



HAL
open science

Création d'un modèle prédictif d'envoi de service mobile d'urgence et de réanimation par analyse vocale de l'appelant au SAMU : modèle de régression logistique binaire

Ines de La Cropte de Chanterac Épouse de Reboul

► To cite this version:

Ines de La Cropte de Chanterac Épouse de Reboul. Création d'un modèle prédictif d'envoi de service mobile d'urgence et de réanimation par analyse vocale de l'appelant au SAMU : modèle de régression logistique binaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03236172

HAL Id: dumas-03236172

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03236172v1>

Submitted on 26 May 2021

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

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



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

Thèse en vue du

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

présentée par

Ines de la CROPTÉ de CHANTERAC,
épouse de REBOUL

Née le 20/06/1993 à Carpentras

**Création d'un
modèle prédictif
d'envoi de service
mobile d'urgence et
de réanimation par
analyse vocale de
l'appelant au SAMU.**

**Sous-titre : Modèle de
régression logistique
binaire.**

**Thèse soutenue à Rennes le
05/10/2020.**

devant le jury composé de :

Eric WODEY

PU-PH, CHU de Rennes / *Président du jury*

Marc CUGGIA

PU-PH, CHU de Rennes

Franck JEGOUX

PU-PH, CHU de Rennes

Louis SOULAT

Professeur associé, CHU de Rennes

Nicolas PESCHANSKI

Professeur associé, CHU de Rennes

Cédric GANGLOFF

PH, CHU de Rennes / *directeur de thèse*



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

Thèse en vue du
DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

présentée par

Ines de la CROPTÉ de CHANTERAC,
épouse de REBOUL

Née le 20/06/1993 à Carpentras

**Création d'un
modèle prédictif
d'envoi de service
mobile d'urgence et
de réanimation par
analyse vocale de
l'appelant au SAMU.**

**Sous-titre : Modèle de
régression logistique
binaire.**

**Thèse soutenue à Rennes le
05/10/2020.**

devant le jury composé de :

Eric WODEY

PU-PH, CHU de Rennes / *Président du jury*

Marc CUGGIA

PU-PH, CHU de Rennes

Franck JEGOUX

PU-PH, CHU de Rennes

Louis SOULAT

Professeur associé, CHU de Rennes

Nicolas PESCHANSKI

Professeur associé, CHU de Rennes

Cédric GANGLOFF

PH, CHU de Rennes / *directeur de thèse*

LISTE DES PROFESSEURS**De la Faculté de Médecine de l'Université Rennes 1****Au 1^{er} septembre 2019****Professeurs des Universités**

ANNE-GALIBERT Marie-Dominique - PU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

BARDOU-JACQUET Edouard - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

BELAUD-ROTUREAU Marc-Antoine - PU-PH - Histologie, embryologie et cytogénétique

BELLISSANT Eric - PU-PH - Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie

BELOEIL Hélène - PU-PH - Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

BENDAVID Claude - PU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

BENSALAH Karim - PU-PH - Urologie

BEUCHEE Alain - PU-PH - Pédiatrie

BONAN Isabelle - PU-PH - Médecine physique et de réadaptation

BONNET Fabrice - PU-PH - Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale

BOUDJEMA Karim - PU-PH - Chirurgie viscérale et digestive

BOUGET Jacques - Professeur Emérite - Thérapeutique-médecine de la douleur, addictologie

BOUGUEN Guillaume - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

BRASSIER Gilles - PU-PH - Neurochirurgie

BRETAGNE Jean-François - Professeur Emérite – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

BRISOT Pierre - Professeur Emérite – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

CARRE François - PU-PH - Physiologie

CATROS Véronique - PU-PH - Biologie cellulaire

CATTOIR Vincent - PU-PH - Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

CHALES Gérard - Professeur Emérite - Rhumatologie

CORBINEAU Hervé - PU-PH - Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

CUGGIA Marc - PU-PH - Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication

DARNAULT Pierre - PU-PH - Anatomie

DAUBERT Claude - Professeur Emérite - Cardiologie

DAVID Véronique - PU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

DAYAN Jacques - Professeur Emérite – Pédopsychiatrie, addictologie

DE CREVOISIER Renaud - PU-PH – Cancérologie, radiothérapie

DECAUX Olivier - PU-PH - Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement, addictologie

DESRUES Benoît - PU-PH – Pneumologie, addictologie

DEUGNIER Yves - Professeur Emérite – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

DONAL Erwan - PU-PH - Cardiologie

DRAPIER Dominique - PU-PH - Psychiatrie d'adultes, addictologie

DUPUY Alain - PU-PH - Dermato-vénérologie

ECOFFEY Claude - PU-PH - Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

EDAN Gilles - Professeur en surnombre - Neurologie

FERRE Jean-Christophe - PU-PH - Radiologie et imagerie médicale

FEST Thierry - PU-PH – Hématologie, transfusion

FLECHER Erwan - PU-PH - Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

GANDEMER Virginie - PU-PH - Pédiatrie

GANDON Yves - PU-PH - Radiologie et imagerie médicale

GANGNEUX Jean-Pierre - PU-PH - Parasitologie et mycologie

GARIN Etienne - PU-PH - Biophysique et médecine nucléaire

GAUVRIT Jean-Yves - PU-PH - Radiologie et imagerie médicale

GODEY Benoît - PU-PH - Oto-rhino-laryngologie

GUGGENBUHL Pascal - PU-PH - Rhumatologie

GUILLE François - PU-PH - Urologie

GUYADER Dominique - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

HAEGELEN Claire - PU-PH - Anatomie

HOUOT Roch - PU-PH – Hématologie, transfusion

HUSSON Jean Louis - Professeur Emérite - Chirurgie orthopédique et traumatologique

HUTEN Denis - Professeur Emérite - Chirurgie orthopédique et traumatologique

JEGO Patrick - PU-PH - Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement, addictologie

JEGOUX Franck - PU-PH - Oto-rhino-laryngologie

JOUNEAU Stéphane - PU-PH – Pneumologie, addictologie

KAYAL Samer - PU-PH - Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

LAMY DE LA CHAPELLE Thierry - PU-PH – Hématologie, transfusion

LAVIOLLE Bruno - PU-PH - Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie

LAVOUE Vincent - PU-PH - Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale

LE BRETON Hervé - PU-PH - Cardiologie

LE TULZO Yves - PU-PH - Médecine intensive-réanimation

LECLERCQ Christophe - PU-PH - Cardiologie

LEDERLIN Mathieu - PU-PH - Radiologie et imagerie médicale

LEGUERRIER Alain - Professeur Emérite - Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

LEJEUNE Florence - PU-PH - Biophysique et médecine nucléaire

LEVEQUE Jean - PU-PH - Gynécologie-obstétrique, gynécologie médicale

LIEVRE Astrid - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

MABO Philippe - PU-PH - Cardiologie

MAHE Guillaume - PU-PH - Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire

MALLEDANT Yannick - Professeur Emérite - Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

