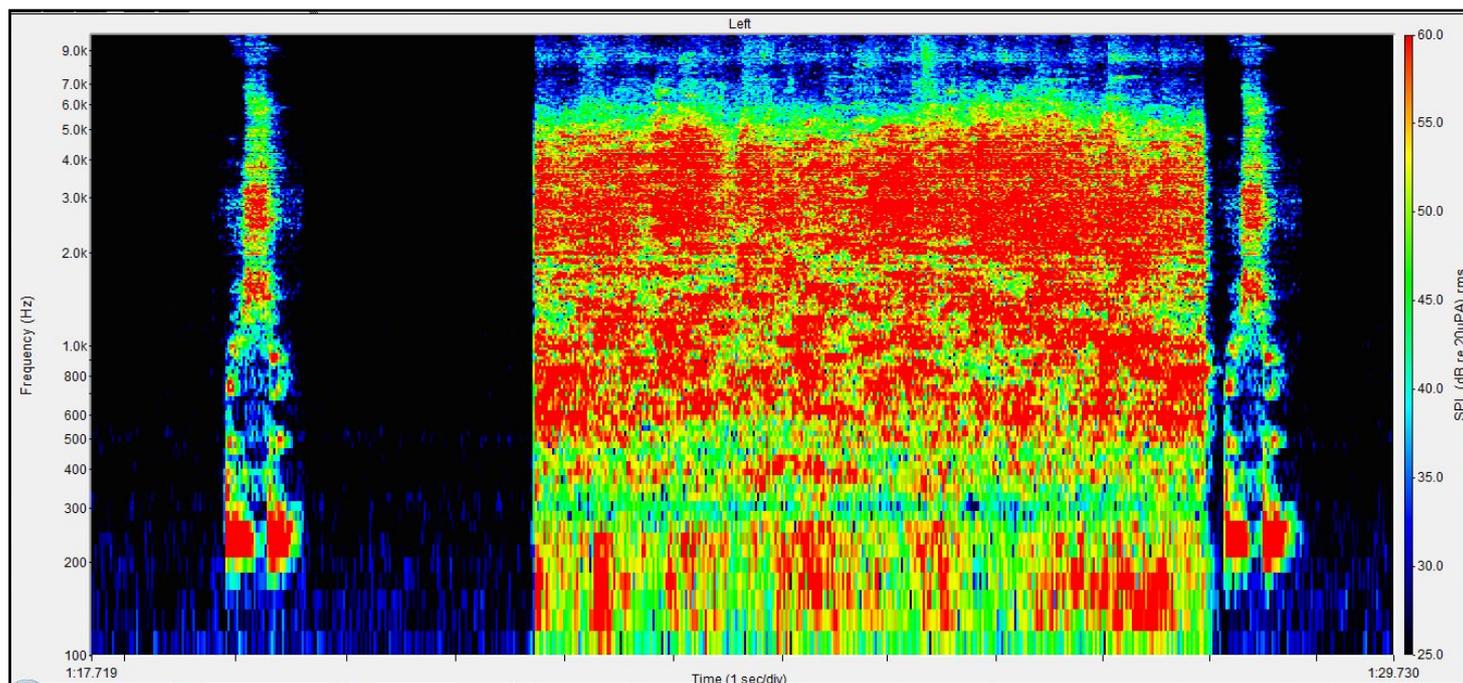


Figure n°207 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue des KEMAR

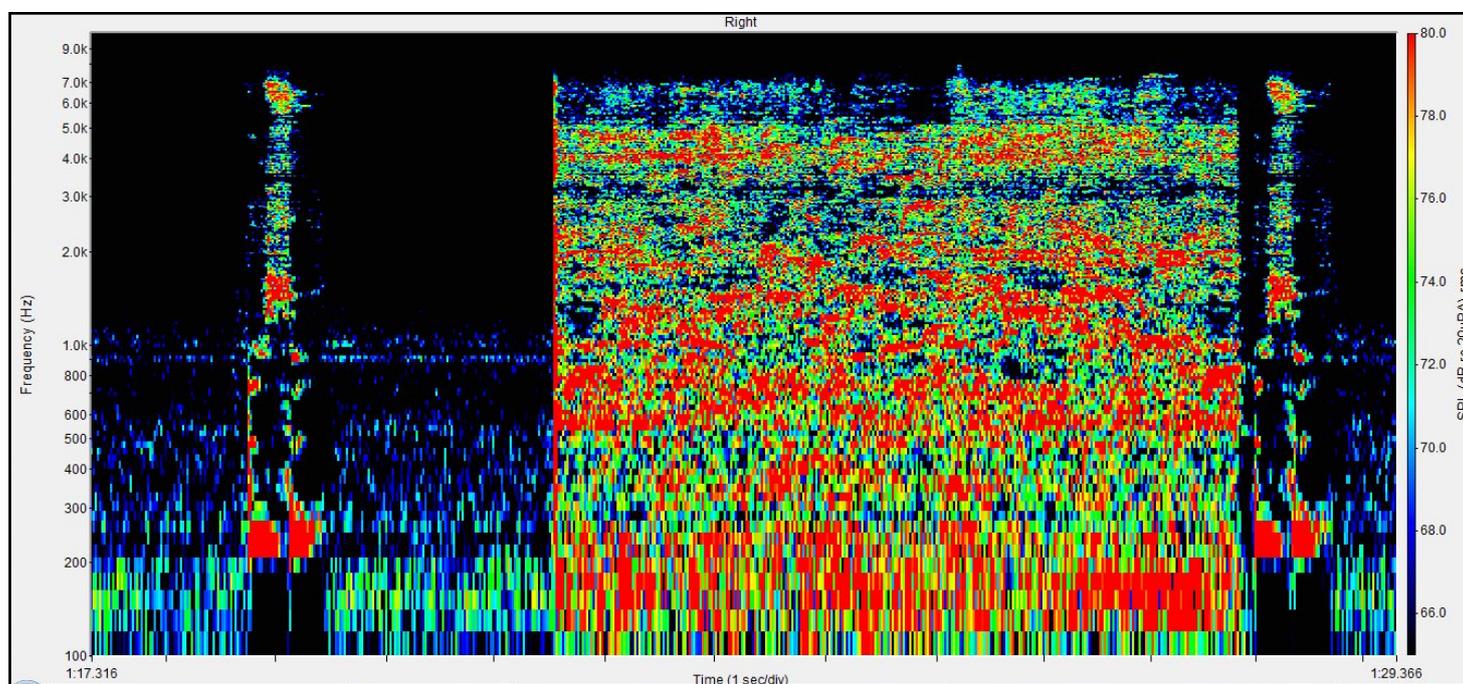


Figure n°208 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

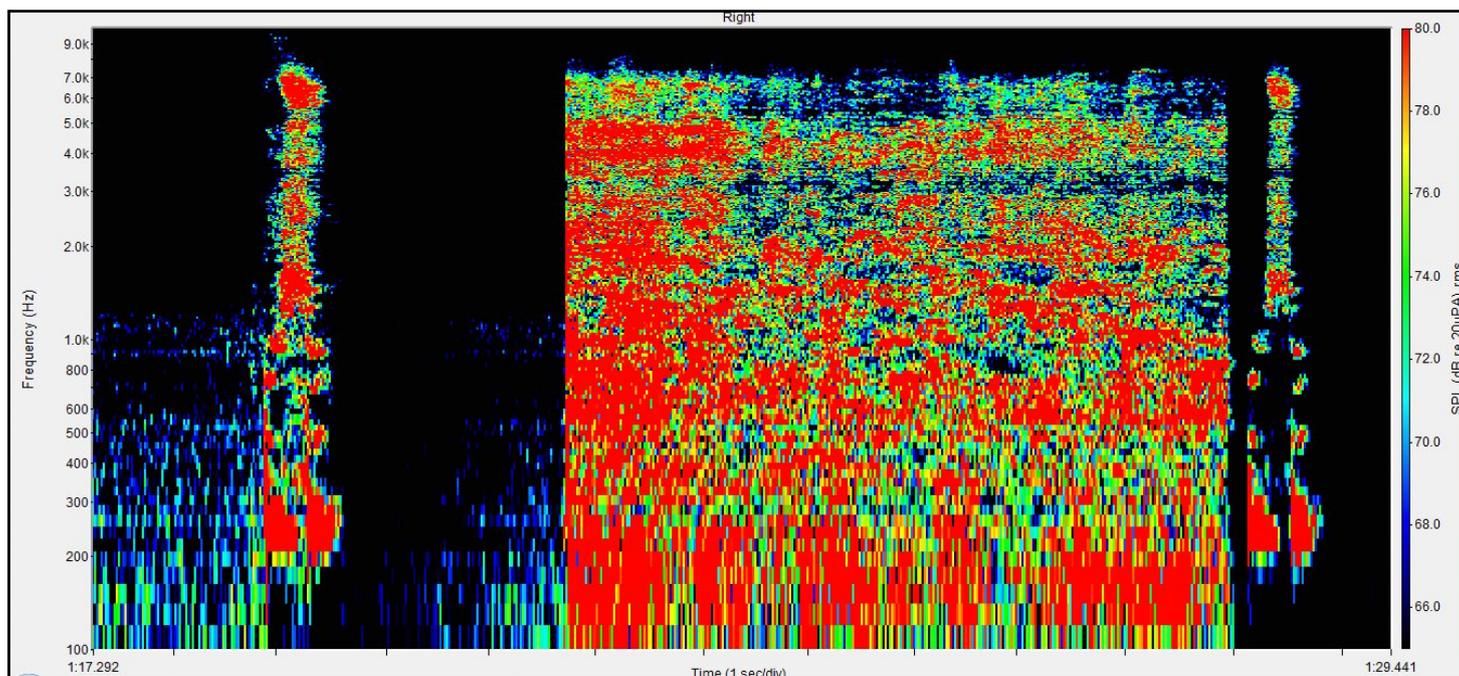


Figure n°209 : Spectrogramme du logatome « ouchou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

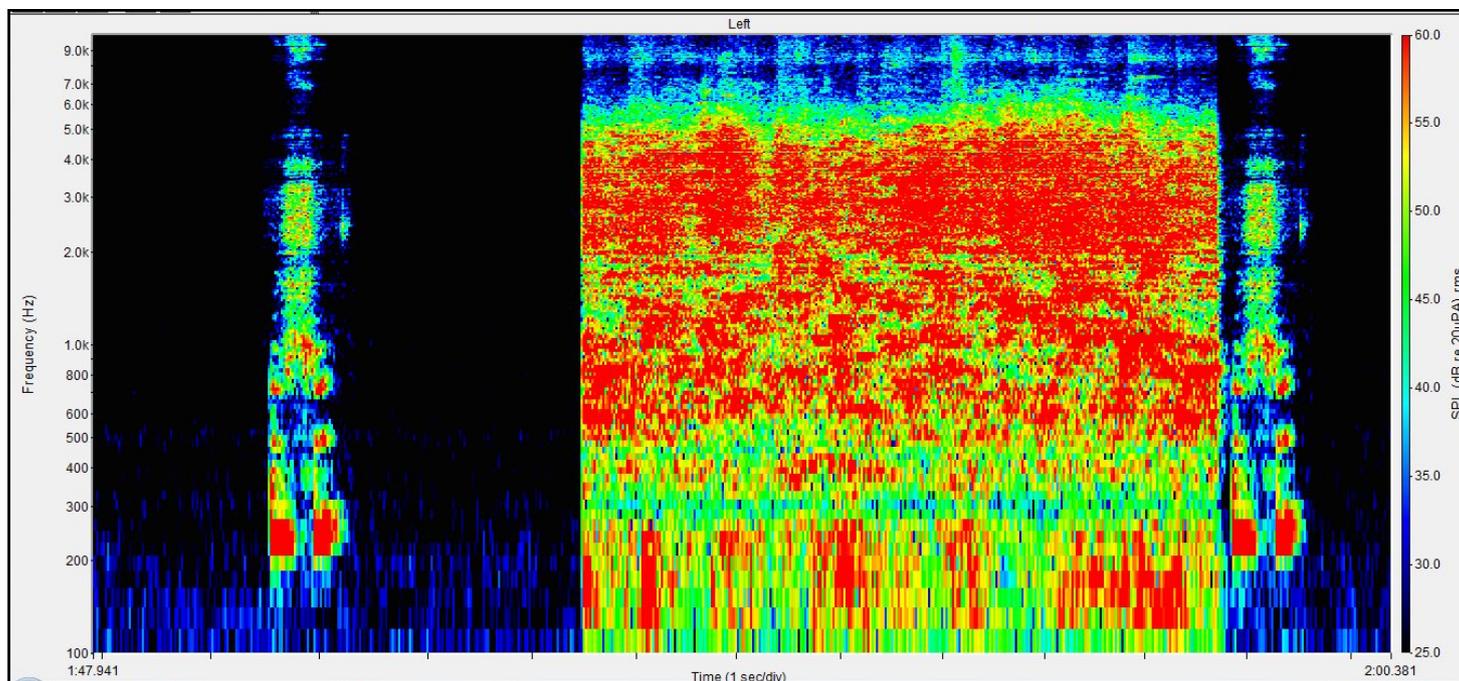


Figure n°210 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

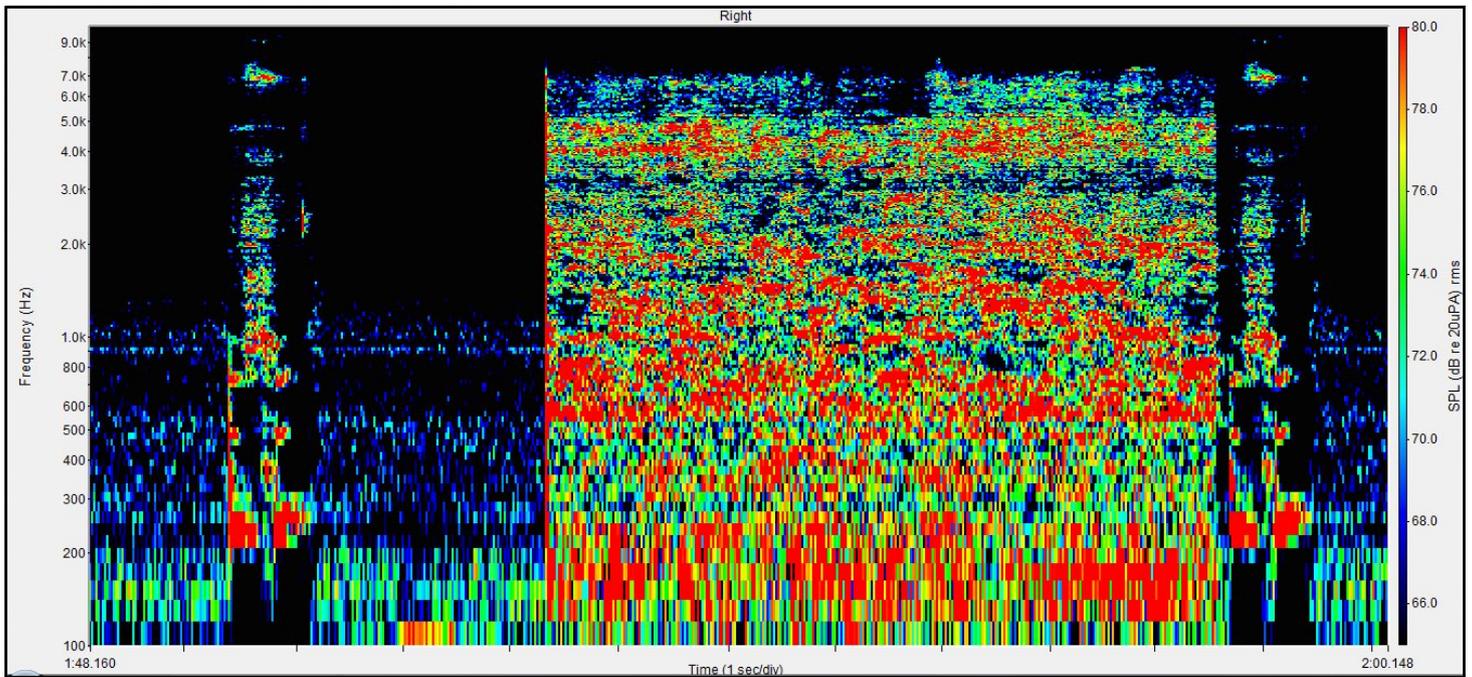


Figure n°211 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

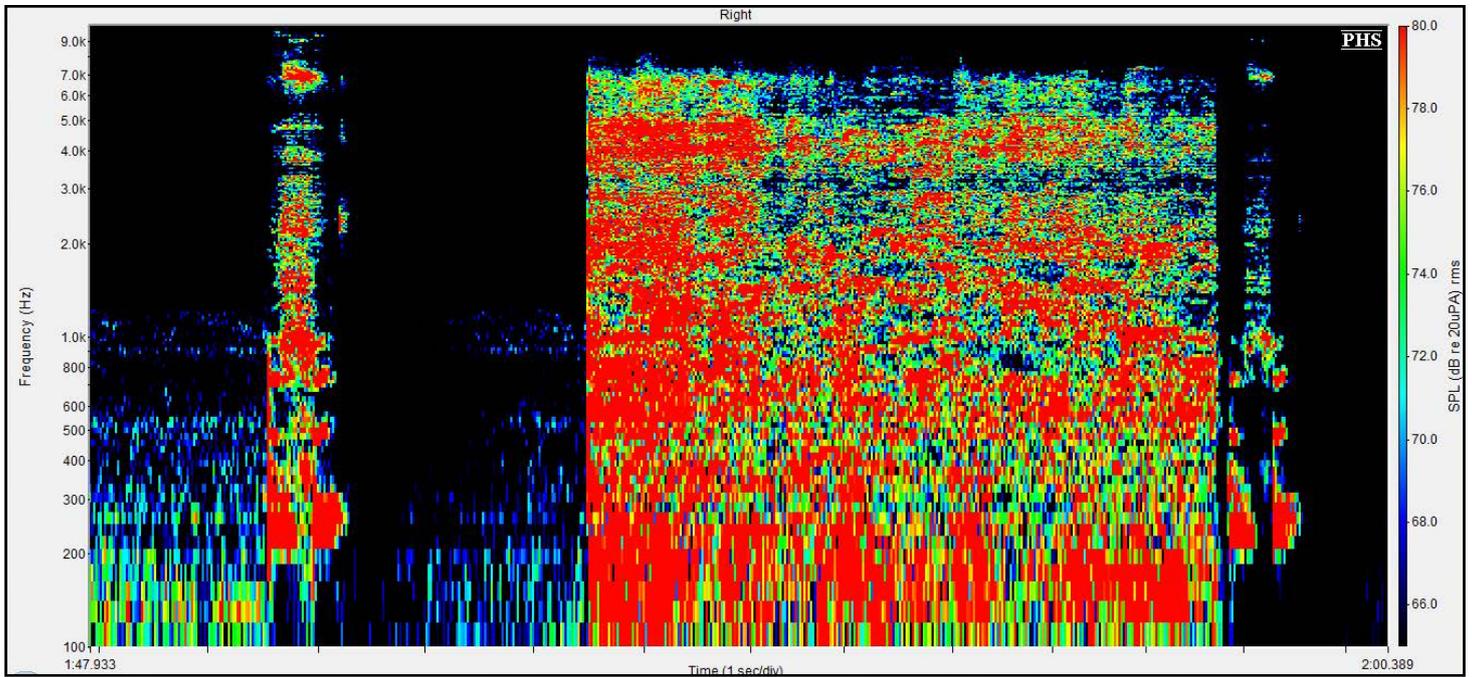


Figure n°212 : Spectrogramme du logatome « oufou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

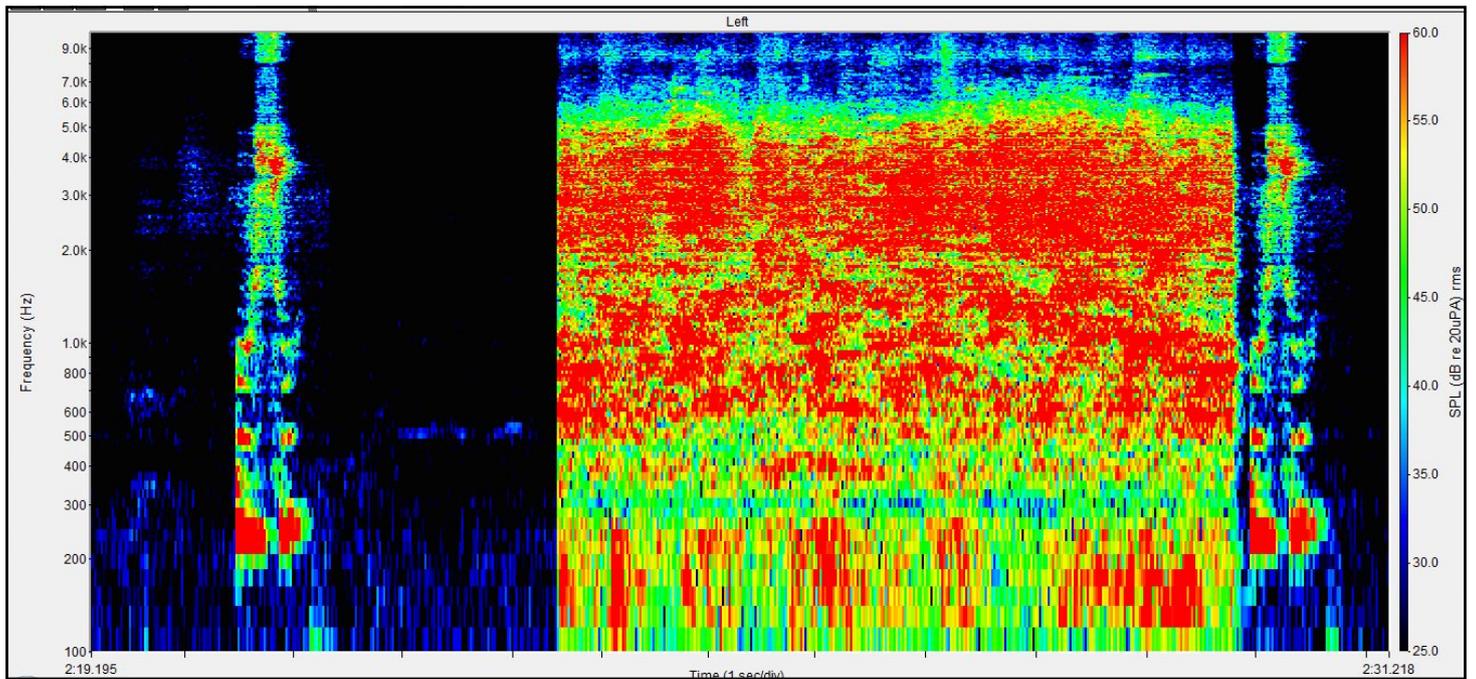


Figure n°213 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

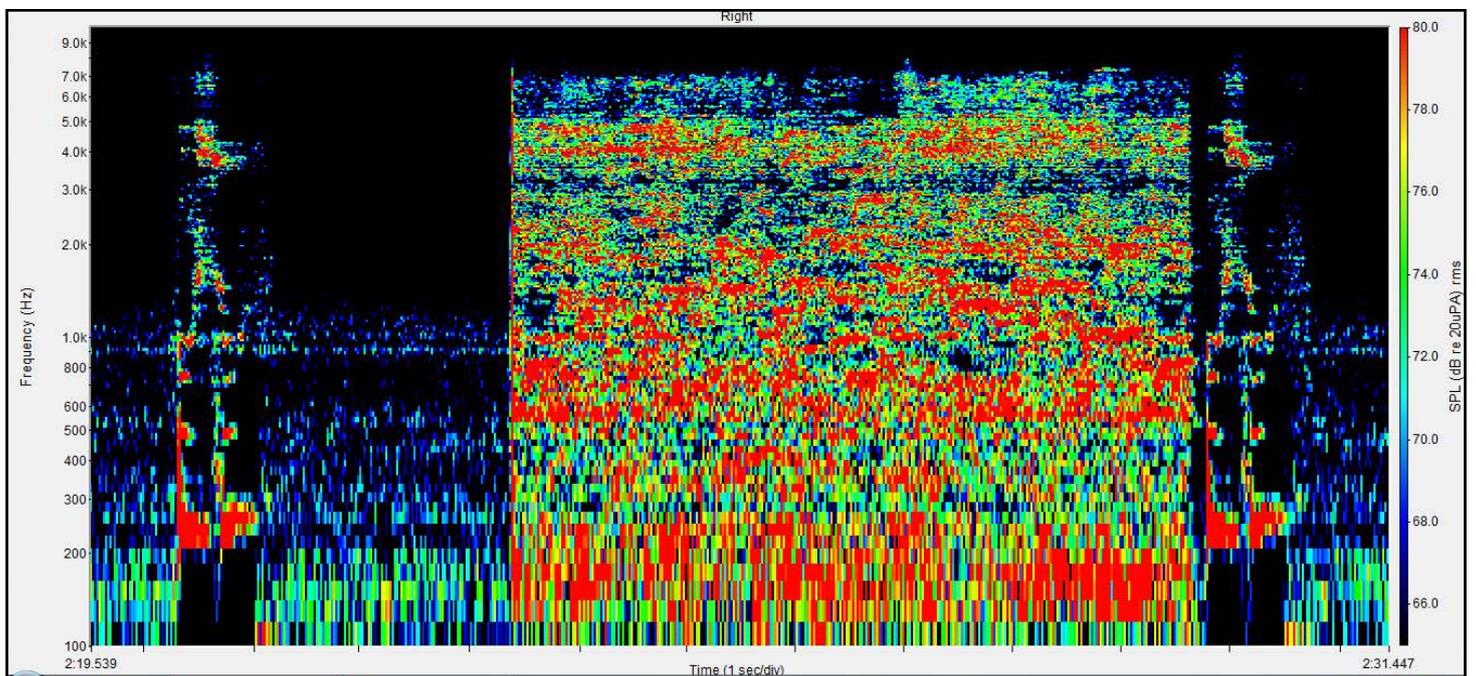


Figure n°214 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

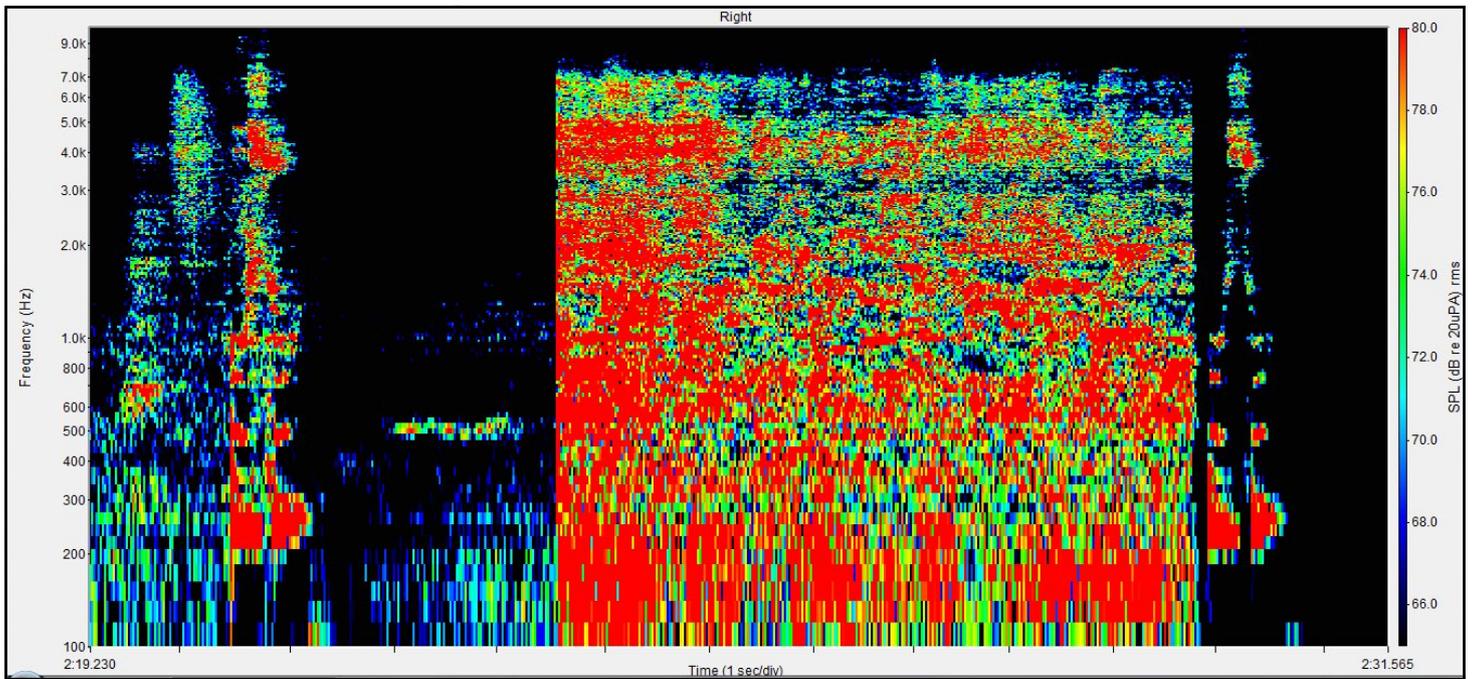


Figure n°215 : Spectrogramme du logatome « oussou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

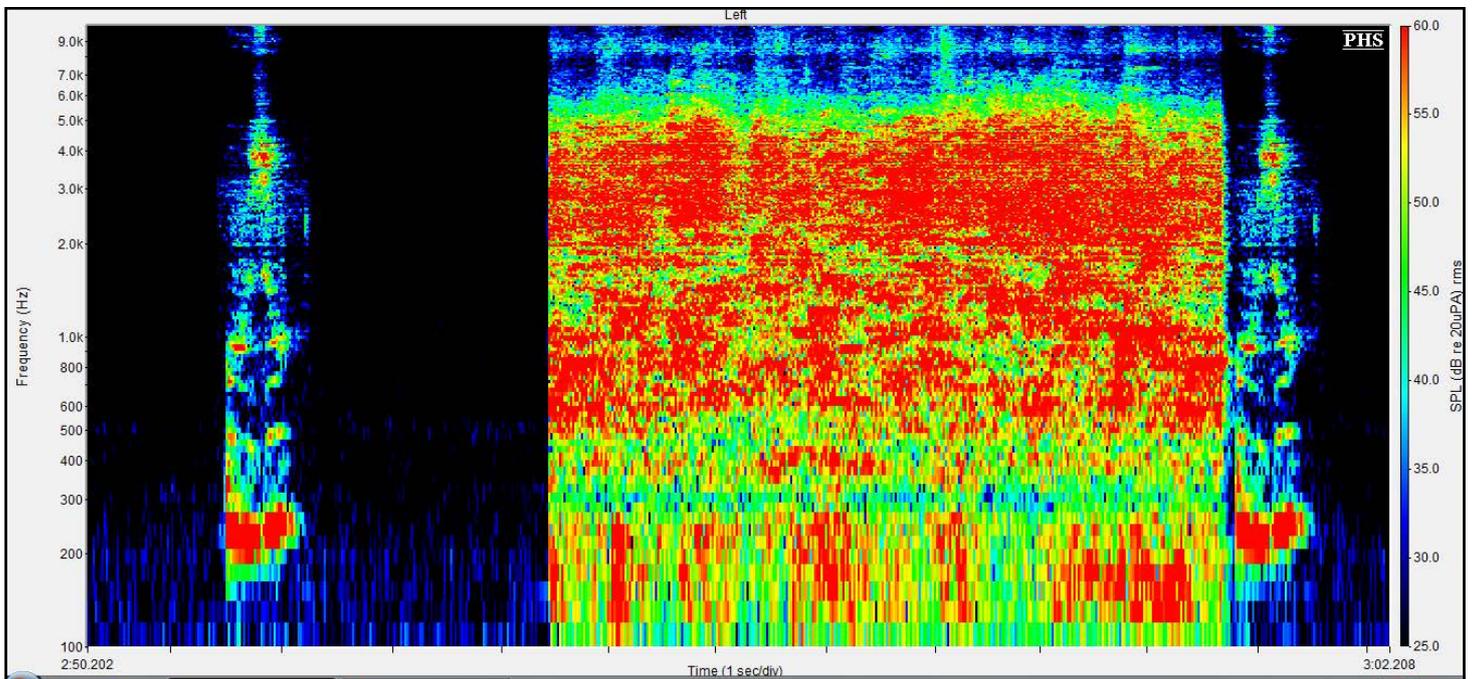


Figure n°216 : Spectrogramme du logatome « ouzzou », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzzou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

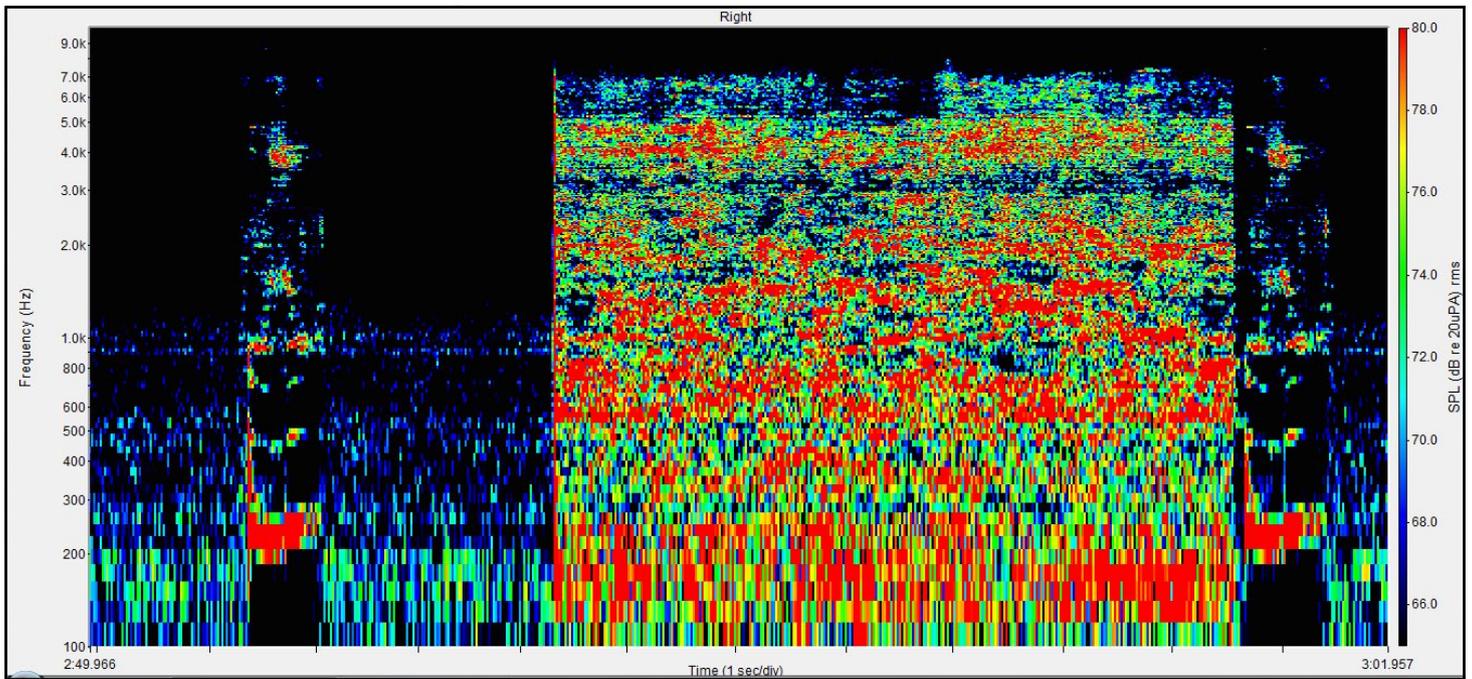


Figure n°217 : Spectrogramme du logatome « ouzo », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

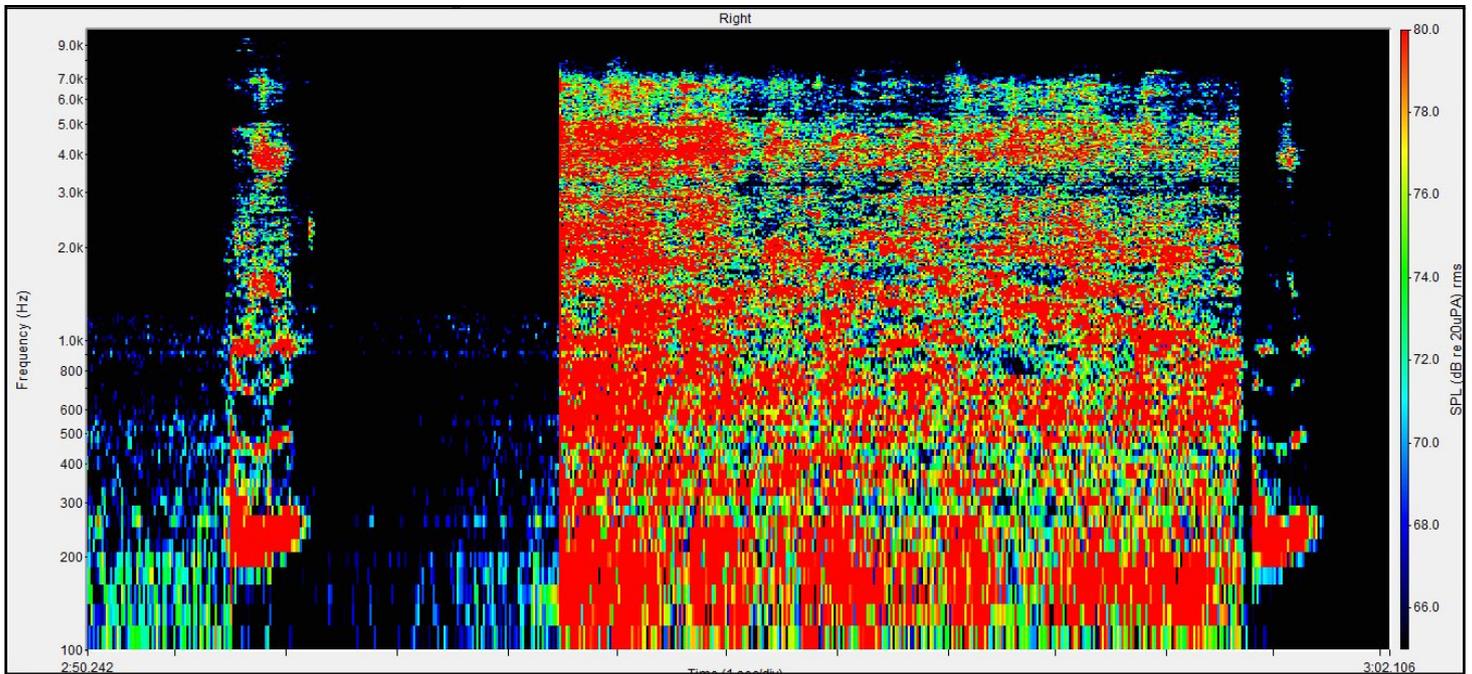


Figure n°218 : Spectrogramme du logatome « ouzo », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type CVC

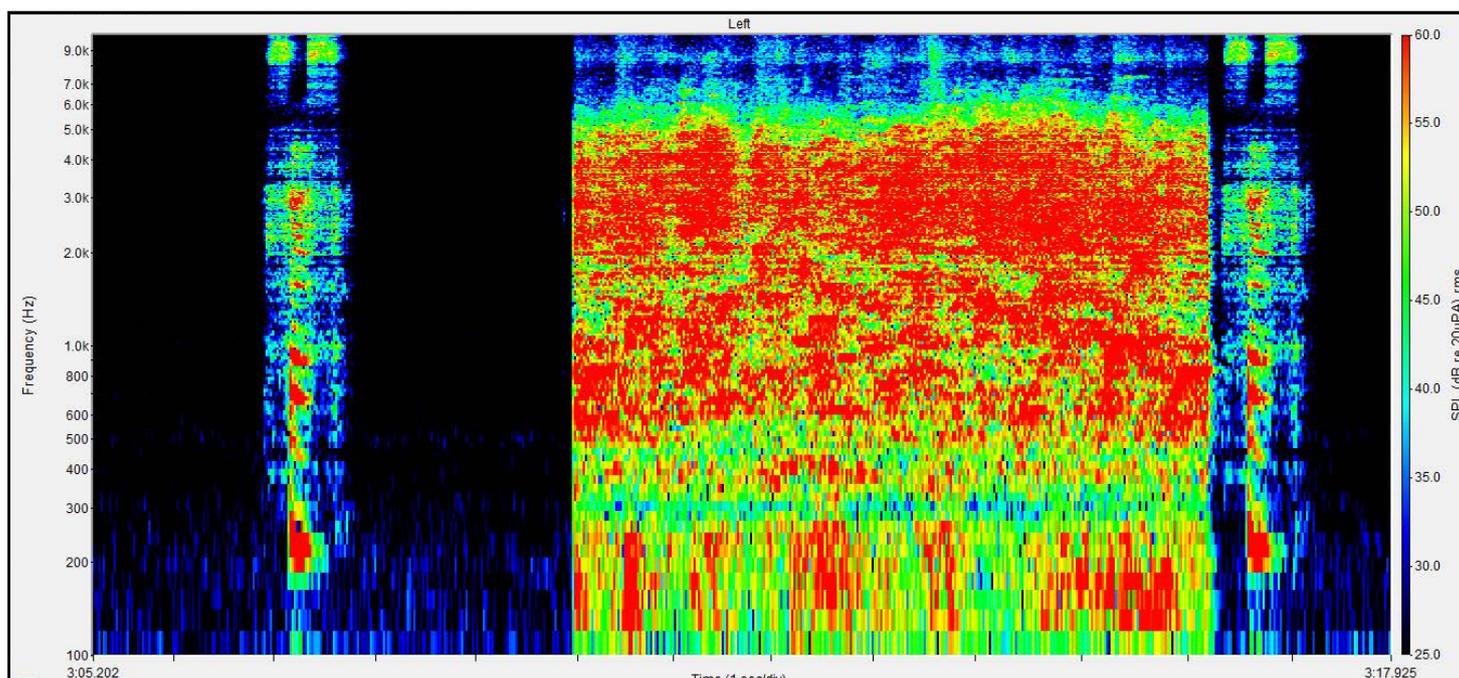


Figure n°219 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

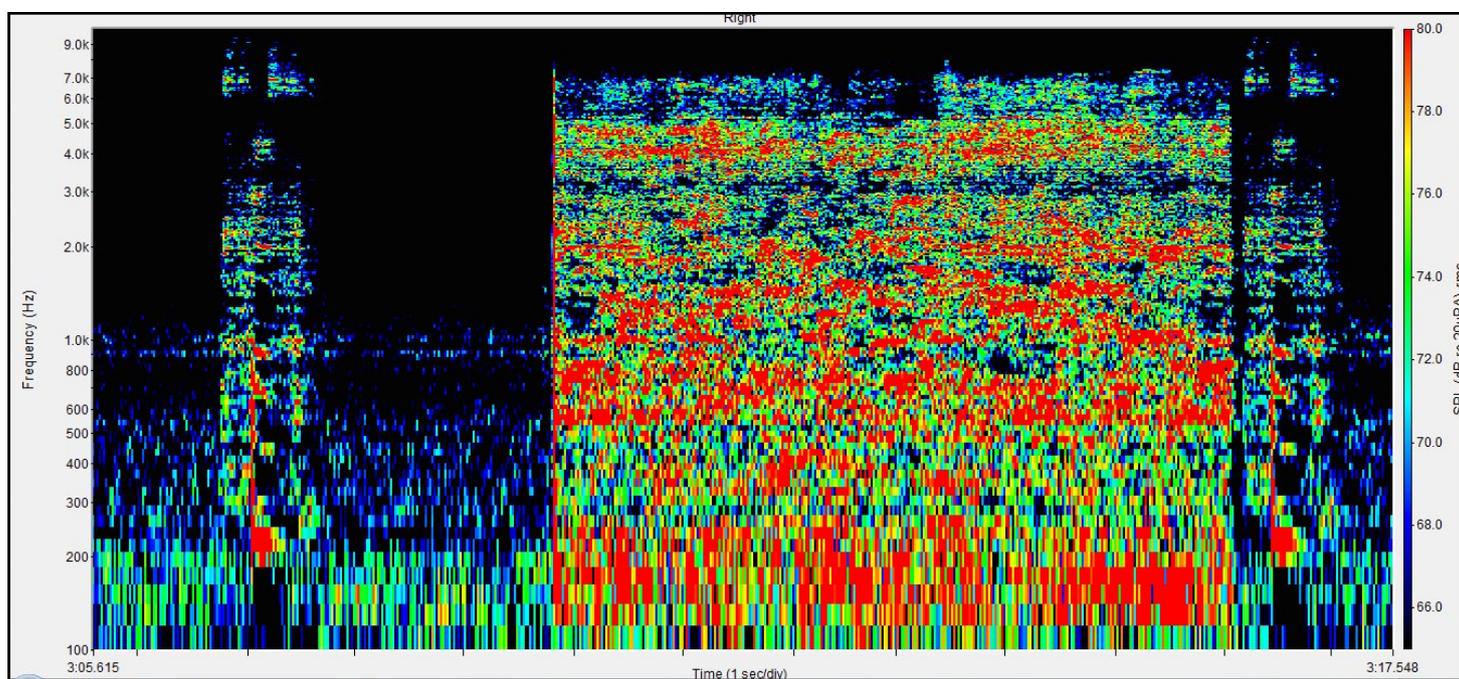


Figure n°220 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

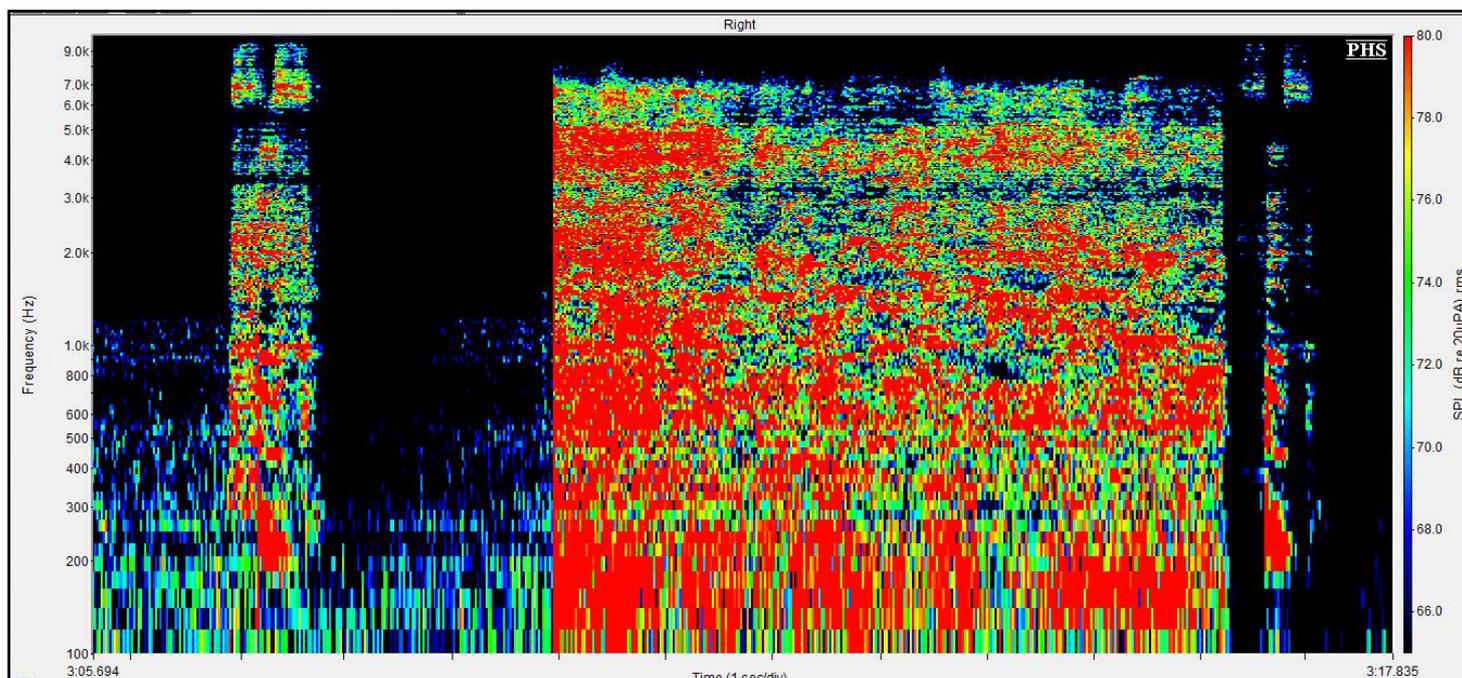


Figure n°221 : Spectrogramme du logatome « sasse », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