MATHIEU-SANQUER Romain - PU-PH - Urologie

MENER Eric - Professeur associé - Médecine générale

MEUNIER Bernard - PU-PH - Chirurgie viscérale et digestive

MICHELET Christian - Professeur Emérite - Maladies infectieuses, maladies tropicales

MOIRAND Romain - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

MORANDI Xavier - PU-PH - Anatomie

MOREL Vincent - Professeur associé - Médecine palliative

MOSSER Jean - PU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

MOURIAUX Frédéric - PU-PH - Ophtalmologie

MYHIE Didier - Professeur associé - Médecine générale

NAUDET Florian - PU-PH - Thérapeutique-médecine de la douleur, addictologie

ODENT Sylvie - PU-PH - Génétique

OGER Emmanuel - PU-PH - Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie

PARIS Christophe - PU-PH - Médecine et santé au travail

PERDRIGER Aleth - PU-PH - Rhumatologie

PLADYS Patrick - PU-PH - Pédiatrie

RAVEL Célia - PU-PH - Histologie, embryologie et cytogénétique

RENAUT Pierric - Professeur associé - Médecine générale

REVEST Matthieu - PU-PH - Maladies infectieuses, maladies tropicales

RIFFAUD Laurent - PU-PH - Neurochirurgie

RIOUX-LECLERCQ Nathalie - PU-PH - Anatomie et cytologie pathologiques

ROBERT-GANGNEUX Florence - PU-PH - Parasitologie et mycologie

ROPARS Mickaël - PU-PH - Chirurgie orthopédique et traumatologique

SAINT-JAMES Hervé - PU-PH - Biophysique et médecine nucléaire

SAULEAU Paul - PU-PH - Physiologie

SEGUIN Philippe - PU-PH - Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

SEMANA Gilbert - PU-PH - Immunologie

SIPROUDHIS Laurent - PU-PH – Gastroentérologie, hépatologie, addictologie

SOMME Dominique - PU-PH - Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement, addictologie

SOULAT Louis - Professeur associé - Médecine d'urgence

SULPICE Laurent - PU-PH - Chirurgie viscérale et digestive

TADIE Jean Marc - PU-PH - Médecine intensive-réanimation

TARTE Karin - PU-PH - Immunologie

TATTEVIN Pierre - PU-PH - Maladies infectieuses, maladies tropicales

THIBAULT Ronan - PU-PH - Nutrition

THIBAULT Vincent - PU-PH - Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière

THOMAZEAU Hervé - PU-PH - Chirurgie orthopédique et traumatologique

TORDJMAN Sylvie - PU-PH – Pédiopsychiatrie, addictologie

VERHOYE Jean-Philippe - PU-PH - Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

VERIN Marc - PU-PH - Neurologie

VIEL Jean-François - PU-PH - Epidémiologie, économie de la santé et prévention

VIGNEAU Cécile - PU-PH - Néphrologie

VIOLAS Philippe - PU-PH - Chirurgie infantile

WATIER Eric - PU-PH - Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brûlologie

WODEY Eric - PU-PH - Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

Maitres de Conférences des Universités

ALLORY Emmanuel - MCF associé - Médecine générale

AME-THOMAS Patricia - MCU-PH - Immunologie

AMIOT Laurence - MCU-PH - Hématologie ; transfusion

ANSEMI Amédéo - MCU-PH - Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

BANATRE Agnès - MCF associé - Médecine générale

BEGUE Jean Marc - MCU-PH - Physiologie

BERTHEUIL Nicolas - MCU-PH - Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie

BOUSSEMART Lise - MCU-PH - Dermato-vénérologie

BROCHARD Charlène - MCU-PH - Physiologie

CABILLIC Florian - MCU-PH - Biologie cellulaire

CASTELLI Joël - MCU-PH - Cancérologie ; radiothérapie

CAUBET Alain - MCU-PH - Médecine et santé au travail

CHAPRON Anthony – MCF - Médecine générale

CHHOR-QUENIART Sidonie - MCF associé - Médecine générale

CORVOL Aline - MCU-PH - Médecine interne, gériatrie et biologie du vieillissement, addictologie

DAMERON Olivier – MCF - Informatique

DE TAYRAC Marie - MCU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

DEGEILH Brigitte - MCU-PH - Parasitologie et mycologie

DROITCOURT Catherine - MCU-PH - Dermato-vénérologie

DUBOURG Christèle - MCU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

DUGAY Frédéric - MCU-PH - Histologie, embryologie et cytogénétique

EDELIN Julien - MCU-PH – Cancérologie, radiothérapie

FIQUET Laure – MCF associé - Médecine générale

GANGLOFF Cédric - MCF associé - Médecine d'urgence

GARLANTEZEC Ronan - MCU-PH - Epidémiologie, économie de la santé et prévention

GOUIN épouse THIBAUT Isabelle - MCU-PH - Hématologie ; transfusion

GUILLET Benoit - MCU-PH – Hématologie, transfusion

JAILLARD Sylvie - MCU-PH - Histologie, embryologie et cytogénétique

KALADJI Adrien - MCU-PH - Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire

KAMMERER-JACQUET Solène-Florence - MCU-PH - Anatomie et cytologie pathologiques

LAVENU Audrey – MCF - sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

LE GALL François - MCU-PH - Anatomie et cytologie pathologiques

LEMAITRE Florian - MCU-PH - Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie

MARTINS Pedro Raphaël - MCU-PH - Cardiologie

MENARD Cédric - MCU-PH - Immunologie

MICHEL Laure - MCU-PH - Neurologie

MOREAU Caroline - MCU-PH - Biochimie et biologie moléculaire

MOUSSOUNI Fouzia – MCF - Informatique

PANGAULT Céline - MCU-PH – Hématologie, transfusion

ROBERT Gabriel - MCU-PH - Psychiatrie d'adultes, addictologie

SCHNELL Frédéric - MCU-PH - Physiologie

THEAUDIN épouse SALIOU Marie - MCU-PH - Neurologie

TURLIN Bruno - MCU-PH - Anatomie et cytologie pathologiques

VERDIER épouse LORNE Marie-Clémence - MCU-PH - Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique, addictologie

ZIELINSKI Agata – MCF - Philosophie

Remerciements

Au Professeur Eric WODEY qui a accepté de présider cette thèse,

Aux Professeurs d'Université Marc CUGGIA et Franck JEGOUX, au Professeur Associé Louis SOULAT et au Docteur Nicolas PESCHANSKY qui ont accepté de faire partie du jury,

Au Docteur Cédric GANGLOFF qui l'a dirigée,

A Hervé pour son soutien et sa patience depuis le début de l'internat, et à Louis qui m'a laissé un peu de répit pour la rédiger.

A ma famille et mes amis qui m'ont encouragée et soutenue depuis le début de mes études.

Table des matières

Table des illustrations et tableaux	9
Introduction	10
1/ Généralités sur la régulation médicale et ses enjeux	10
2/ Modification de la voix en contexte de stress	11
3/ Objectif de l'étude.....	12
Méthodologie.....	13
1/ Matériel	13
2/ Analyse phonatoire.....	14
3/ Analyse statistique.....	15
4/ Apprentissage automatique	16
Résultats	17
1/ Données.....	17
2/ Comparaison des moyennes	17
3/ Analyse univariée par t-test.....	19
4/ Modèle de régression logistique binaire.....	21
Discussion	22
1/ Interprétation	22
2/ Limites.....	24
3/ Perspectives.....	25
Conclusion.....	26
Bibliographie.....	28

Table des illustrations et tableaux

Figure 1 : Exemple de spectrogramme sur PRAAT (11)	15
Figure 2 : Diagramme de flux	17
Tableau 2 : Test t de comparaison des moyennes	20
Tableau 3 : Signification statistique des variables indépendantes du modèle de régression logistique binaire.....	21
Tableau 4 : Table de classification du modèle prédictif de SMUR.....	21

Introduction

1/ Généralités sur la régulation médicale et ses enjeux

La régulation médicale est un acte médical pratiqué par téléphone par un médecin dans un centre d'appels dédié aux urgences médicales, en réponse à la demande d'un patient ou d'un tiers. A partir de son interrogatoire, le médecin régulateur évalue la situation afin de mobiliser les moyens adaptés à la prise en charge du patient (conseil médical, envoi d'un transport sanitaire ou d'une structure mobile d'urgence et de réanimation).

La difficulté de la régulation est liée notamment à l'absence d'information visuelle ou tactile, partie intégrante de l'examen clinique. Ainsi la reconnaissance de la gravité d'une situation et de la nécessité de soins médicaux urgents se base uniquement sur l'interrogatoire téléphonique. Celui-ci comprend deux types d'éléments : des éléments sémantiques (agencement des mots) et phonatoires (caractéristiques physiques de la voix). Or il a été constaté que la phonation est fortement influencée par le stress des interlocuteurs (1).

Le nombre d'appels ne cesse de croître avec 25 millions d'appels décrochés par an sur 29 millions d'appels reçus. Parmi ceux-là, 16 millions de dossiers de régulation médicale sont ouverts (Statistiques SAE du Ministère de la Santé)(2). Le travail de nuit dans un contexte de charge de travail important peut entraîner une diminution de la vigilance et de concentration des professionnels. Un interrogatoire téléphonique de qualité doit cependant être réalisé afin d'apporter une réponse tenant compte des moyens disponibles et adaptée aux besoins du patient.

Le SAMU 35 traite environ 1000 dossiers de régulation médicale par jour, chaque dossier comportant une cinquantaine de variables (localisation, motif d'appel, constantes vitales, interrogatoire médical etc.). Le nombre de variables à traiter par médecin et par jour est par conséquent d'environ 50 000. Les médecins doivent en faire la synthèse afin de décider des moyens alloués à chaque appelant.

D'où notre intérêt envers les progrès de la télémédecine et de l'intelligence artificielle, en cohérence avec les propos d'Agnès Ricard-Hibon, présidente de la SFMU, qui souhaitait « une modernisation de ces plateformes [du Centre 15] intégrant les outils modernes de téléconsultation et télé-expertise » (3). Le but étant d'apporter une aide à la régulation via des systèmes d'aide à la décision pour limiter les erreurs humaines liées à la fatigue, à des défauts de communication ou à un afflux trop important d'informations.

2/ Modification de la voix en contexte de stress

L'analyse de paramètres phonatoires a été utilisée dans différents domaines, permettant de détecter des situations de stress aigu (analyse du stress vocal ou Voice Stress Analysis) et constitue un champ de recherche dans le cadre d'une amélioration des pratiques en régulation médicale.

Depuis les années 1980, des scientifiques s'intéressent aux caractéristiques acoustiques des états émotionnels par le biais de modifications de la respiration, de la phonation et de l'articulation (4).

Les manifestations physiologiques engendrées par un état d'anxiété sont liées à une activation du système sympathique et, à un moindre niveau, du système parasympathique. Cela induit une augmentation de la fréquence cardiaque et de la fréquence respiratoire, une modification de l'activité électrodermale (activité électrique enregistrée à la surface de la peau reflétant l'activité des glandes de la sudation et du système nerveux autonome) et de la tension musculaire, l'apparition de tremblements, de douleurs abdominales, une activation du péristaltisme gastro-intestinal et une diminution de la production salivaire. Outre ces symptômes somatiques, des symptômes cognitifs apparaissent, se manifestant par des troubles de l'attention et de la mémoire, des pensées négatives et un manque de satisfaction.

Puisque l'activité de parler nécessite le contrôle de différents effecteurs (appareil respiratoire, musculature laryngée et résonateurs), il est compréhensible que les manifestations physiologiques liées à un état d'anxiété se répercutent sur le contrôle de la fréquence fondamentale, paramètre acoustique crucial dans cette activité (1,5,6) .

L'étude de Banse R. et al. a montré que l'on pouvait déduire des émotions à partir de l'analyse de la voix chez des acteurs et a caractérisé des modèles d'expressions vocales spécifiques à certaines émotions (4).

Certaines études ont étudié le lien entre la stimulation du système sympathique lors d'un stress aigu ou lors de son blocage (par des bêtabloquants) et son impact sur les paramètres vocaux. Il est mis en évidence une augmentation de la fréquence fondamentale (pitch) et de l'intensité de la voix, ainsi qu'une diminution des indices de perturbation vocale (jitter et shimmer)(7).

Sondhi S. et al. ont analysé avec le logiciel PRAAT® des voix d'émission radio où l'animateur vexé intentionnellement les sujets sans les prévenir afin d'étudier leur réaction au stress. Il conclut également une augmentation de la fréquence fondamentale et une diminution des formants F1 et F2 (8). Ses résultats sont similaires à ceux de nombreuses études citées dans son article.

Les mêmes modifications des paramètres vocaux ont été mises en évidence par Mendoza E. et al. (9) en situation de stress liée à la charge de travail.

L'équipe de Scherer en 2008 décrit la création d'un réseau de neurones capables de détecter automatiquement le stress dans les extraits vocaux en temps réel avec un taux d'erreur inférieur à celui de différents jurys humains (10).

3/ Objectif de l'étude

Les centres de régulation du SAMU-Centre 15 conservent tous les enregistrements vocaux concernant les demandes de secours à personne qui leur sont adressées. Les éléments acoustiques de la voix de l'appelant peuvent être étudiés. Cela peut permettre d'identifier des modifications significatives de certains paramètres vocaux lié à un état de stress associé aux situations nécessitant des soins urgents.