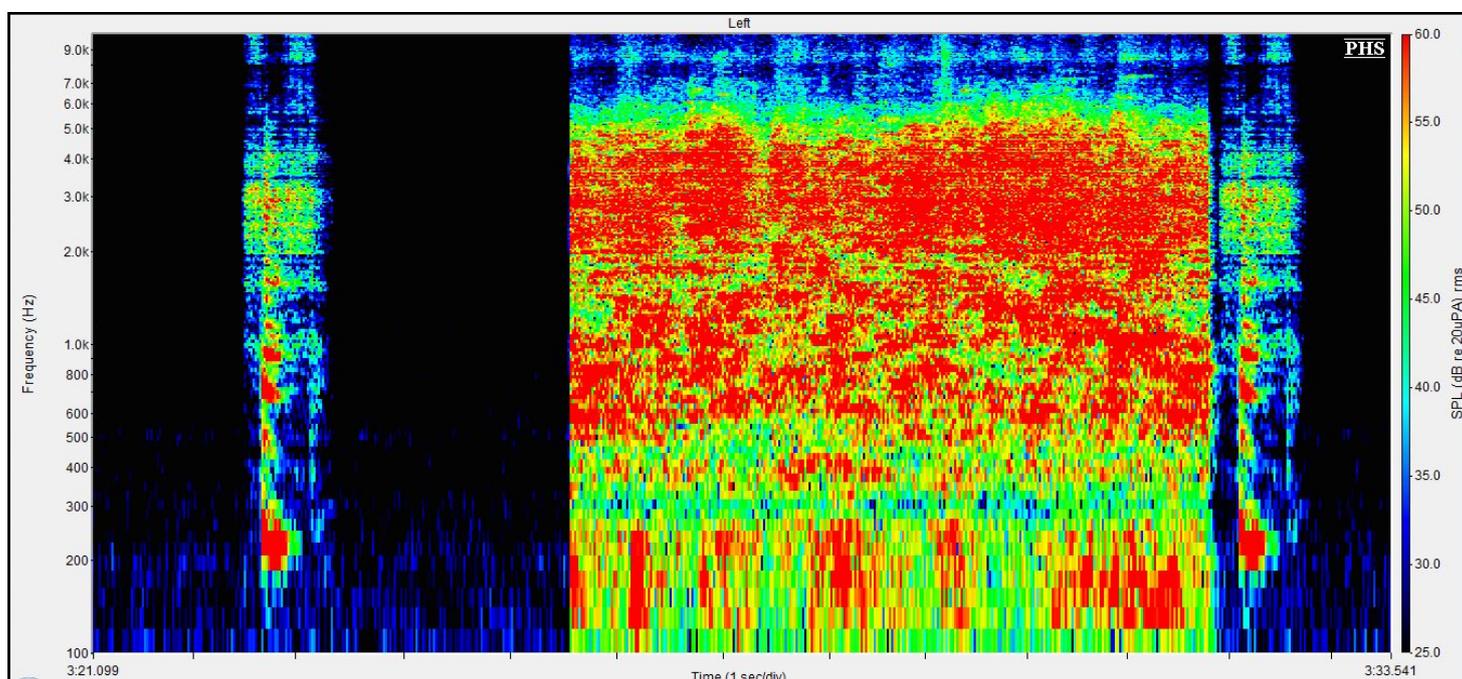


Figure n°222 : Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

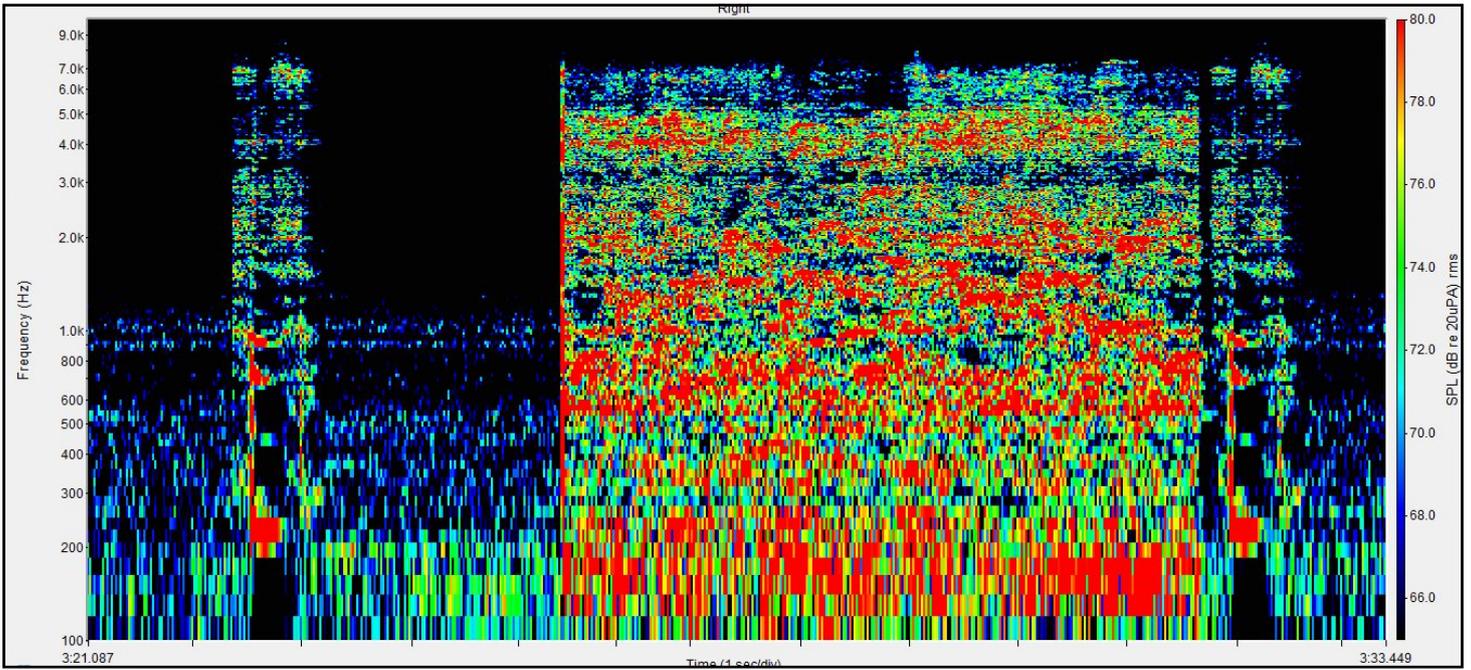


Figure n°223: Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

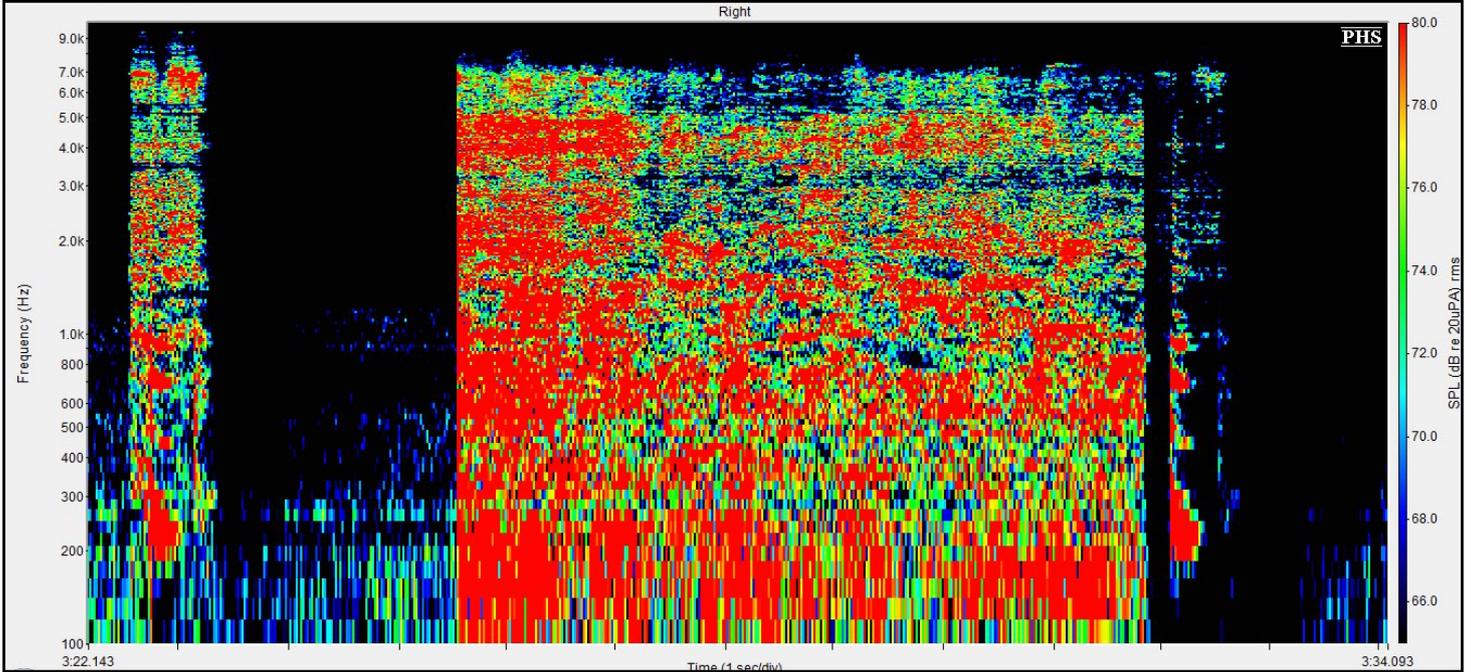


Figure n°224 : Spectrogramme du logatome « faf », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

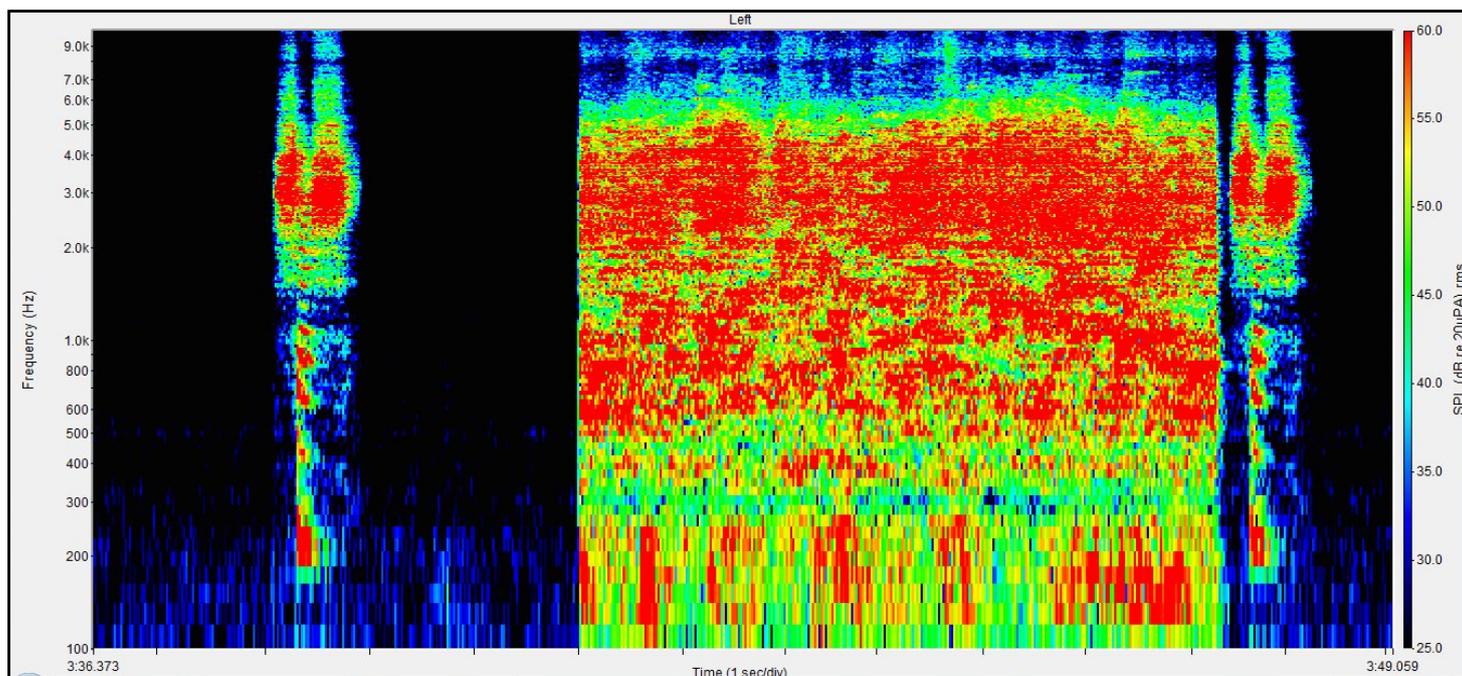


Figure n°225 : Spectrogramme du logatome « kach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « kach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

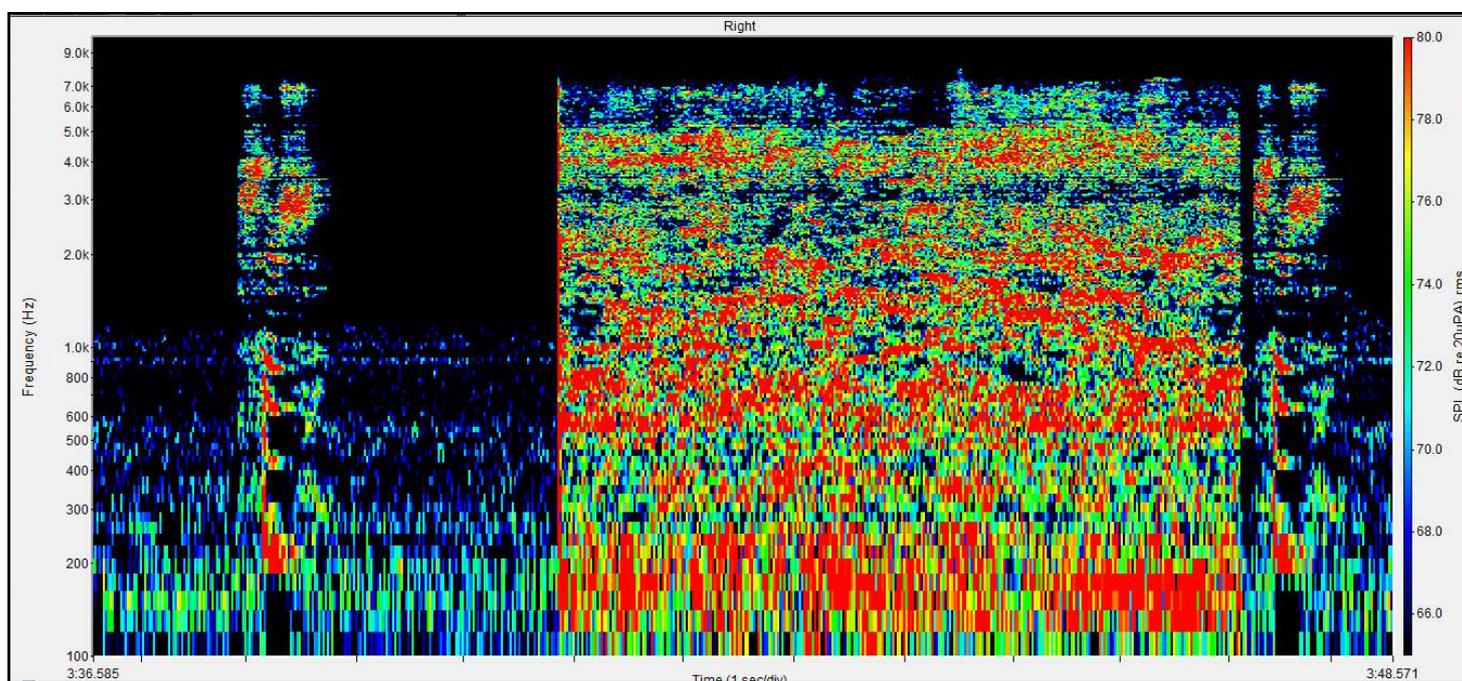


Figure n°226 : Spectrogramme du logatome « kach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « kach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

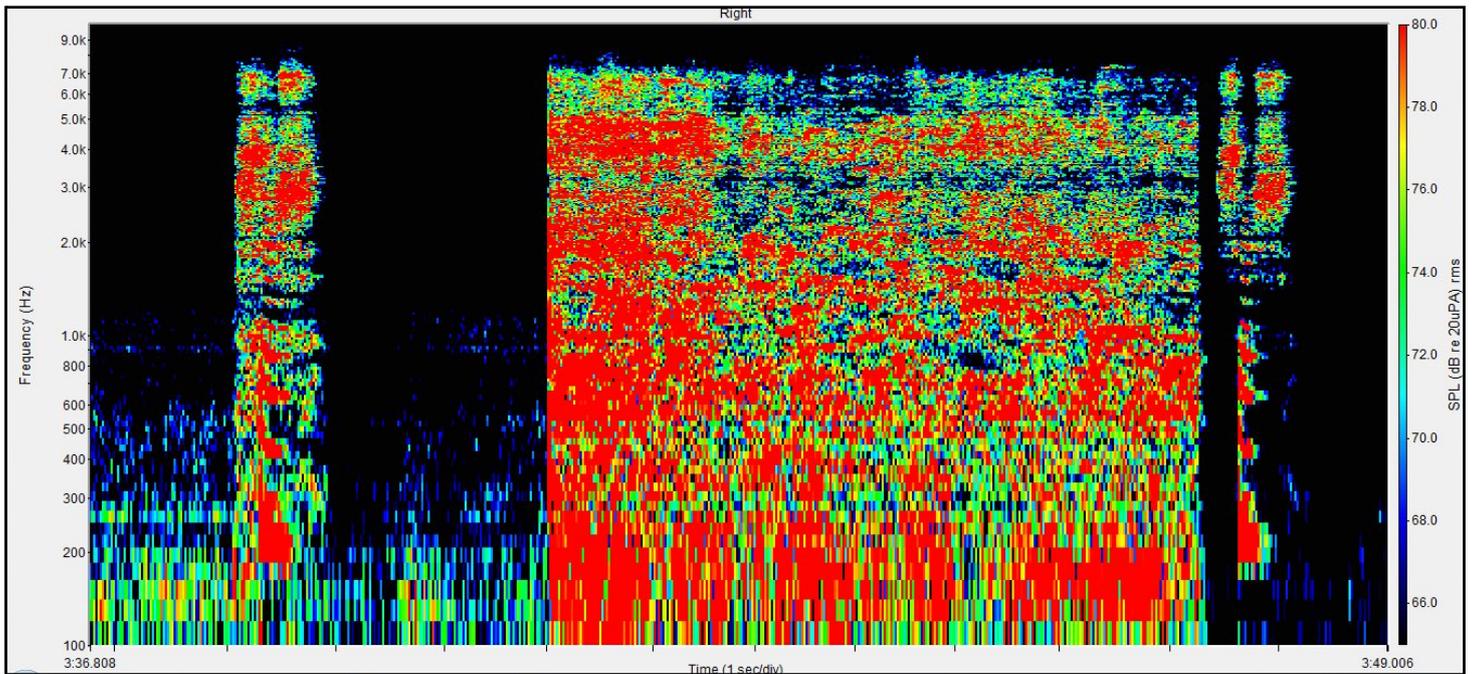


Figure n°227 : Spectrogramme du logatome « chach », 5 s de silence, puis 5 s de bruit de cris d'enfants puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chach » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Sur le bruit de restaurant