L'objectif de notre étude cas-témoin est d'analyser les caractéristiques acoustiques de la voix d'une personne appelant au SAMU ayant conduit à l'envoi d'un SMUR. Le but est d'identifier des modifications significatives de paramètres vocaux compatibles avec un état de stress pour créer un modèle prédictif de l'envoi de SMUR.

Méthodologie

1/ Matériel

Il s'agit d'une étude monocentrique réalisée à partir de données recueillies rétrospectivement au SAMU-Centre 15 du CHU de Rennes entre le 01 janvier 2019 et le 31 mai 2019, après accord du comité d'éthique (avis n°19.47).

A partir des informations obtenues à l'aide du logiciel *Centaure* (version 4.8.1.12, SIS Software, 2019), nous avons extrait 1000 bandes sonores qui avaient bénéficié d'une régulation par l'assistant de régulation médicale et/ou le médecin régulateur pour une problématique médicale ou médico-sociale avec un contact direct avec l'appelant (patient ou témoin).

Deux groupes ont été constitués : SMUR et NON SMUR.

500 dossiers de régulation médicale correspondaient à la décision d'envoi d'un SMUR primaire et les 500 autres étaient les dossiers précédents ayant abouti à toute autre décision qu'un SMUR afin de conserver les mêmes conditions de réception des appels (même équipe de régulateurs, même charge de travail...).

Les enregistrements des appels ont été extraits via le logiciel *Workstation* (version 11.6.0.0, 2005, UHERS Corporation) au format Waveforme Audio files (wav.) et cryptés par *VeraCrypt* (version 1.23, IDRIX software, 2018). Ils ont été anonymisés manuellement afin d'isoler la voix de l'appelant (durée maximum de 4 minutes), grâce au logiciel *Ocean Audio* (version 3.7.4., 2019).

Les critères de non-inclusion correspondent aux appels effectués par des mineurs ou patients sous tutelle ou curatelle, ceux contenant insuffisamment de données exploitables (absence de dialogue direct entre l'appelant et les intervenants, temps de communication trop courts), et les interventions médicalisées secondaires (transport inter-hospitalier).

2/ Analyse phonatoire

Nous avons sélectionné différents paramètres objectifs de la voix permettant d'analyser :

- La fréquence fondamentale F0 ou pitch qui correspond à la hauteur du son émis, exprimée en Hertz. Le logiciel calcule les variables suivantes : pitch moyen (MPITCH), pitch médian (MEDPITCH), pitch minimum (MINPITCH), pitch maximum (MAXPITCH), déviation standard (SDPITCH).

Le jitter (ou guigue) qui mesure les perturbations à court terme de la fréquence fondamentale du signal sonore. Les variables calculées sont le jitter absolute (en microsecondes), le jitter RAP, PPQ5 (en pourcentage).

Le number of voice break (NVB) qui correspond à une rupture dans le maintien d'un son, critère de qualité de la voix (en pourcentage).

- Le timbre qui correspond à la richesse en harmoniques du son (multiplication de la fréquence fondamentale générée par la résonance de chaque cavité acoustique). Il est représenté par les variables rapport bruit sur harmonique (MEANNHR) et rapport harmonique sur bruit (MEANHNR) qui évaluent la présence de bruit dans le signal (variations d'amplitude, turbulences, coupures de voix...).

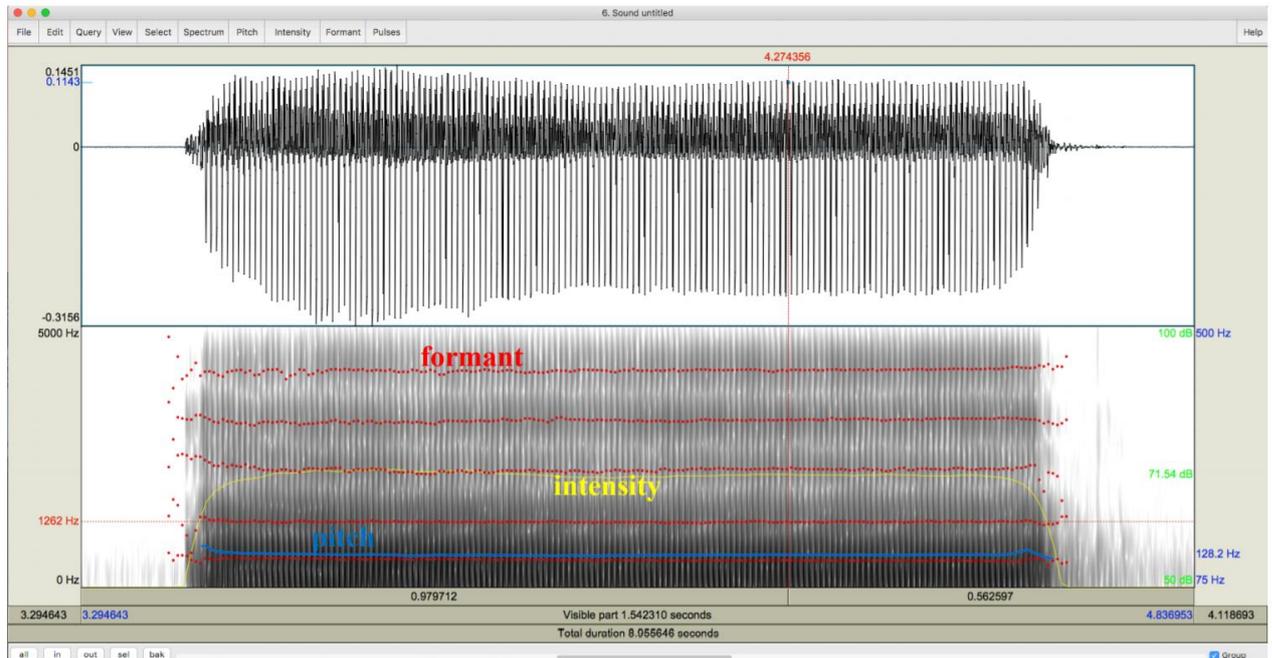
Les formants correspondent à des zones renforcées d'amplification des harmoniques et sont répartis en 4 classes : F1, F2, F3, F4 (en Hz).

- L'intensité correspond à une mesure d'amplitude en décibels (dB). Le logiciel en calcule la médiane (MEDINTENS), la déviation standard (SDINTENS), le minimum (MININTENS) et le maximum (MAXINTENS).

Le shimmer est une mesure des perturbations à court terme de l'amplitude du signal sonore. Il est défini par 4 paramètres : shimmer absolute (en dB), shimmer APQ3, APQ5, APQ11.