Les mots

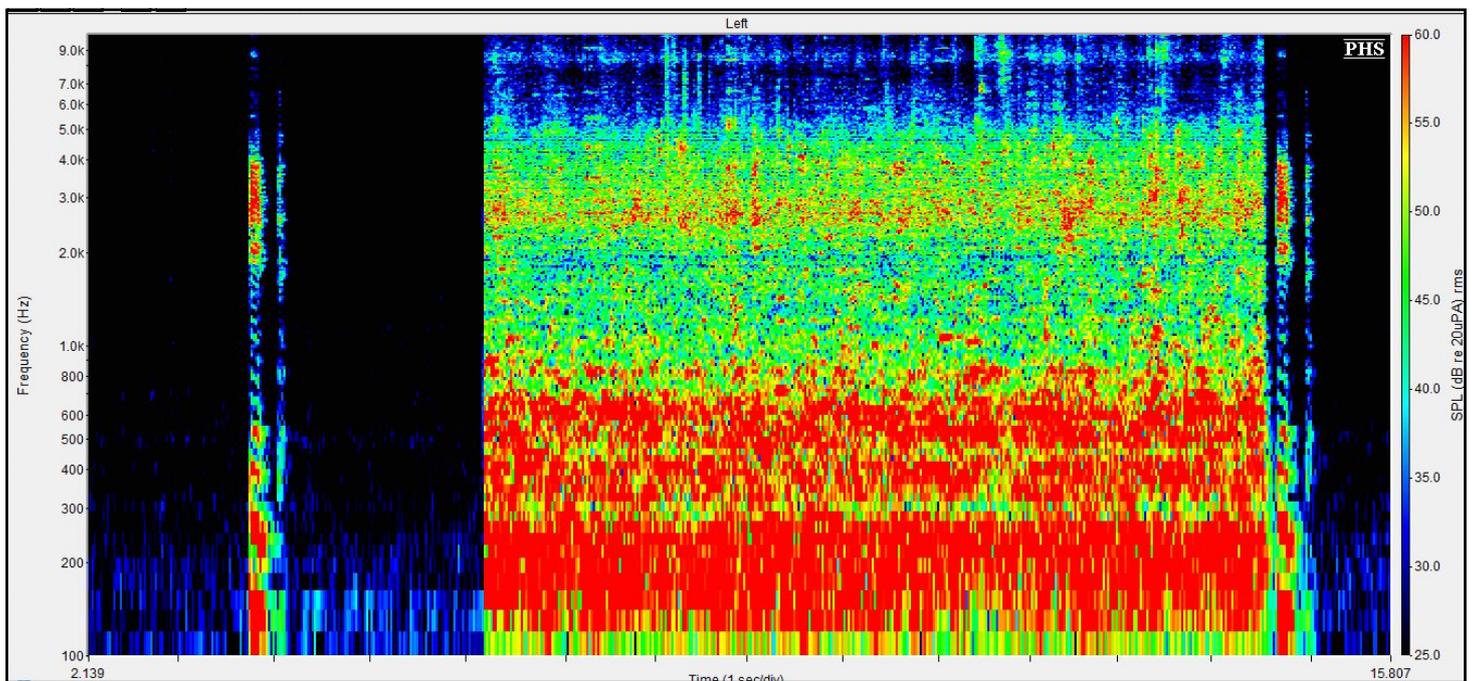


Figure n°228 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

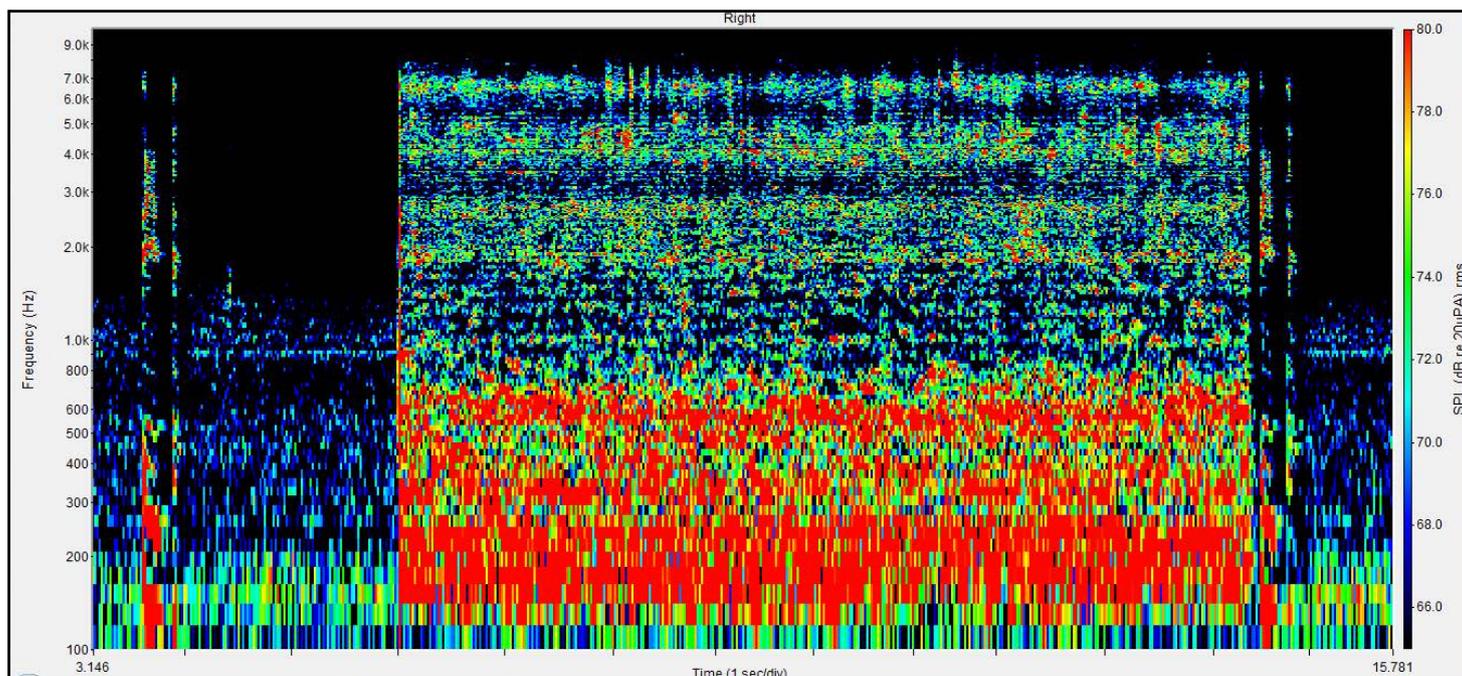


Figure n°229 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

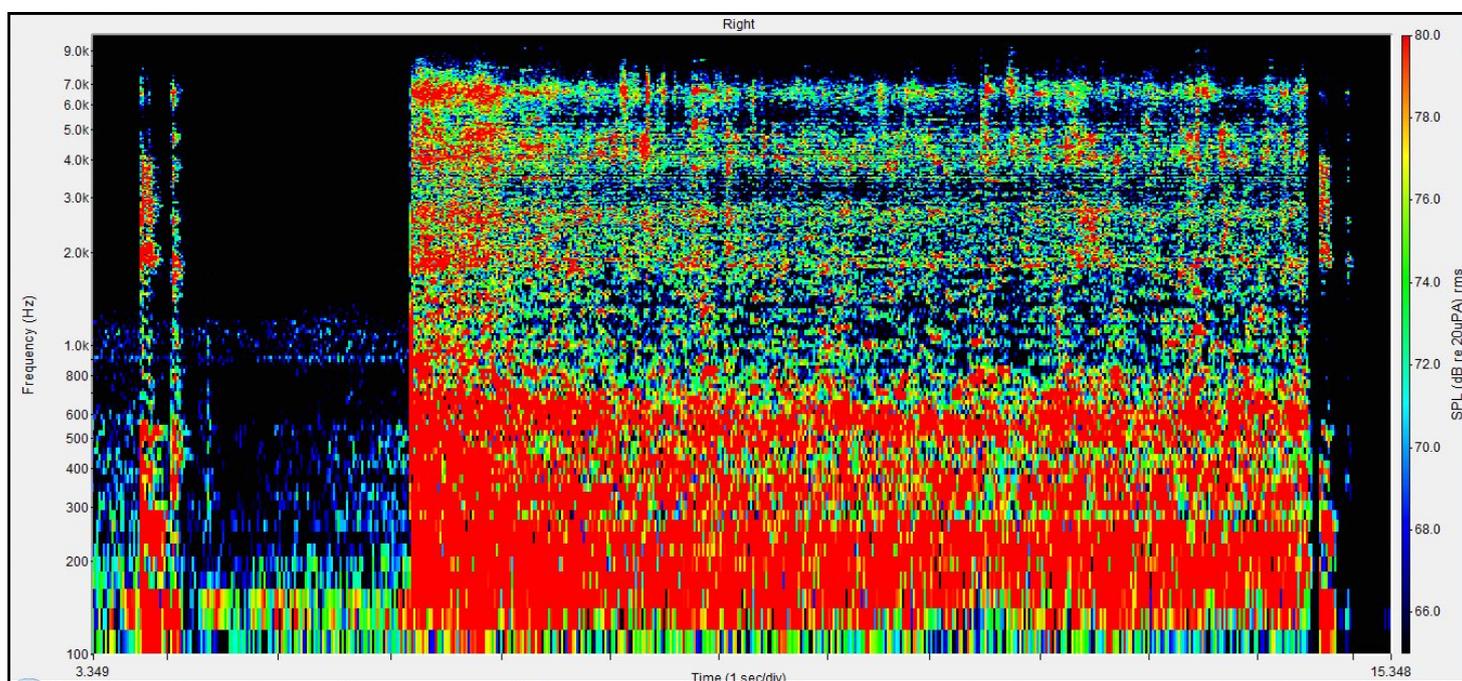


Figure n°230 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

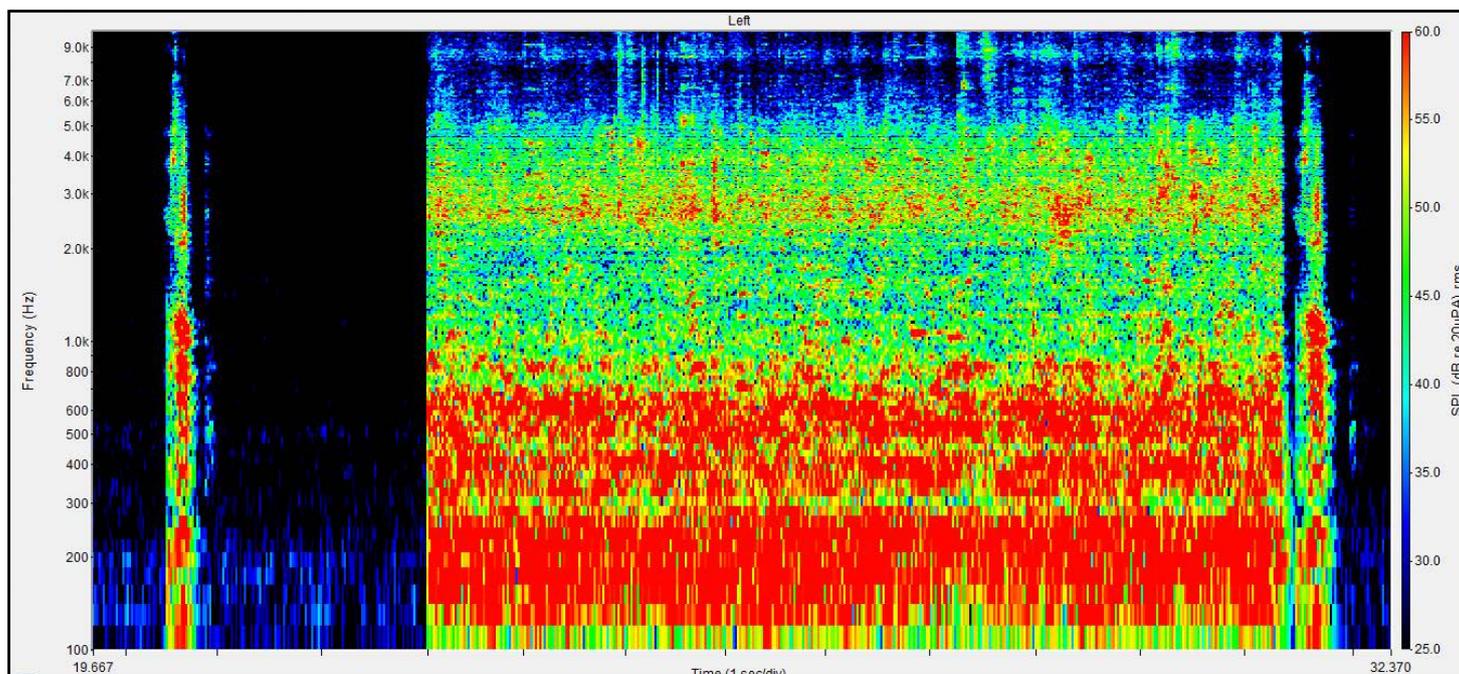


Figure n°231 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

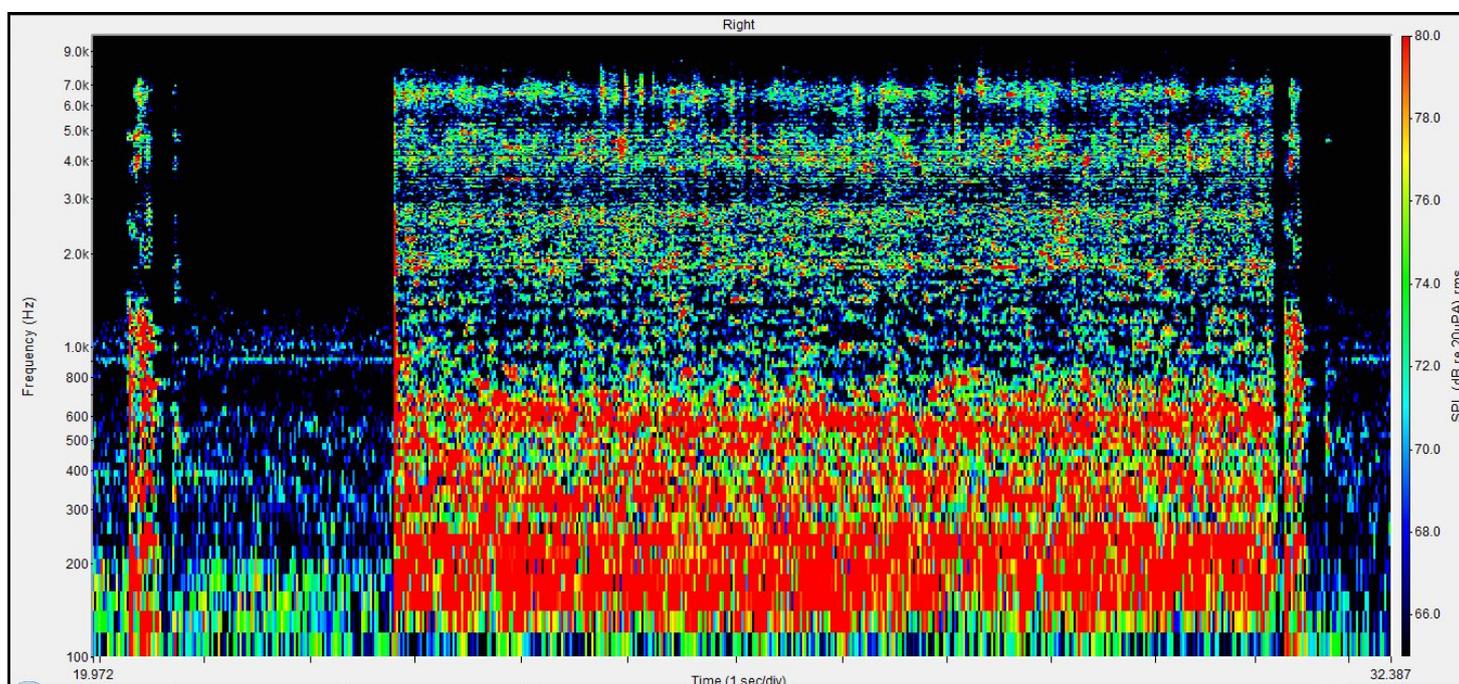


Figure n°232 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

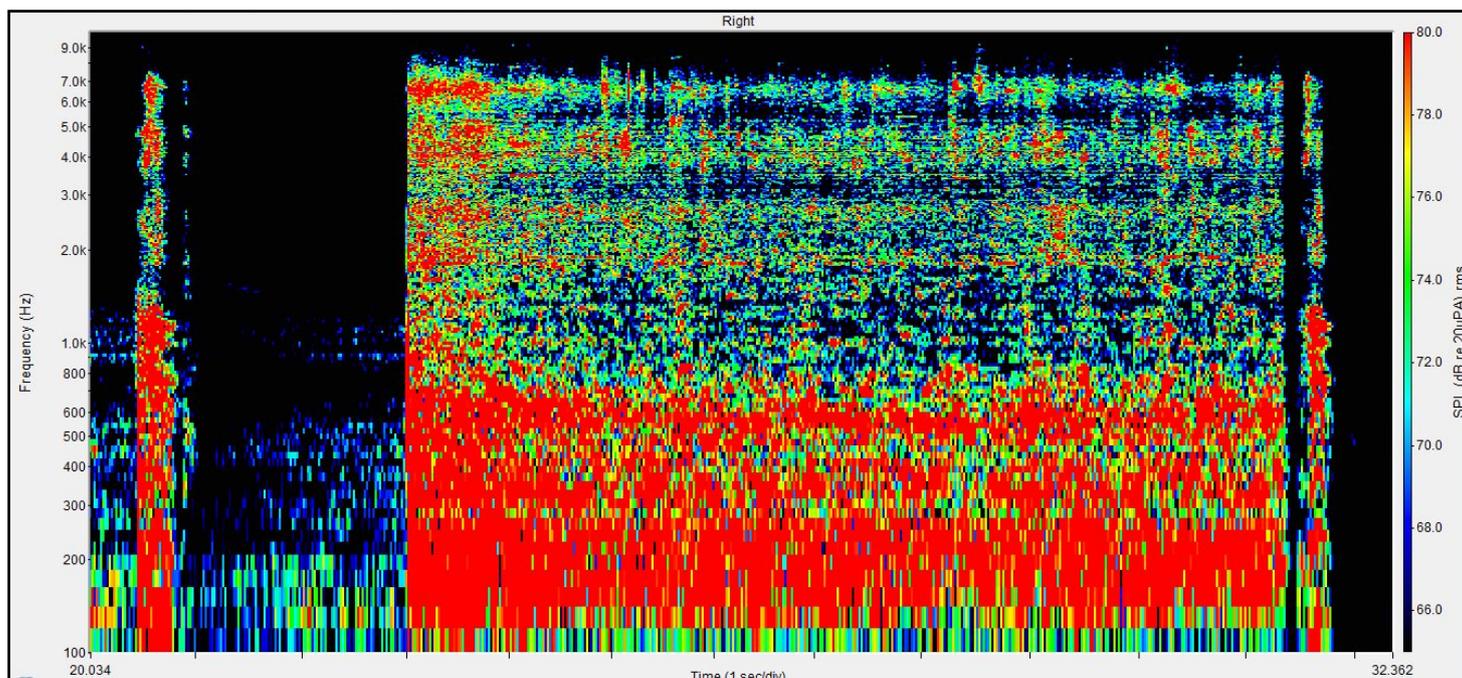


Figure n°233 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

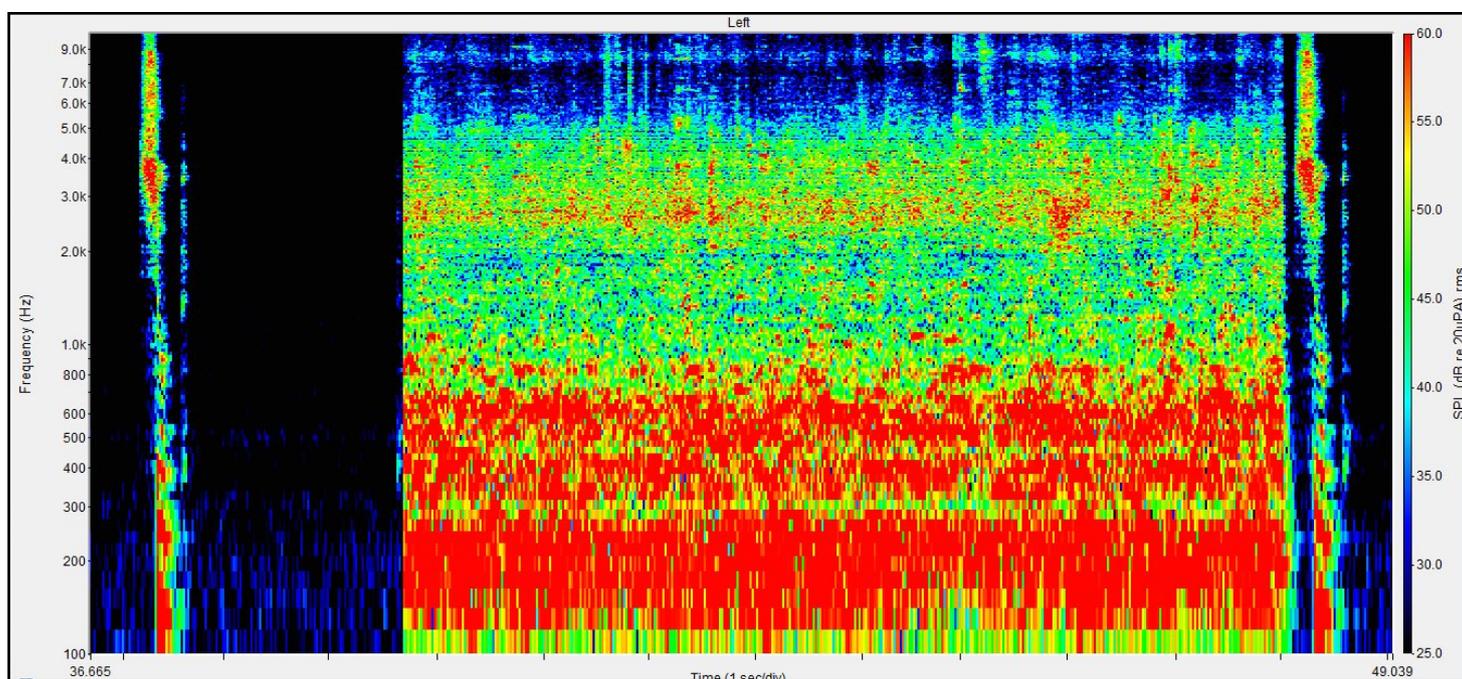


Figure n°234 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

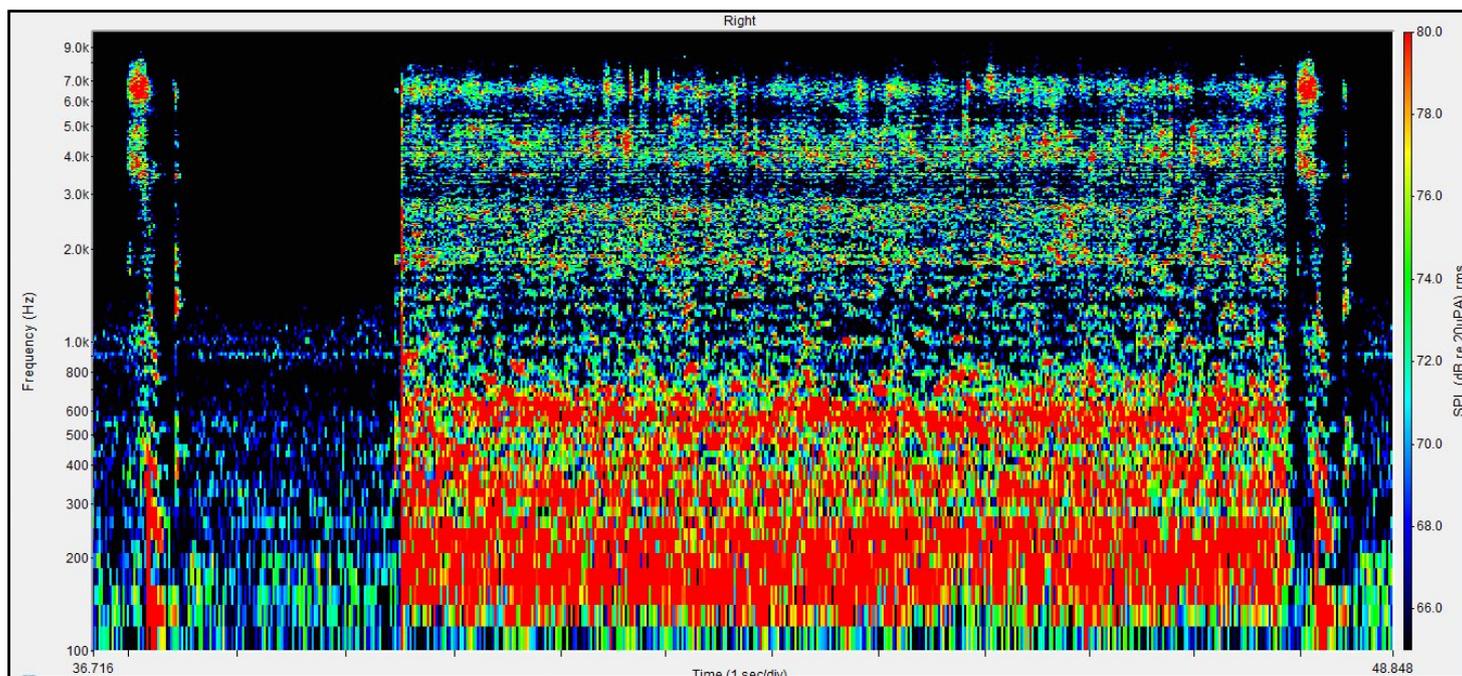


Figure n°235 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

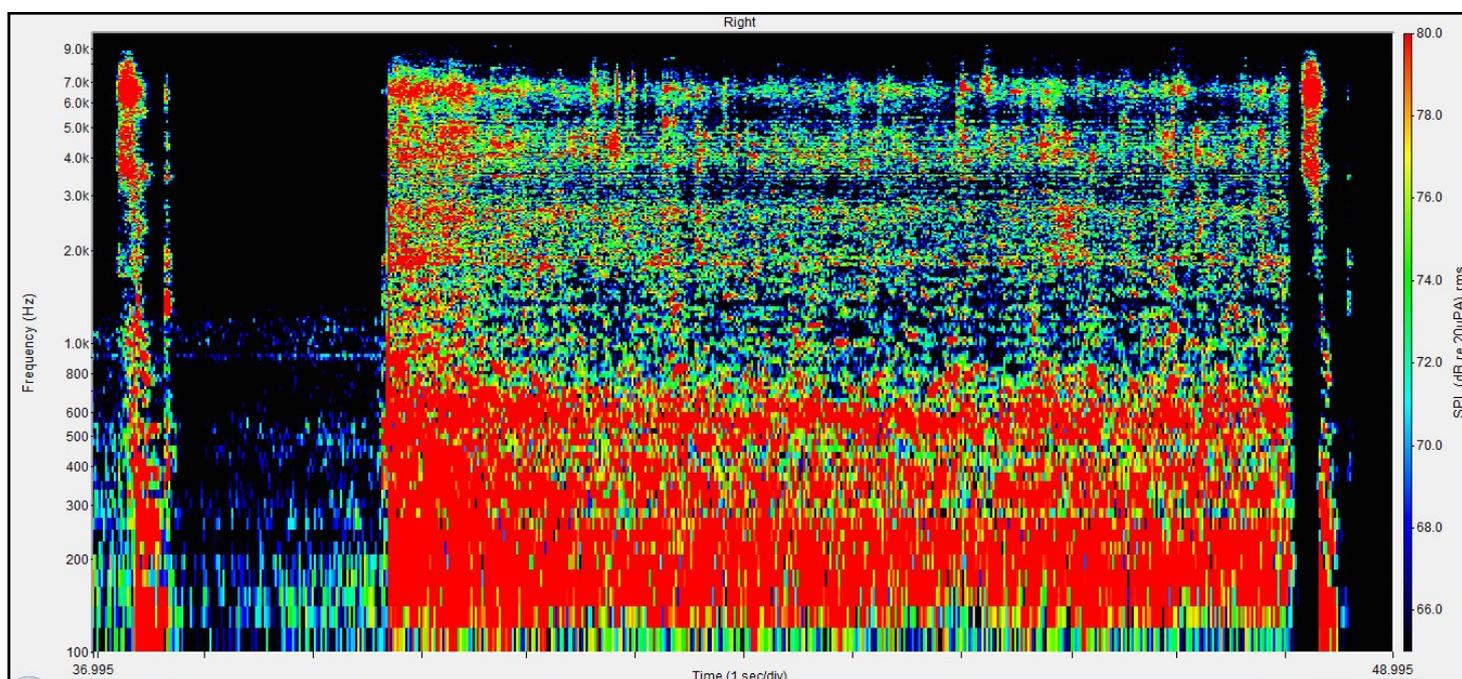


Figure n°236 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

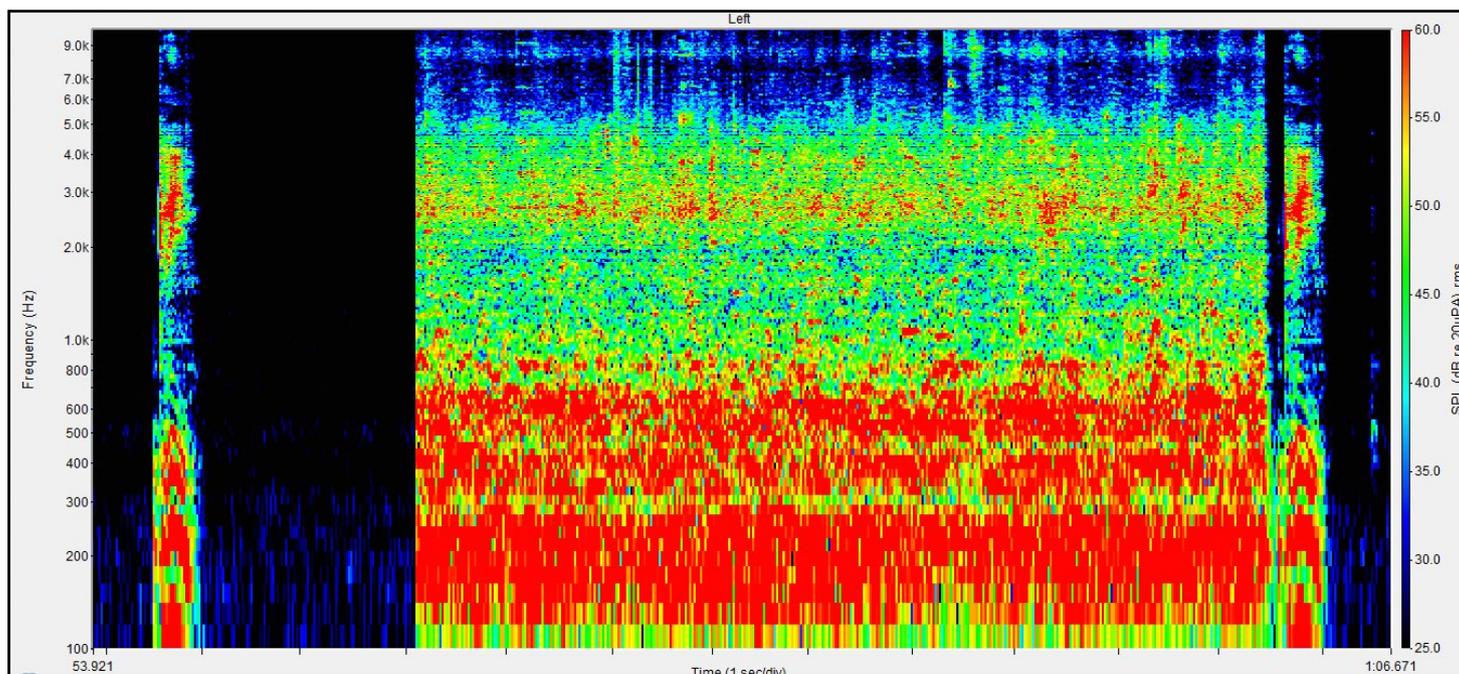


Figure n°237 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

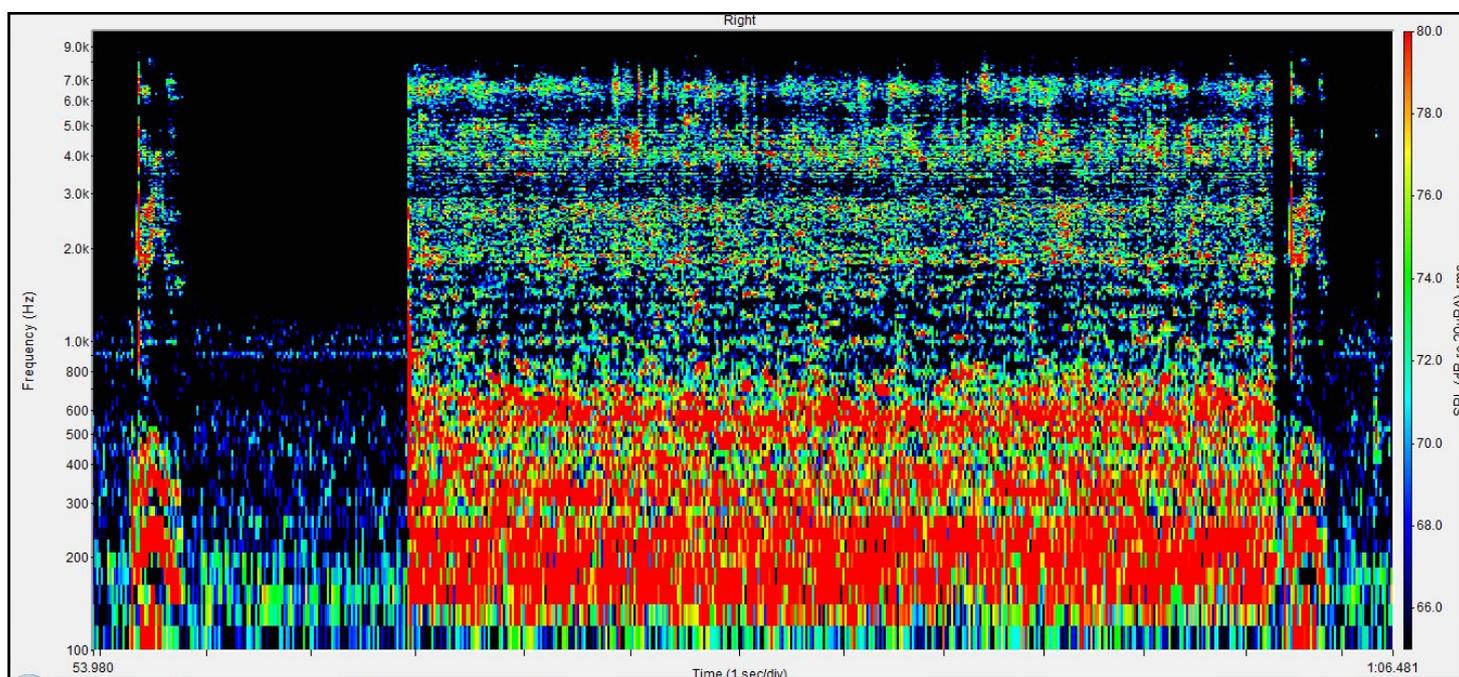


Figure n°238 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

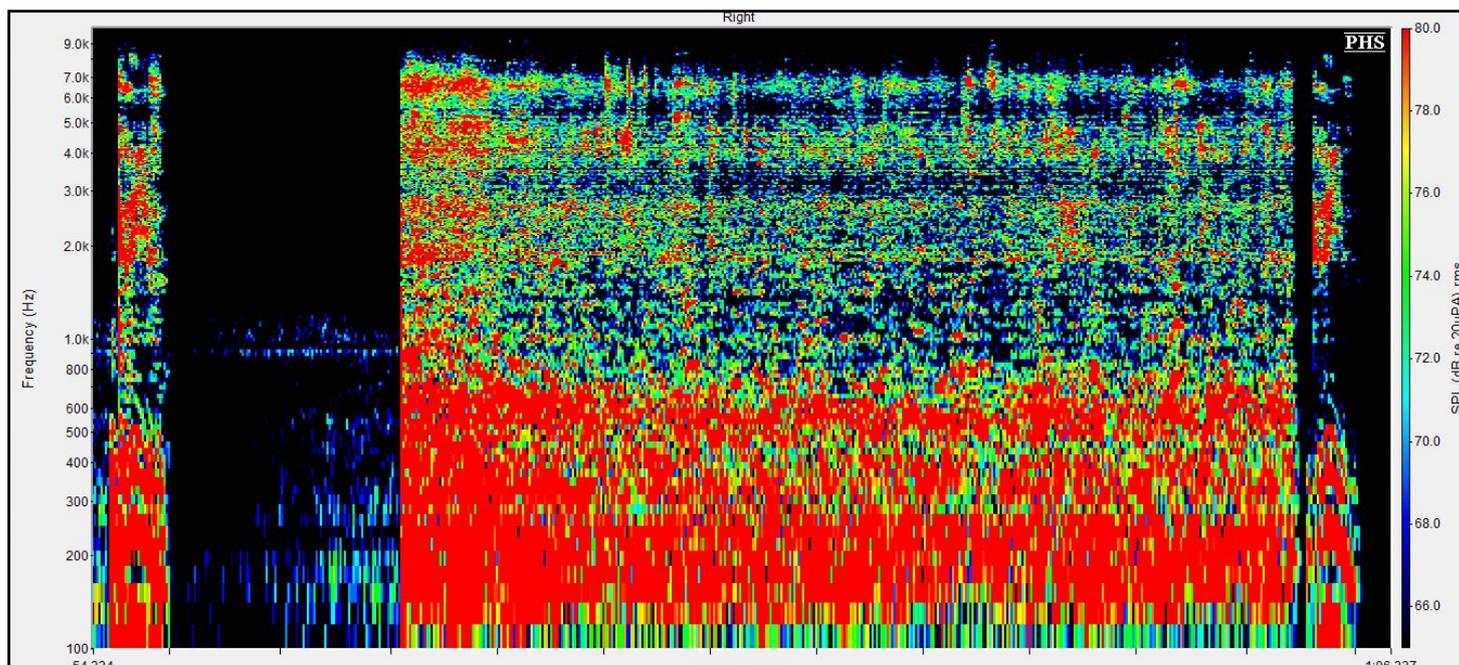


Figure n°239 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type CVC

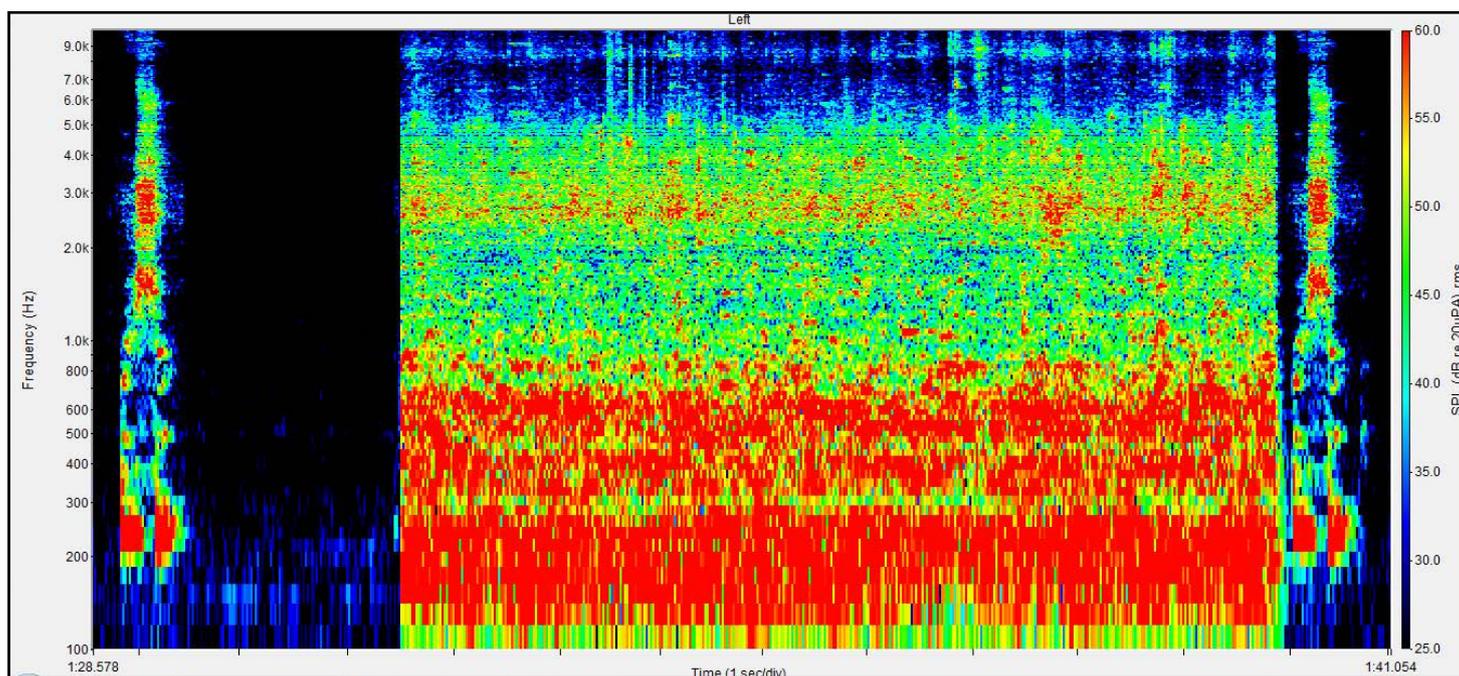


Figure n°240 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

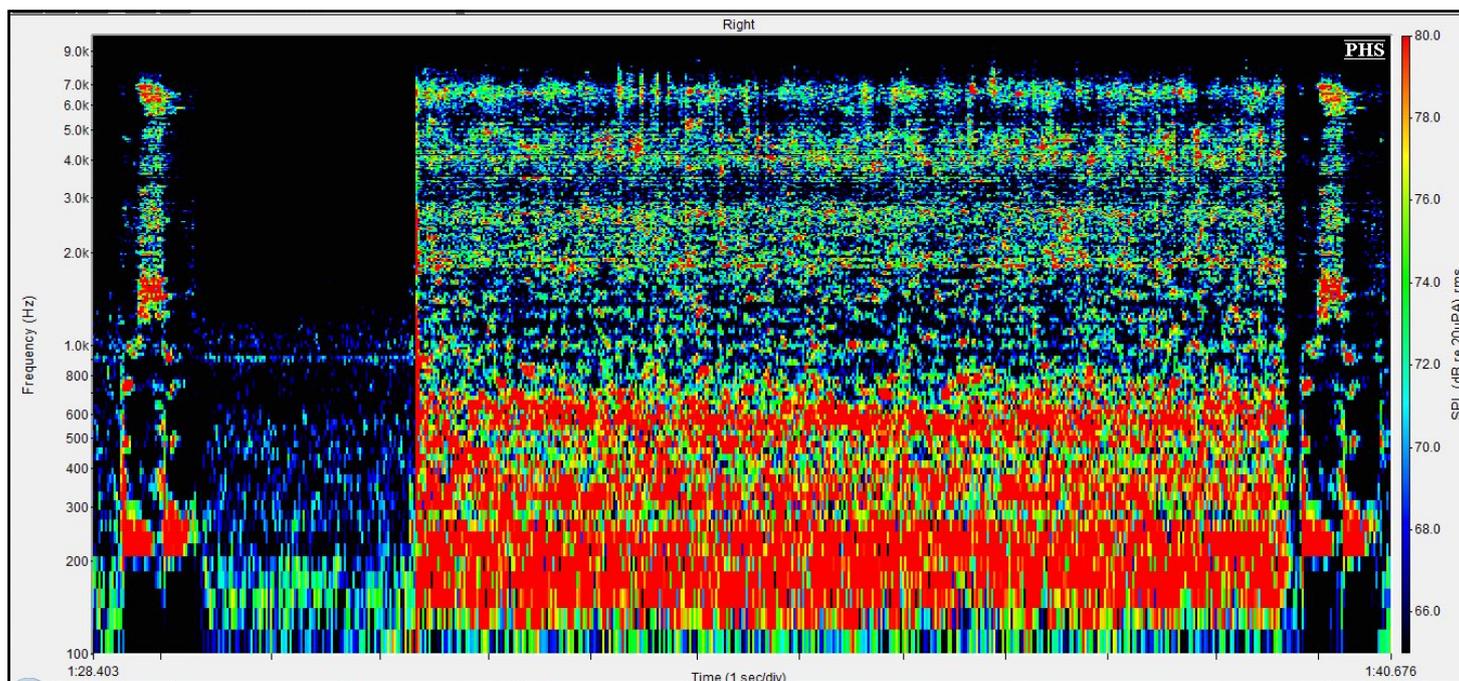


Figure n°241 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

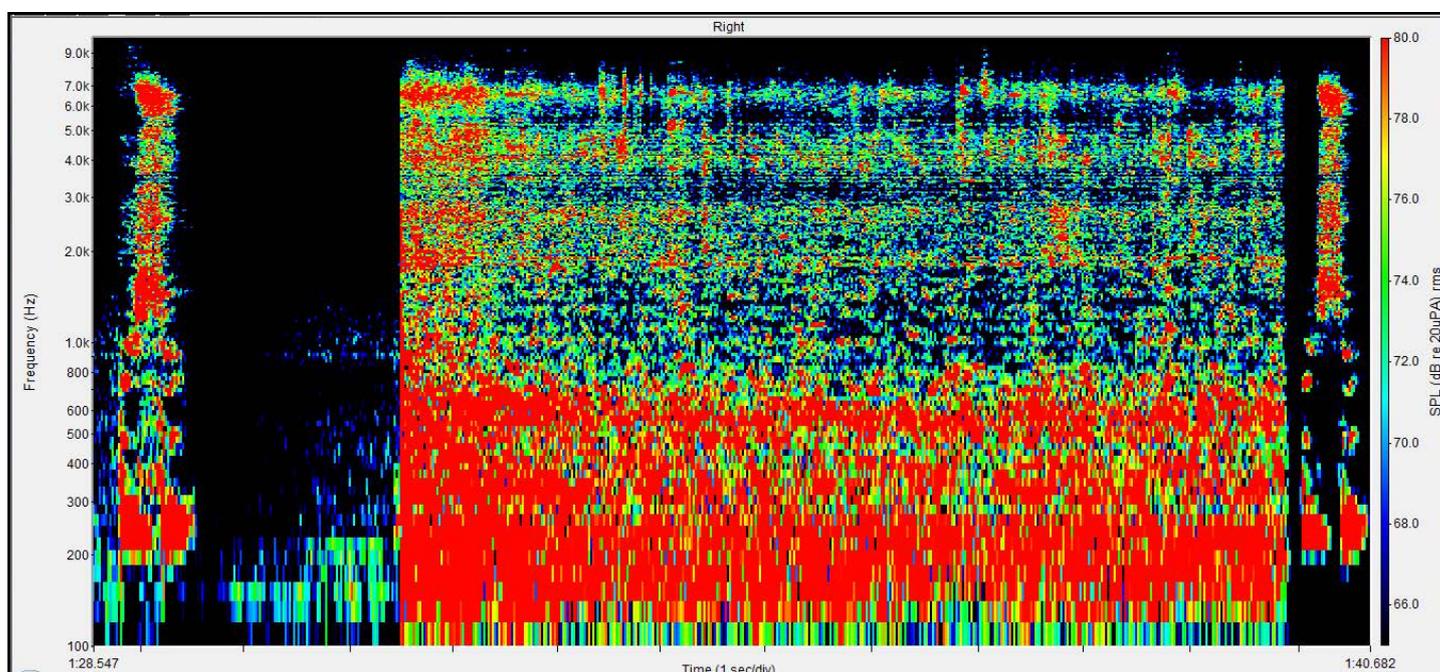


Figure n°242 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

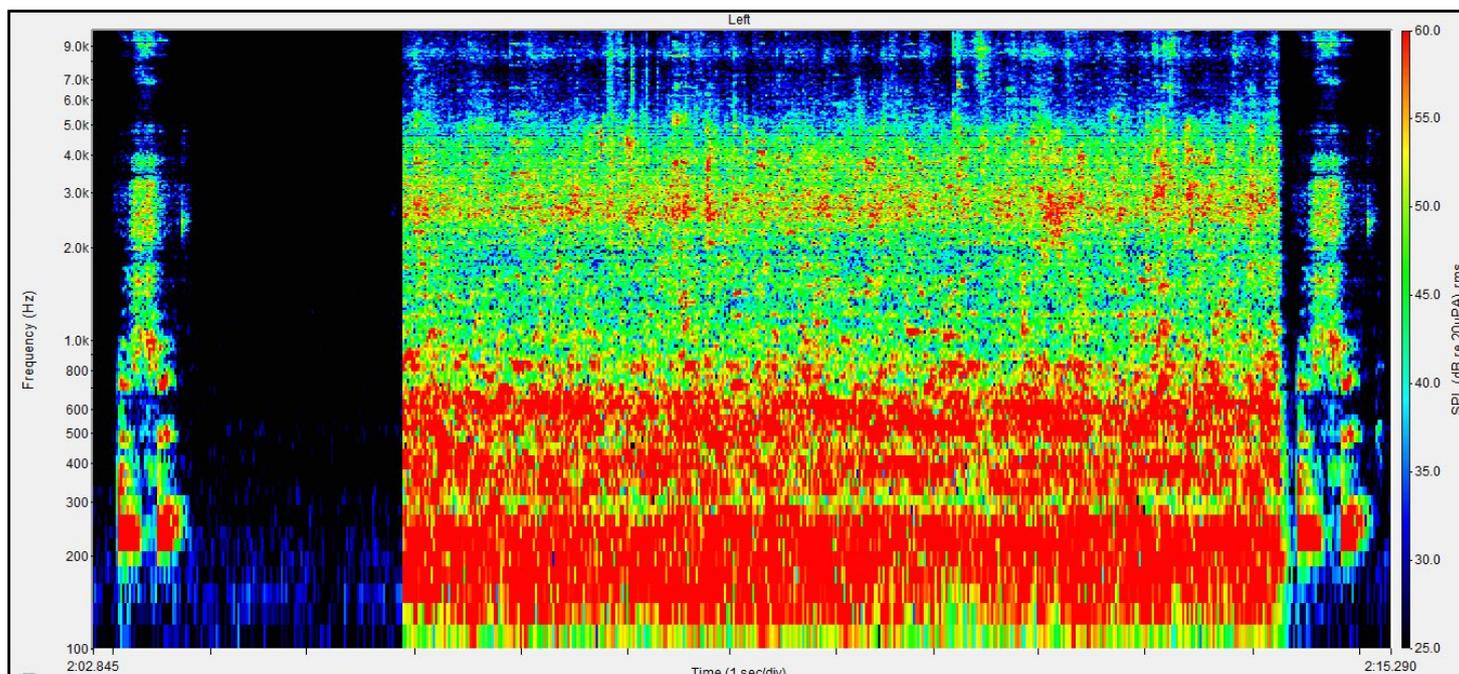


Figure n°243 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

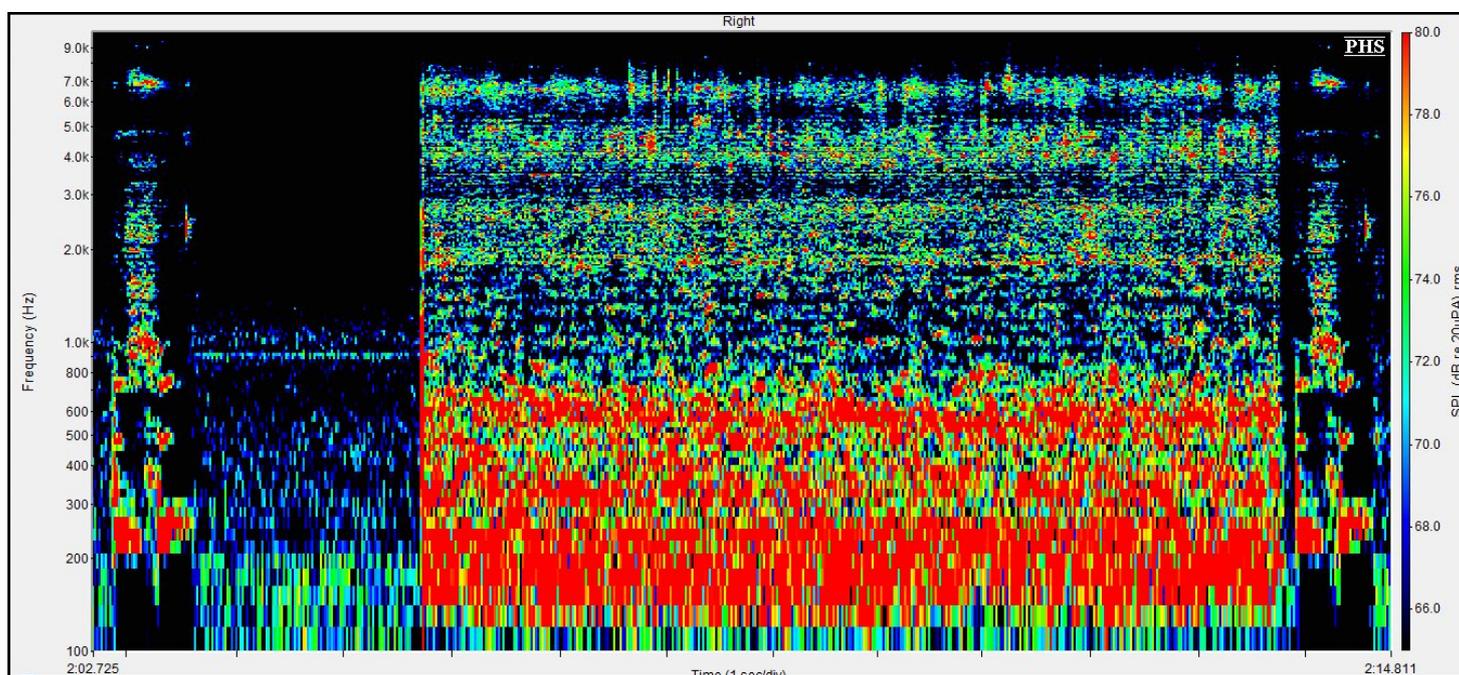


Figure n°244 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

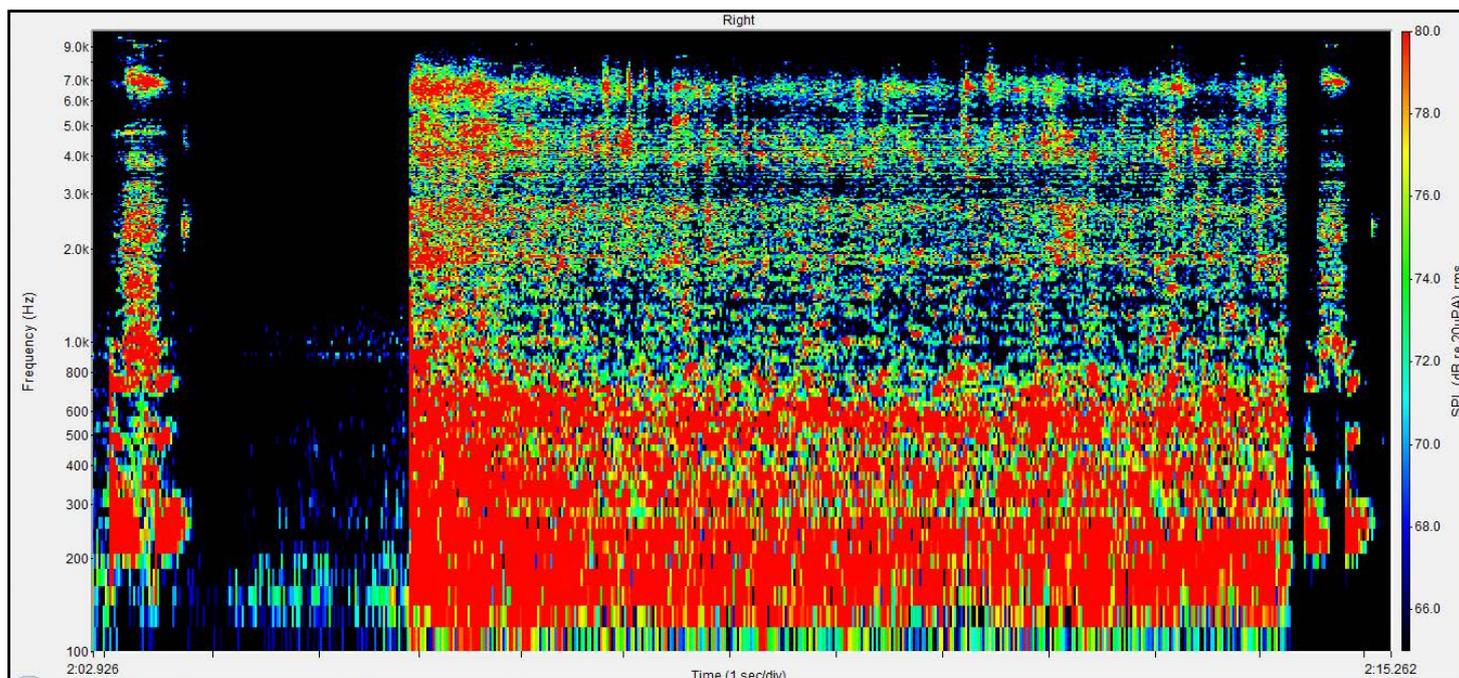


Figure n°245 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

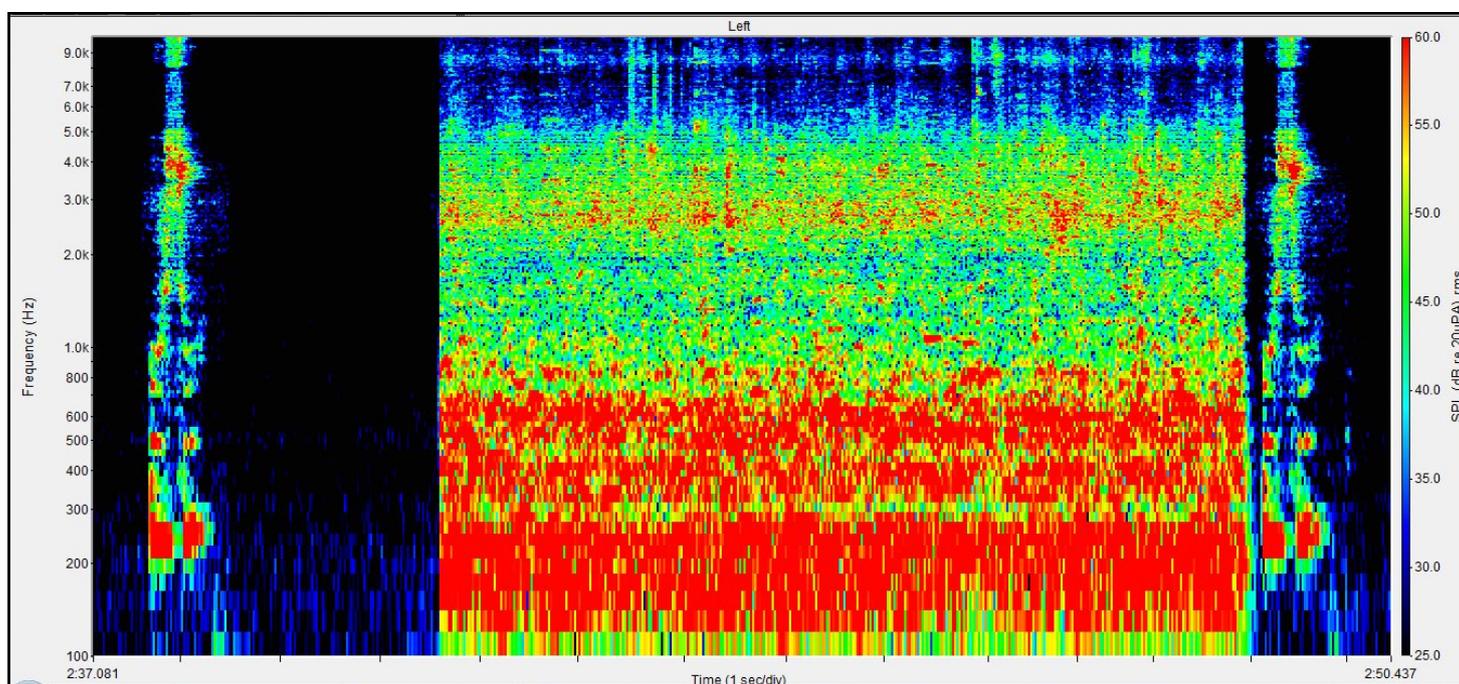


Figure n°246 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

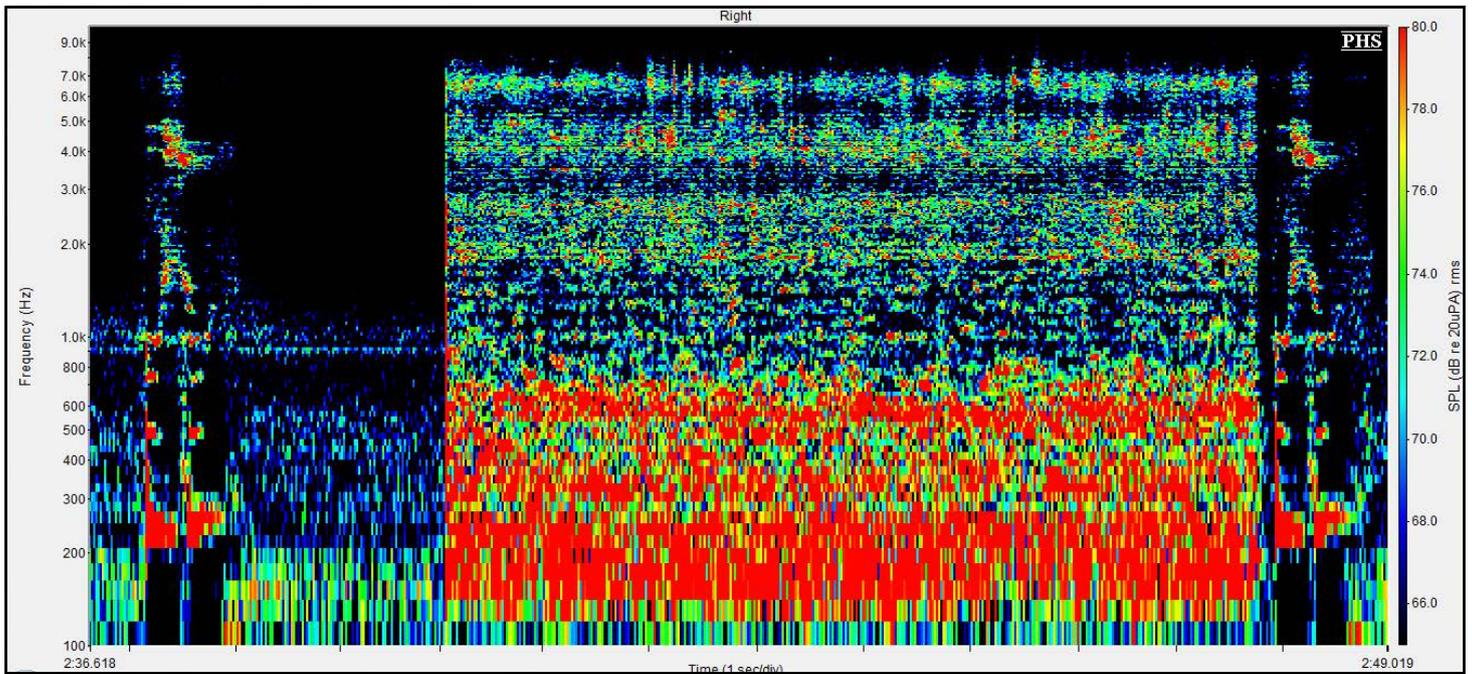


Figure n°247 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

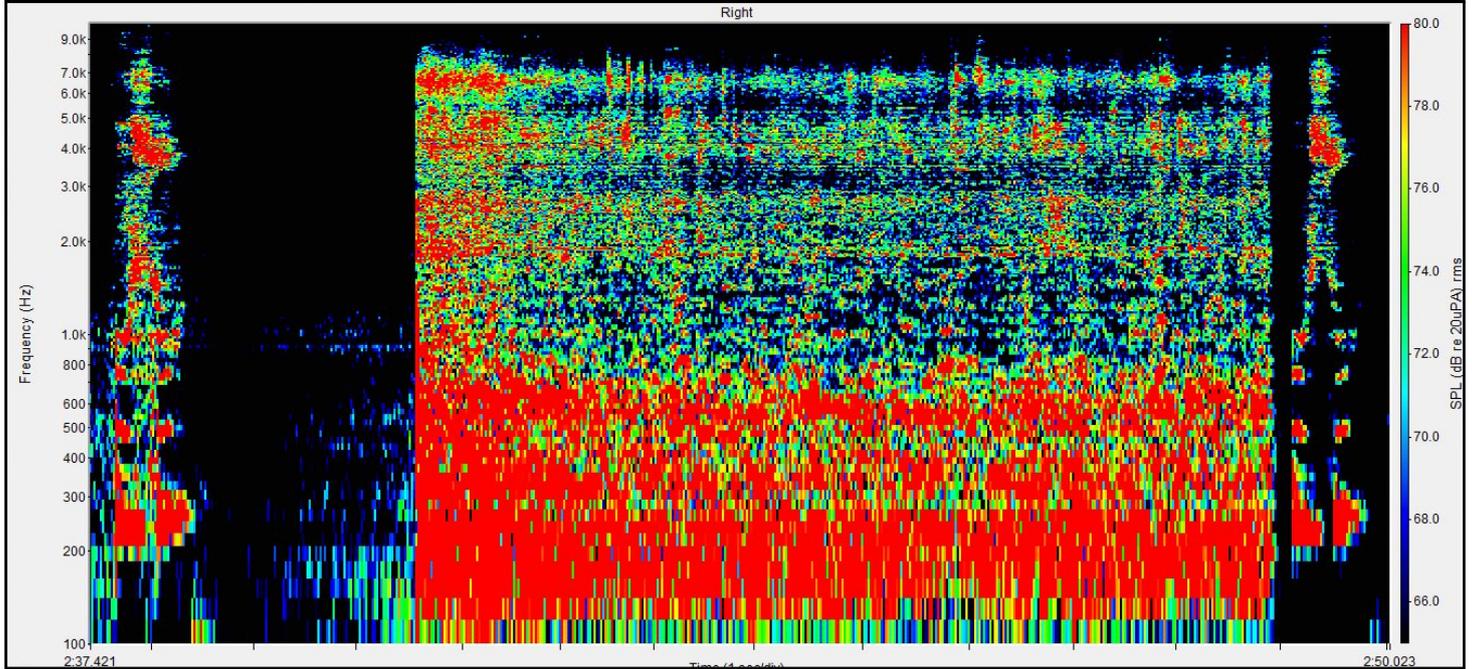


Figure n°248 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

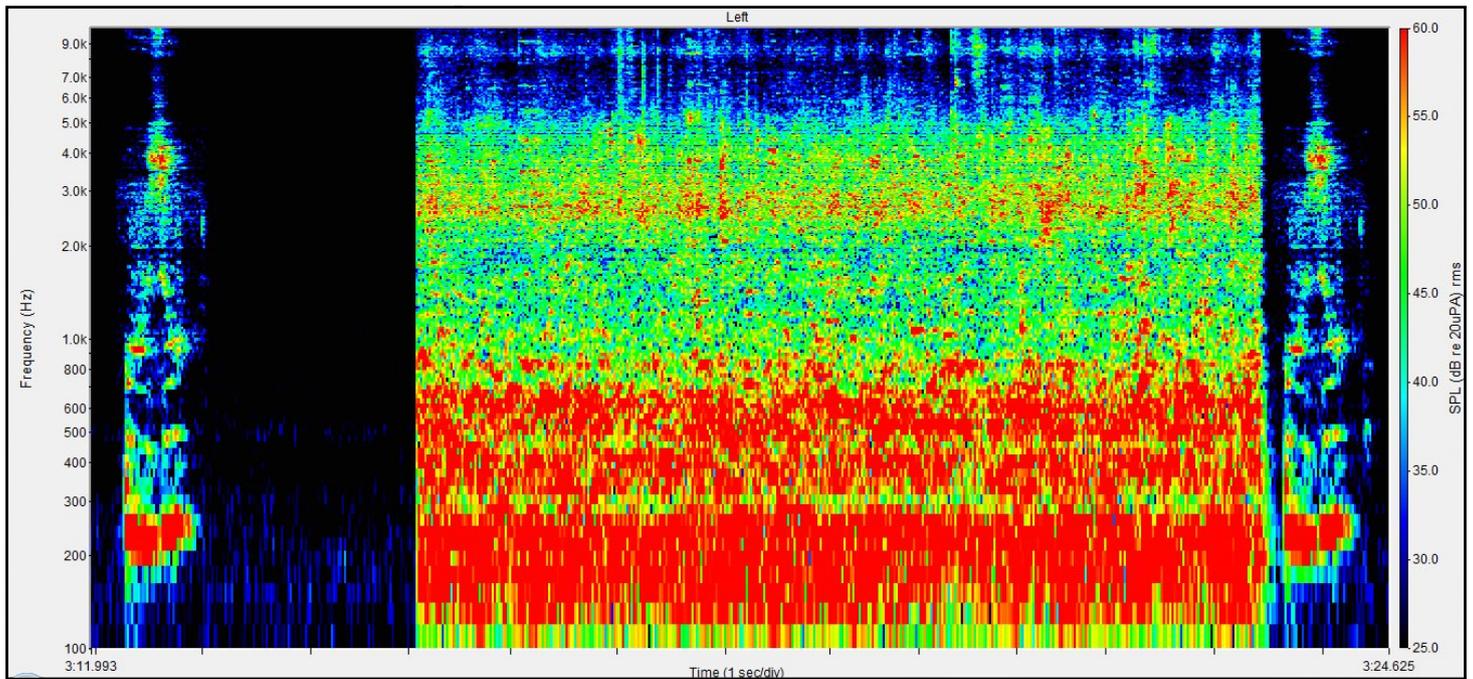


Figure n°249 : Spectrogramme du logatome « ouzo » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

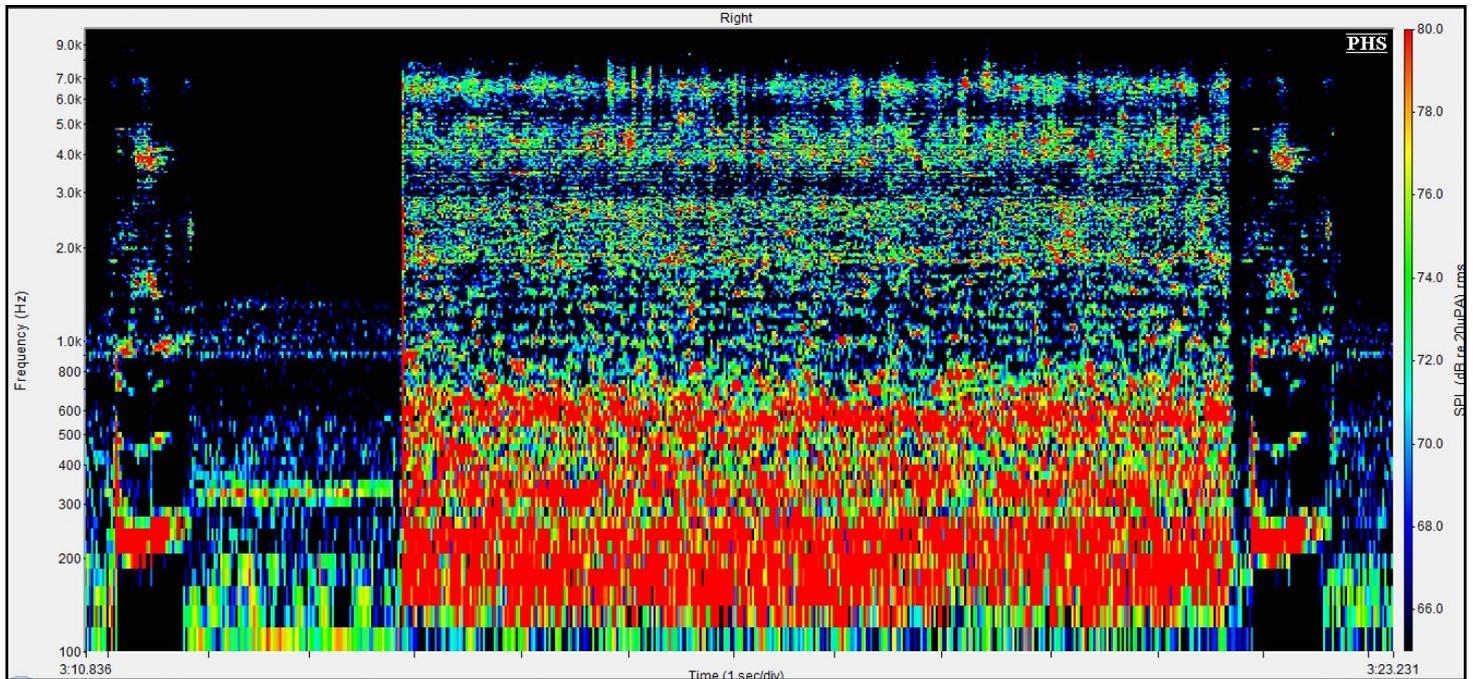


Figure n°250 : Spectrogramme du logatome « ouzo » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

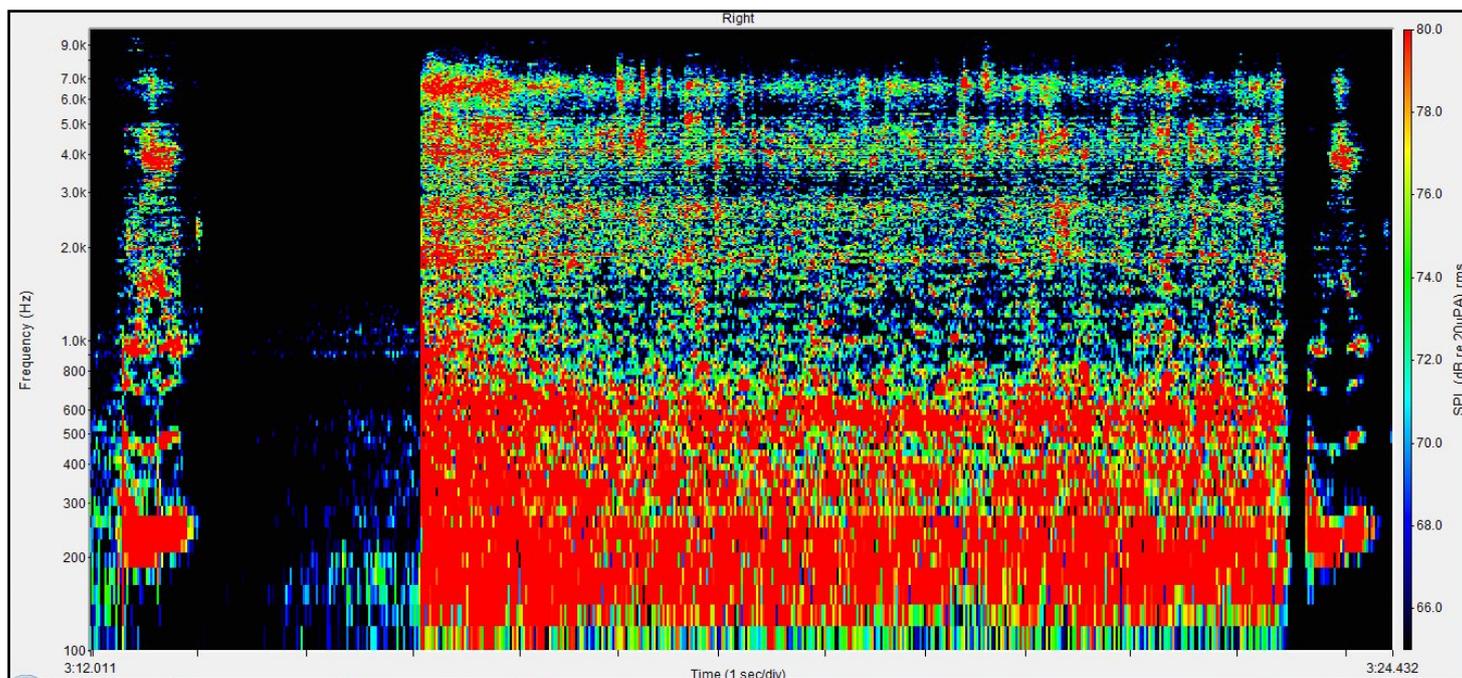


Figure n°251 : Spectrogramme du logatome « ouzo » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type CVC

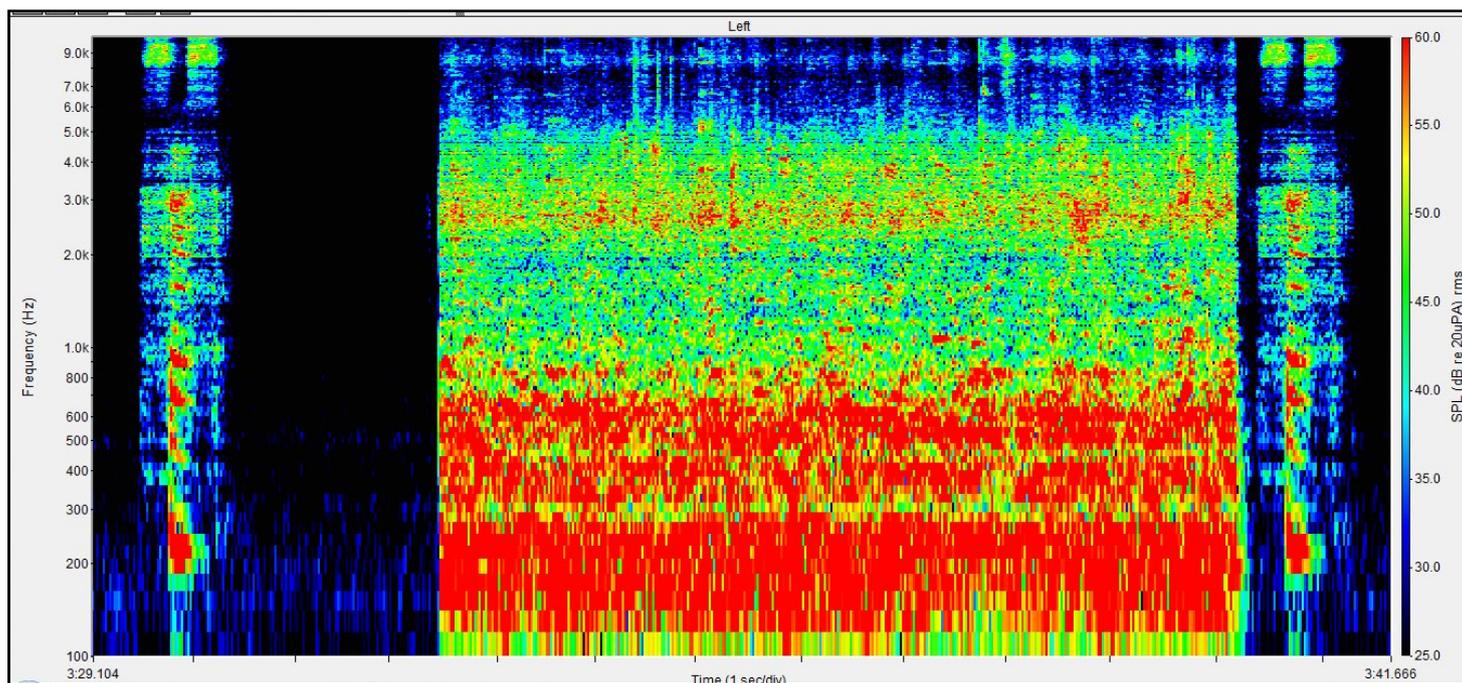


Figure n°252 : Spectrogramme du logatome « sasse » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

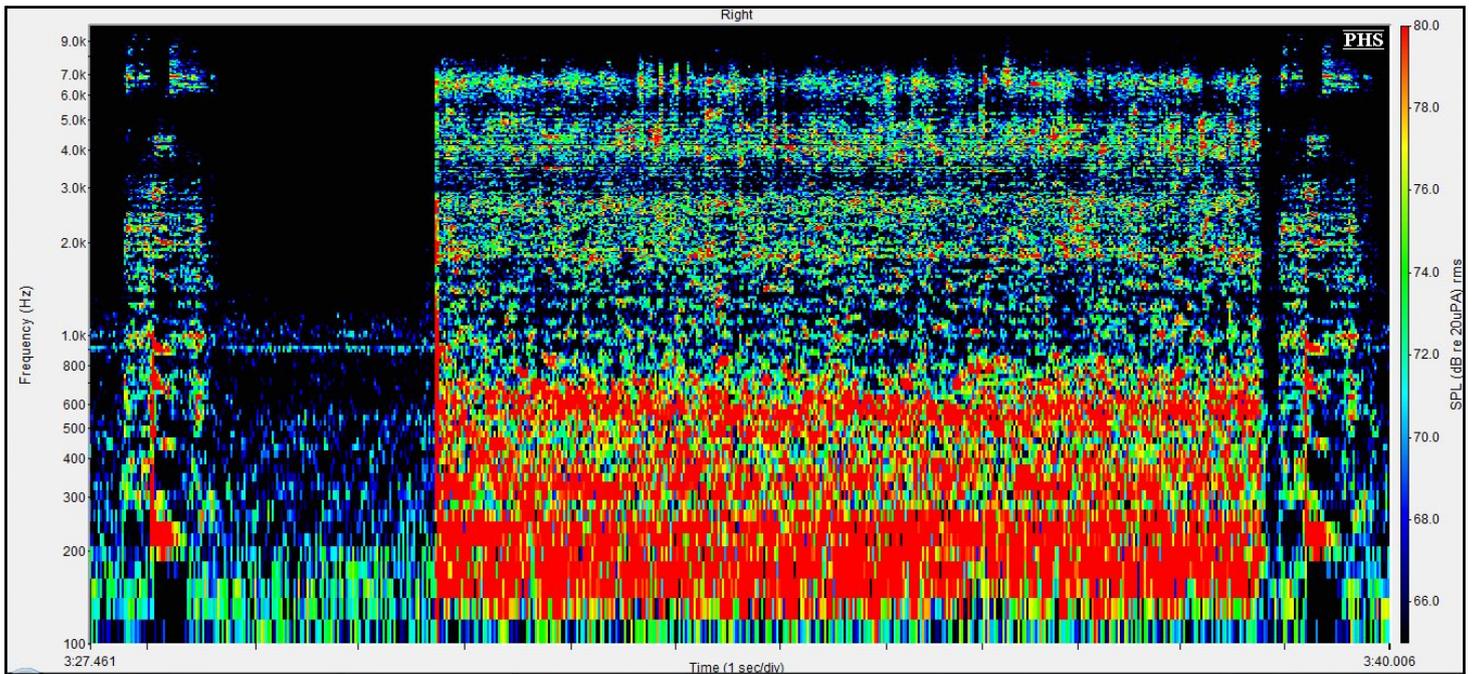


Figure n°253 : Spectrogramme du logatome «sasse» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

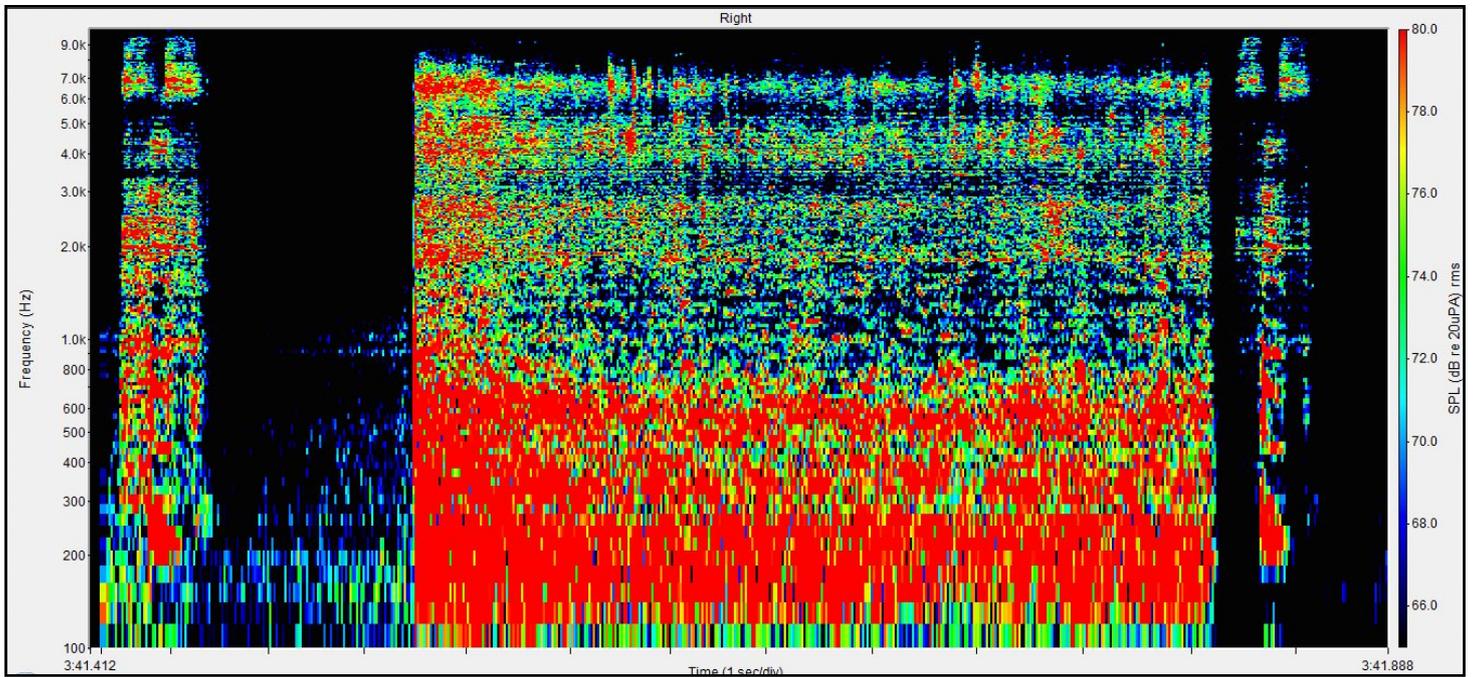


Figure n°254 : Spectrogramme du logatome «sasse» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

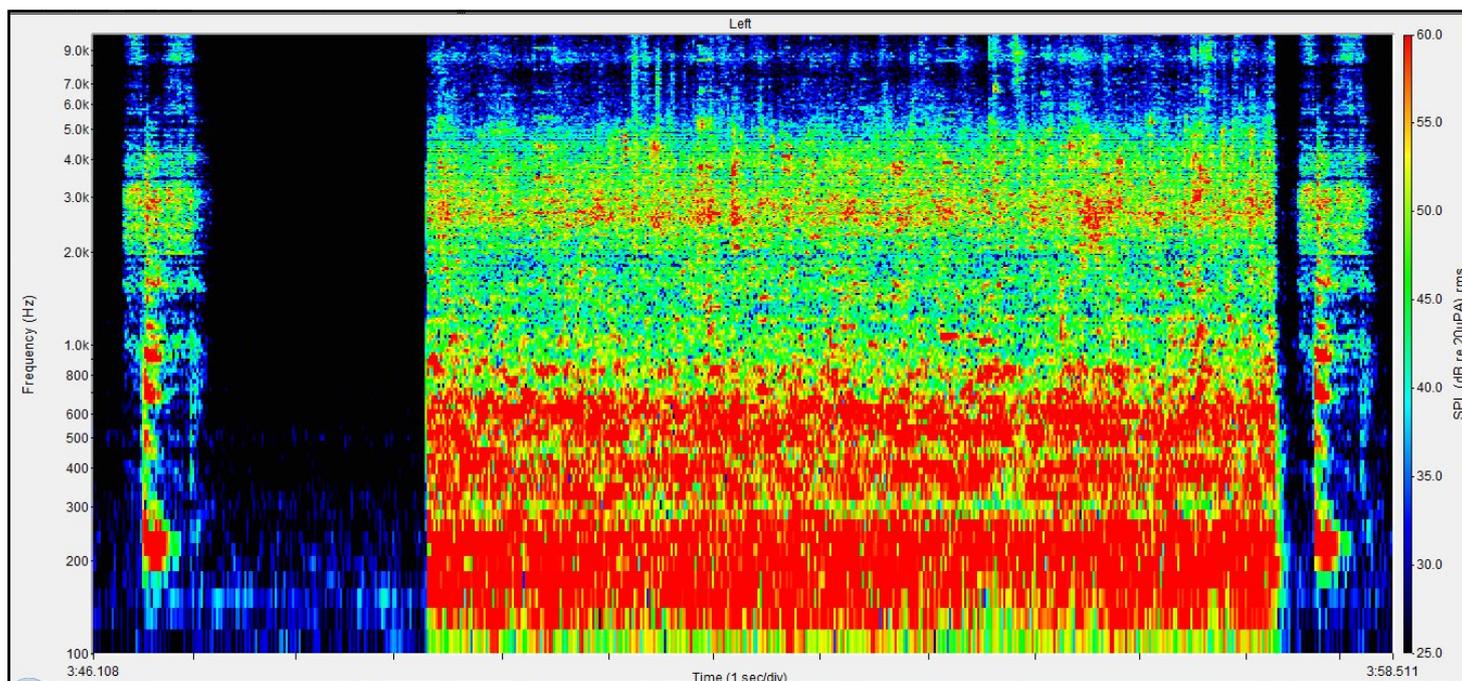


Figure n°255 : Spectrogramme du logatome «faf» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

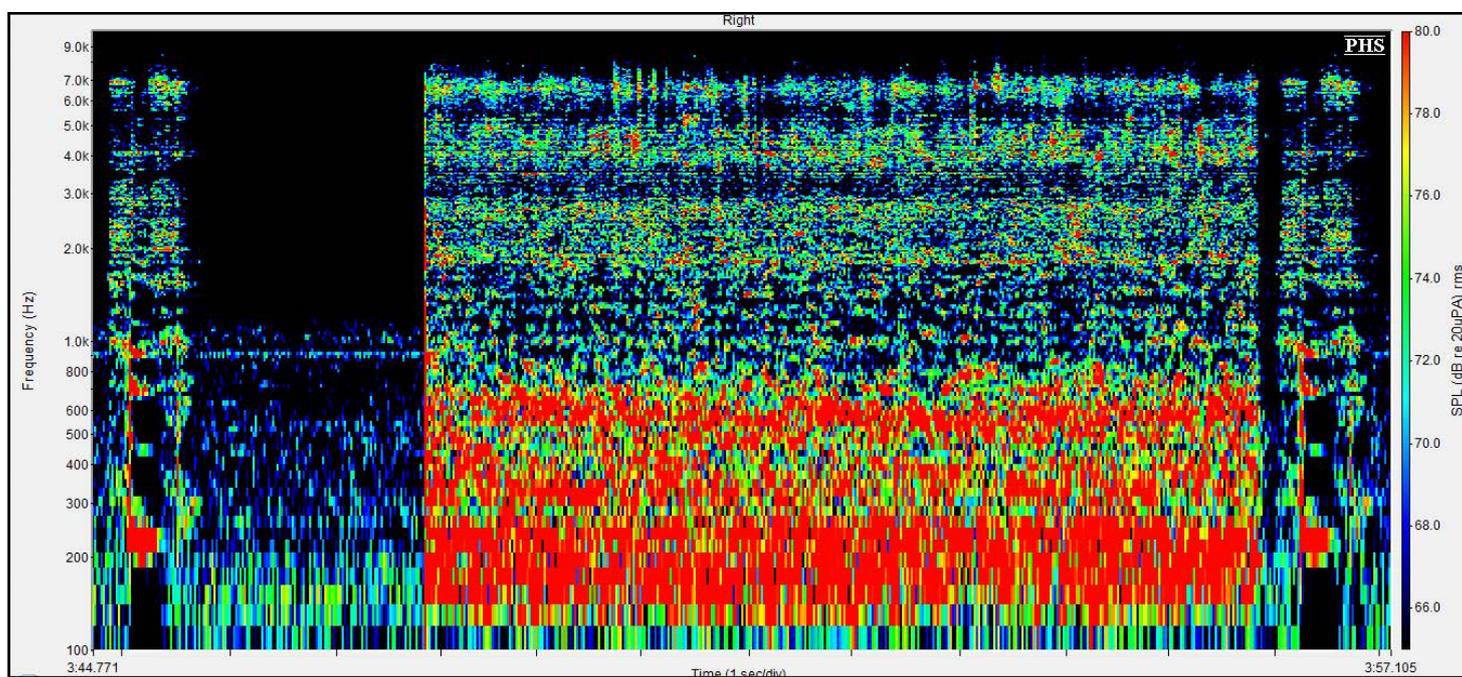


Figure n°256 : Spectrogramme du logatome «faf» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

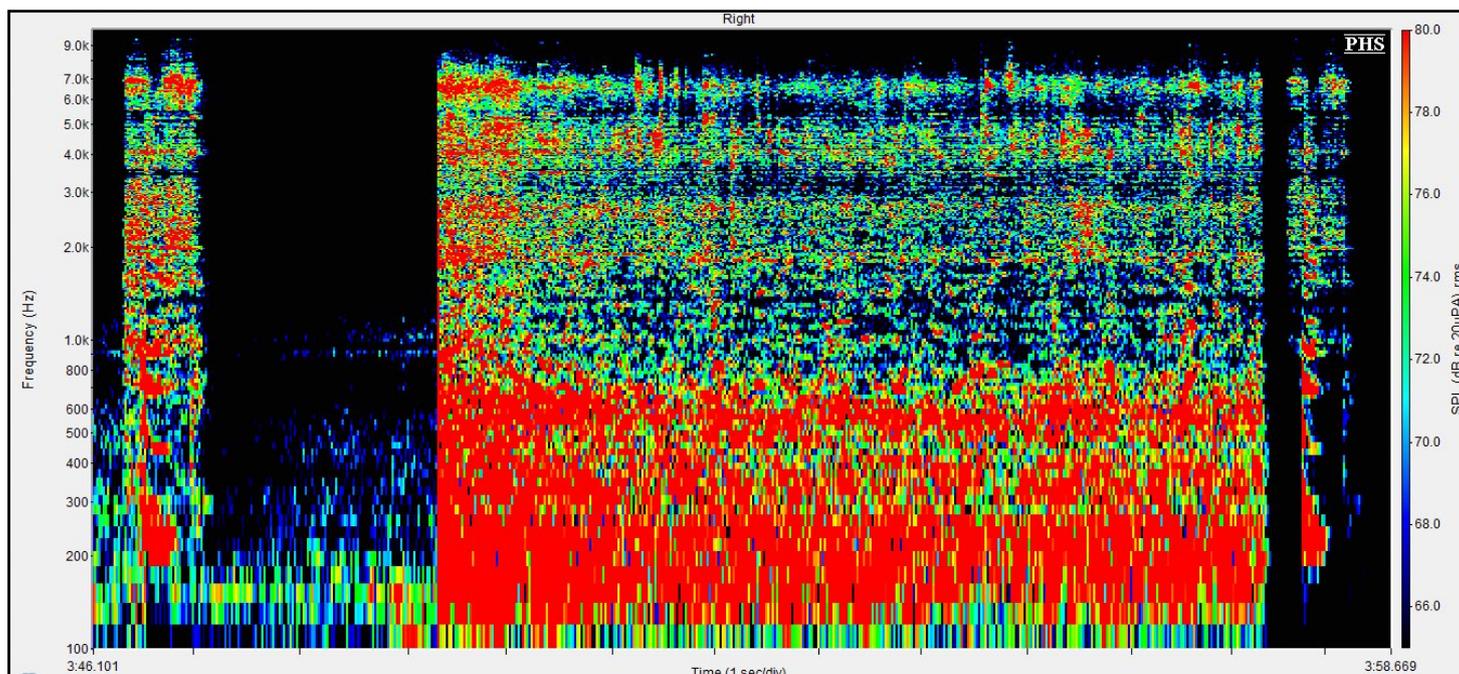


Figure n°257 : Spectrogramme du logatome «faf» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « faf» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

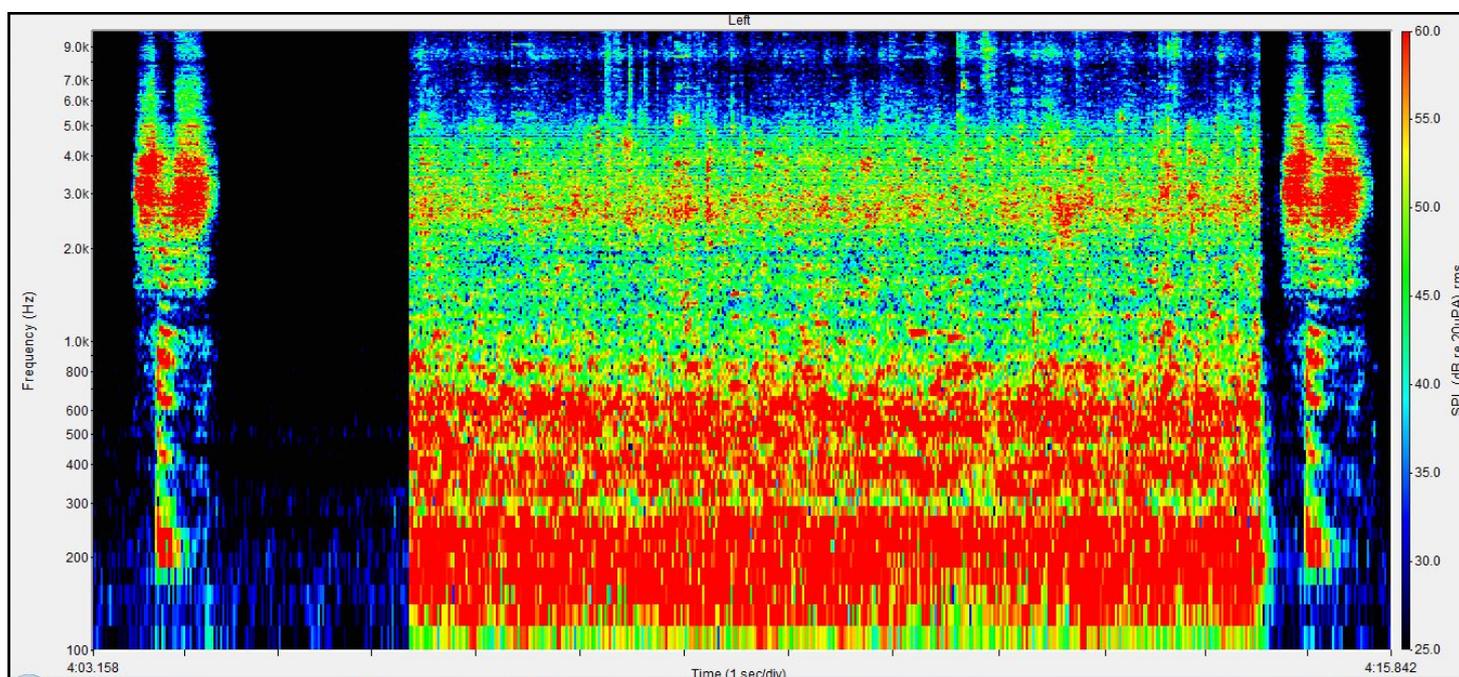


Figure n°258 : Spectrogramme du logatome «chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

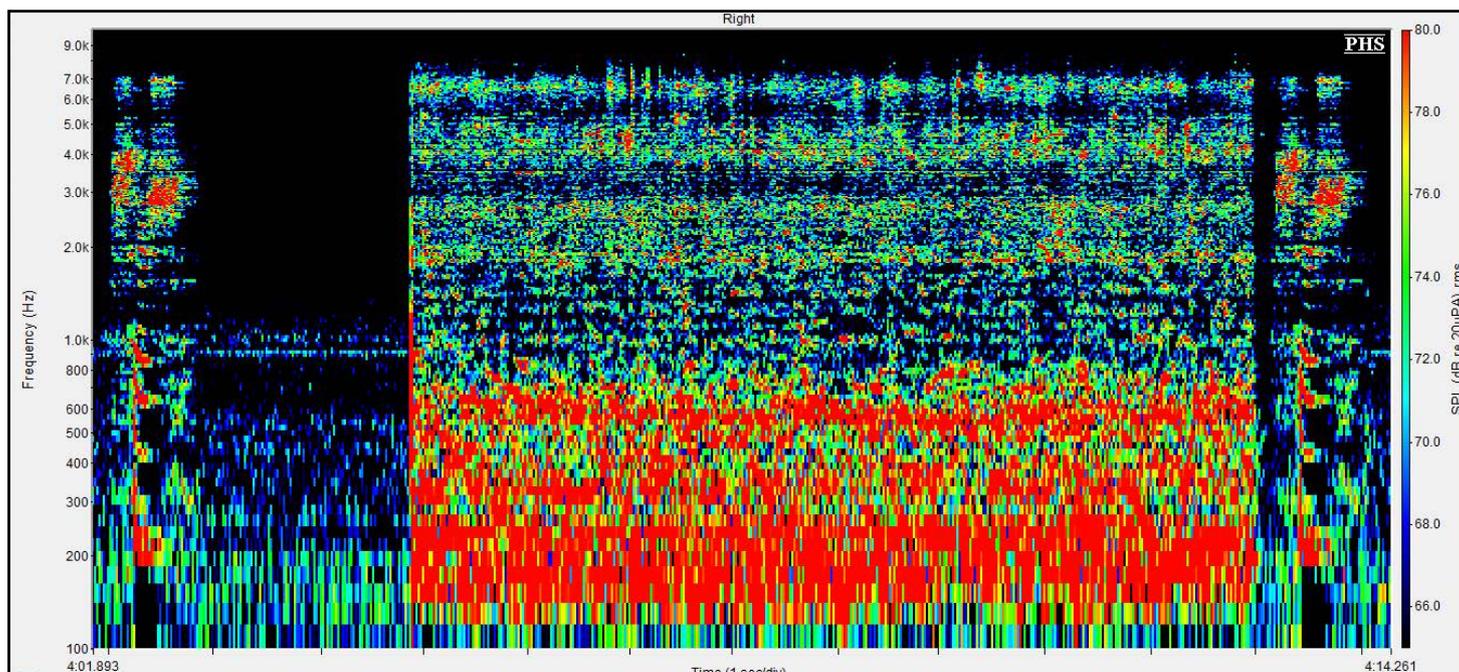


Figure n°259 : Spectrogramme du logatome «chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

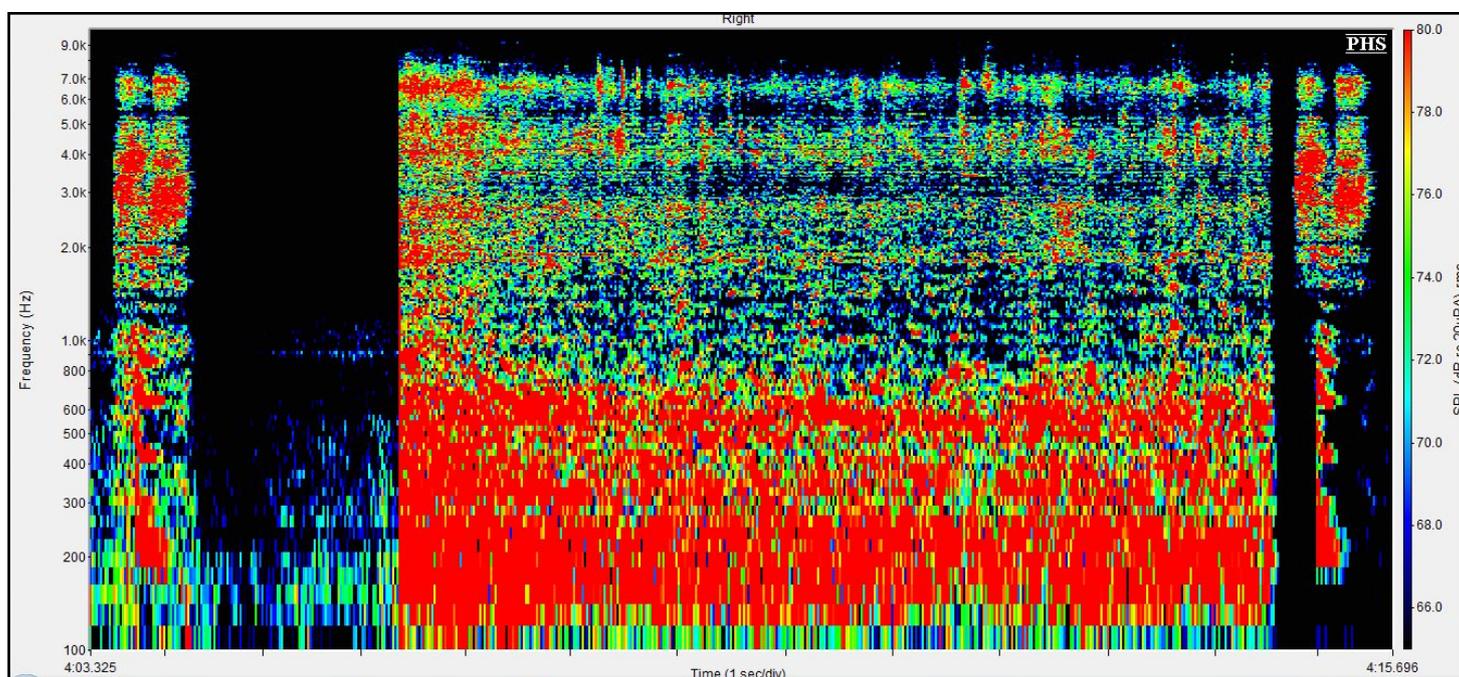


Figure n°260 : Spectrogramme du logatome «chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de restaurant puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache» émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Avec le bruit de rame de métro

Les mots

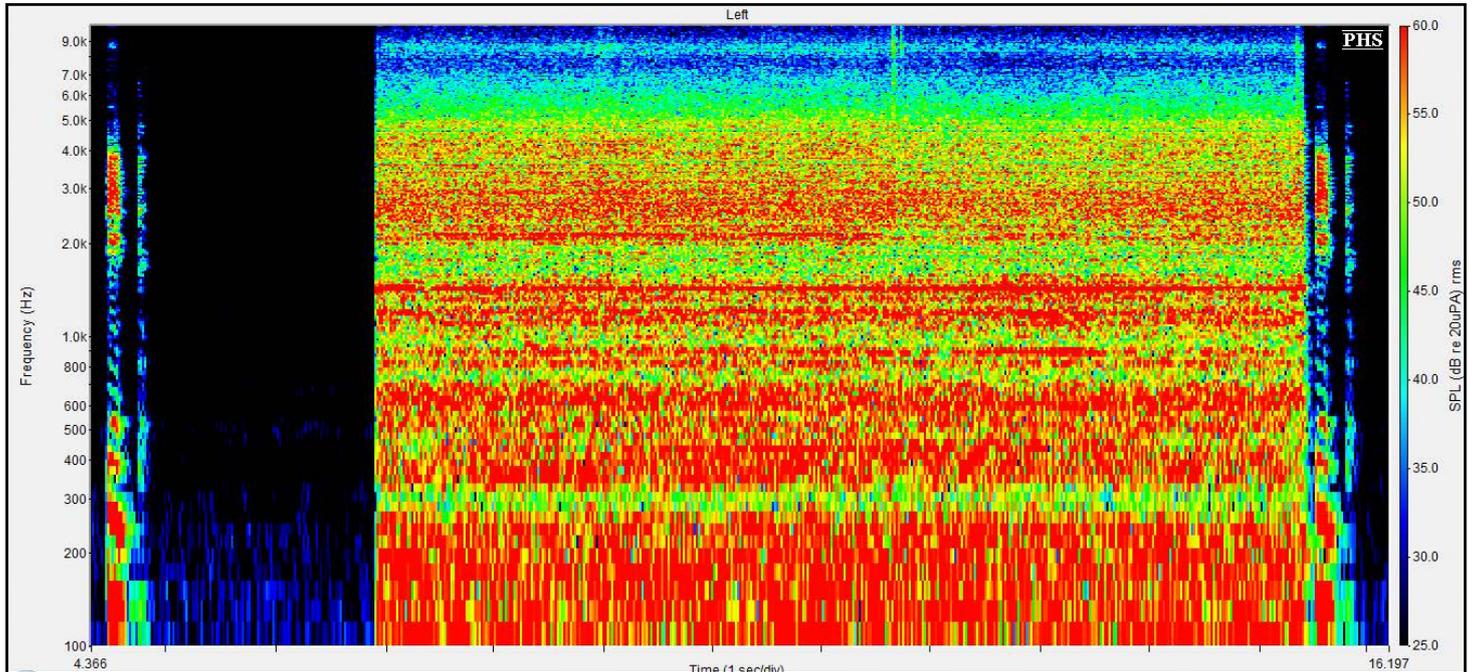


Figure n°261 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

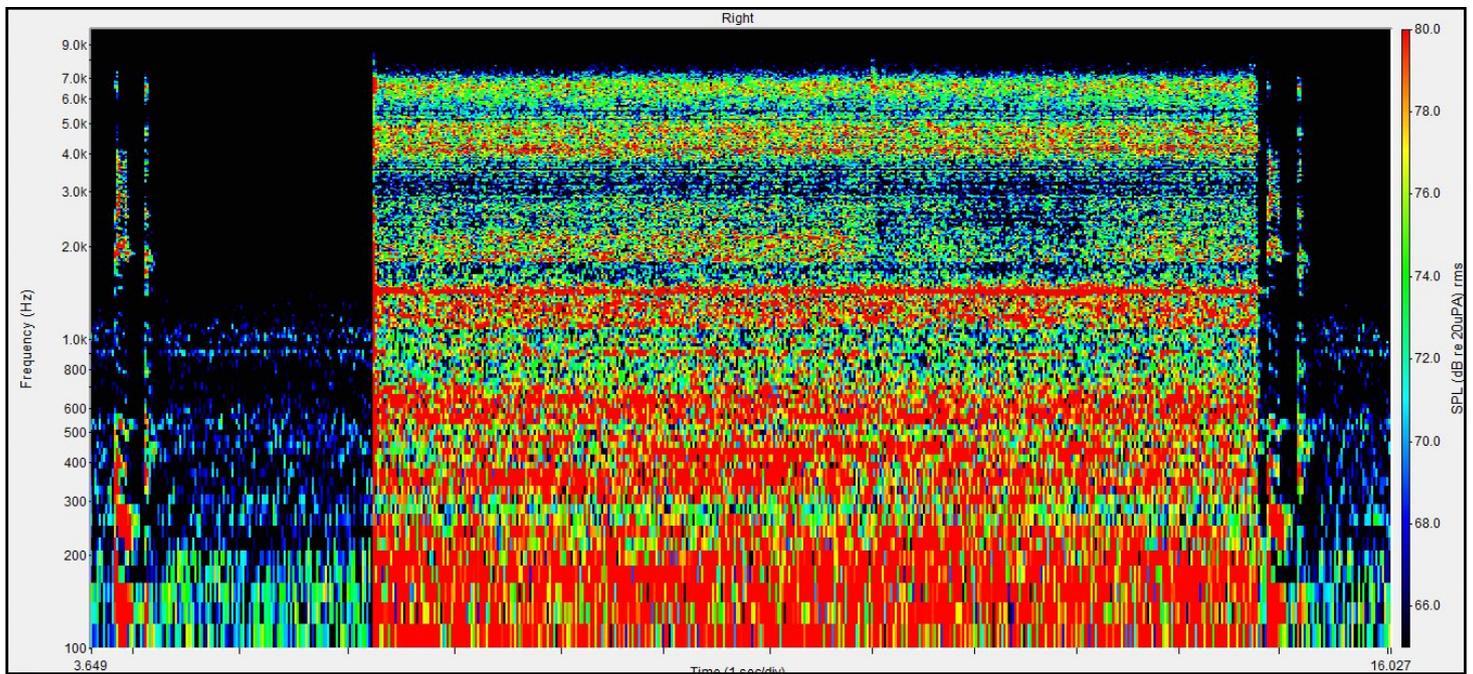


Figure n°262 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

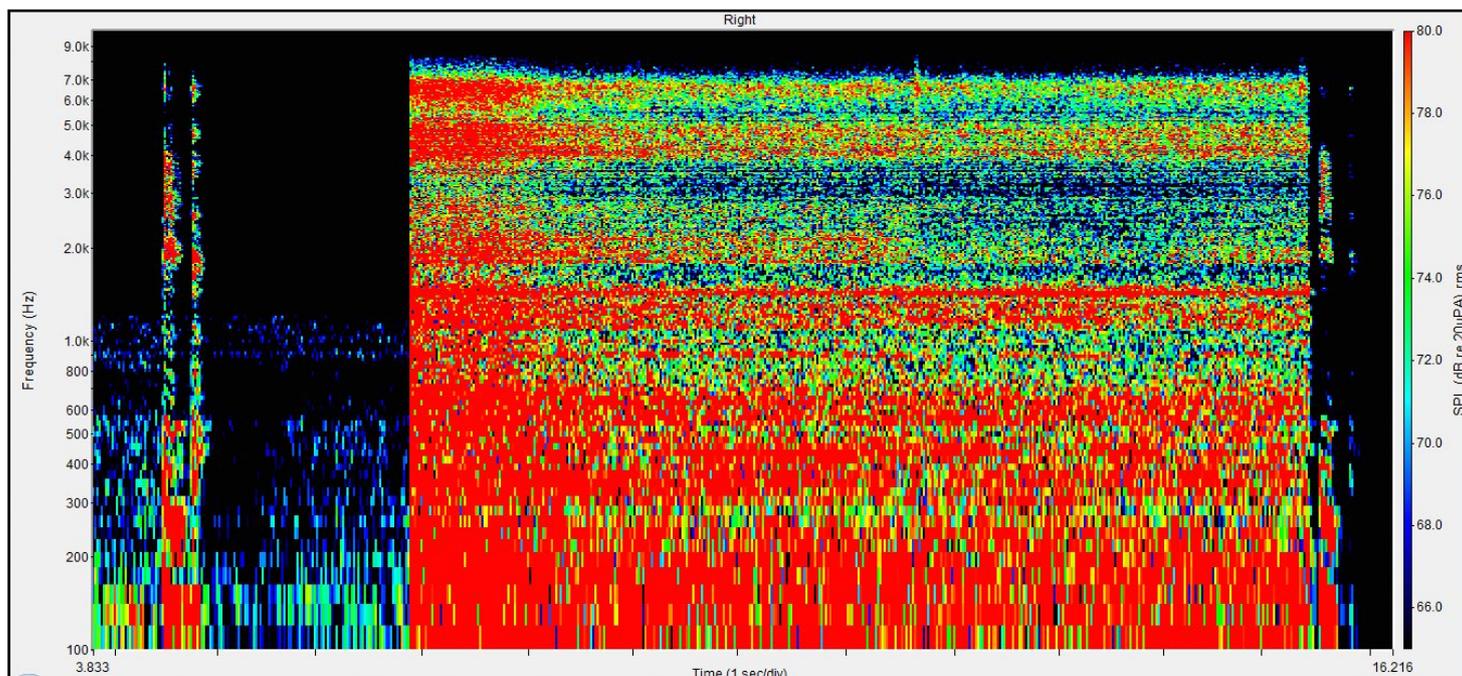


Figure n°263 : Spectrogramme du mot « pipe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « pipe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

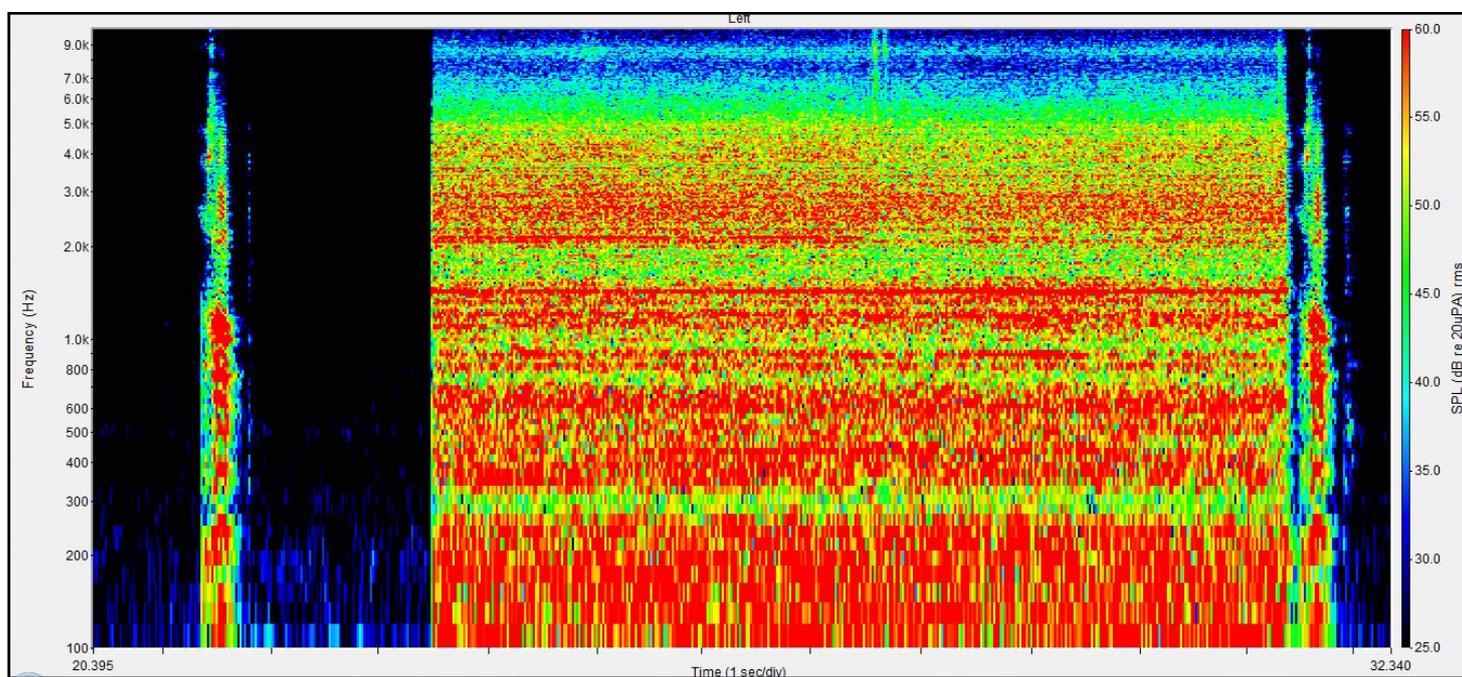


Figure n°264 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

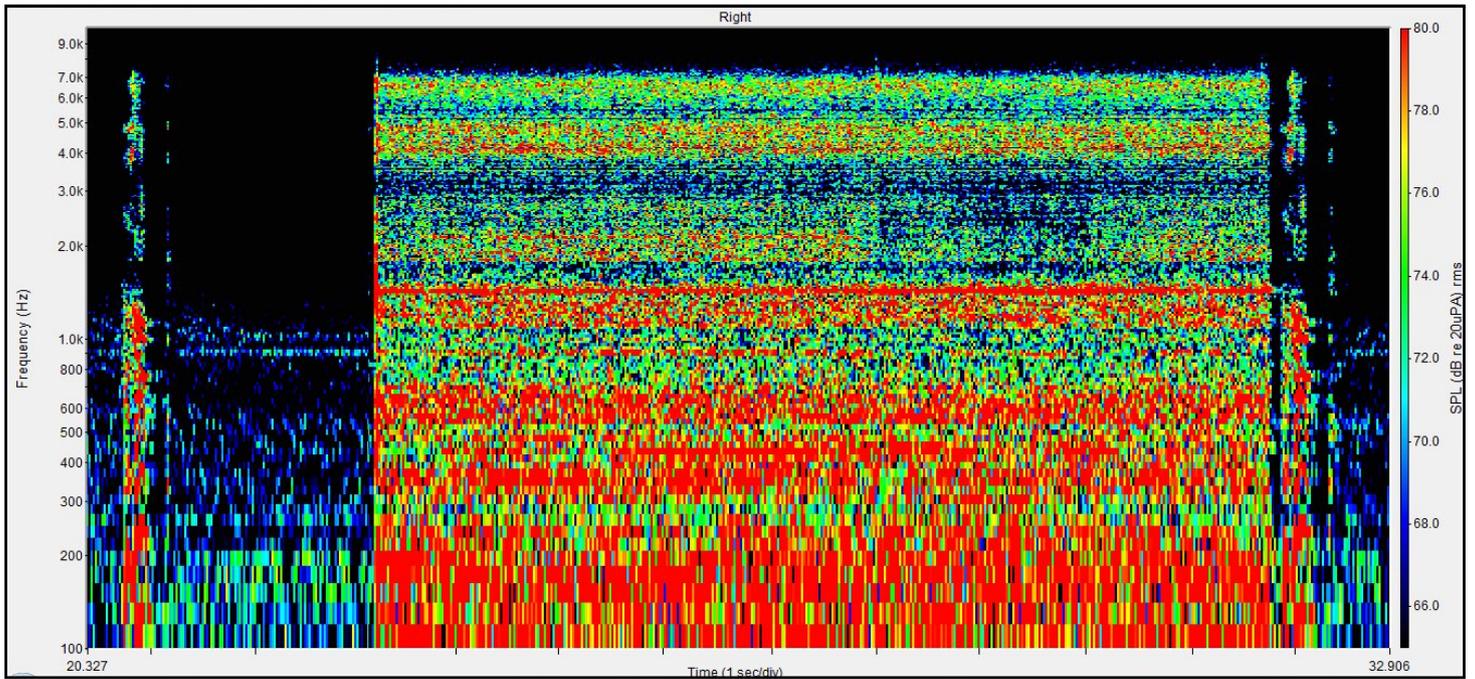


Figure n°265 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

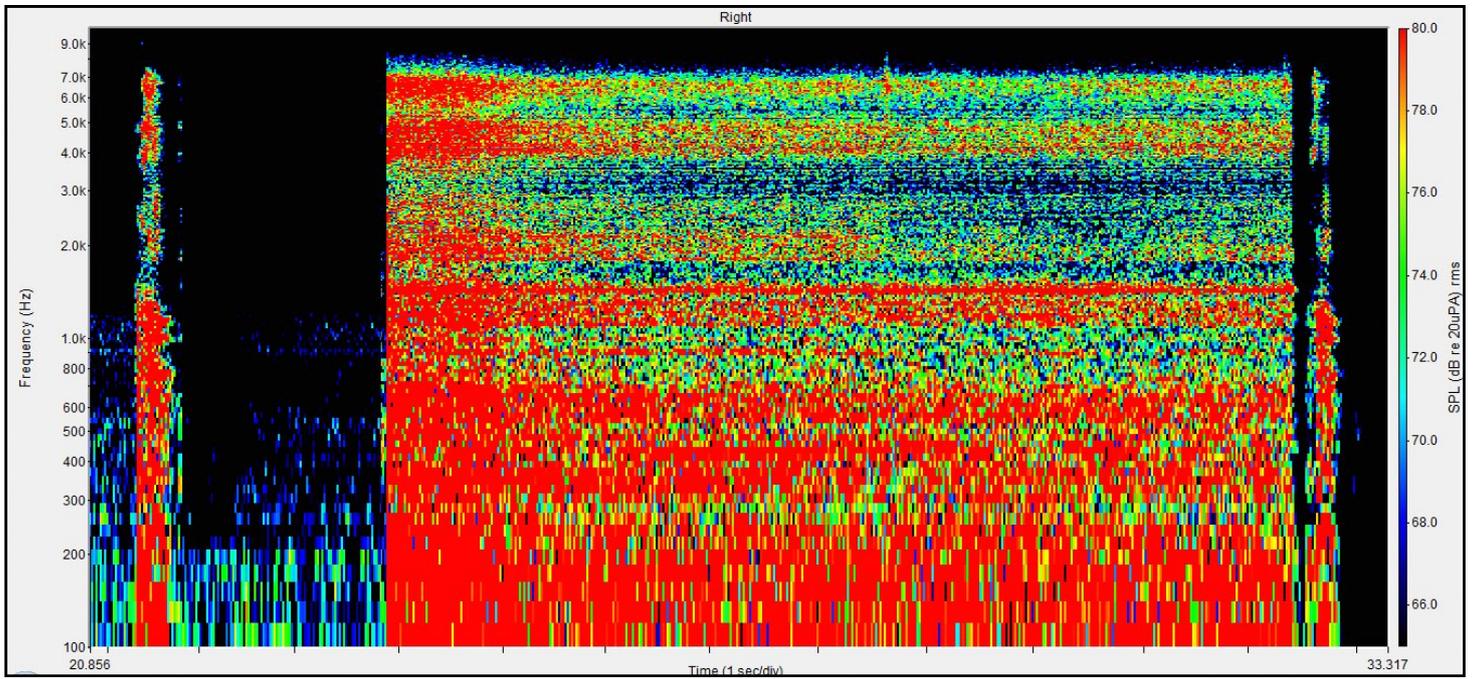


Figure n°266 : Spectrogramme du mot « râpe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « râpe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