Les extraits vocaux des deux groupes ont été analysés à l'aide du logiciel *PRAAT*® (v.6.1.03, 2019). C'est un logiciel développé par P.BOERSMA et D.WEENINK à l'Institut des Sciences Phonétiques de l'université d'Amsterdam comprenant un ensemble de programmes spécialement conçus pour produire des représentations graphiques de la parole.

Figure 1 : Exemple de spectrogramme sur PRAAT (11)



3/ Analyse statistique

Nous avons utilisé le logiciel *IBM SPSS Statistics* (v25, MacOS edition) pour les analyses statistiques descriptives (moyennes) de chaque variable dans les deux groupes et pour générer le modèle de régression logistique binaire.

Un test de Student avec un risque α de 0,05 a été réalisé pour étudier les différences de chaque paramètre entre nos deux groupes. Nous avons inclus toutes les variables dont le seuil de significativité était inférieur ou égal à 0,20 pour construire le modèle de régression logistique binaire visant à prédire l'envoi de SMUR.

L'ajustement a été réalisé avec le calcul de la statistique de Wald et du coefficient b et $\text{Exp}(b)$ pour chacune des variables retenues.

4/ Apprentissage automatique

Le logiciel *RStudio* a permis de réaliser la construction d'un modèle d'apprentissage automatique du type « réseau de neurones ».

Les données ont été réparties en deux jeux. Le premier correspondant à 70% des enregistrements est utilisé pour la création du modèle. Le deuxième a servi de jeu de test avec 30% des appels.

Les 23 paramètres sélectionnés ont été utilisés pour la construction du modèle de régression logistique binaire. Celui-ci les a classés dans les catégories SMUR et NON SMUR. L'ensemble des données utilisées étant déjà identifié au préalable dans les deux groupes d'intérêt, le modèle va s'entraîner avec celles-ci et se modifier progressivement jusqu'à atteindre son taux d'erreurs minimal. C'est la technique d'« apprentissage supervisé ».

Les 30% d'enregistrements restants vont servir à évaluer le modèle pour la prédiction de l'envoi d'un SMUR. La performance du modèle ainsi généré est évaluée par l'aire sous la courbe ROC (AUC), correspondant au critère de jugement principal.

Cette partie a été réalisée par Madame Amélie DUCOIN, les résultats et conclusions seront décrits dans sa thèse.

Résultats

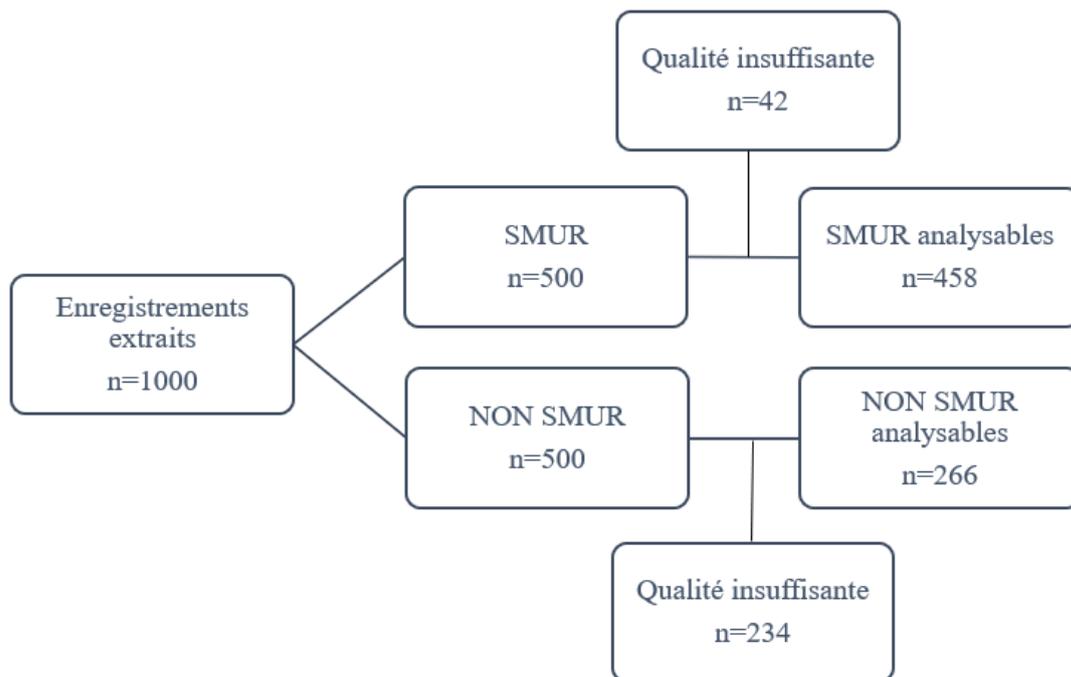
1/ Données

Les données collectées dans cette étude représentent environ 30 000 valeurs par patient soit 30 millions valeurs. Le temps nécessaire à l'extraction de ces données par le logiciel PRAAT® a été de 5 jours.

Dans la période sélectionnée, nous avons extrait 1000 enregistrements du logiciel *Centaure 15* (v.5) dont 500 dans le groupe SMUR et 500 dans le groupe NON SMUR.

42 dossiers SMUR et 234 dossiers NON SMUR ont été exclus en raison de problèmes de qualité des bandes qui empêcha leur analyse.

Figure 2 : Diagramme de flux



2/ Comparaison des moyennes

Les moyennes des variables dans les deux groupes sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Comparaison des moyennes

	group	N	Moyenne	Ecart-type	Moyenne erreur standard
median pitch (Hz)	SMUR	458	198,69865	58,678944	2,741887
	NOSMUR	266	192,23885	53,791267	3,298154
mean pitch(Hz)	SMUR	458	205,55985	55,617518	2,598836
	NOSMUR	266	200,74729	50,888697	3,120186
pitchStandard deviation (Hz)	SMUR	458	44,28752	18,892198	,882774
	NOSMUR	266	47,18830	20,736018	1,271407
pitch min(Hz)	SMUR	458	116,93108	41,222561	1,926204
	NOSMUR	266	113,65714	41,867019	2,567032
pitch max(Hz)	SMUR	458	393,24375	92,688484	4,331048
	NOSMUR	266	402,53048	85,497206	5,242170
Number of voice breaks	SMUR	458	11,36	3,390	,158
	NOSMUR	266	12,08	3,252	,199
Jitter (local, absolute)(s)	SMUR	458	,0001029752	,00004748045	,00000221862
	NOSMUR	266	,0001039234	,00004287240	,00000262868
Jitter (rap) (%)	SMUR	458	,83113	,291995	,013644
	NOSMUR	266	,84081	,274420	,016826
Jitter (ppq5) (%)	SMUR	458	,94555	,316100	,014770
	NOSMUR	266	,94814	,301029	,018457
Shimmer (local, dB)(dB)	SMUR	458	1,01513	,182392	,008523
	NOSMUR	266	1,01687	,194211	,011908
Shimmer (apq3)(%)	SMUR	458	4,03534	1,112062	,051963
	NOSMUR	266	4,11427	1,155646	,070857
Shimmer (apq5)(%)	SMUR	458	5,61192	1,590744	,074331
	NOSMUR	266	5,64456	1,655004	,101475
Shimmer (apq11)(%)	SMUR	458	9,86147	3,006726	,140495
	NOSMUR	266	9,99079	3,633597	,222790
Mean noise-to-harmonics ratio	SMUR	458	,15100174	,061472774	,002872434
	NOSMUR	266	,15203995	,063890061	,003917351
Mean harmonics-to-noise ratio	SMUR	458	12,60246	2,457010	,114809
	NOSMUR	266	12,64312	2,653861	,162719
FORMANT Mediane H1 (hz)	SMUR	458	519,368245216157300	67,881429203684830	3,171890882449061
	NOSMUR	266	515,713257372180500	69,008316585301870	4,231171365008140