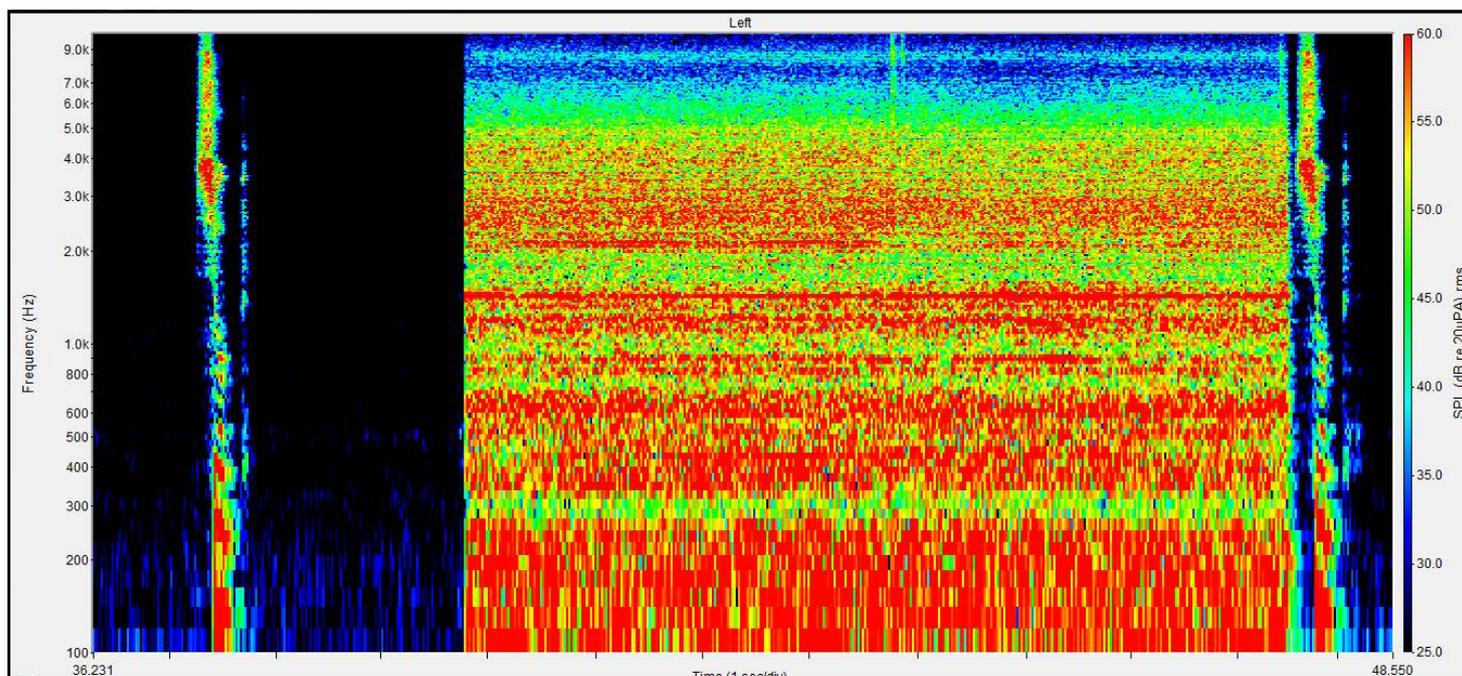


Figure n°267 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

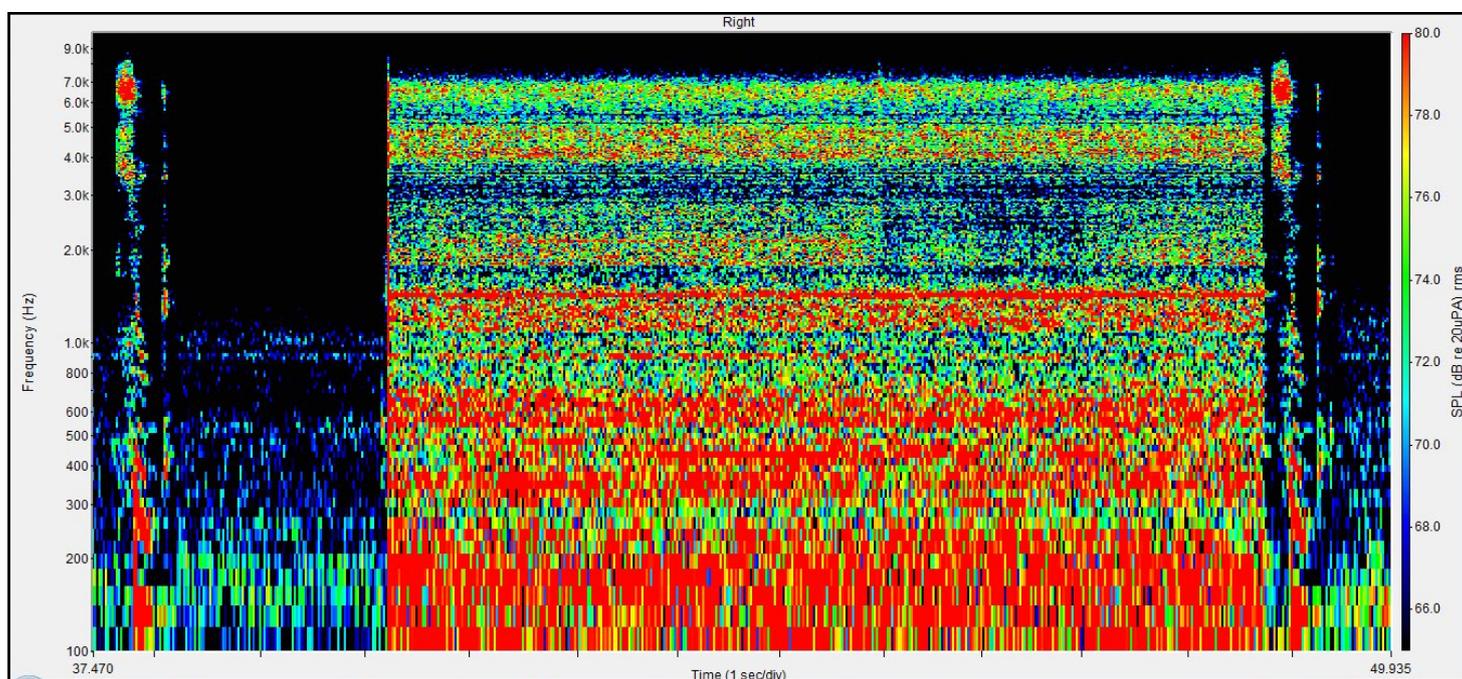


Figure n°268 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

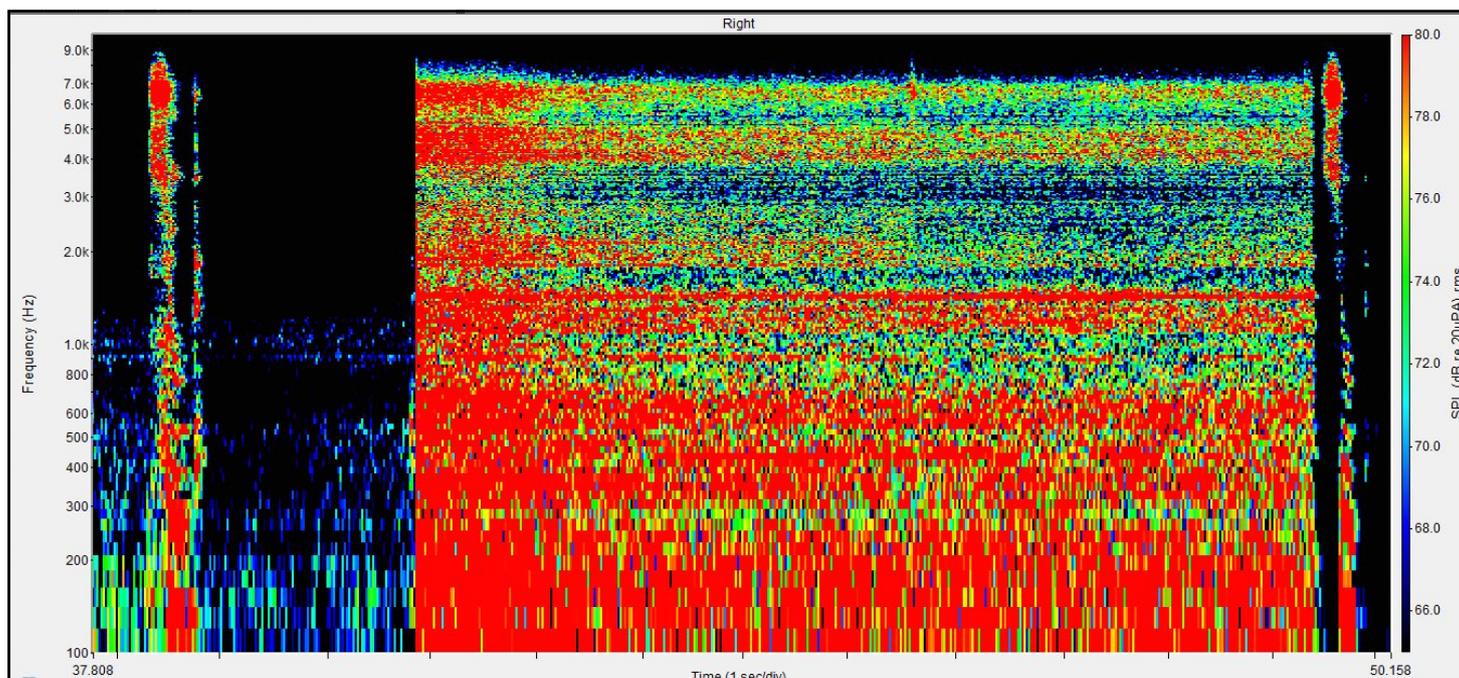


Figure n°269 : Spectrogramme du mot « soupe » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « soupe » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

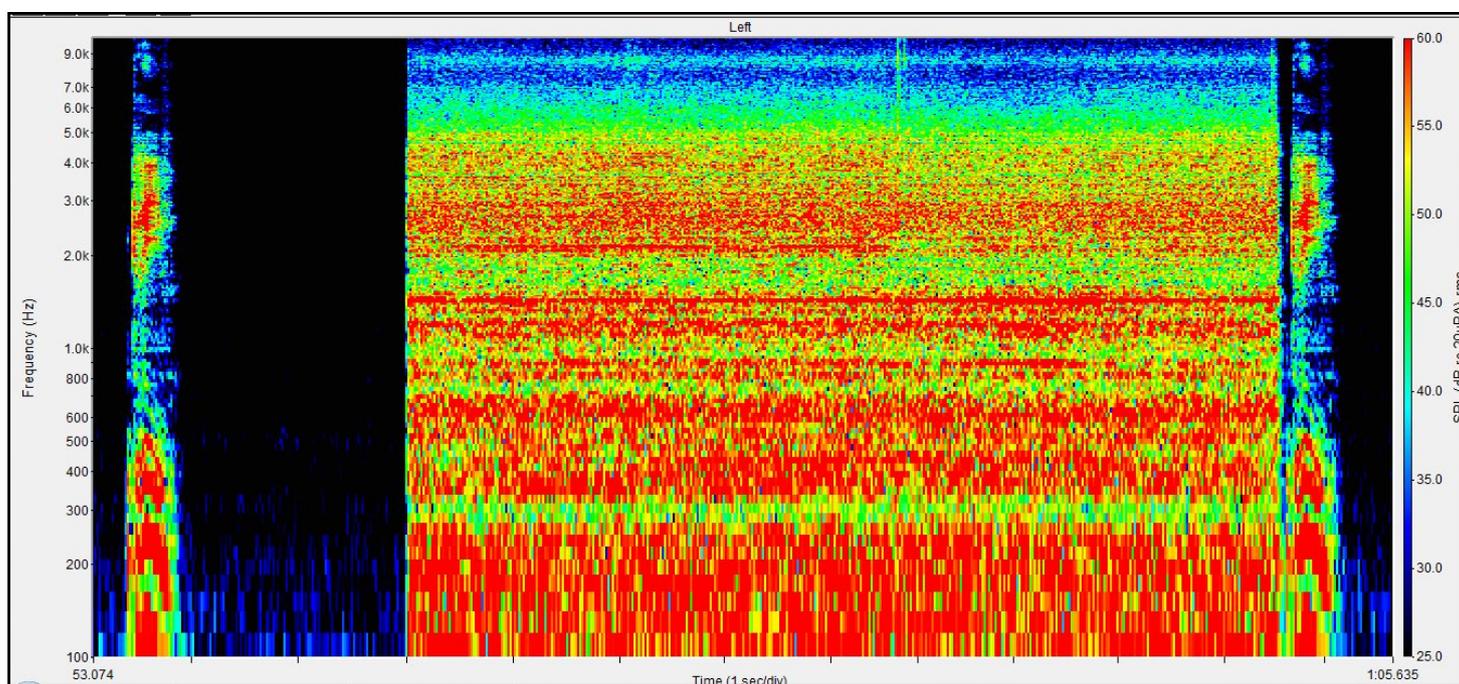


Figure n°270 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu nue du KEMAR

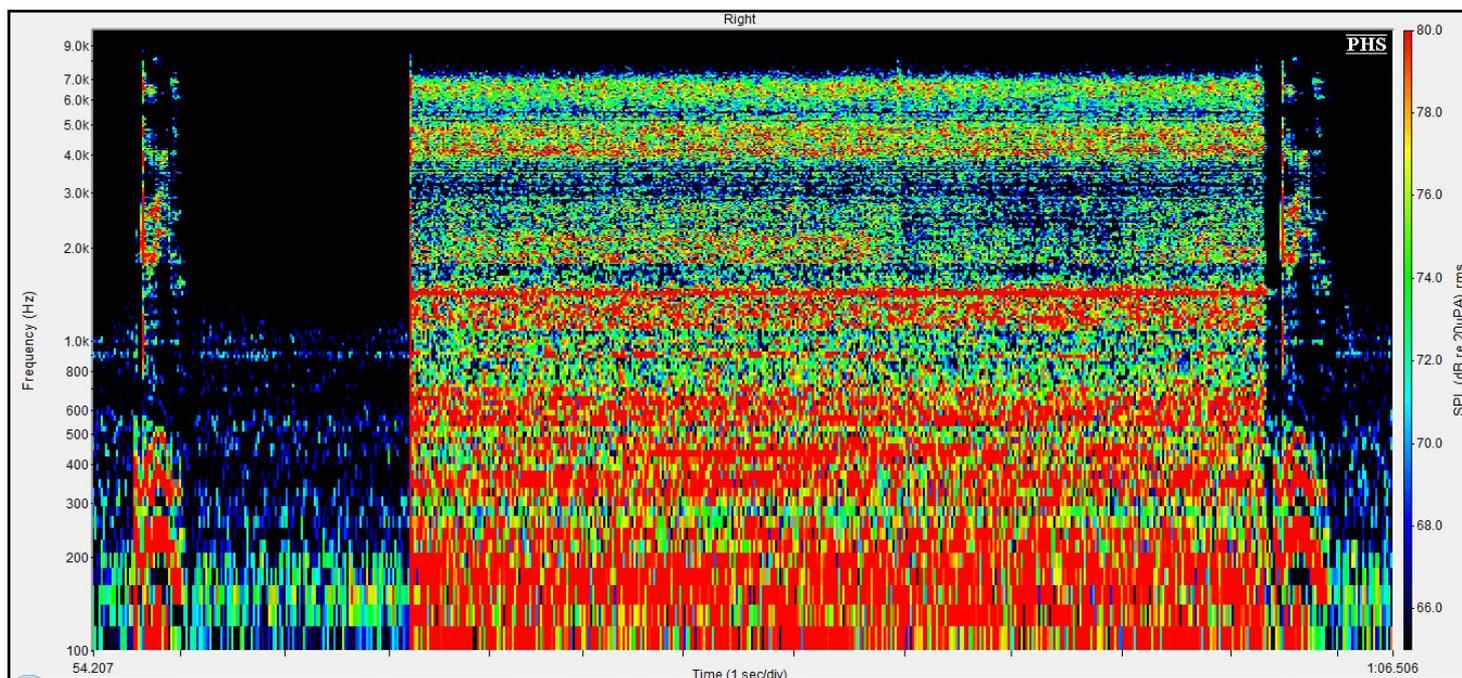


Figure n°271 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

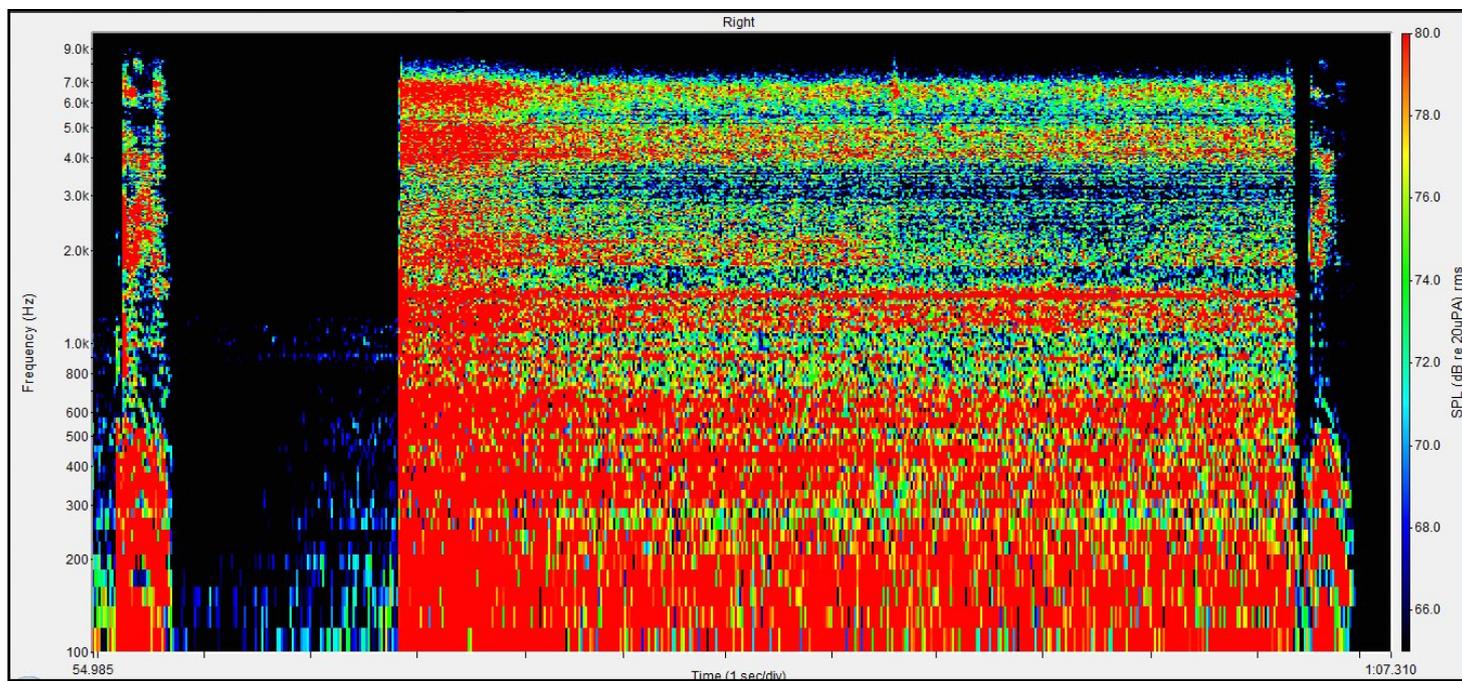


Figure n°272 : Spectrogramme du mot « grive » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le mot « grive » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type VCV

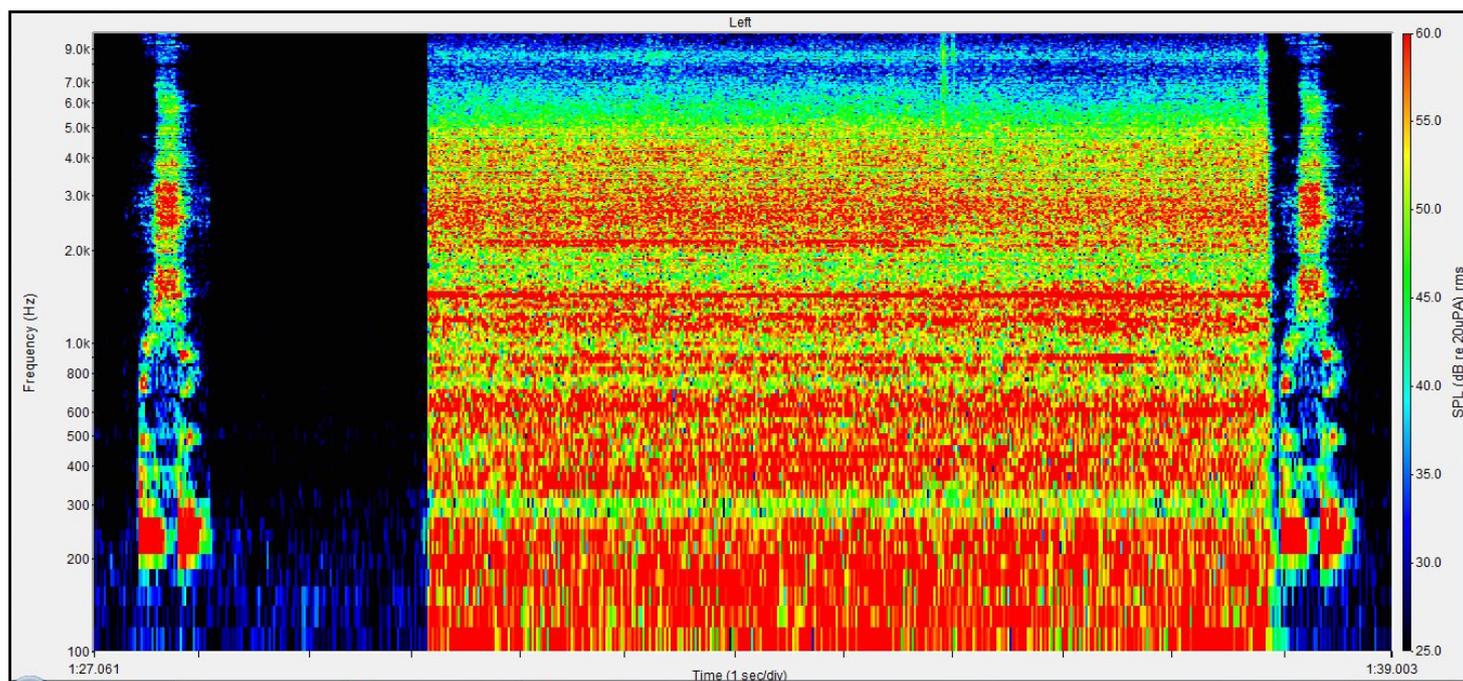


Figure n°273 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

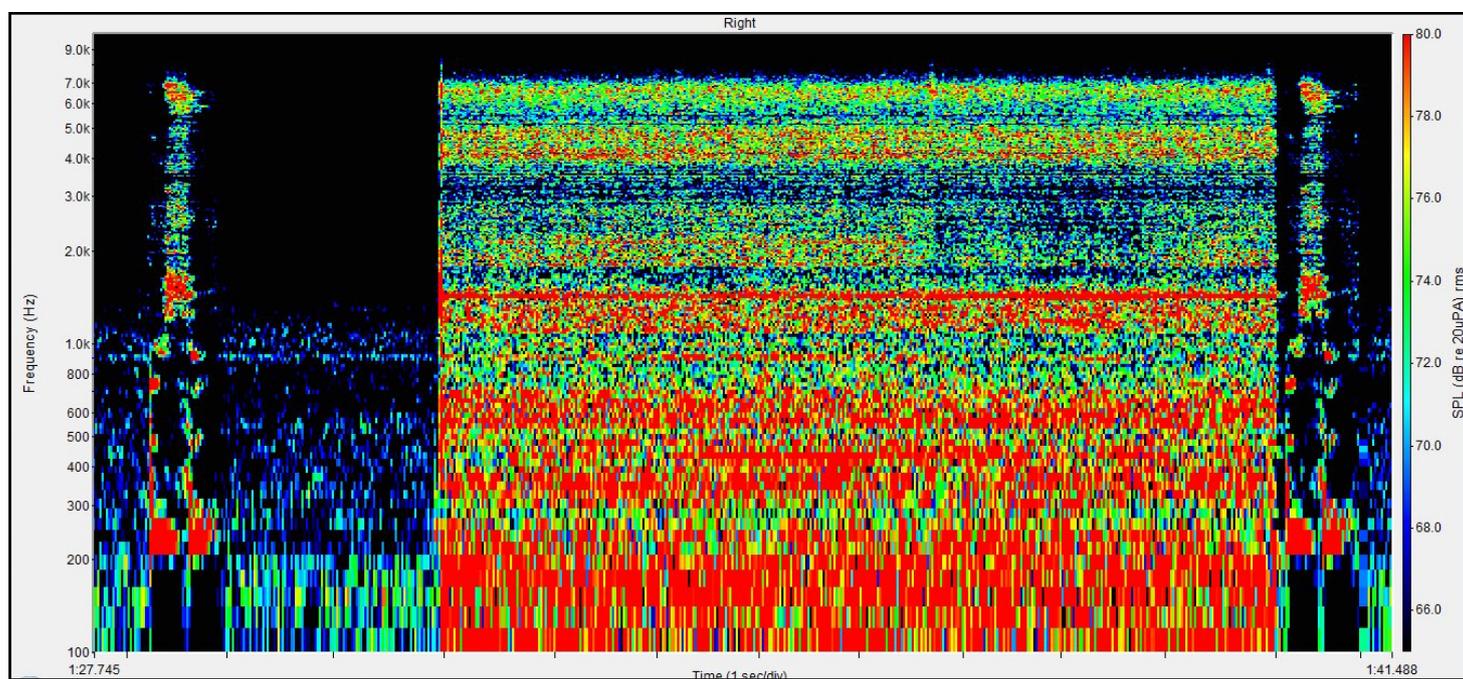


Figure n°274 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

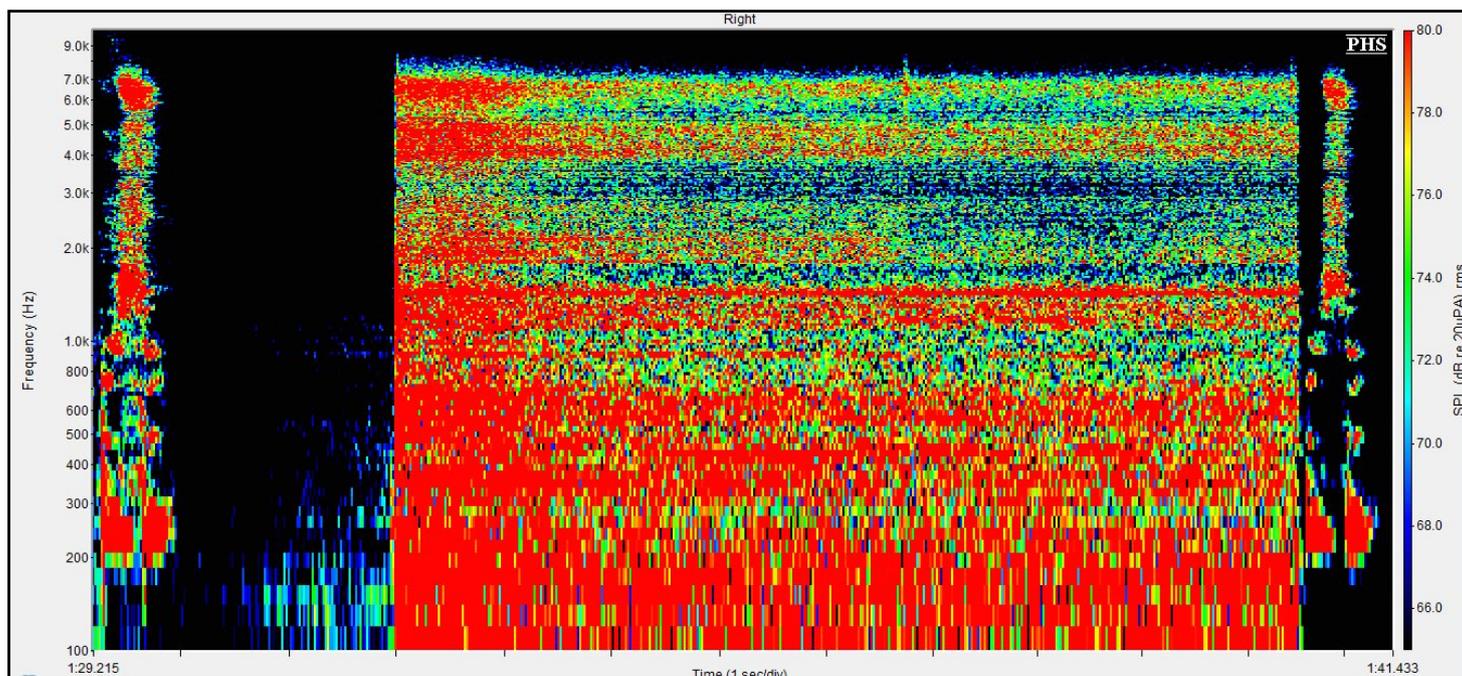


Figure n°275 : Spectrogramme du logatome « ouchou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouchou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

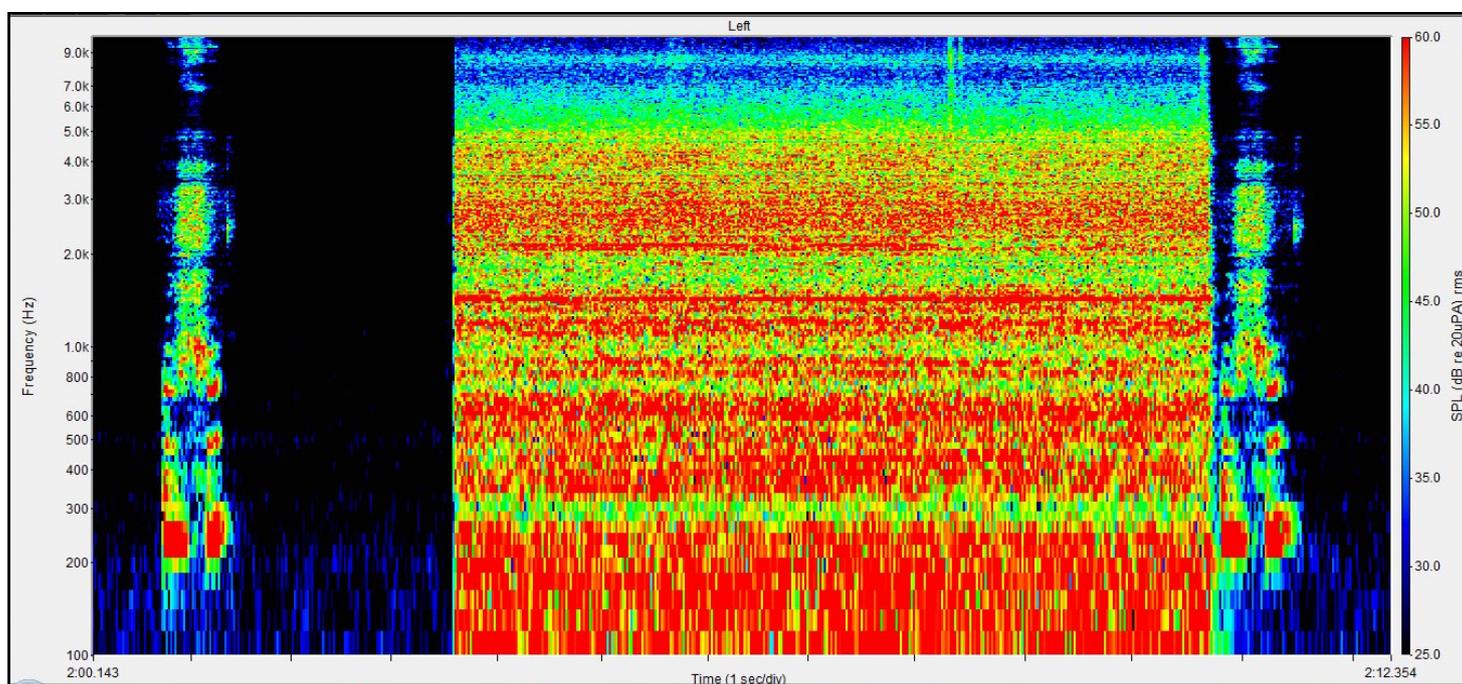


Figure n°276 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

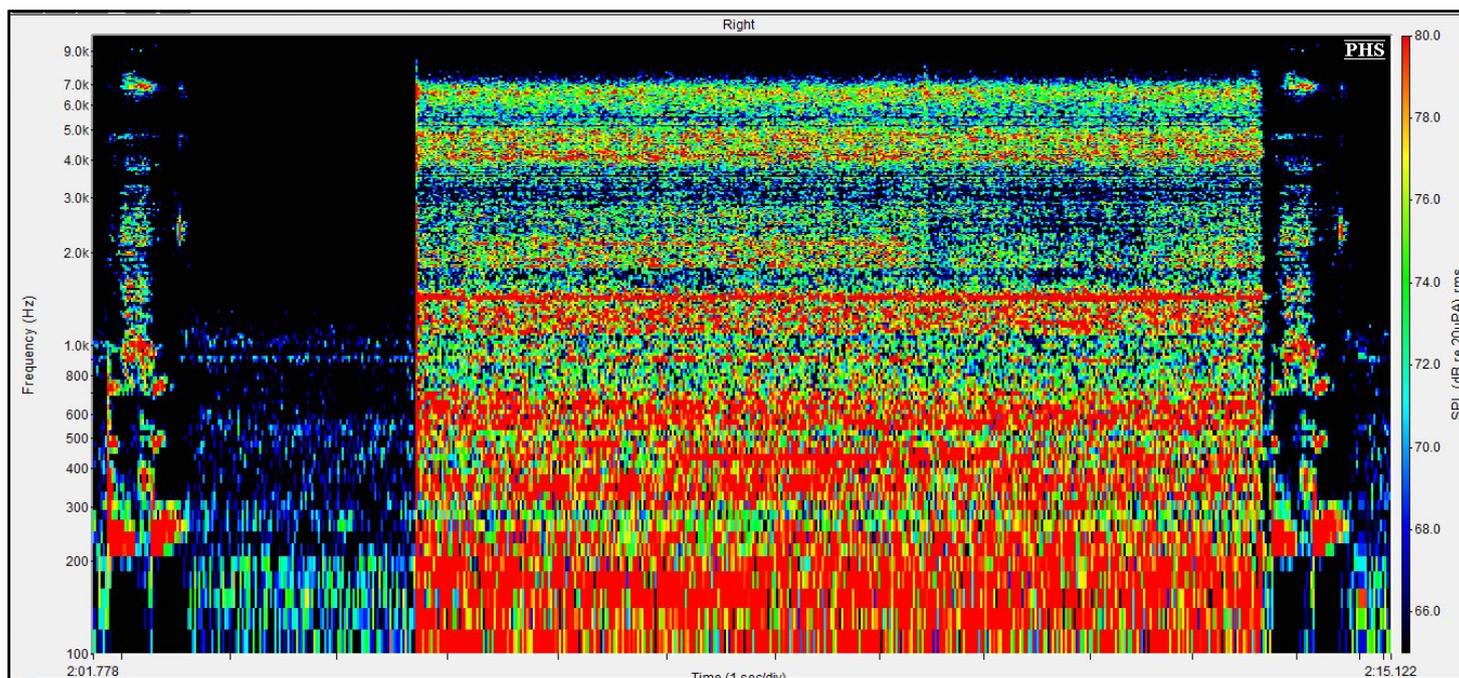


Figure n°277 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

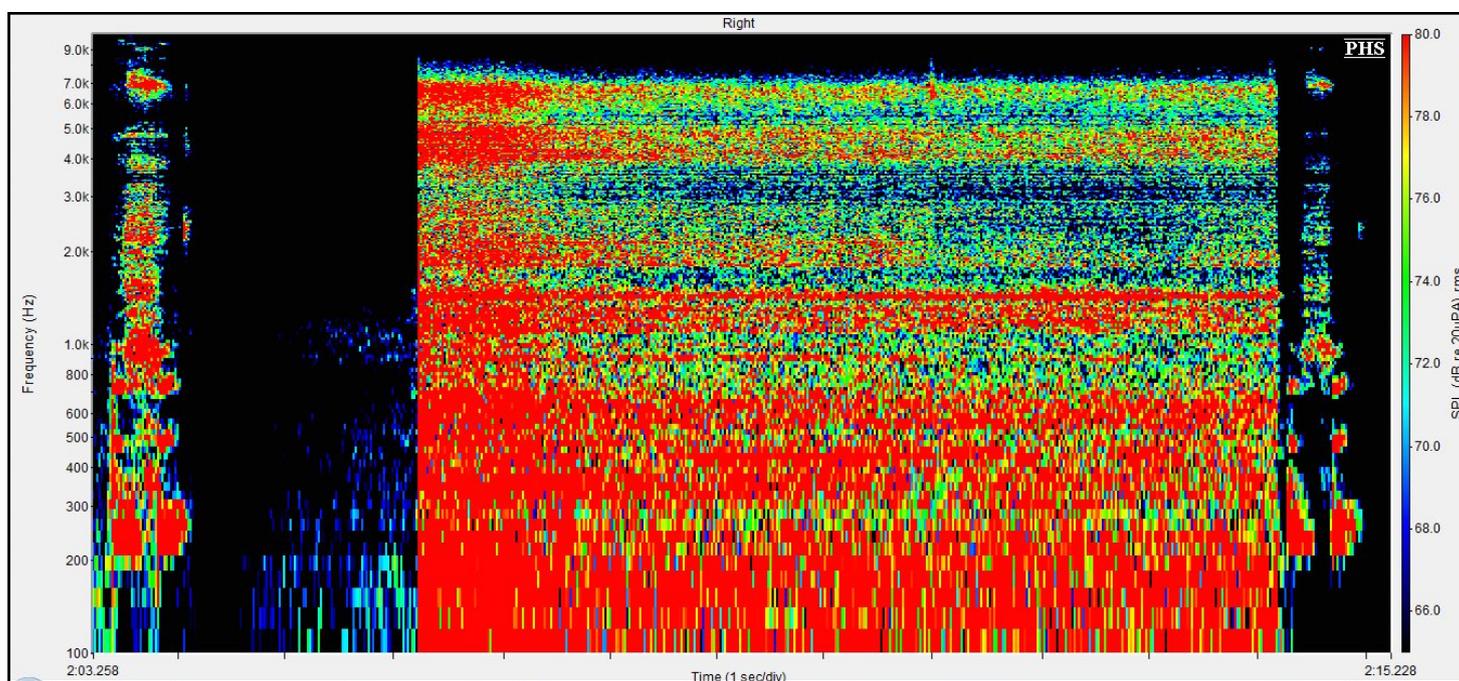


Figure n°278 : Spectrogramme du logatome « oufou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oufou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

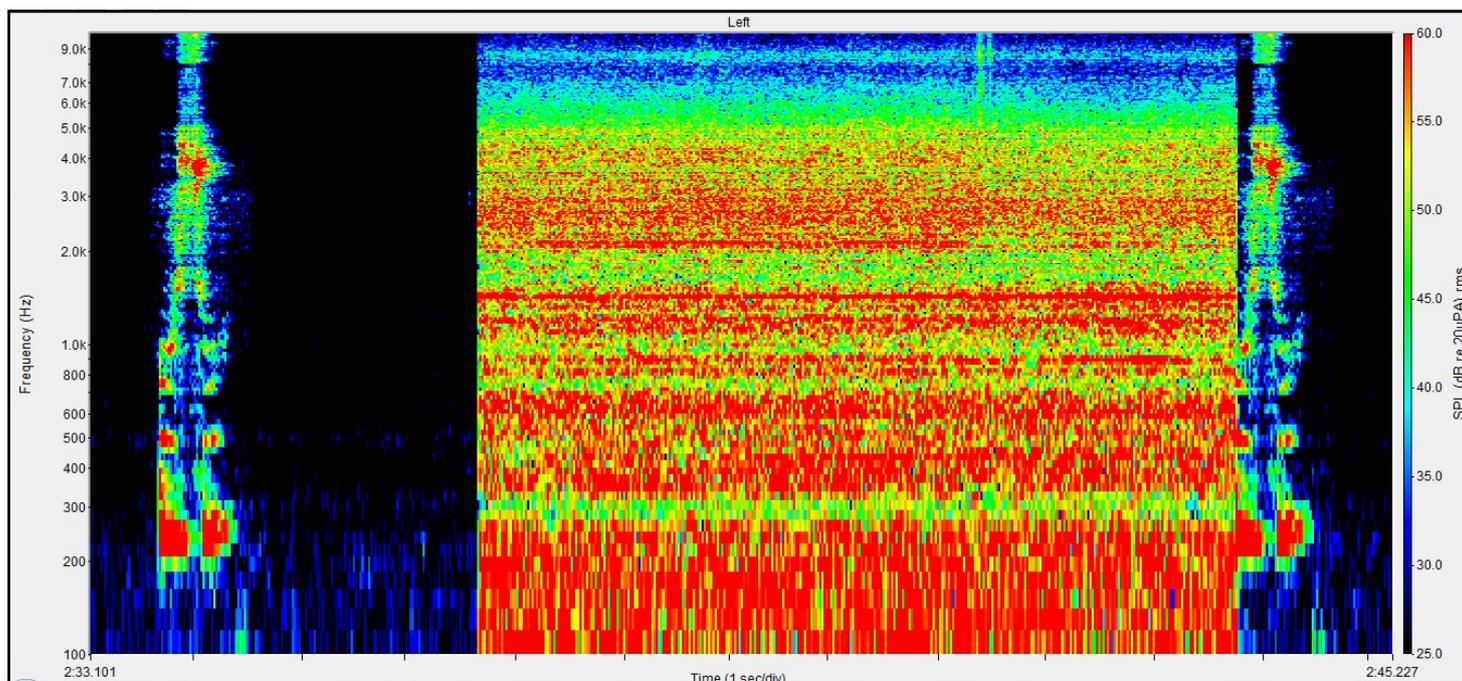


Figure n°279 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

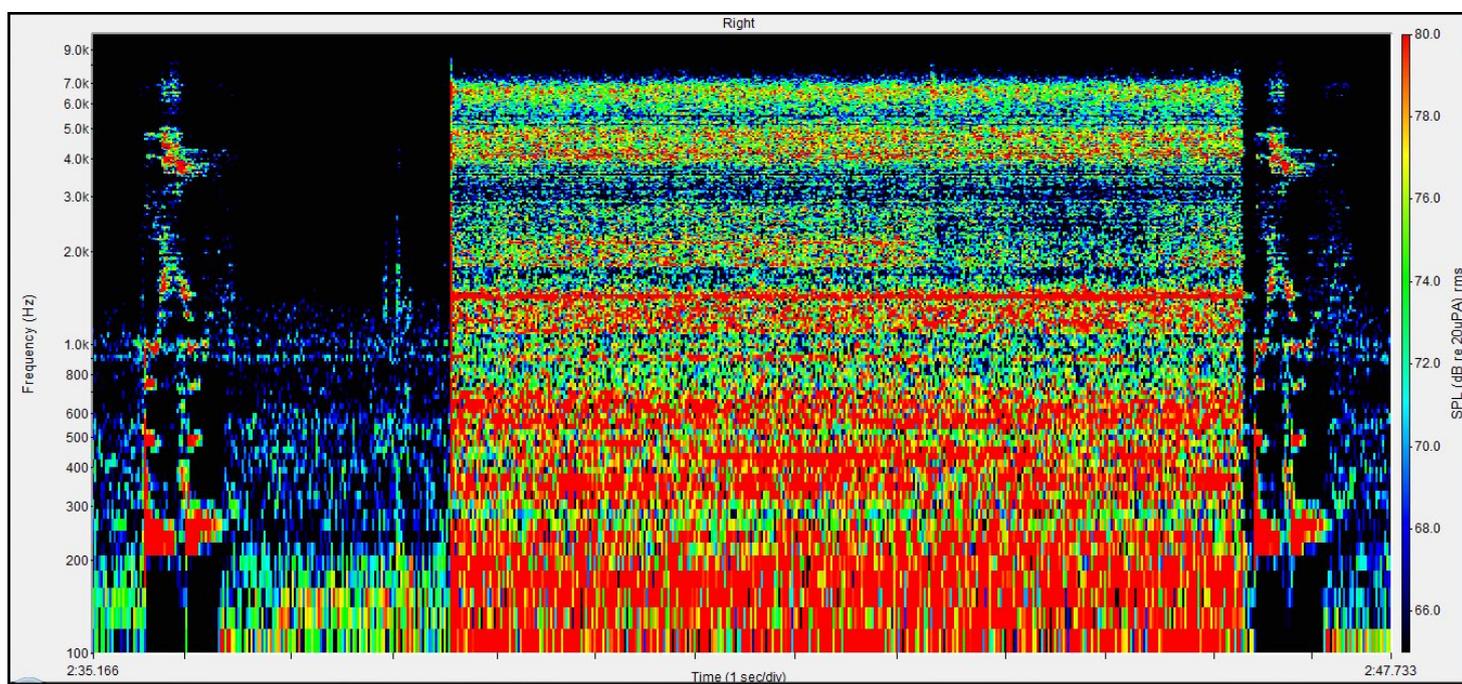


Figure n°280 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

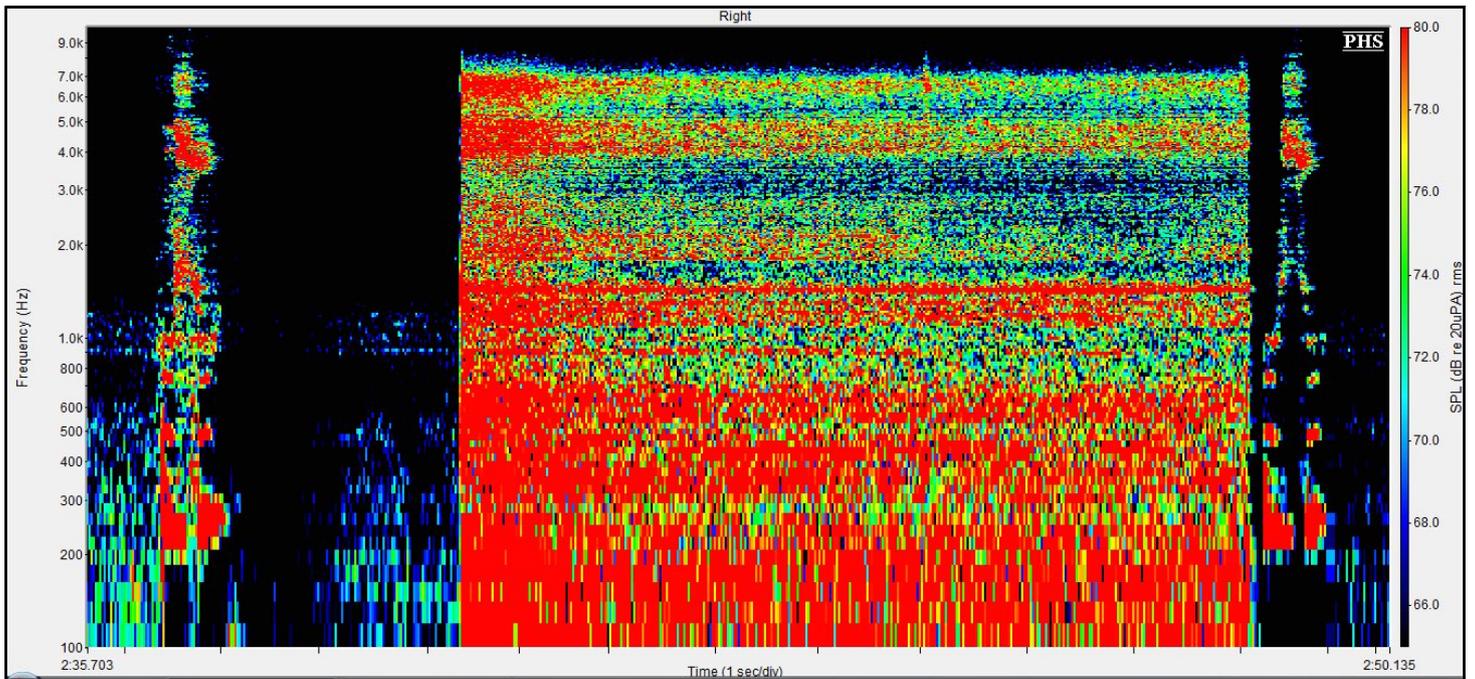


Figure n°281 : Spectrogramme du logatome « oussou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « oussou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

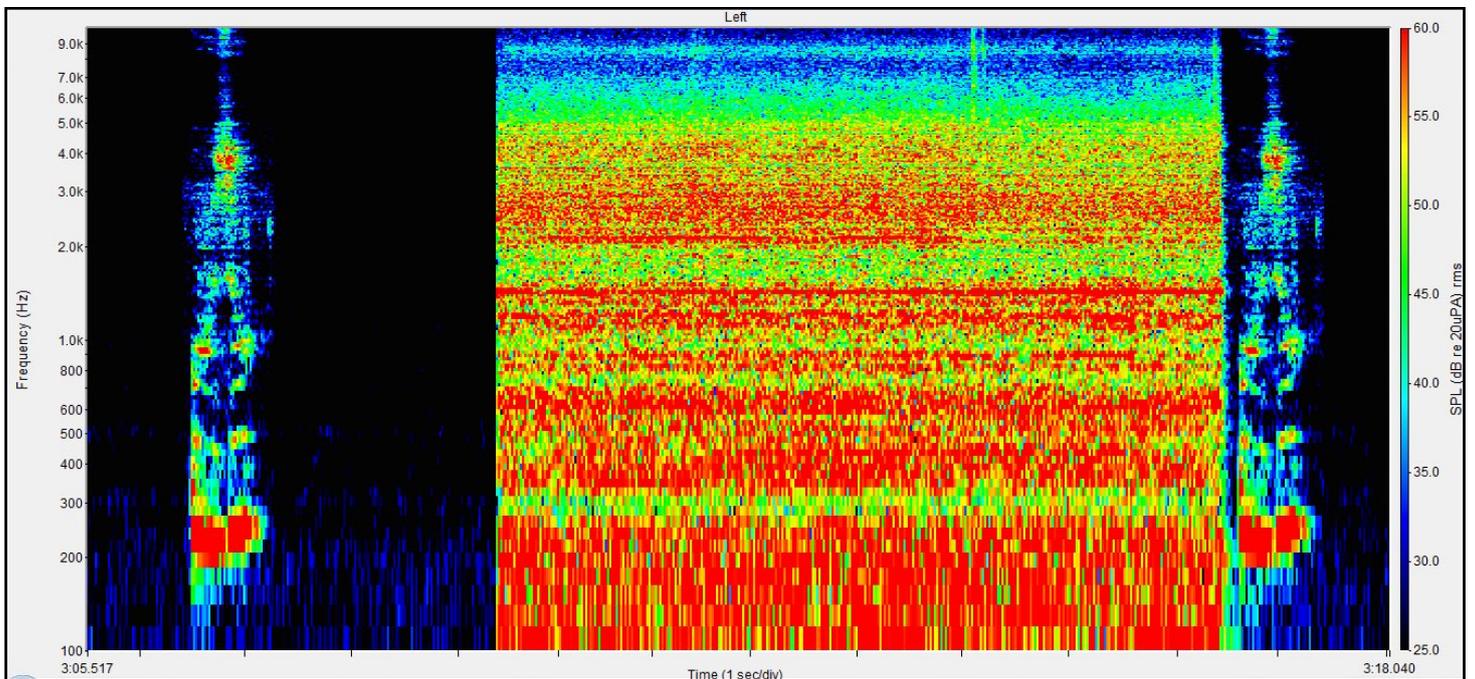


Figure n°282 : Spectrogramme du logatome « ouzzou » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzzou » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

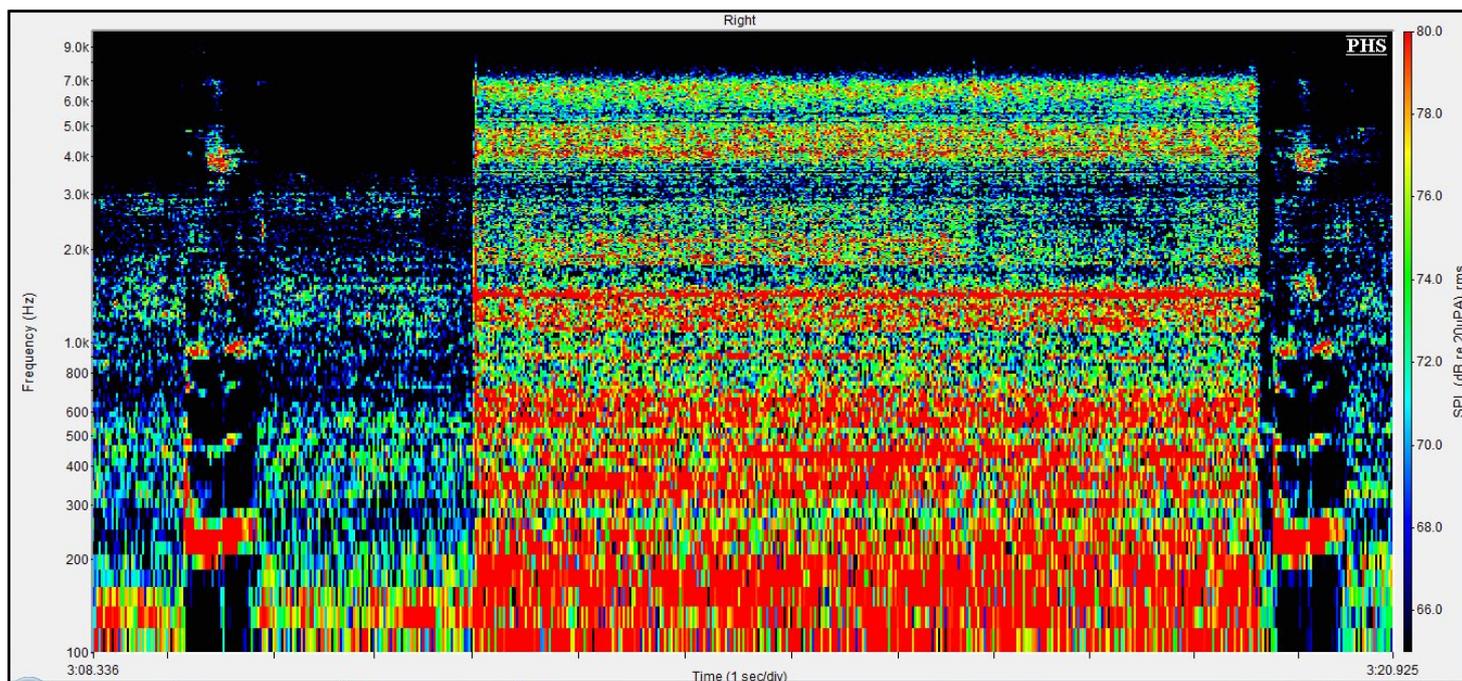


Figure n°283 : Spectrogramme du logatome « ouzo » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

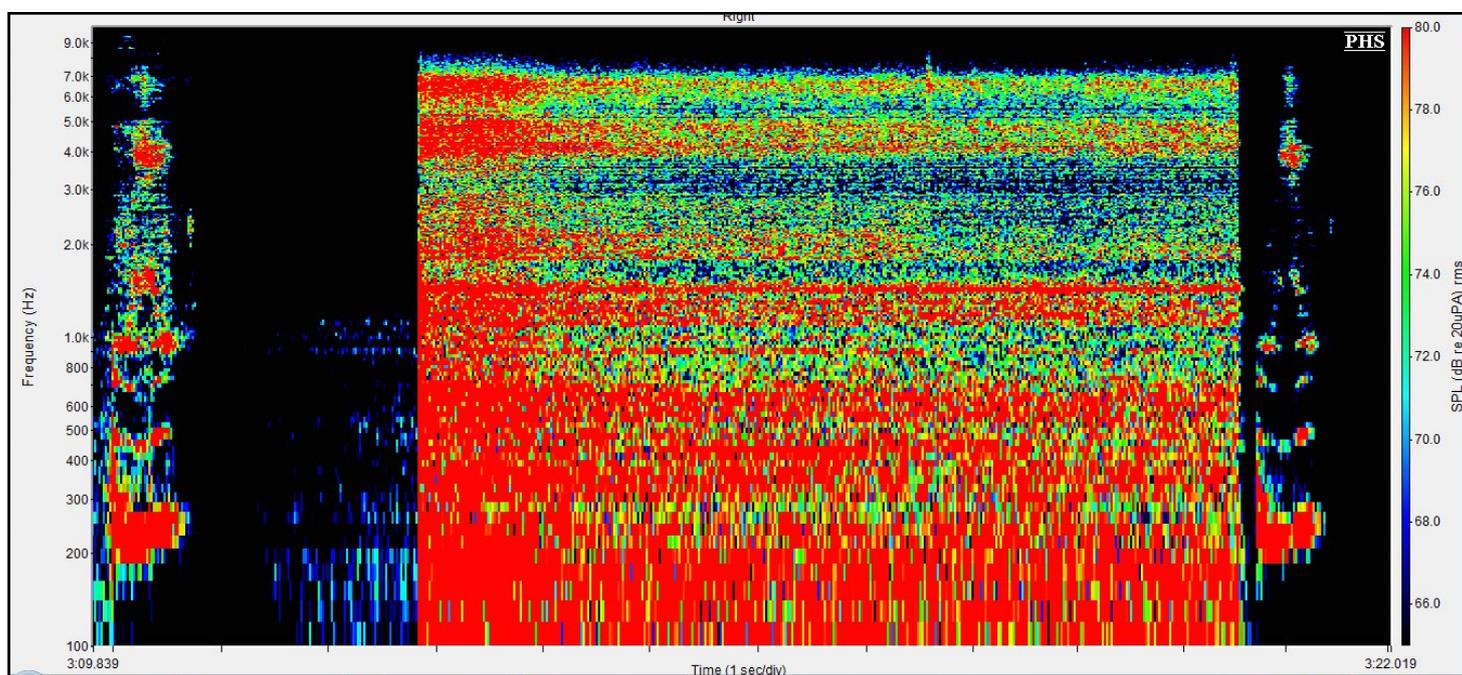


Figure n°284 : Spectrogramme du logatome « ouzo » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « ouzo » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Les logatomes de type CVC

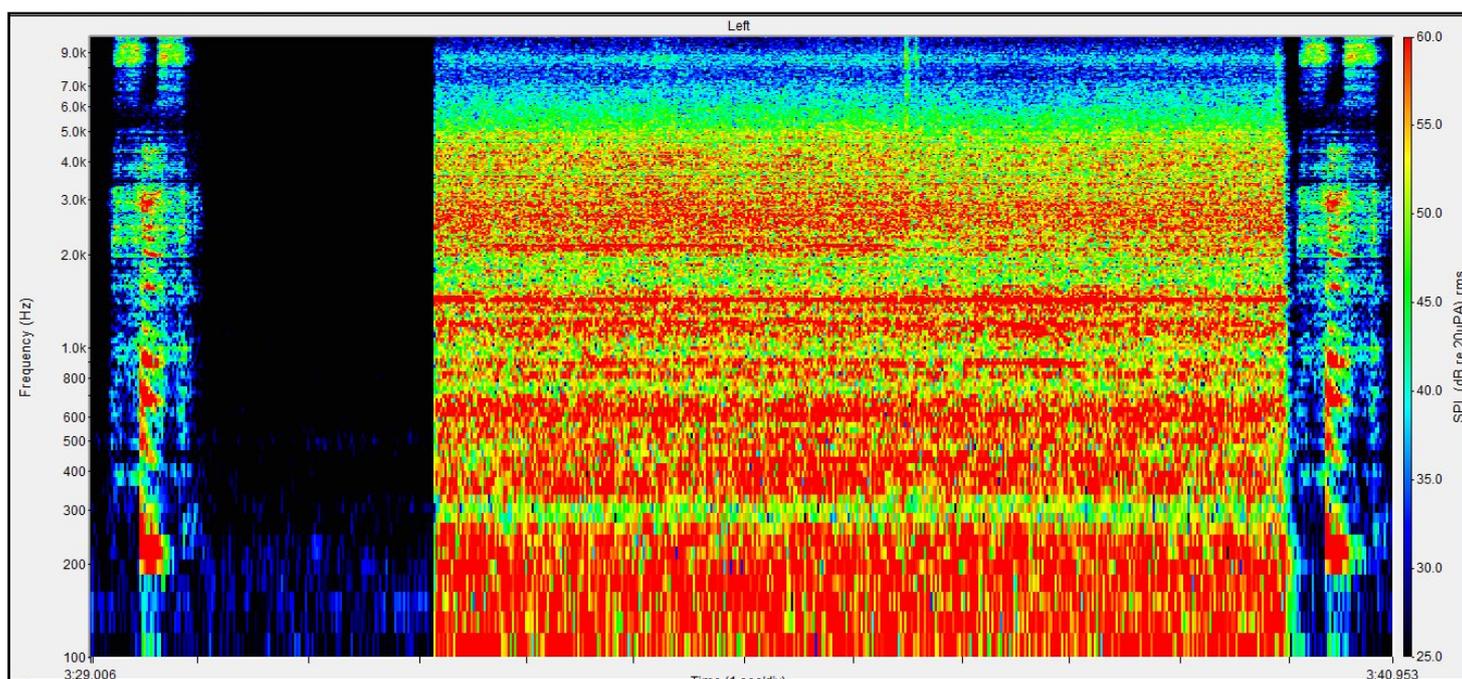


Figure n°285 : Spectrogramme du logatome « sasse » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

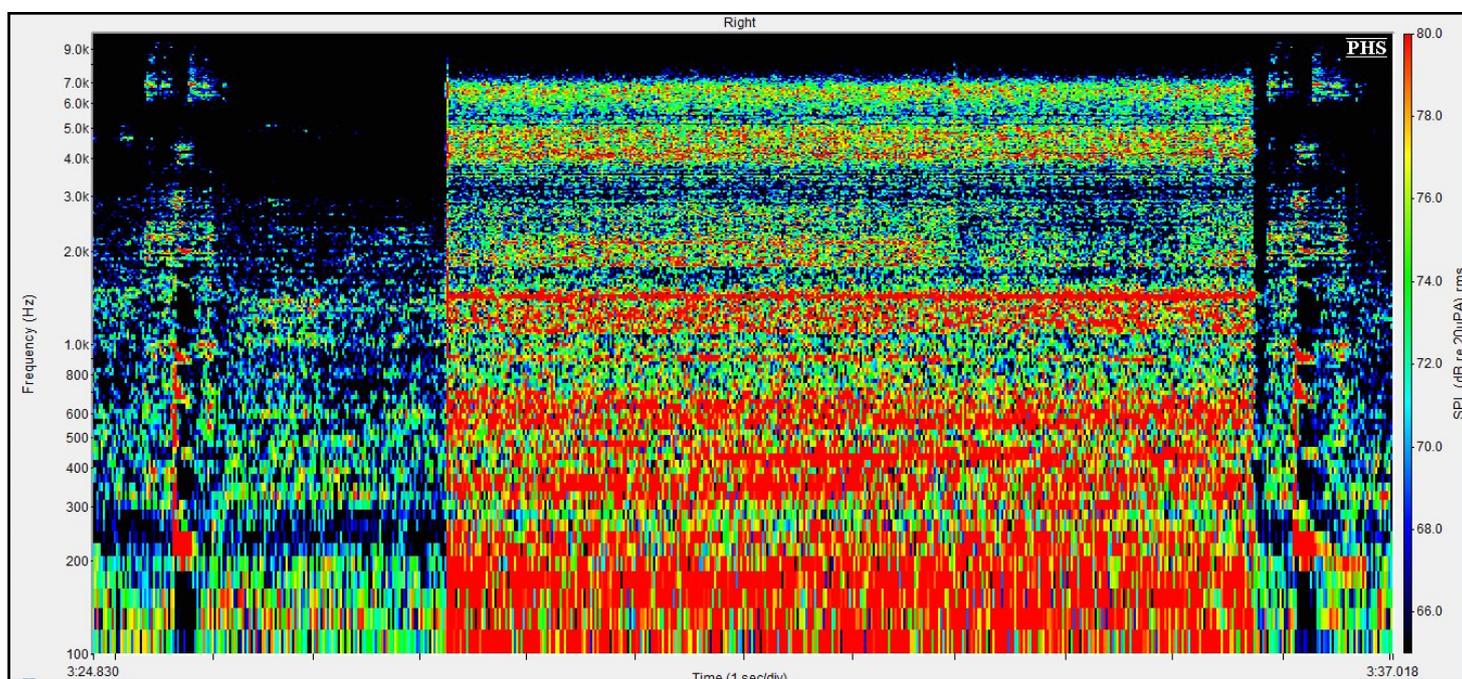


Figure n°286 : Spectrogramme du logatome « sasse » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

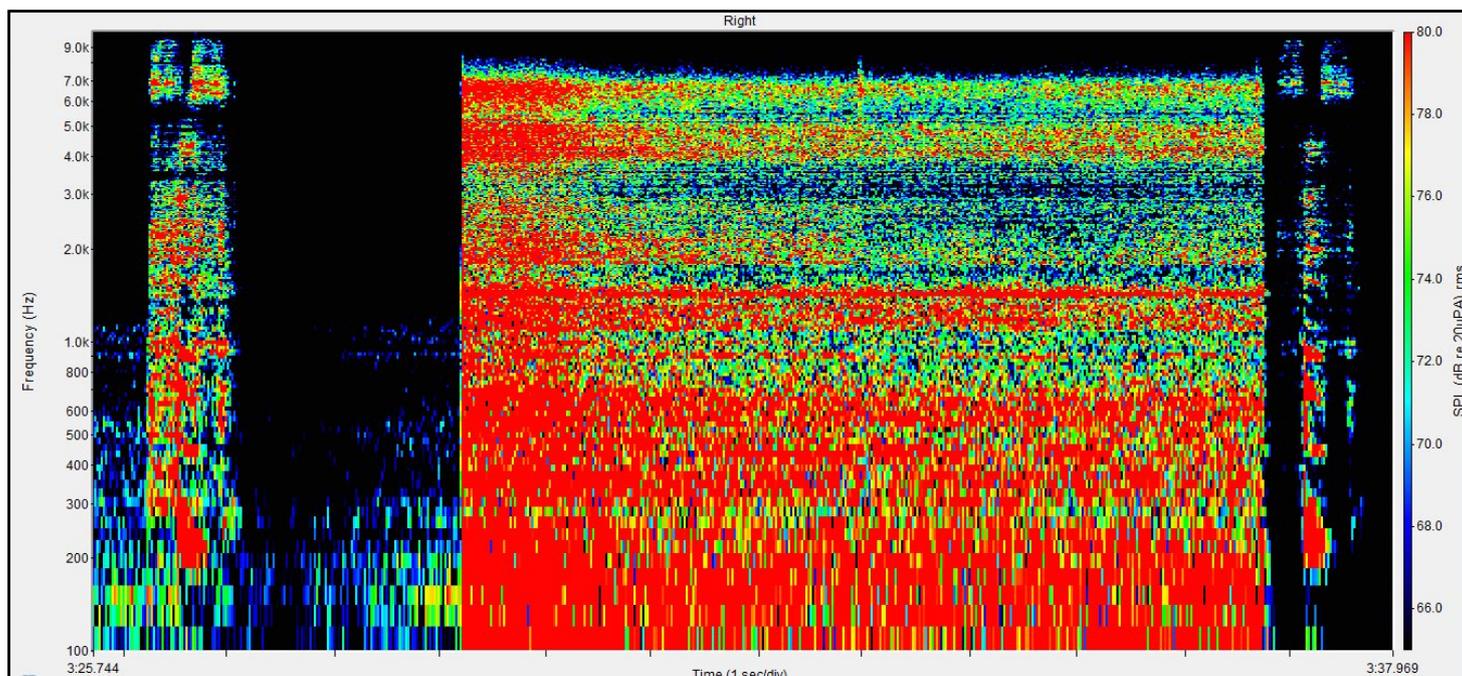


Figure n°287 : Spectrogramme du logatome « sasse» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « sasse » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

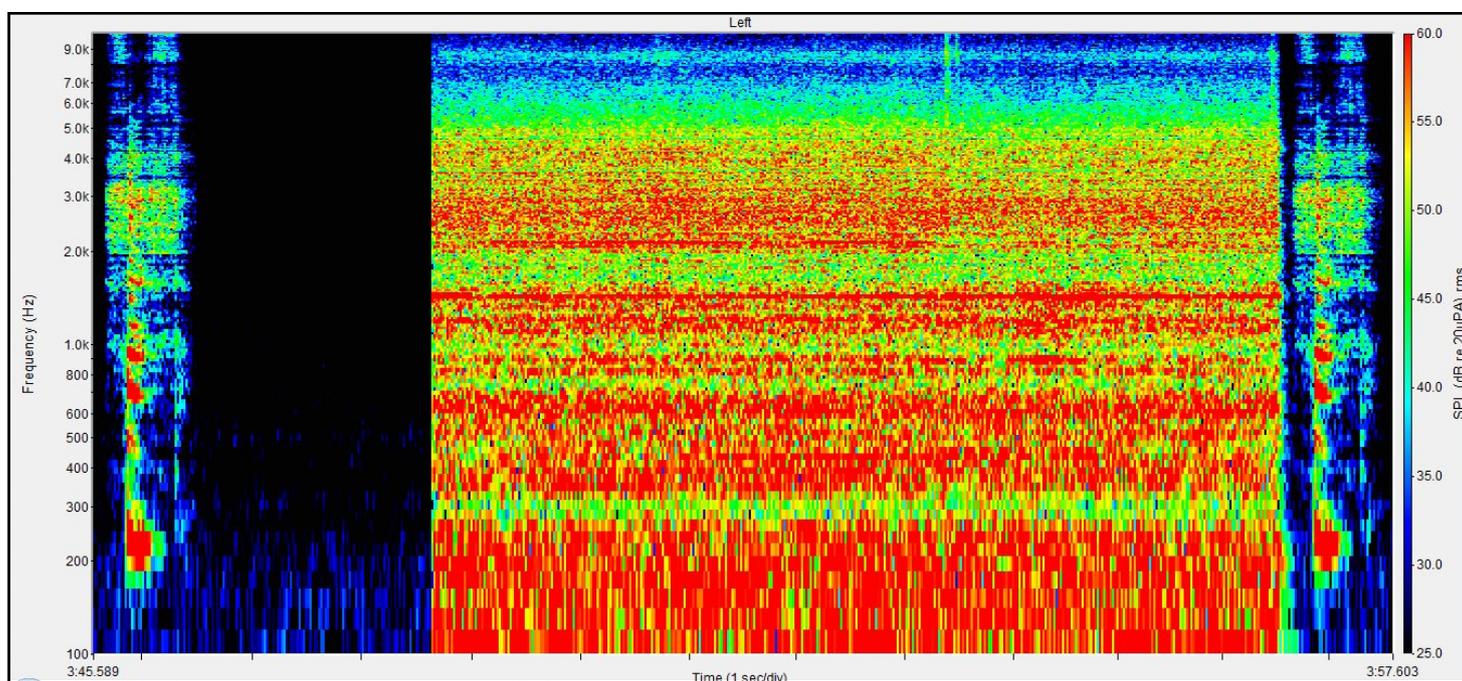


Figure n°288 : Spectrogramme du logatome « faf» 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « fac » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

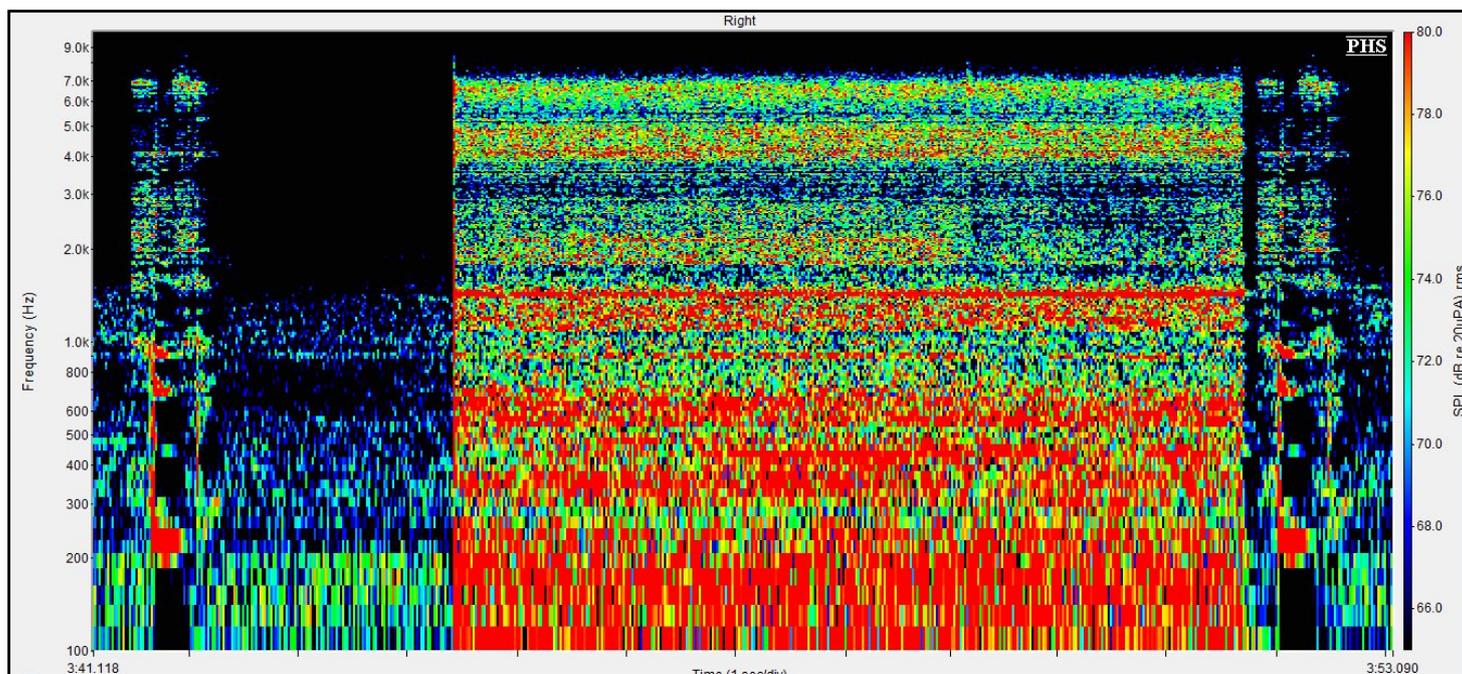


Figure n°289 : Spectrogramme du logatome « faf » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « fac » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

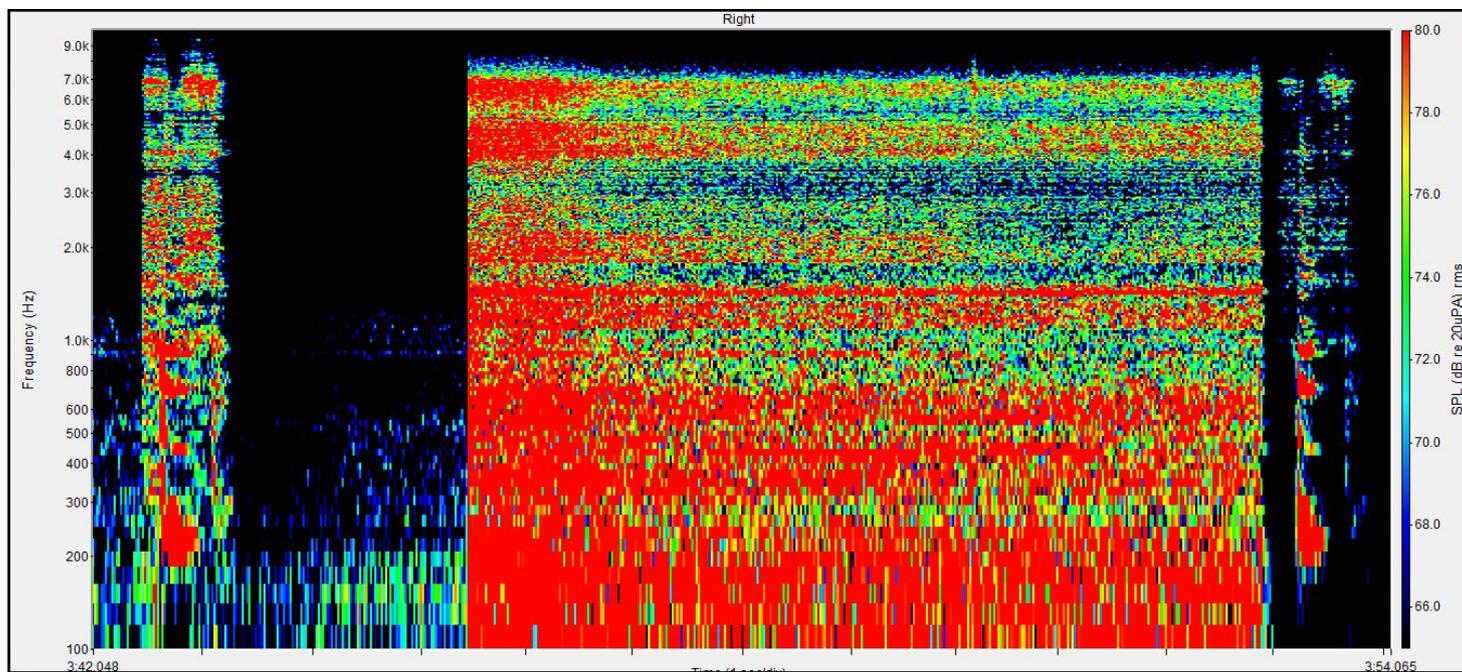


Figure n°290 : Spectrogramme du logatome « faf » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « fac » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

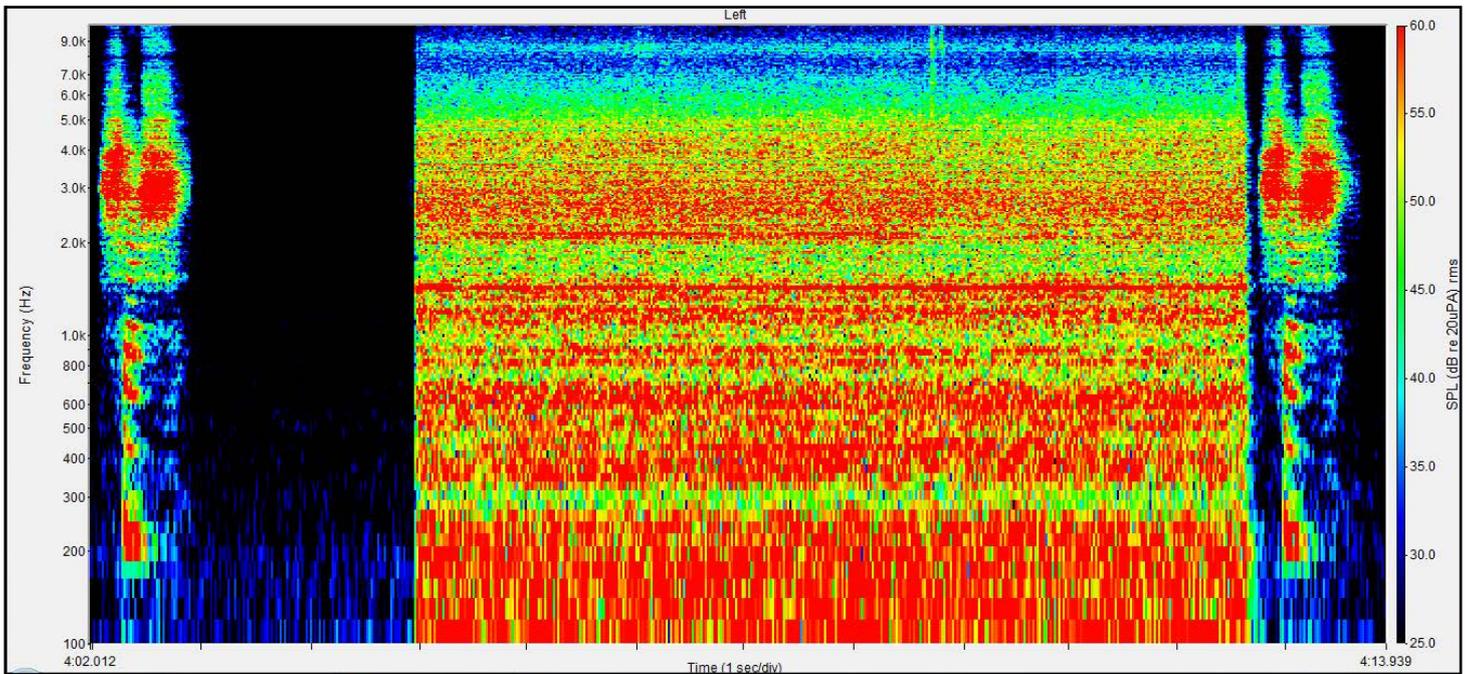


Figure n°291 : Spectrogramme du logatome « chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu oreille nue du KEMAR

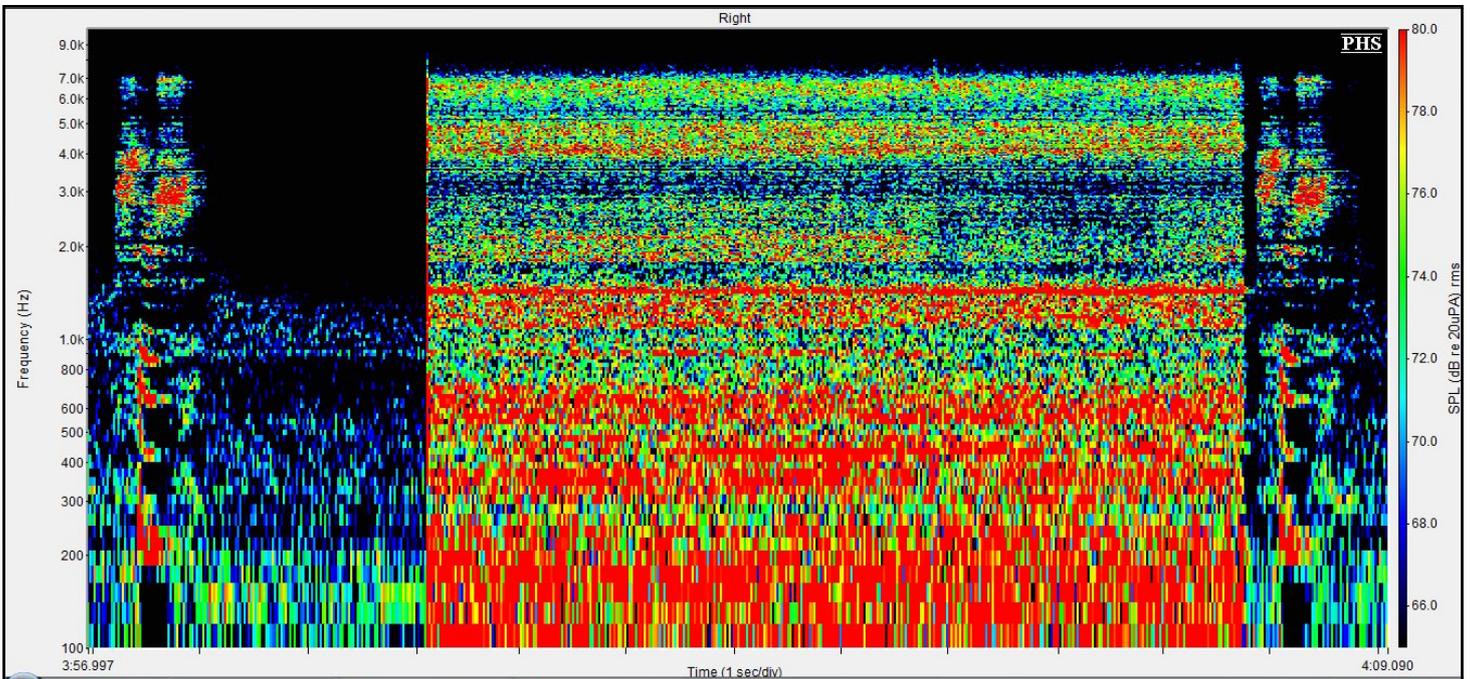


Figure n°292 : Spectrogramme du logatome « chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Syllabic

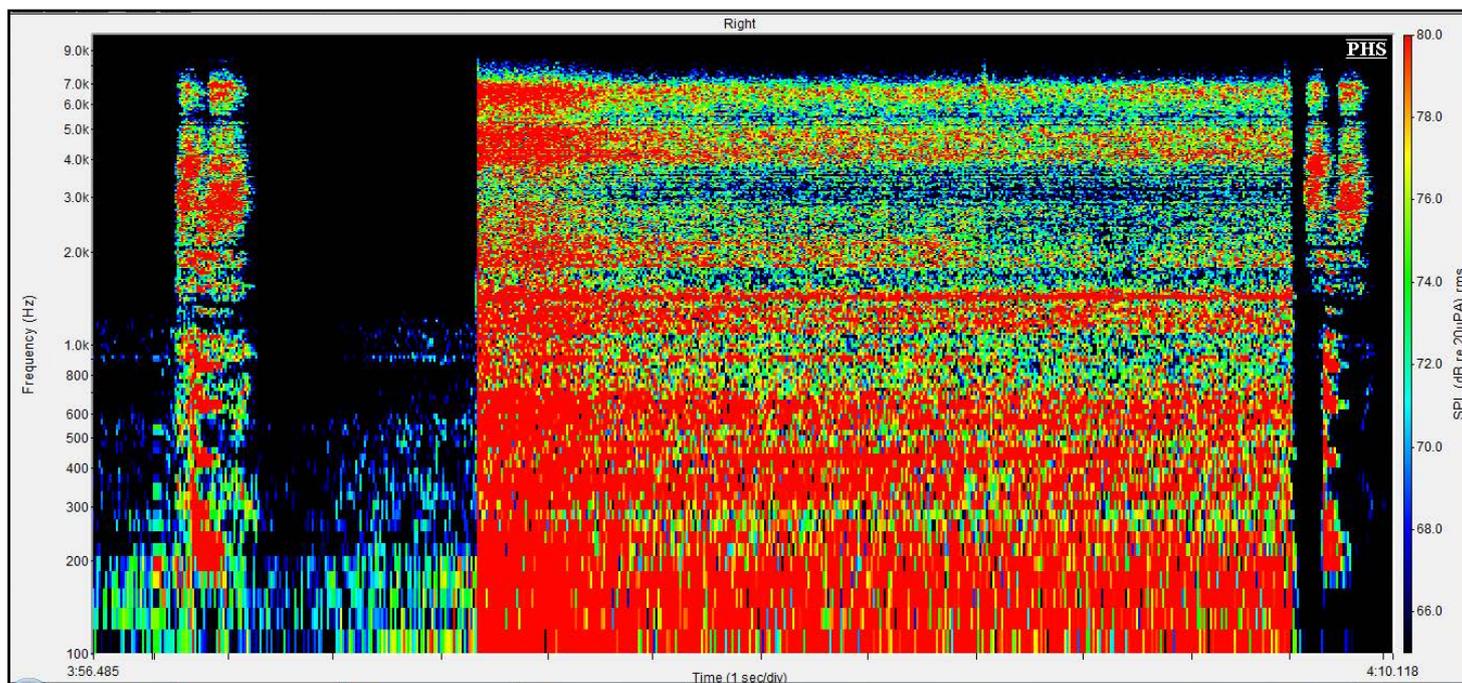


Figure n°293 : Spectrogramme du logatome « chache » 5 s de silence, puis 5 s de bruit de rame de métro puis 0,1 s de silence et de nouveau le logatome « chache » émis à 70 dB à l'azimut 0°, avec un RSB de 0 dB, obtenu avec la compression Dual

Questionnaire comparatif

I. Dans le calme

1. Classez les programmes du plus fort au moins fort.

> > >

2. Classez les programmes du plus aigu au moins aigu.

> > >

II. Dans le bruit seul

A. Bruit de cris d'enfants

1. Avec chacun des programmes, l'écoute du bruit vous paraît-elle confortable?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

2. Classez les programmes du plus fort au moins fort.

> > >

3. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il étouffé?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

4. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il plus riche?

- P1 :
- P2 :
- P3 :

- P4 :

5. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de chuintement?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

6. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

7. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il hachuré?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

8. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il rythmé?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

9. Voyez-vous d'autres sensations auditives particulières à nous faire part?

B. Bruit de restaurant

1. Avec chacun des programmes, l'écoute du bruit vous paraît-elle confortable?

- P1 :

- P2 :

- P3 :
- P4 :

2. Classez les programmes du plus fort au moins fort.

> > >

3. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il étouffé?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

4. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il plus riche?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

5. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de chuintement?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

6. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

7. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il hachuré?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

8. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il rythmé?

- P1 :
- P2 :

- P3 :

- P4 :

9. Voyez-vous d'autres sensations auditives particulières à nous faire part?

C. Bruit de rame de métro

1. Avec chacun des programmes, l'écoute du bruit vous paraît-elle confortable?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

2. Classez les programmes du plus fort au moins fort.

> > >

3. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il étouffé?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

4. Avec chacun des programmes, le bruit vous paraît-il plus riche?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

5. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de chuintement?

- P1 :

- P2 :

- P3 :

- P4 :

6. Avec chacun des programmes, le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

7. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il hachuré?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

8. Avec chacun des programmes, le bruit semble-t-il rythmé?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

9. Voyez-vous d'autres sensations auditives particulières à nous faire part?

III. Parole dans le bruit

Nous allons discuter alors que le bruit est émis à 55 dB SPL sur le haut-parleur.

1. Il y a-t-il un effet de pompage? C'est-à-dire, est-ce que le bruit semble augmenter à l'arrêt de la parole?

- Avec le bruit de cris d'enfants?

- P1 :
- P2 :
- P3 :
- P4 :

- Avec le bruit de restaurant?