Tableau 1 (suite)

FORMANT Mediane H2(hz)	SMUR	458	1477,755092576417600	120,038642762102200	5,609037419883959
	NOSMUR	266	1480,020721503759700	124,273822033243720	7,619716915673525
FORMANT MédianeH3(hz)	SMUR	458	2308,510961703057500	99,624683735816520	4,655155757848337
	NOSMUR	266	2301,138467518798300	105,038338172025550	6,440313728739421
FORMANT Mediane H4(hz)	SMUR	458	3093,731278493448000	67,621744030350400	3,159756591181635
	NOSMUR	266	3091,578715526315000	67,114592389306380	4,115059684738203
INTENSITE MEDIANE (dB)	SMUR	409	61,252551643	7,8242360571	,3868835735
	NOSMUR	256	60,786353043	7,2337181109	,4521073819
INTENSITE st dev (dB)	SMUR	409	13,905342521295847	3,427701234223172	,169488917864741
	NOSMUR	256	12,984505379335927	3,202496576161921	,200156036010120
INTENSITE MIN(dB)	SMUR	409	22,17412537	7,502761809	,370987695
	NOSMUR	256	22,15623051	7,579844493	,473740281
INTENSITE MAX(dB)	SMUR	409	76,59359210	4,464297751	,220745317
	NOSMUR	256	75,72908214	4,874629643	,304664353

3/ Analyse univariée par t-test

Pour chaque variable, nous avons comparé les valeurs entre les deux groupes avec un test de Student pour déterminer les différences des caractéristiques acoustiques (*tableau 2*).

Nous avons observé une différence statistiquement significative entre le groupe SMUR et le groupe contrôle concernant le number of voice break (NVB $p < 0.005$) et l'intensité (SDINTENS $p < 0,001$ et MAXINTENS $p < 0.019$).

Tableau 2 : Test t de comparaison des moyennes

	Groupe SMUR (n=458)	Groupe NOSMUR (n=266)	P
MEDPITCH (HZ)	198,7±2,7	192,2±3,3	,142
MPITCH (Hz)	205,6 ± 2,6	200,7 ± 3,1	,247
SDPITCH (Hz)	44,3 ± 0,9	47,2 ± 1,3	,055
MINPITCH (Hz)	116,9 ± 1,9	113,7 ± 2,6	,306
MAXPITCH (Hz)	393,2 ± 4,3	402,5 ± 5,2	,182
NVB	11,4 ± ,158	12,1 ± ,199	,005*
JITABS (µs)	103,0 ± 2,2	103,9 ± 2,63	,789
JITRAP (%)	,83 ± ,01	,84 ± ,01	,660
JITPPQ5 (%)	,95 ± ,01	,95 ± ,02	,914
SHIMLOCDB (dB)	1,02 ± ,009	1,02 ± ,01	,904
SHIMAPQ3 (%)	4,04 ± ,05	4,11 ± ,07	,364
SHIMAPQ5 (%)	5,61 ± ,07	5,64 ± ,10	,793
SHIMAPQ11 (%)	9,86±,14	9,99 ± ,22	,606
MEANNHR	,1510 ± ,0029	,1520 ± ,0039	,829
MEANHNR	12,60 ± ,11	12,64 ± ,16	,835
FORMF1 (Hz)	519,4 ± 3,2	515,7 ± 4,2	,488
FORMF2 (Hz)	1477,8 ± 5,6	1480,0 ± 6,4	,809
FORMF3 (Hz)	2308,5 ± 5,6	2301,1 ± 6,4	,347
FORMF4 (Hz)	3093,7 ± 3,2	3091,6 ± 4,1	,679
MEDINTENS (dB)	61,3 ± ,4	60,8 ± ,5	,442
SDINTENS (dB)	13,9 ± ,2	13,0 ± ,2	,001*
MININTENS (dB)	22,2 ± 0,4	22,2 ± ,5	,976
MAXINTENS (dB)	76,6 ± ,2	75,7 ± ,3	,019*

Les données sont présentées avec la moyenne et l'écart type.

*p < 0.05

4/ Modèle de régression logistique binaire

Nous avons créé un modèle d'apprentissage automatique supervisé de type régression logistique binaire prédisant l'envoi de SMUR à partir des paramètres vocaux. Un seuil de $p \leq 0,20$ a été utilisé pour sélectionner les 6 variables utilisées pour la construction du modèle.

Sur les variables analysées, deux contribuent de façon significative à l'amélioration du modèle (SDPITCH et SDINTENS) (*tableau 3*).

Tableau 3 : Signification statistique des variables indépendantes du modèle de régression logistique binaire

	Coefficient b	ES	Wald	p	Exp(b)
SDPITCH (Hz)	-,010	,004	5,238	,022*	,991
SDINTENS (dB)	,087	,025	12,160	,000*	1,090

* $p < 0,05$

Ainsi l'augmentation de la déviation standard de l'intensité a un rôle prédictif positif avec un Exp (B) à 1.090 et un coefficient de Wald élevé. Mais la déviation standard du pitch a un rôle prédictif négatif.

Le tableau de contingence (*tableau 4*) permet de voir que le modèle développé dans cette étude est capable de prédire la nécessité d'un SMUR avec un taux de réussite de 62,9%.

Tableau 4 : Table de classification du modèle prédictif de SMUR

	Prévisions SMUR		Pourcentage correct
	NON	OUI	
NO SMUR	26	230	10,8
SMUR	17	392	95,8
Pourcentage global			62,9

Discussion

1/ Interprétation

Cette étude a permis de montrer que certains paramètres vocaux sont significativement différents entre les appels passés au SAMU pour des patients qui vont bénéficier d'un SMUR et ceux conduisant à l'envoi d'autres moyens de secours.

La comparaison des moyennes de chaque groupe retrouve une fréquence fondamentale et une intensité sonore plus élevées dans le groupe SMUR que dans le groupe contrôle.

Les paramètres du jitter sont proches dans les 2 groupes (JITABS à 102,98µs dans le groupe SMUR contre 103,92µs dans le groupe NON SMUR) mais pathologiques avec un seuil pathologique à 83,20µs. Le JITRAP est à la limite de la pathologie dans les deux groupes (à 0,83% et 0,84% respectivement) pour un seuil de 0,84%.

Les paramètres du shimmer sont identiques dans les 2 groupes (1,02dB) et supérieurs au seuil pathologique de 0,35dB. De même que les autres mesures de shimmer (APQ3, APQ5 et APQ11) où le seuil pathologique est de 3,07% (avec respectivement 4,11% ; 5,64% et 9,99% dans le groupe contrôle et 4,04% ; 5,61% et 9,9% dans le groupe SMUR). La moyenne du ratio harmonique sur bruit était similaire dans les deux groupes (12,60 dans le groupe SMUR et 12,64 dans le groupe NON SMUR) ce qui est pathologique car inférieure au seuil de 20dB retenu.

Ces mesures pathologiques dans les deux groupes peuvent être liées à un état de stress inhérent au fait d'appeler le 15.

Nous avons créé, à partir d'une régression logistique binaire, un modèle prédictif de l'envoi de SMUR en utilisant les paramètres ayant un test de Student avec $p \leq 0,2$ soit le NVB ainsi que la déviation standard et le maximum de l'intensité (SDINTENS et MAXINTENS). Ce modèle utilise 2 variables, SDINTENS et SDPITCH, et a permis d'obtenir 62,9% d'évaluations concordantes avec les données observées concernant l'envoi ou non d'un SMUR lors d'un appel au SAMU, résultat intéressant puisque supérieur à 50%.

Chaque augmentation de la déviation standard de l'intensité augmente la décision d'envoi de SMUR, c'est-à-dire que les patients bénéficiant d'un SMUR ont une plus grande variation d'intensité dans la voix. A l'inverse la déviation standard du pitch diminue chez les patients où un SMUR est envoyé ce qui signifie que leur voix a une fréquence qui varie peu, plus monotone que celle des patients sans SMUR.

Ces résultats concordent avec ceux de la littérature concernant l'analyse de l'influence du stress sur certains paramètres vocaux avec la constatation d'une augmentation de la fréquence fondamentale et de l'intensité sonore dans le groupe ayant conduit à l'envoi d'un SMUR.

Ainsi Frampton qui cherche à détecter du stress induit par la pression du temps dans la parole via des indicateurs acoustiques, retrouve comme indicateurs les plus prédictifs le pitch médian et moyen et l'intensité maximale et moyenne (12).

La revue de la littérature réalisée par Giddens et al., bien que retrouvant des résultats hétérogènes, relève une tendance plutôt universelle d'augmentation de la fréquence fondamentale F0 (13).

Mais il souligne une absence d'unité entre les études sélectionnées qui peut s'expliquer, au moins en partie, par des différences de réponse et de sensibilité individuelle, éléments multifactoriels et complexes à étudier.

Ces différences interindividuelles ont déjà été constatées par Ruiz et al. lors d'expériences avec des pilotes (14) ou par Streeter (15) retrouvant une différence de réactivité vocale, probablement liée à des habitudes d'adaptation au stress puisque l'impact sur la voix peut être contrôlé par un individu dans une certaine mesure.

Pour supprimer ces variations interindividuelles, il faudrait réaliser une analyse des paramètres vocaux chez des participants qui seraient également leur propre témoin.

Mais cela n'est pas possible dans le cadre des appels au Centre 15 et, au lieu de considérer ces différences comme source d'erreurs ou de biais, elles peuvent être utiles pour comprendre les mécanismes physiopathologiques sous-jacents.

C'est ce que suggère une étude de Grassmann M. et al. qui cherche à évaluer la charge mentale de pilotes en considérant les différences individuelles de personnalité et leurs associations avec l'activation cardiorespiratoire par des mesures physiologiques et d'auto-évaluation. Chez les individus ayant une tendance générale à s'inquiéter beaucoup, il a constaté un style d'adaptation cognitif évitant associé à une augmentation plus faible de la fréquence cardiaque. Ainsi l'intégration des différences individuelles peut réduire la variance inexplicée et augmenter la validité des évaluations émotionnelles. (16).

Donc il est important de ne pas se concentrer sur l'expression de chaque paramètre de voix séparément mais de s'intéresser à des modèles combinant plusieurs paramètres vocaux qui seraient significatifs simultanément.

2/ Limites

A noter un possible biais lié au sexe et à l'âge de l'appelant qui n'a pas été pris en compte. Or celui-ci pourrait être un facteur de confusion puisque les valeurs normales de certains paramètres sont différentes notamment concernant la fréquence qui est plus élevée chez les femmes. Des auteurs tels que Giddens dans son étude en double aveugle (7) constatent plusieurs différences entre les sexes qui pourraient être expliquées par une augmentation du tonus sympathique de base chez les femmes. Il aurait été possible de supprimer ce risque de biais en précisant manuellement le sexe de l'appelant lors de la sélection de la bande.

Dans notre étude, peu de variables sont significatives par rapport à celles des études de la littérature mais il est important de souligner que les conditions d'enregistrement y sont souvent mieux contrôlées et maîtrisées que lors des appels au SAMU-Centre 15. Tout d'abord les difficultés techniques rencontrées en conditions réelles peuvent avoir un impact sur l'analyse statistique puisque de nombreuses bandes de mauvaise qualité ont été exclues entraînant une possible perte de puissance. Nous ignorons pour quelles raisons la plupart des exclusions concernent des enregistrements « NON SMUR ». De plus, certains états de stress provoqués en laboratoire sont différents des situations d'urgence rencontrées dans la vie réelle (6) ce qui limite la comparaison de nos résultats avec des expériences décrites dans la littérature.

Mis à part le number of voice break, il n'y a pas de différence statistiquement significative des autres paramètres de qualité de la voix (jitter, shimmer, rapport bruit sur harmonique et harmonique sur bruit) qui sont pourtant majoritairement pathologiques dans les deux groupes. Ces résultats pathologiques dans les deux groupes peuvent être dus à la mauvaise qualité audio des enregistrements ou intrinsèques au contexte d'appel au SAMU. Nous n'avons pas trouvé de résultats similaires ou d'explications dans la littérature. C'est donc un domaine qui est à approfondir par une analyse vocale et un bilan orthophonique plus précis.