- P1 :

- P2 :
- P3 :
- P4 :
- Avec le bruit de rame de métro?
 - P1 :
 - P2 :
 - P3 :
 - P4 :

2. Voyez-vous d'autres sensations auditives particulières à nous faire part?

Annexe n°24 : Détails des observations de la patiente pour chaque bruit et pour chaque programme

Bruit de salle de jeux d'enfant

Tableau n°65 : Récapitulatif des réponses de la patiente au questionnaire sur le bruit seul pour le bruit de cris d'enfants

Bruit de salle de jeux d'enfants	P1	P2	P3	P4
L'écoute du bruit vous paraît-elle confortable?	oui	oui	oui	oui
Classez les programmes du plus fort au moins fort (de 1 à 4)	2	1	3	3
Le bruit vous paraît-il étouffé?	non	non	non	non
Le bruit vous paraît-il plus riche?	non	oui	non	non
Le bruit possède-t-il un effet de chuintement?	non	non	non	non
Le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?	non	non	non	non
Le bruit semble-t-il hachuré?	non	non	non	non
Le bruit semble-t-il rythmé?	oui	oui	oui	oui
Remarque(s)	RAS	RAS	RAS	RAS

Bruit de rame de métro

Tableau n°66 : Récapitulatif des réponses de la patiente au questionnaire sur le bruit seul pour le bruit de rame de métro

Bruit de rame de métro	P1	P2	P3	P4
L'écoute du bruit vous paraît-elle confortable?	oui	oui	oui	oui
Classez les programmes du plus fort au moins fort (de 1 à 4)	2	1	3	4
Le bruit vous paraît-il étouffé?	non	non	non	non
Le bruit vous paraît-il plus riche?	non	oui	non	non
Le bruit possède-t-il un effet de chuintement?	oui	oui, surtout	oui	oui
Le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?	oui	non	non	oui
Le bruit semble-t-il hachuré?	non	non	non	non
Le bruit semble-t-il rythmé?	non	non	non	non
Remarque de la patiente : dans le bruit, on identifie une fréquence aigüe en relief dans le bruit de fond		<ul style="list-style-type: none"> le bruit de fond prédomine par rapport aux programmes P1 et P4, la fréquence aigüe également mais le différentiel est moins net 	<ul style="list-style-type: none"> le bruit de fond prédomine par rapport aux programmes P1 et P4, la fréquence aigüe également mais le différentiel est moins net 	

Bruit de restaurant

Tableau n°67 : Récapitulatif des réponses de la patiente au questionnaire sur le bruit seul pour le bruit de restaurant

Bruit de restaurant	P1	P2	P3	P4
Avec quel programme l'écoute du bruit vous paraît-elle le plus confortable?	2	1	3	4
Le bruit vous paraît-il étouffé?	oui	non	non	oui
Le bruit vous paraît-il plus riche?	non	oui	non	non
Le bruit possède-t-il un effet de chuintement?	non	non	non	non
Le bruit possède-t-il un effet de ronronnement?	non	non	non	non
Le bruit semble-t-il hachuré?	non	non	non	non
Le bruit semble-t-il rythmé?	non	non	non	non
Remarque de la patiente : les bruits de couverts sont plus identifiables sur certains programmes, on les différencie alors du bruit de fond : brouhaha plus étouffé	le brouhaha paraît plus étouffé par rapport aux programmes P2 et P3	les bruits de couverts sont plus nets par rapport aux programmes P1 et P4	les bruits de couverts sont plus nets par rapport aux programmes P1 et P4	le brouhaha paraît plus étouffé par rapport aux programmes P2 et P3

Annexe n°25 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de rame de métro obtenues avec le réglage par bandes du TPB

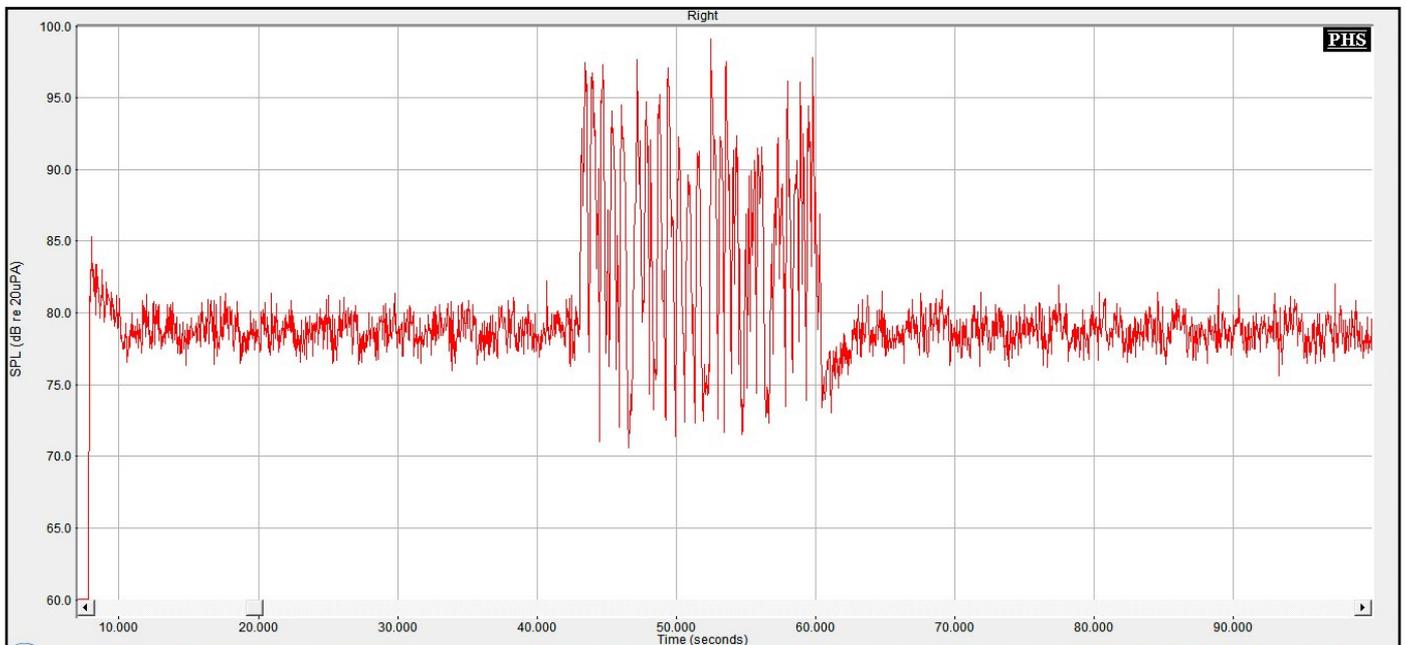


Figure n°294 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

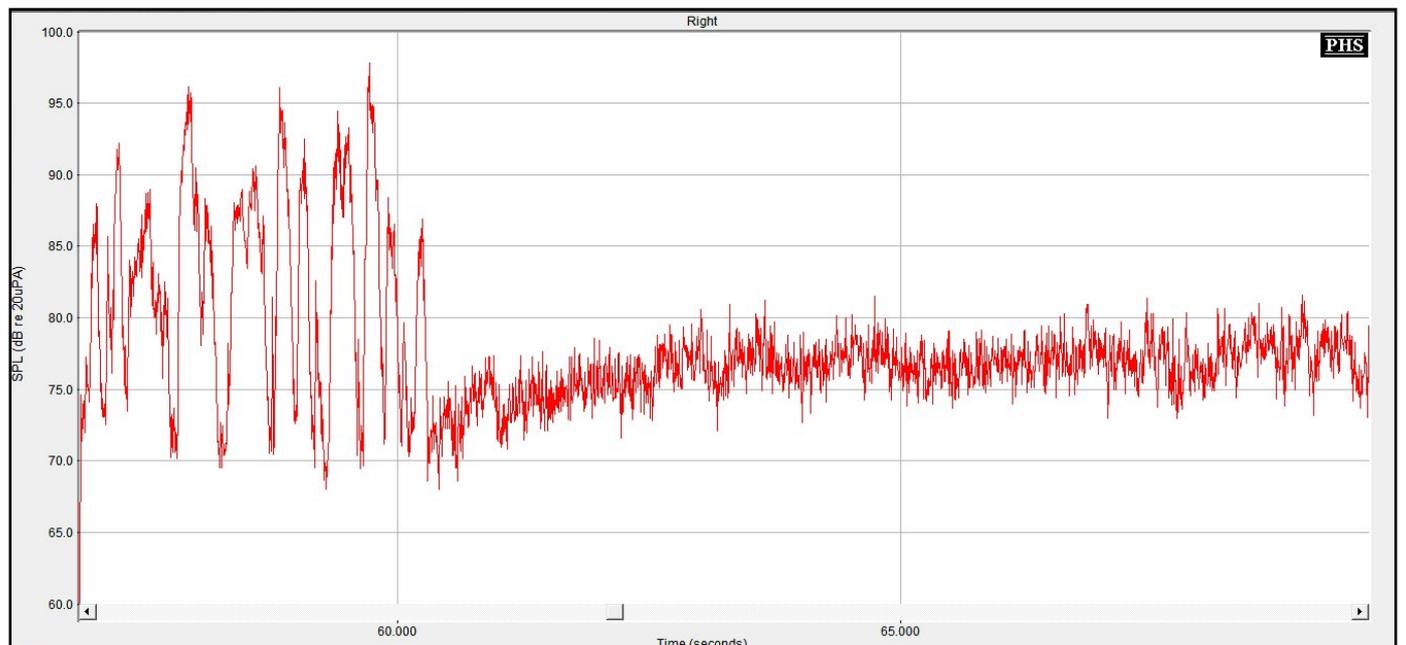


Figure n°295 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

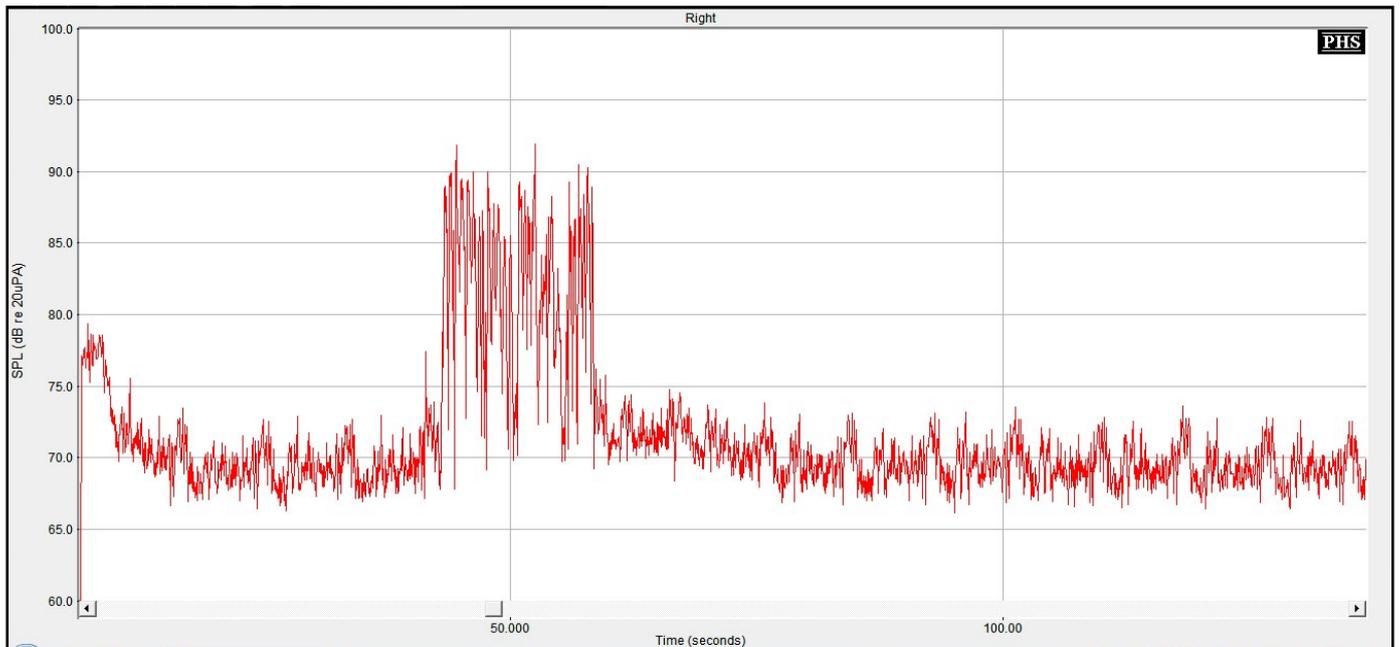


Figure n°296 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

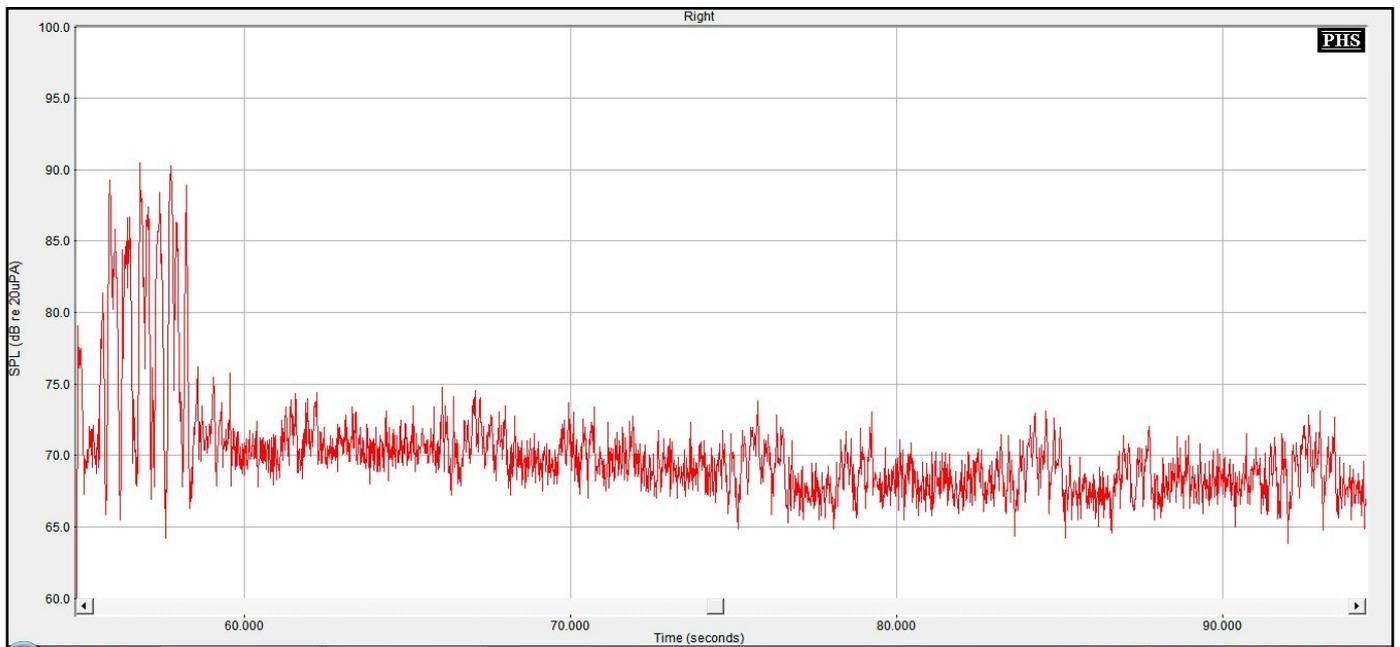


Figure n°297 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

Annexe n°26 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de restaurant obtenus avec le réglage par bandes du TPB

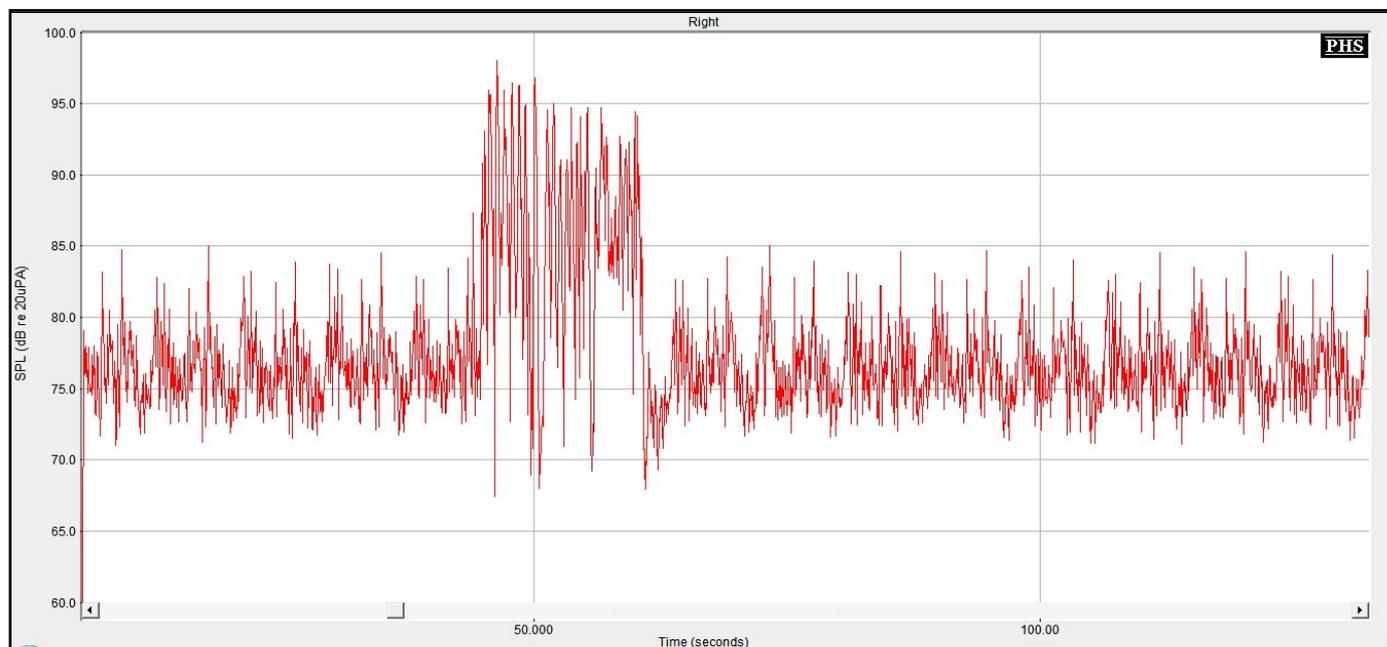


Figure n°298 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

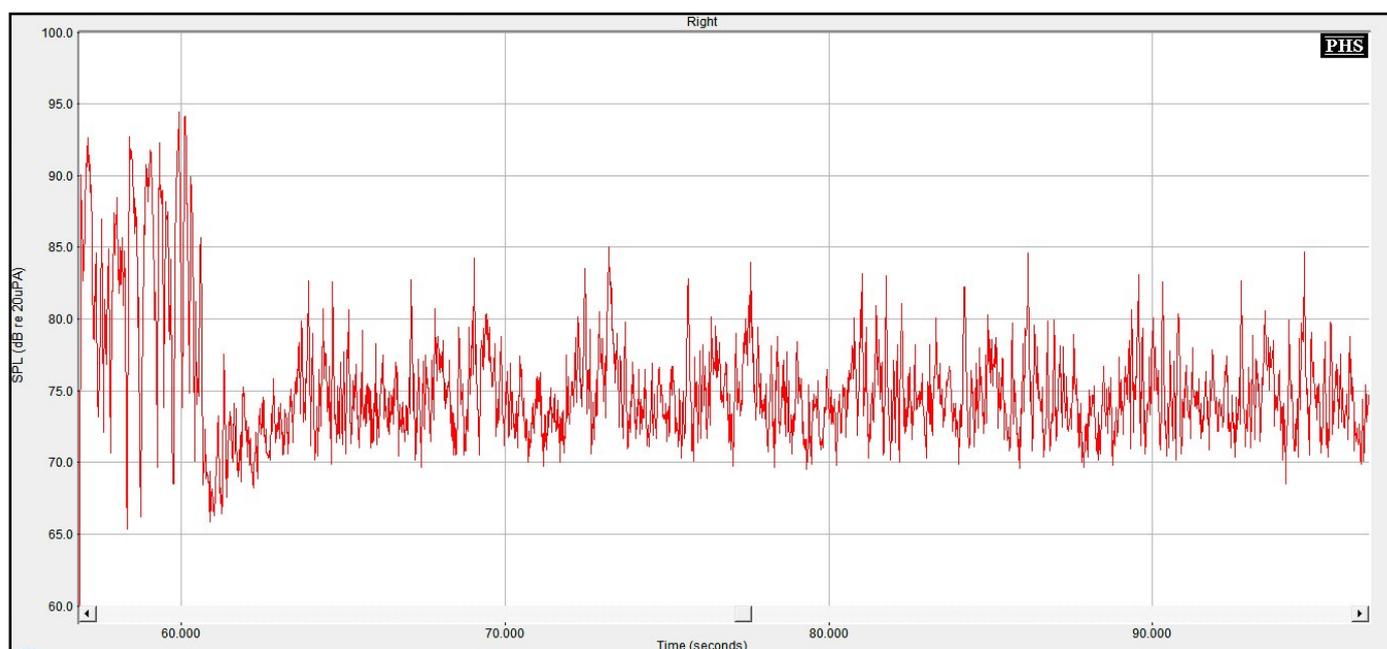


Figure n°299 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

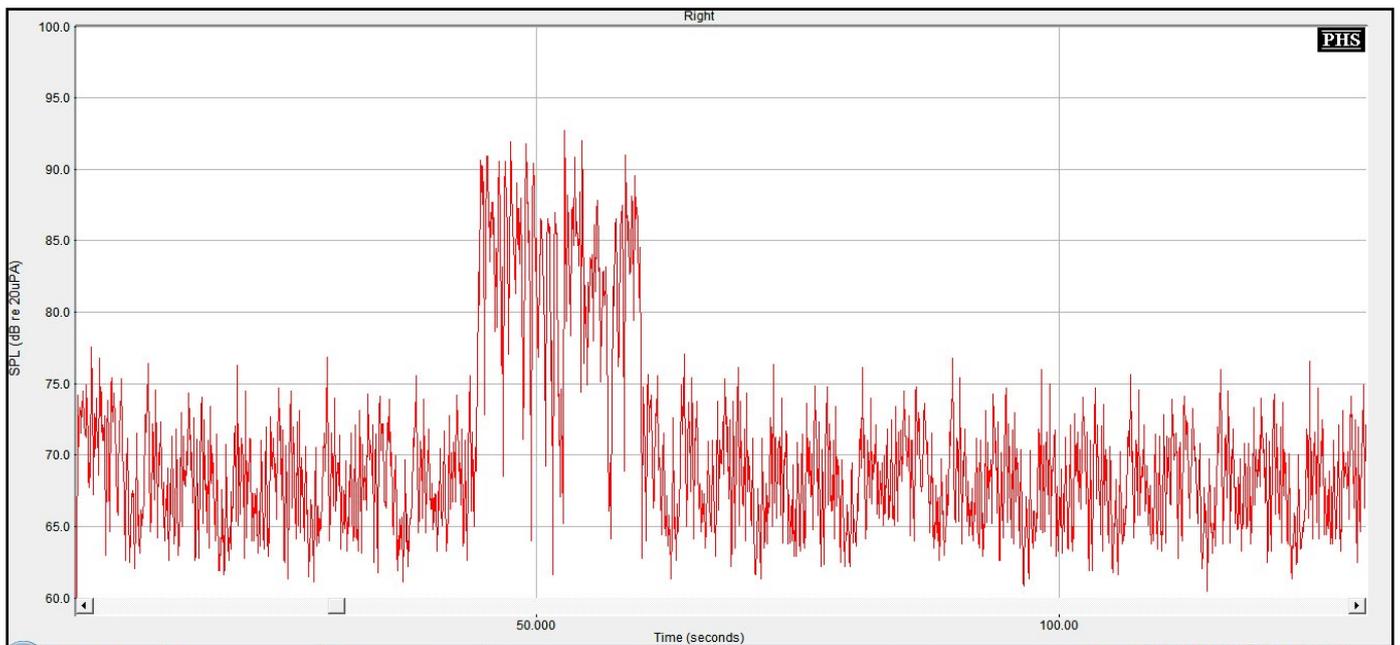


Figure n°300 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

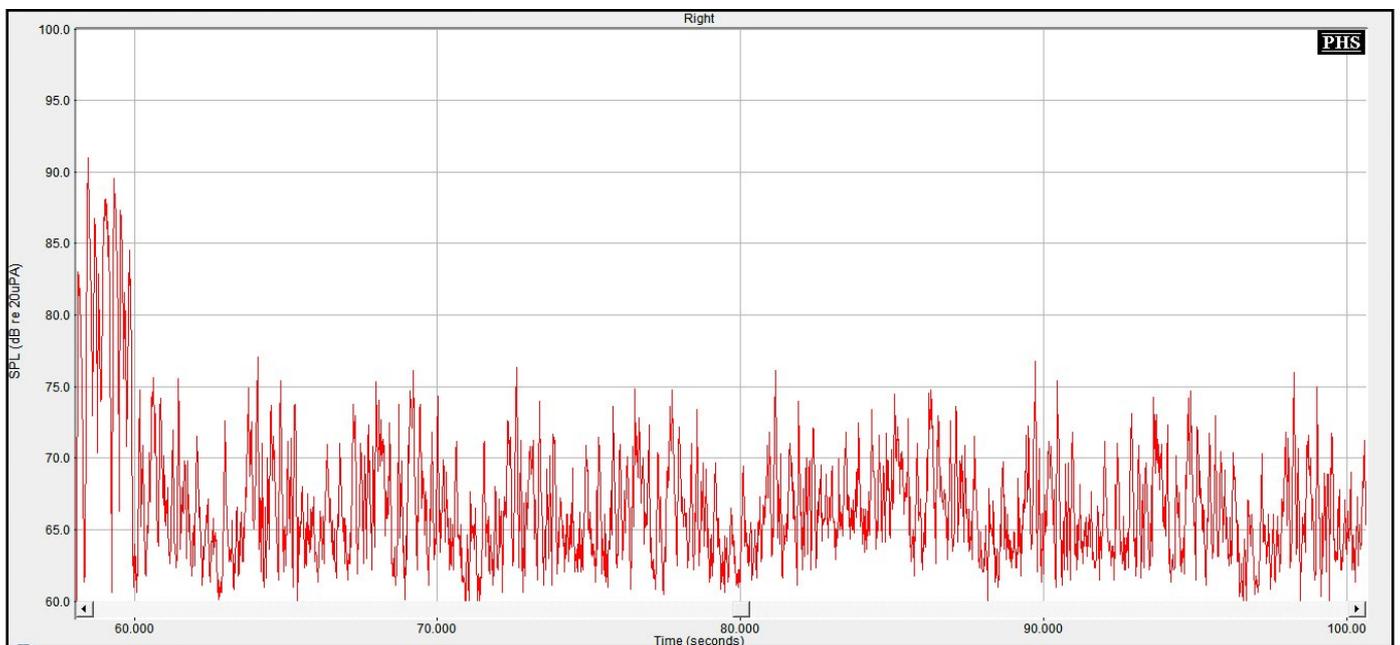


Figure n°301 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

Annexe n°27 : Ensemble des représentations temporelles du bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le réglage par bandes du TPB

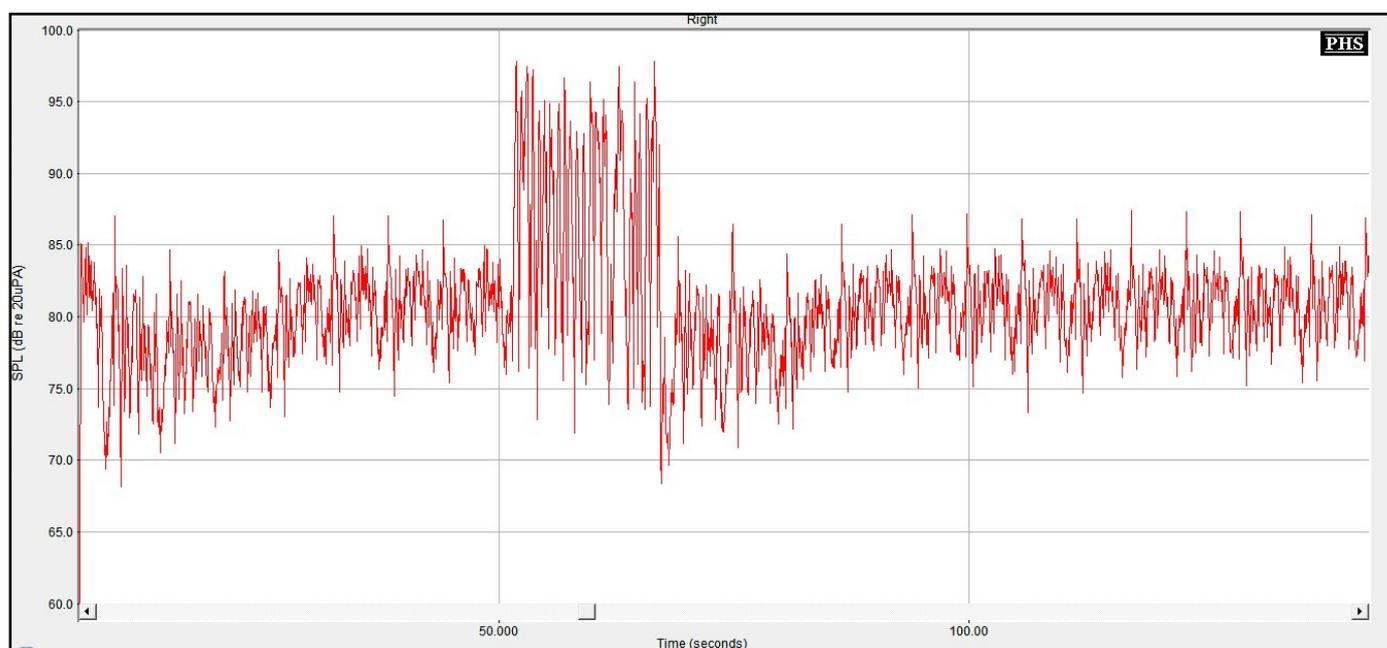


Figure n°302 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

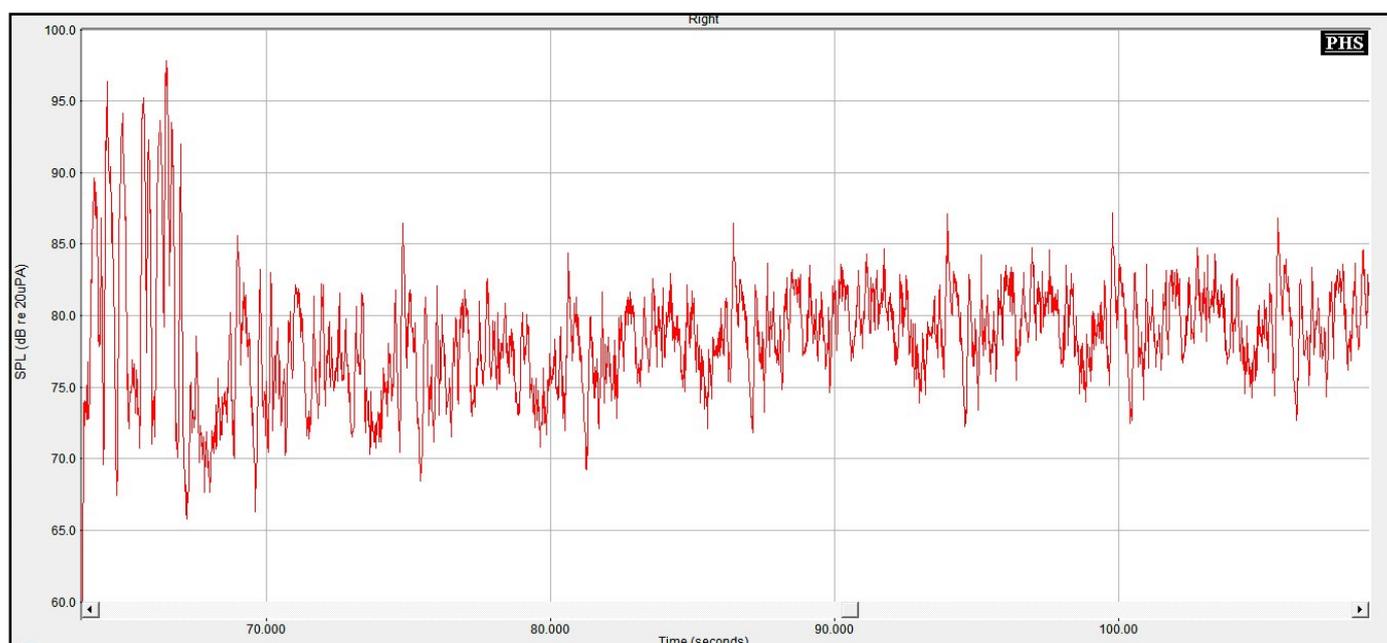


Figure n°303 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

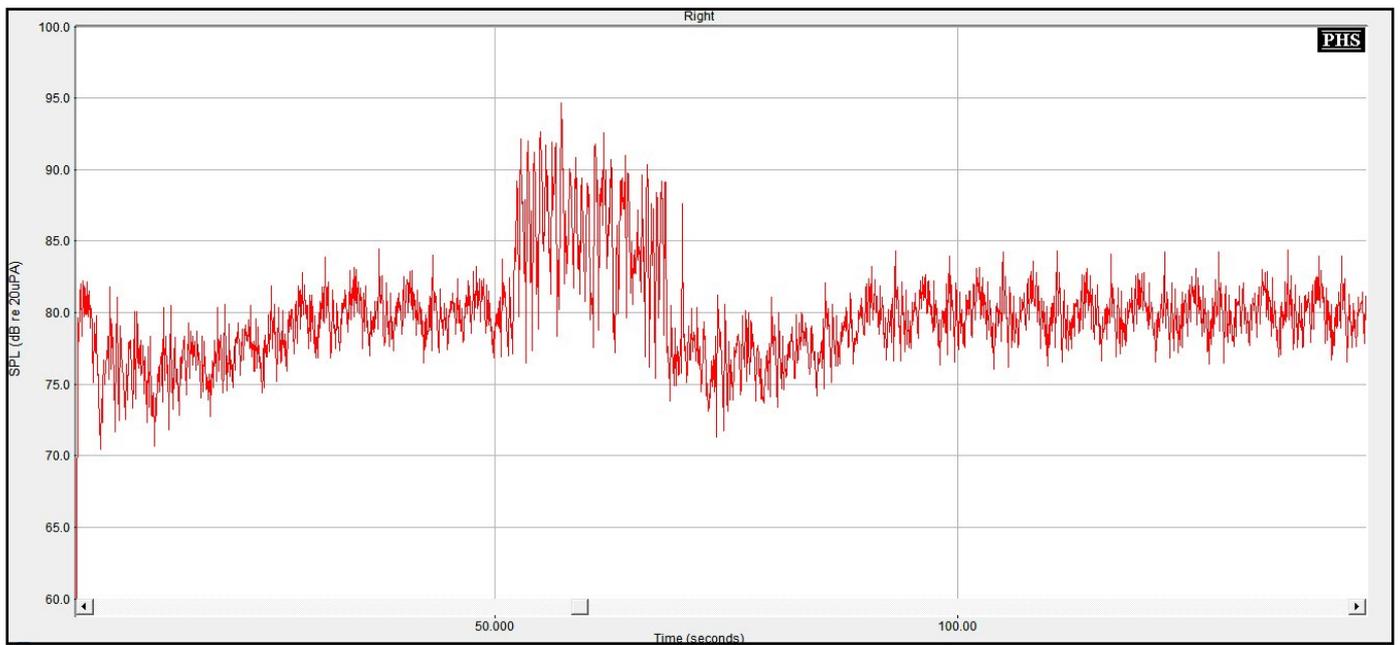


Figure n°304 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

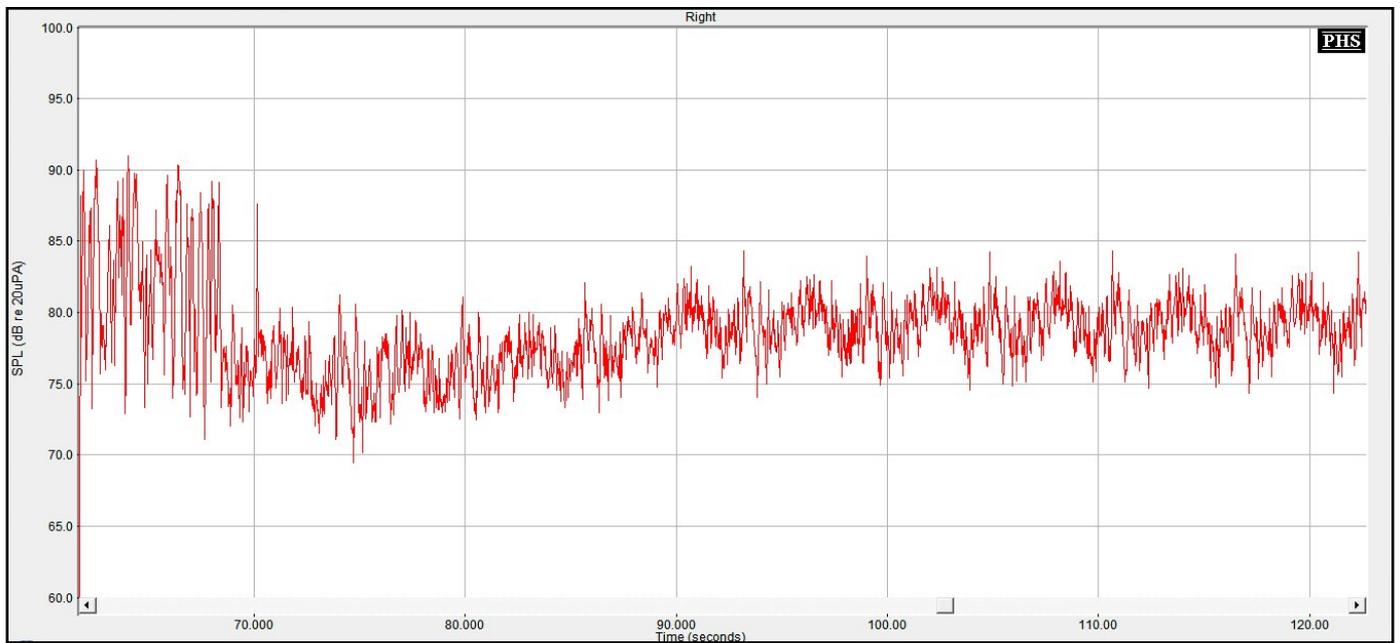


Figure n°305 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé par bandes

Annexe n° 28 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de rame de métro obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB

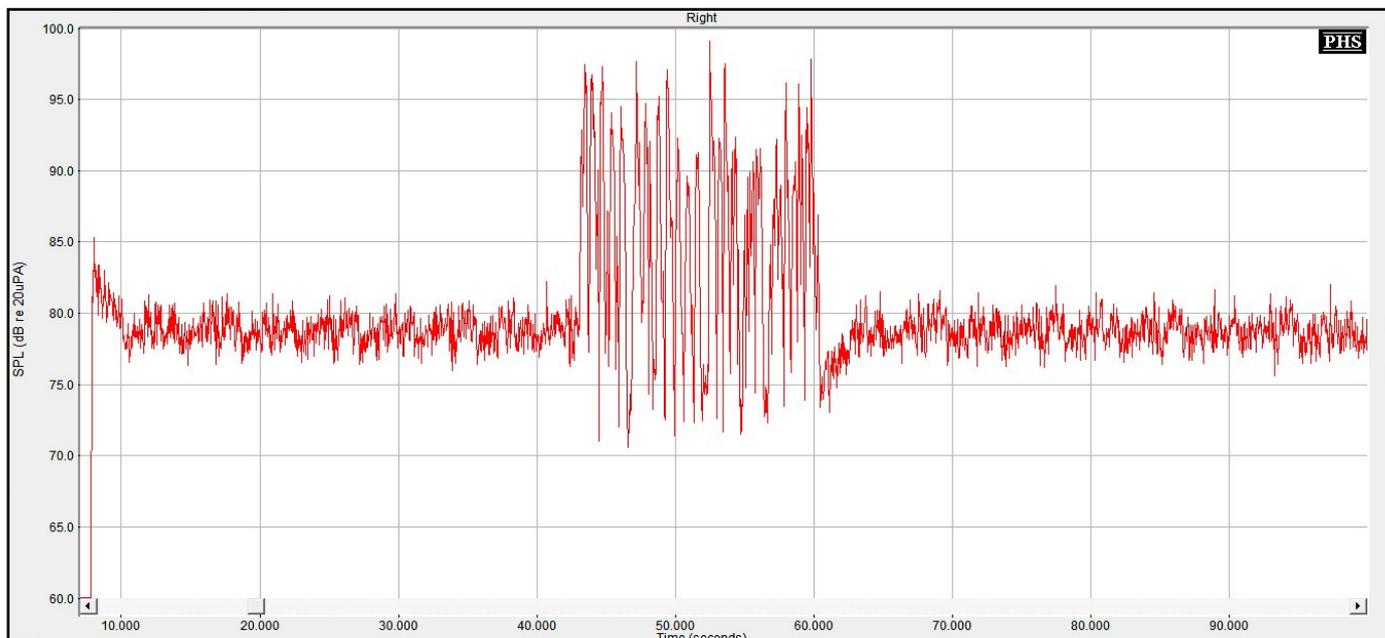


Figure n°306 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

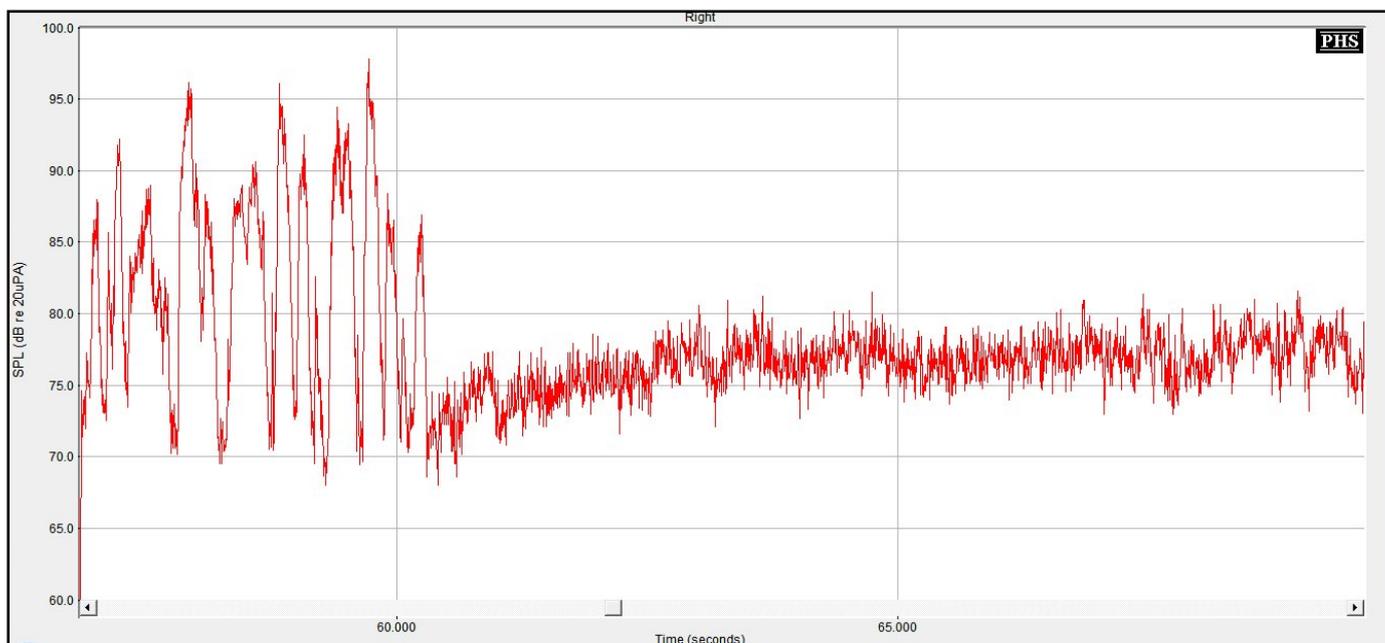


Figure n°307 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

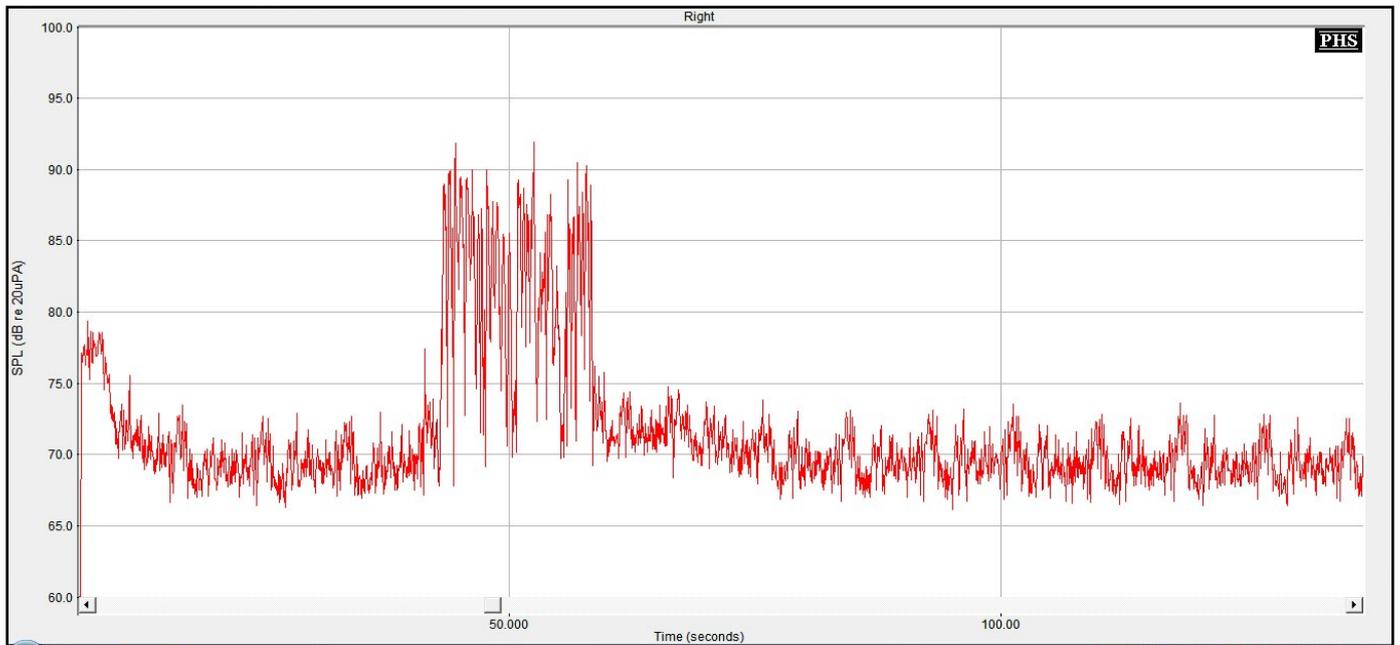


Figure n°308 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

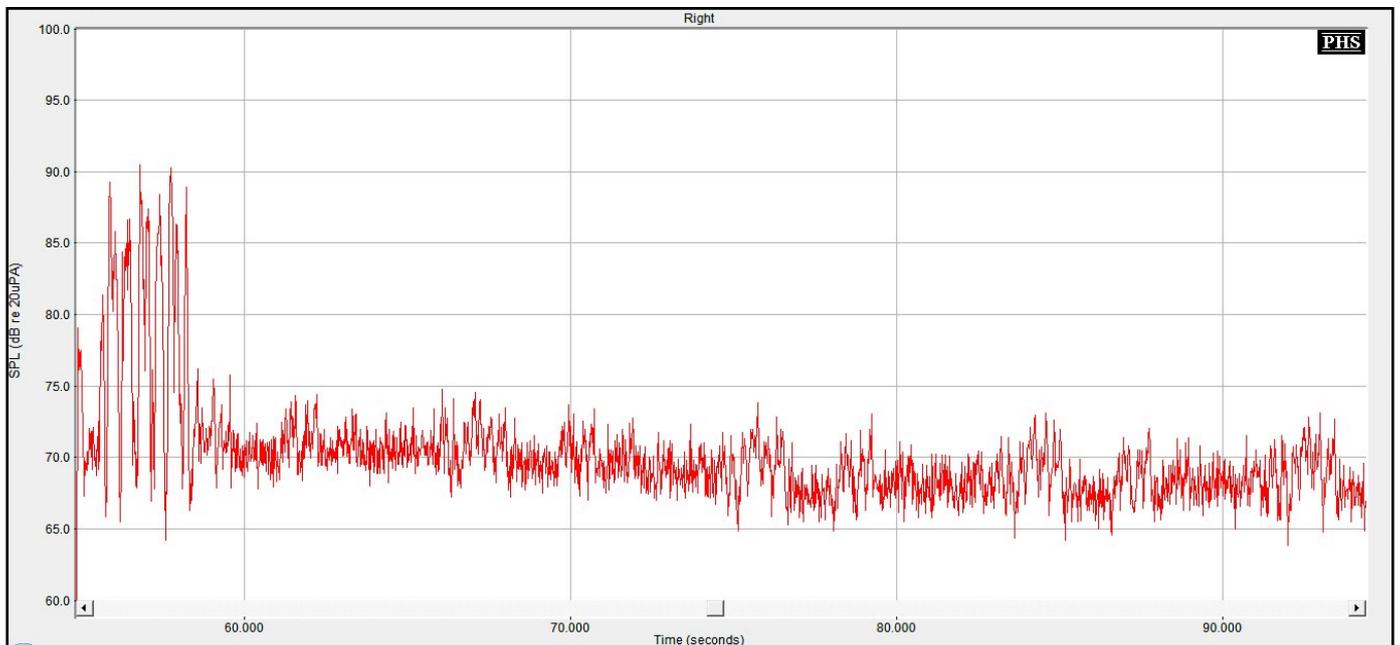


Figure n°309 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

Annexe n°29 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de restaurant obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB

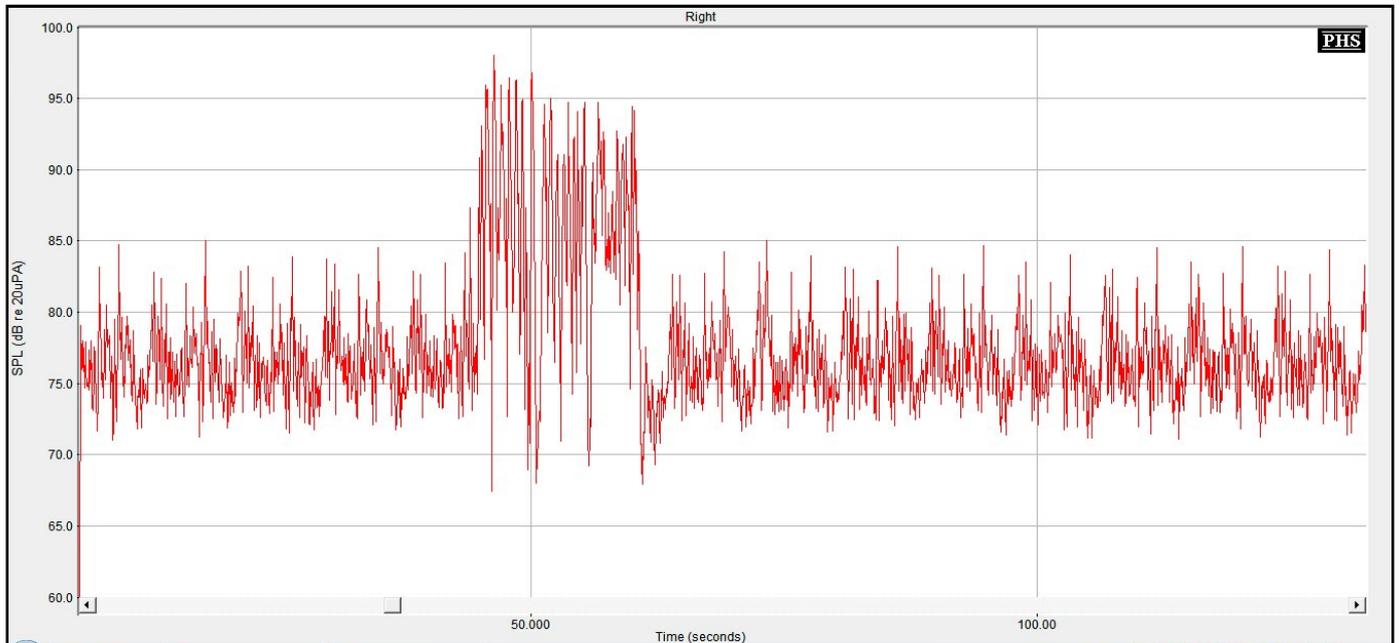


Figure n°310 : Représentation temporelle du bruit de rame de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

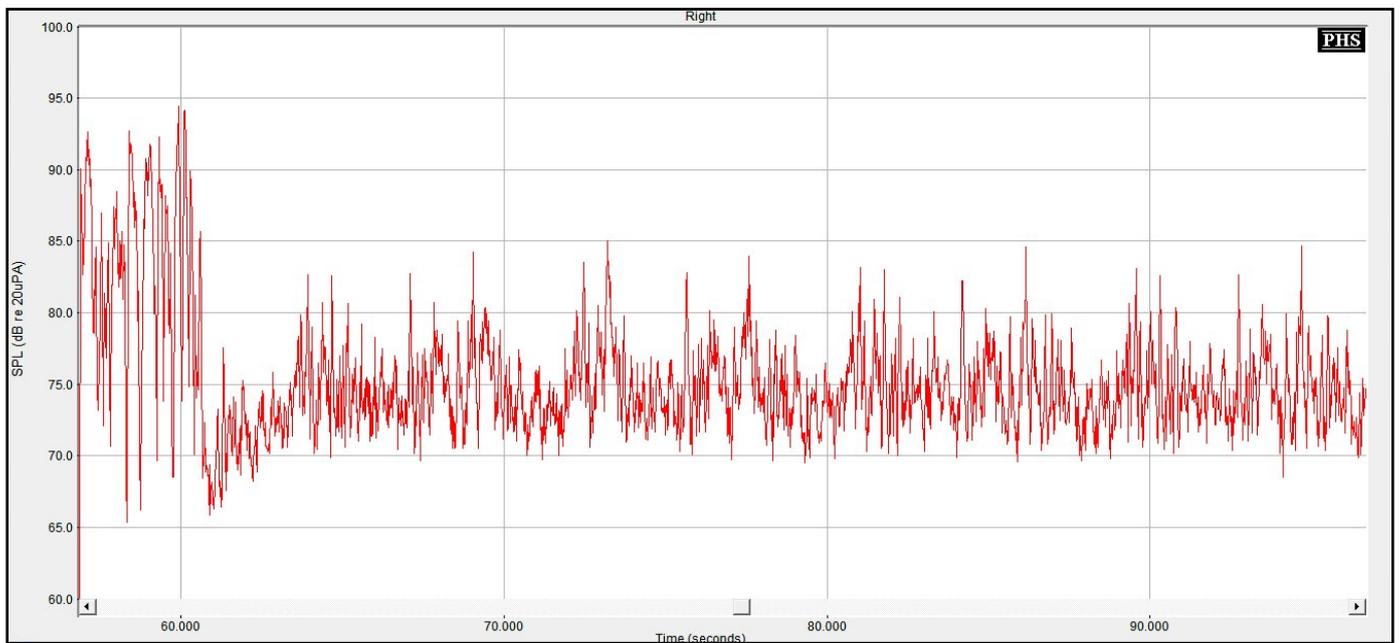


Figure n°311 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

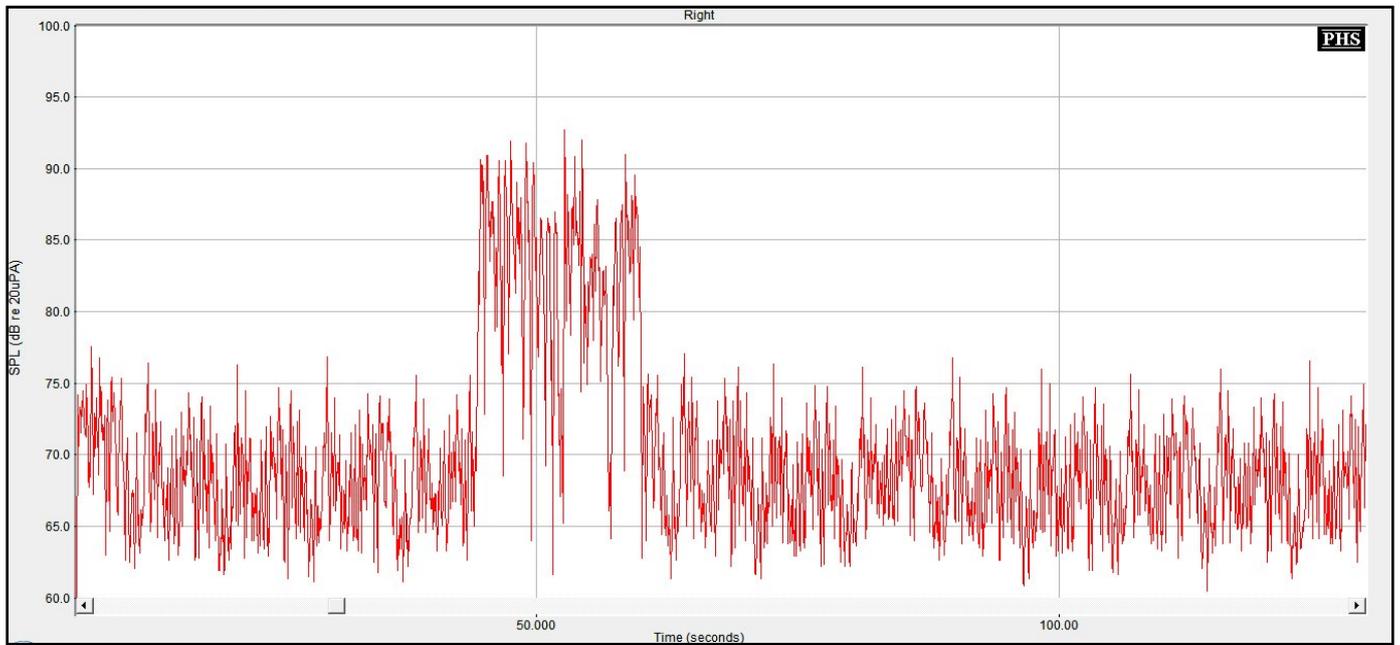


Figure n°312 : Représentation temporelle du bruit de rame de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

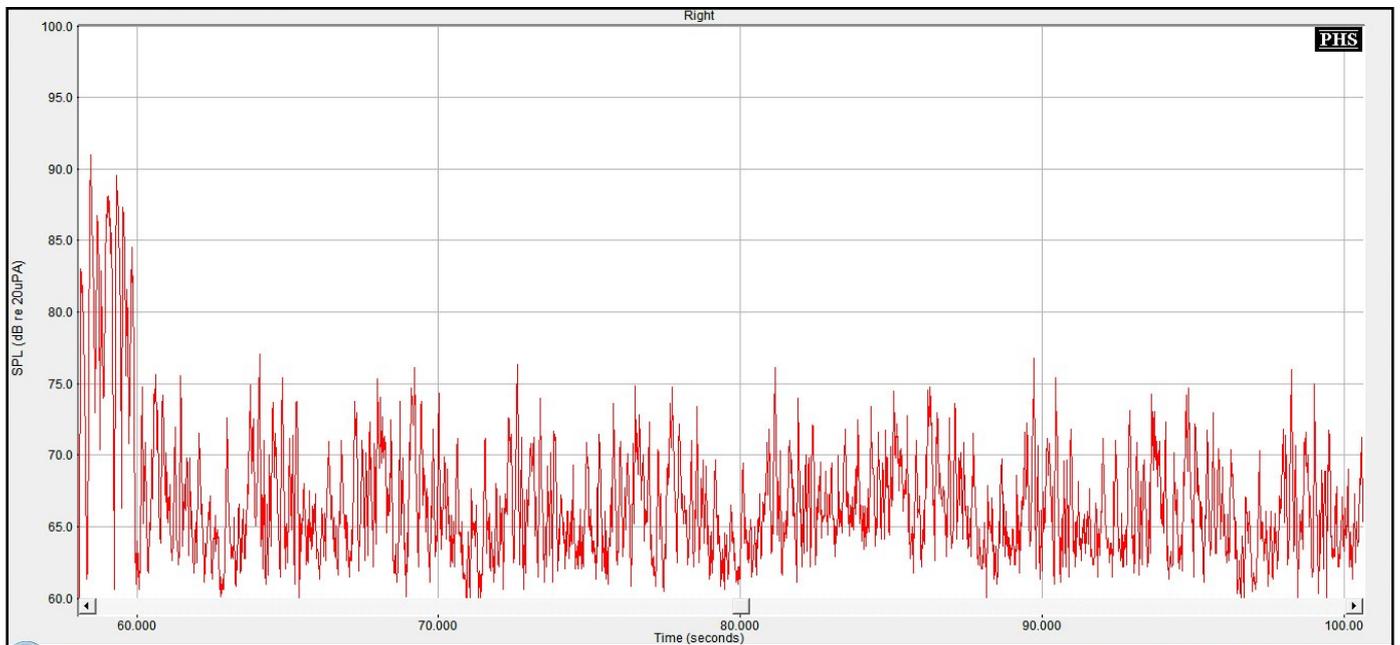


Figure n°313 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

Annexe n°30 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le réglage bande large au maximum du TPB

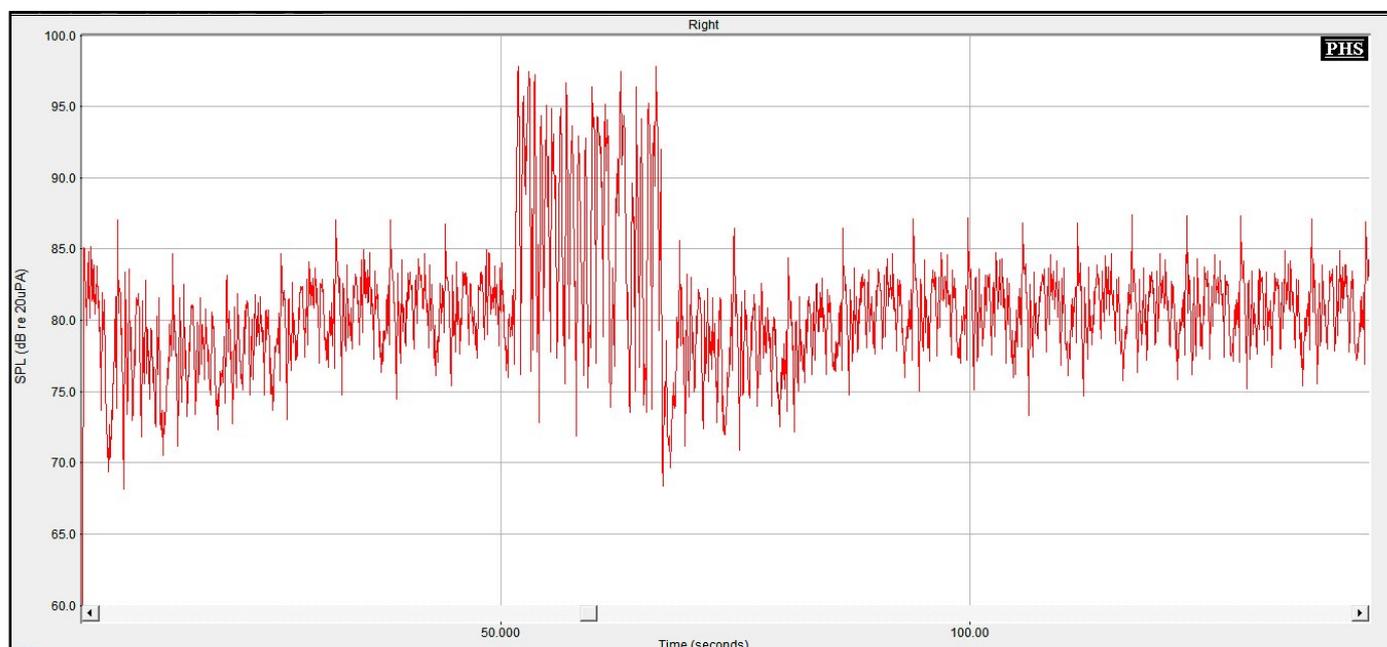


Figure n°314 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

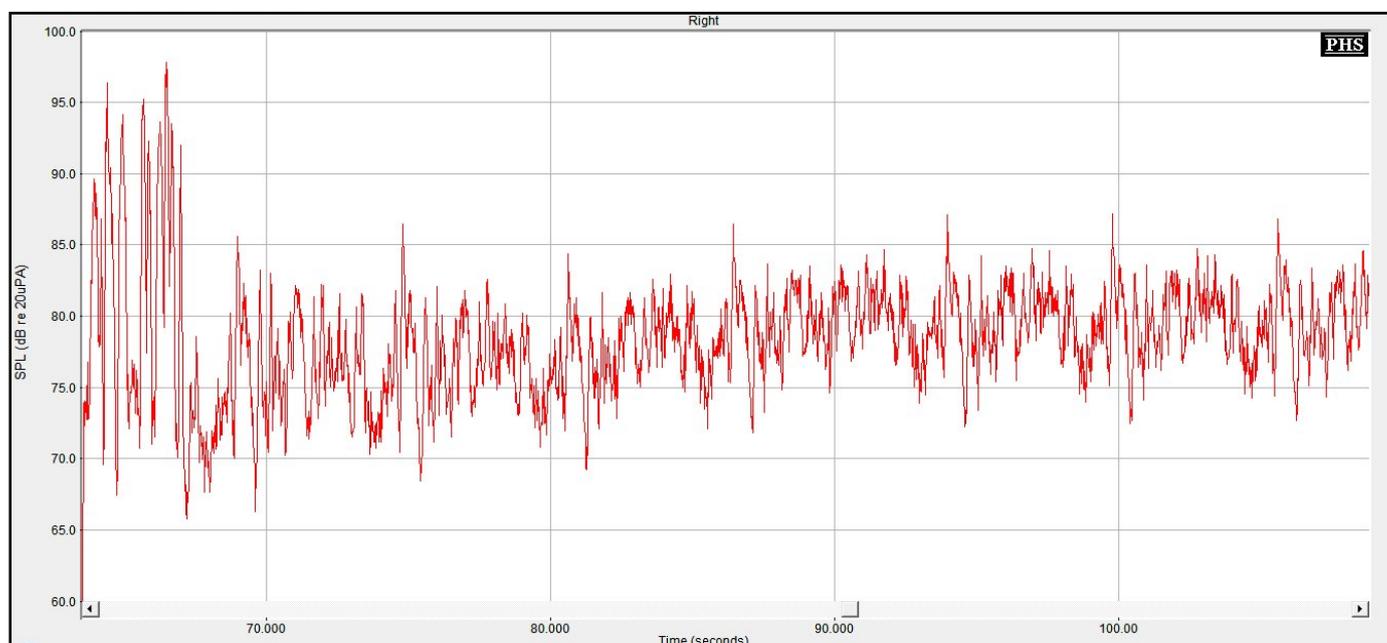


Figure n°315 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

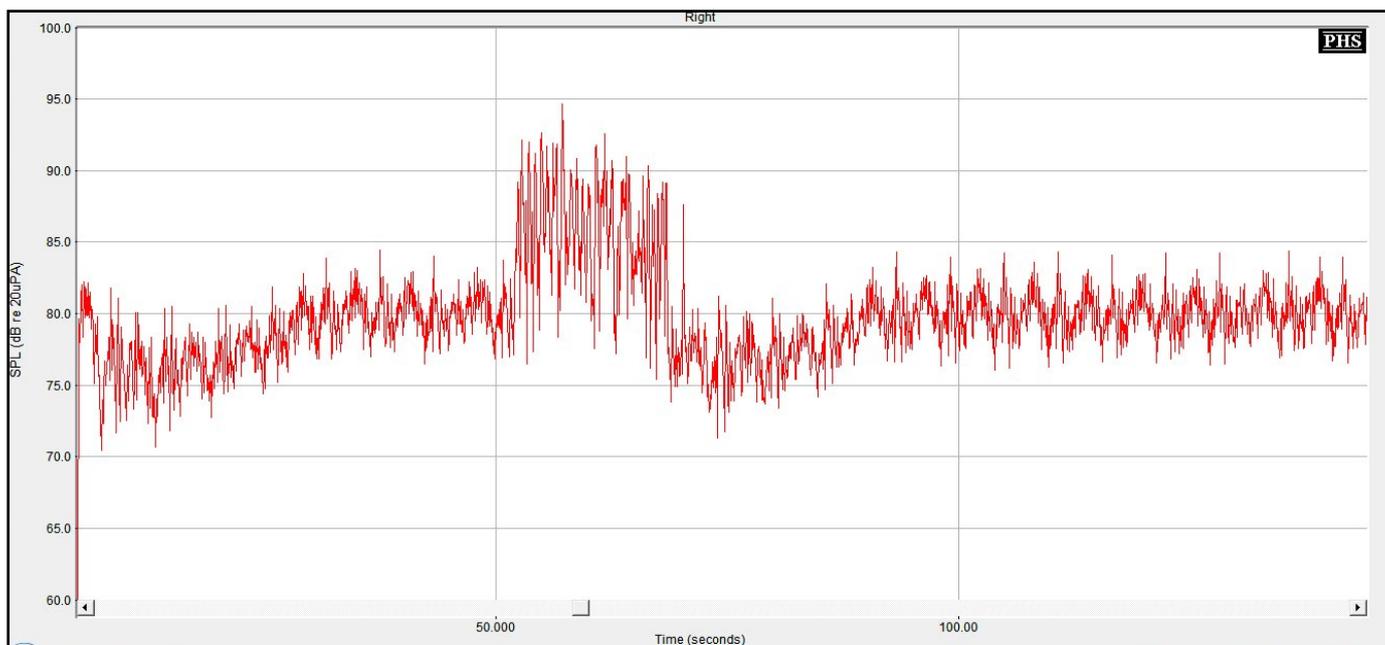


Figure n°316 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

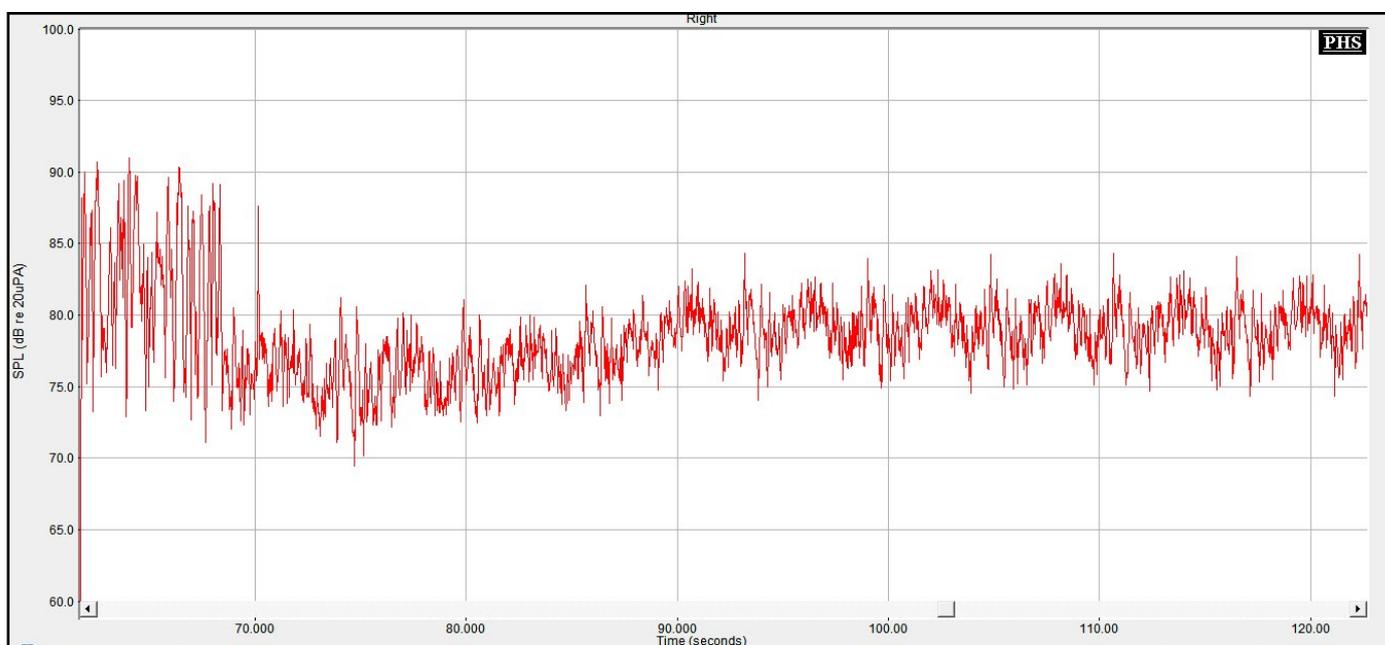


Figure n°317 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé au maximum

Annexe n°31 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de rame de métro obtenues avec le RdB désactivé

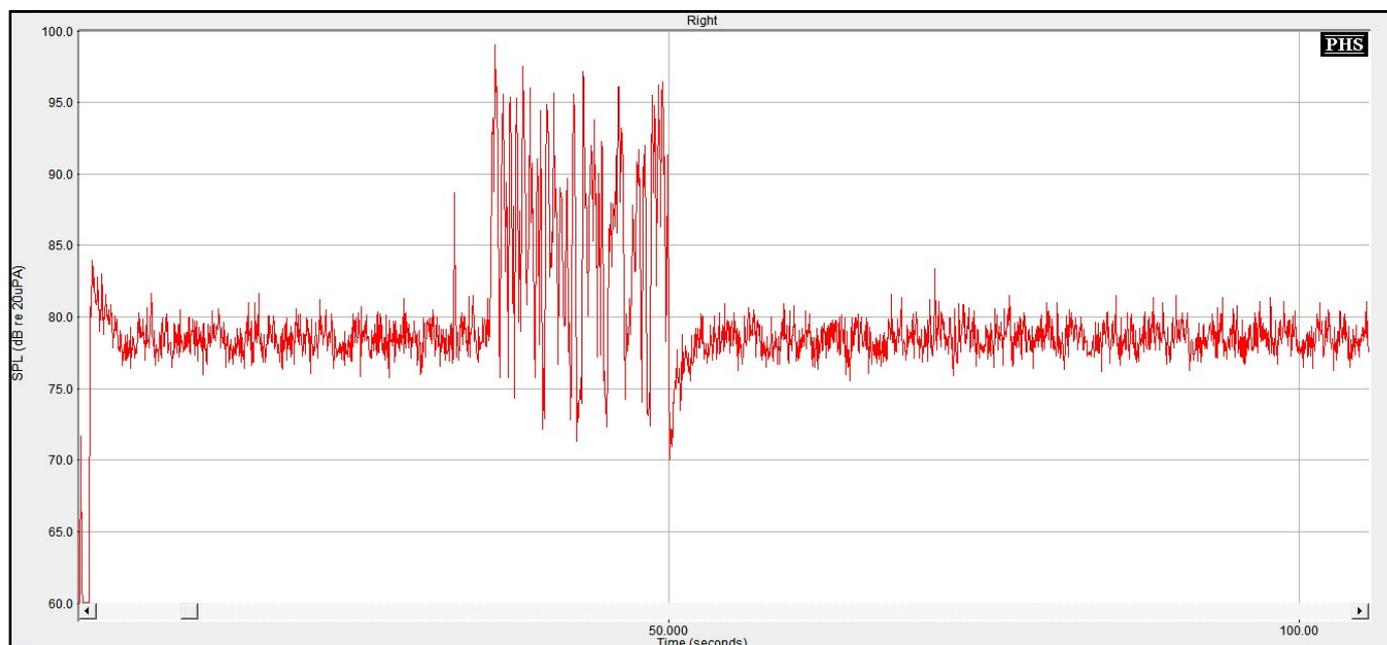


Figure n°318 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

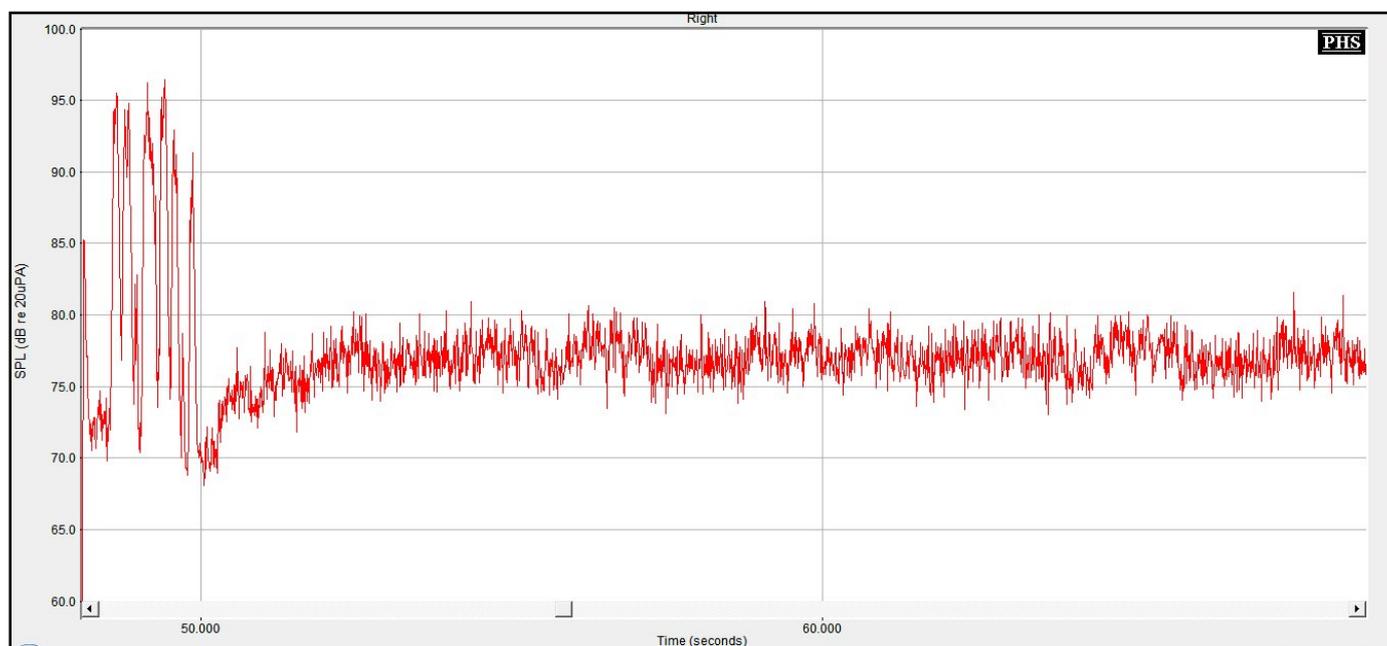


Figure n°319 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit désactivé

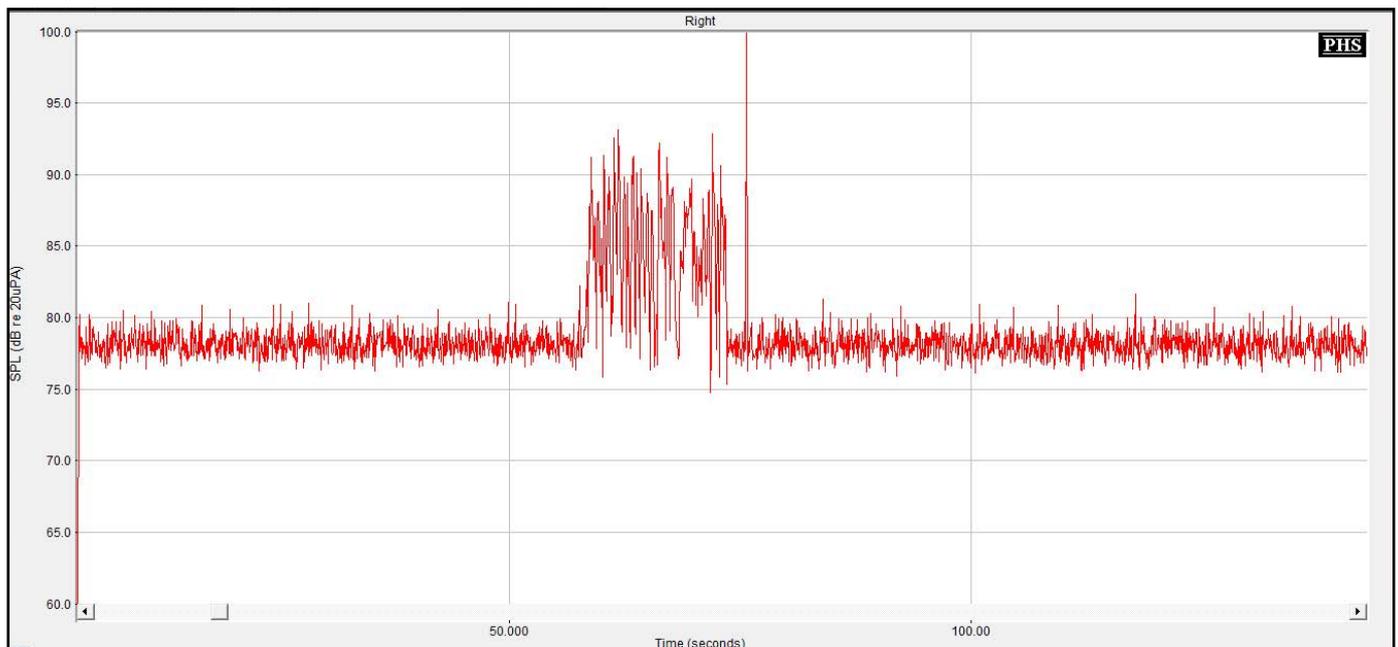


Figure n°320 : Représentation temporelle du bruit de rame de métro émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

Annexe n°32 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de restaurant obtenus avec le RdB désactivé

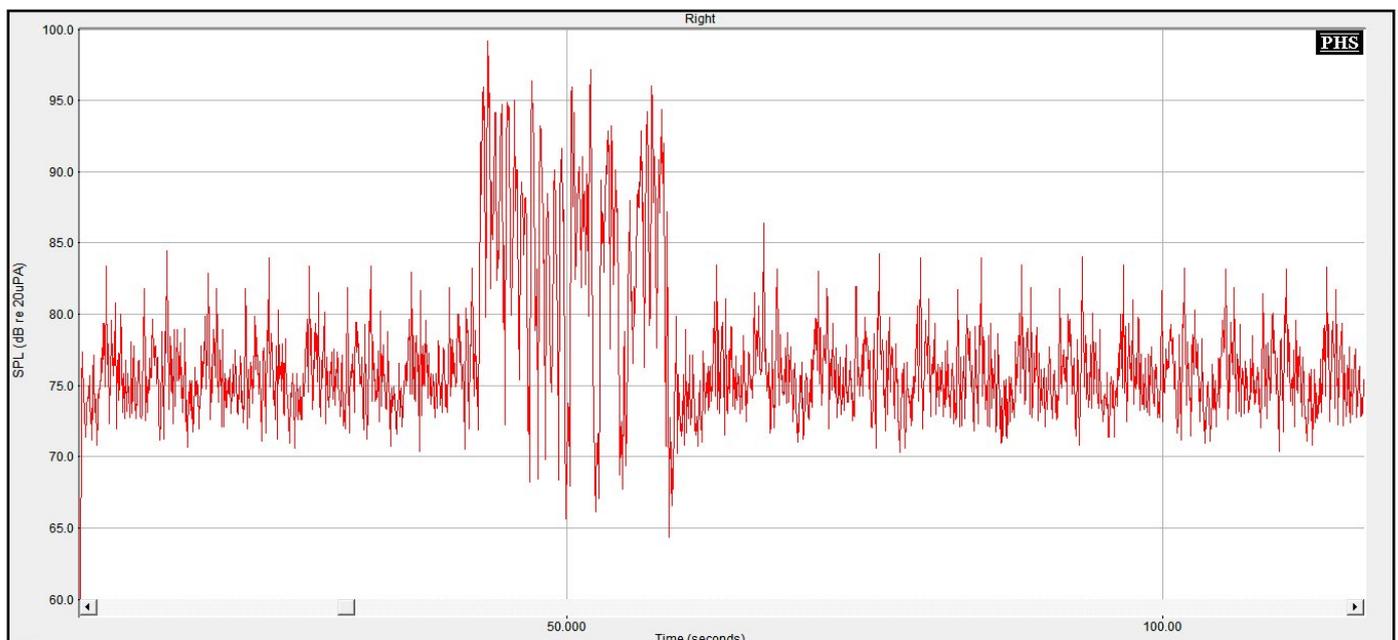


Figure n°321 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

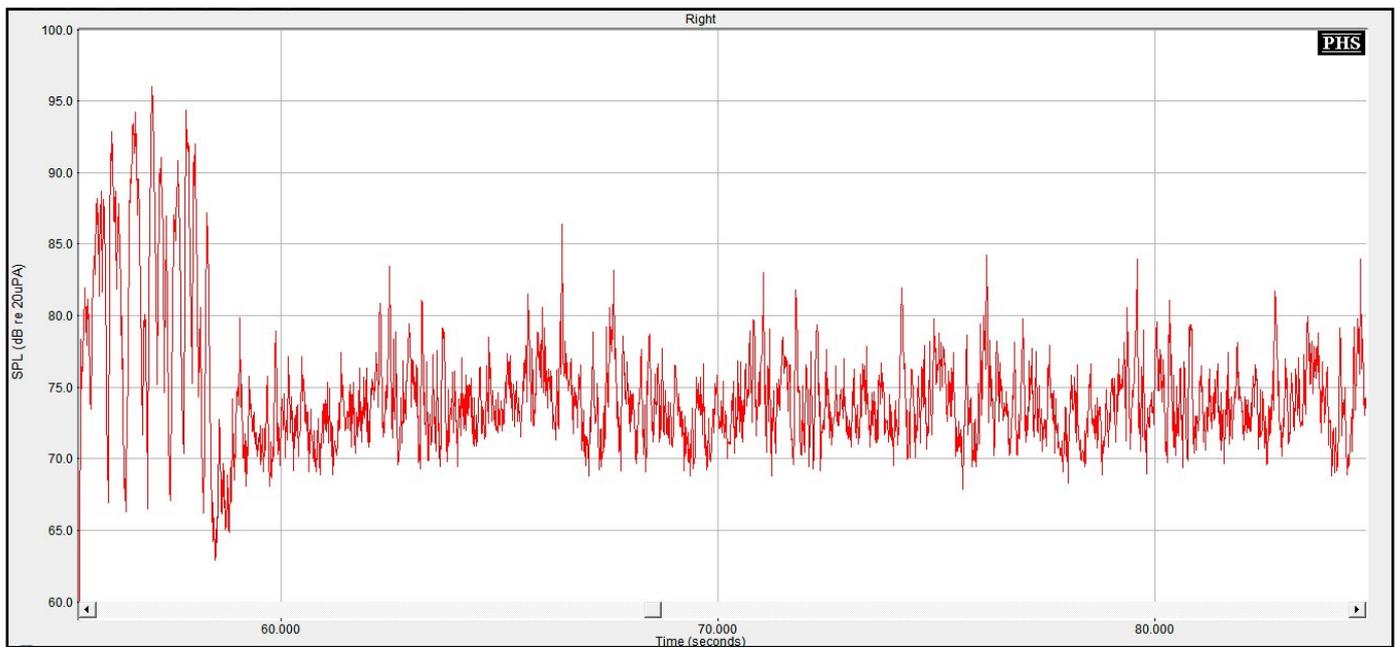


Figure n°322 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit désactivé

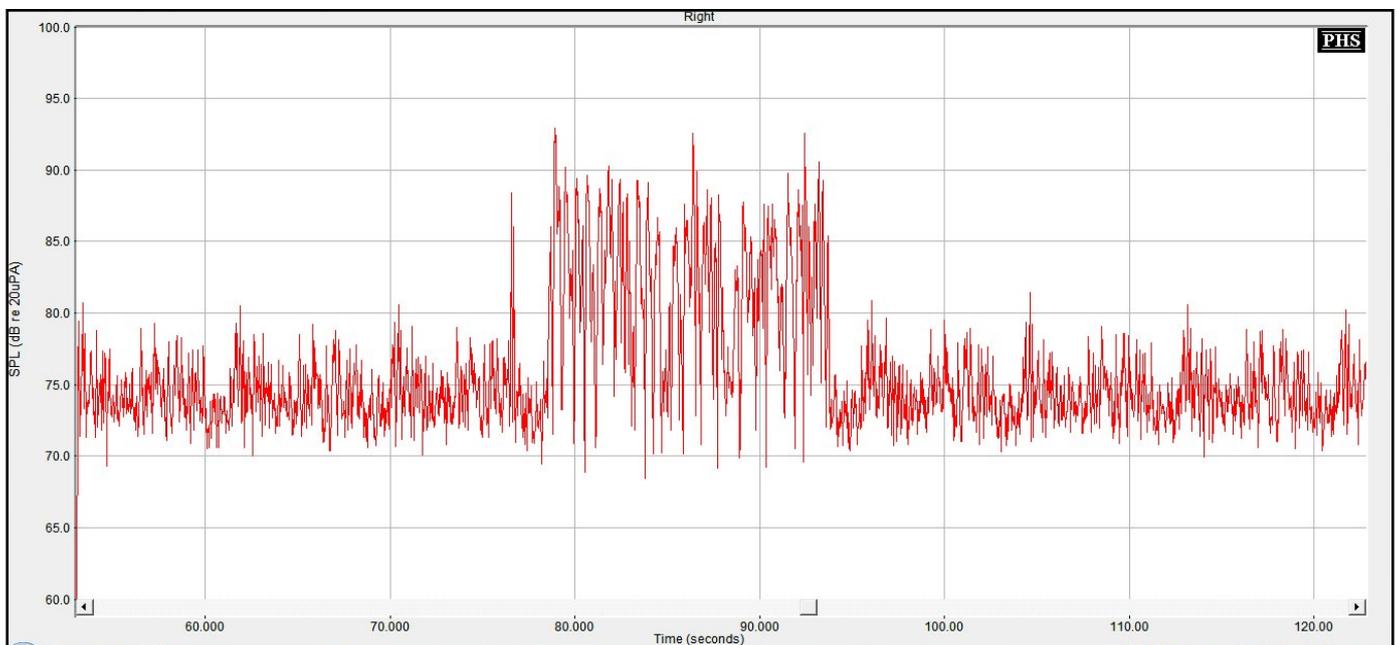


Figure n°323 : Représentation temporelle du bruit de restaurant émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

Annexe n°33 : Ensemble des représentations temporelles de bruit de salle de jeux d'enfants obtenues avec le RdB désactivé

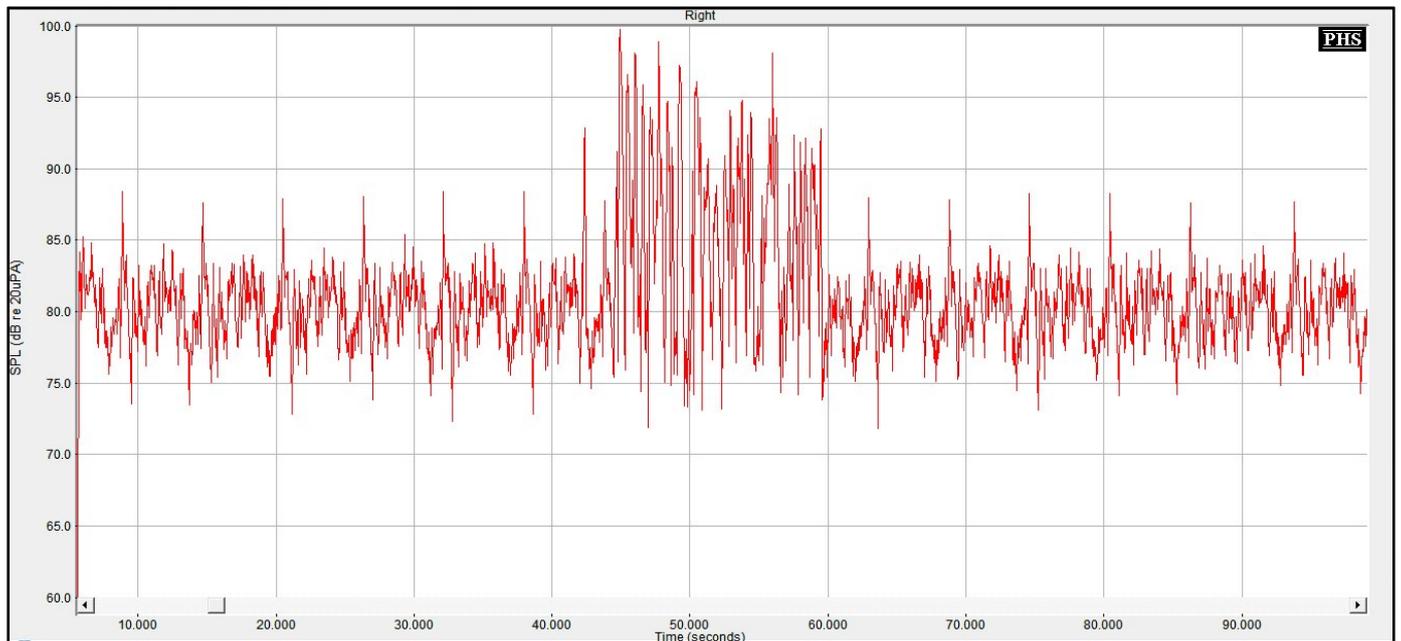


Figure n°324 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

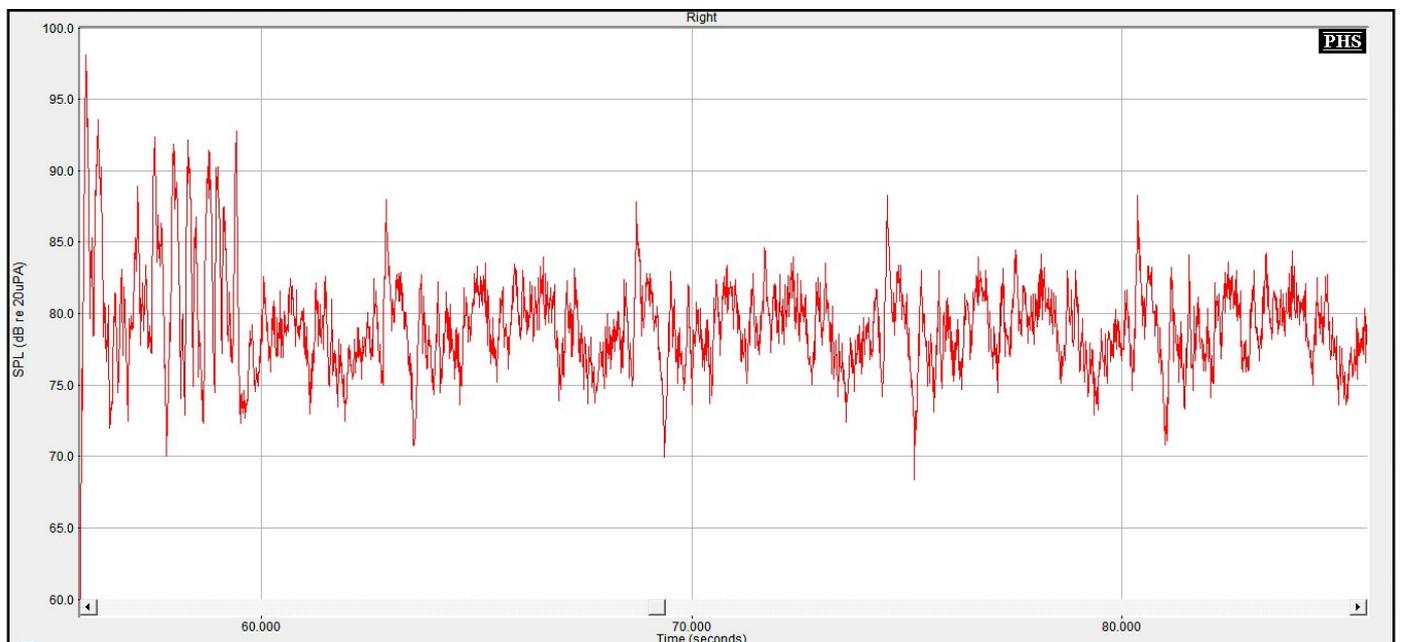


Figure n°325 : Zoom de la représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenu avec le programme P1, Dual et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

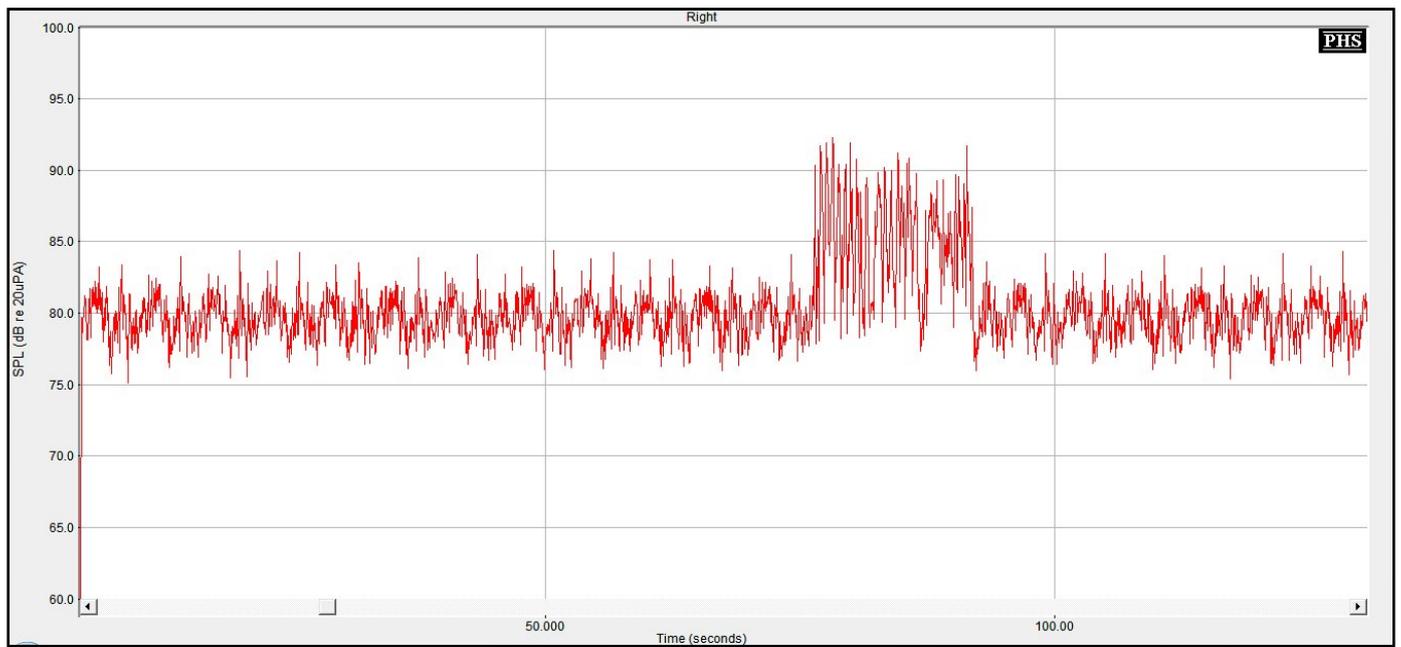


Figure n°326 : Représentation temporelle du bruit de salle de jeux d'enfants émis à 55 dB et d'un signal de parole de 15 s à voix forte, provenant tous deux de l'azimut 0°, obtenue avec le programme P4, Syllabic et Ck dégressifs, Réducteur de bruit réglé désactivé

Etude qualitative des effets des paramètres de compression sur la transmission des sons de parole et de bruit par une aide auditive de dernière génération

Soutenue le 26 octobre 2015

Par Clémence ARNOULT

RESUME :

La compression est un concept primordial aux réglages d'une aide auditive par les audioprothésistes. L'ensemble de ces paramètres n'est pas toujours facile à appréhender. Nous avons donc choisi d'étudier plus précisément deux paramètres de compression :

- Le type de compression, lente ou rapide,
- La valeur des seuils d'enclenchement de la compression, dégressifs des basses aux hautes fréquences ou à 20 dB sur l'ensemble des fréquences.

Pour cette étude, nous avons décidé d'effectuer des mesures acoustiques pour déterminer les effets de chacun des paramètres de compression étudiés ainsi que des tests, réalisés sur une patiente, de façon à vérifier l'impact clinique des effets précédemment identifiés.

MOTS CLEFS :

COMPRESSION
D'ENCLenchement
DE SONIE

REDUCTEUR DE BRUIT
AUDIOPROTHESE

SEUILS
REGLAGES CROISSANCE

Directeur de mémoire	Intitulé du laboratoire	Nature
Monsieur Christian RENARD	Laboratoire RENARD	Expérimentale Santé