3/ Perspectives

Ainsi ce modèle prédictif par régression logistique binaire peut prédire la nécessité d'un SMUR avec 62,9% de réussite, ce qui est encourageant mais nécessite de poursuivre la recherche sur ce sujet. Car ce résultat confirme l'hypothèse selon laquelle les paramètres de stress dans la voix de l'appelant sont analysables et peuvent aider à décider de l'envoi d'un SMUR. Mais il ne s'agit que d'une étude exploratoire qui doit conduire à d'autres analyses pour mettre en pratique ce nouveau concept.

Tout d'abord en raison de l'exclusion de nombreux enregistrements non analysables, il faudrait augmenter le nombre d'appels à analyser et améliorer de la qualité sonore des enregistrements pour augmenter la fiabilité de l'analyse vocale.

Il faudrait s'intéresser à l'état des patients lors de leur arrivée aux urgences avec ou sans SMUR et leurs besoins en soins médicaux urgents qu'apporte une équipe médicale du SAMU. Cela pourrait être fait par une analyse rétrospective des dossiers médicaux régulés reçus aux urgences puis refaire l'analyse vocale de façon rétrospective pour vérifier la concordance entre les résultats.

Nous pourrions également coupler notre analyse phonétique avec d'autres variables issues d'une analyse sémantique (c'est à dire des mots prononcés par l'appelant) comme par exemple une détection automatique de mots clefs. Un modèle d'apprentissage automatique de Blomberg et al.(17) a mieux fonctionné que les régulateurs médicaux pour identifier les arrêts cardiaques extrahospitaliers en se basant seulement sur une analyse sémantique automatique.

D'autres paramètres acoustiques ont été aussi utilisés comme la transformée de Fourier où les changements dans le spectre du signal vocal se sont avérés être un indicateur fiable de l'état émotionnel interne de la personne (18).

Certains travaux ont créé un système de reconnaissance automatique du stress par analyse du spectre vocal avec un réseau neuronal et sa fiabilité a surpassé celle d'un jury humain avec une utilisation en temps réel (12).

Il serait donc intéressant de pouvoir tester l'efficacité d'un algorithme d'intelligence artificielle similaire sur l'envoi d'un SMUR lors d'un appel au SAMU.

Conclusion

Ainsi, au vu de notre étude par régression logistique, l'analyse vocale permettrait de prédire la nécessité d'un SMUR avec un taux de réussite de 62.9%, ce qui est un résultat encourageant mais à améliorer en poursuivant les recherches sur ce sujet. Il serait intéressant d'intégrer d'autres paramètres, par exemple issus d'une analyse sémantique, et d'analyser rétrospectivement les dossiers régulés à partir de l'état des patients constaté aux urgences afin de s'assurer de l'aide que peut apporter l'intelligence artificielle au régulateur.

Bibliographie

1. Larrouy-Maestri P. Influence du stress sur la voix parlée et chantée. In: Langage et pratiques. 2015. p. 33-42.
2. Recherche - SAE Diffusion [Internet]. [cité 28 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.sae-diffusion.sante.gouv.fr/sae-diffusion/recherche.htm>
3. https://www.sfm.u.org/fr/actualites/actualites-de-l-urgences/affaire-du-samu-du-bas-rhin-le-rapport-de-l-igas-rendu-public-la-semaine-prochaine-agnes-buzyn-new_id/61168.
4. Banse R, Scherer KR. Acoustic Profiles in Vocal Emotion Expression, 1996. :23.
5. Alvear RMB de, Barón-López FJ, Alguacil MD, Dawid-Milner MS. Interactions between voice fundamental frequency and cardiovascular parameters. Preliminary results and physiological mechanisms. *Logoped Phoniatr Vocol*. juill 2013;38(2):52-8.
6. Van Puyvelde M, Neyt X, McGlone F, Pattyn N. Voice Stress Analysis: A New Framework for Voice and Effort in Human Performance. *Front Psychol* [Internet]. 2018 [cité 20 juill 2020];9. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01994/full>
7. Giddens CL, Barron KW, Clark KF, Warde WD. Beta-Adrenergic Blockade and Voice: A Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *J Voice*. juill 2010;24(4):477-89.
8. Sondhi S, Khan M, Vijay R, Salhan AK, Chouhan S. Acoustic analysis of speech under stress. *Int J Bioinforma Res Appl*. 2015;11(5):417.
9. Mendoza E, Carballo G. Acoustic analysis of induced vocal stress by means of cognitive workload tasks. *J Voice*. janv 1998;12(3):263-73.
10. Scherer S, Hofmann H, Lampmann M, Pfeil M, Rhinow S, Schwenker F, et al. Emotion Recognition from Speech: Stress Experiment. In: LREC. 2008.
11. ResearchGate [Internet]. ResearchGate. [cité 9 sept 2020]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/270819326_PRAAT_-_Short_Tutorial_-_An_introduction
12. Frampton M, Sripada S, Bion RAH, Peters S. Detection of time-pressure induced stress in speech via acoustic indicators. In: *Proceedings of the SIGDIAL 2010 Conference*. 2010. p. 253–256.
13. Giddens CL, Barron KW, Byrd-Craven J, Clark KF, Winter AS. Vocal Indices of Stress: A Review. *J Voice*. 1 mai 2013;27(3):390.e21-390.e29.
14. Ruiz R, Absil E, Harmegnies B, Legros C, Poch D. Time- and spectrum-related variabilities in stressed speech under laboratory and real conditions. *Speech Commun*. 1 nov 1996;20(1):111-29.
15. Streeter LA, Macdonald NH, Apple W, Krauss RM, Galotti KM. Acoustic and perceptual indicators of emotional stress. *J Acoust Soc Am*. 1 avr 1983;73(4):1354-60.

16. Grassmann M, Vlemincx E, von Leupoldt A, Van den Bergh O. Individual differences in cardiorespiratory measures of mental workload: An investigation of negative affectivity and cognitive avoidant coping in pilot candidates. *Appl Ergon.* 1 mars 2017;59:274-82.
17. Blomberg SN, Folke F, Ersbøll AK, Christensen HC, Torp-Pedersen C, Sayre MR, et al. Machine learning as a supportive tool to recognize cardiac arrest in emergency calls. *Resuscitation.* 1 mai 2019;138:322-9.
18. Sigmund M. Spectral analysis of speech under stress. *IJCSNS Int J Comput Sci Netw Secur.* 2007;170–172.

de la CROPTÉ de CHANTERAC, Ines - Titre de la thèse : Création d'un modèle prédictif d'envoi de service mobile d'urgence et de réanimation par analyse vocale de l'appelant au SAMU. Sous-titre : Méthode de régression logistique binaire.

28 feuilles, 1 illustration, 1 graphique, 3 tableaux, 30 cm.- Thèse : Médecine ; Rennes 1; 2020 ; N°

Résumé français : Le nombre d'appels au SAMU-Centre 15 augmente, le régulateur doit décider en tenant compte de la balance bénéfice-risque entre l'intérêt individuel et collectif par son interrogatoire médical d'où l'intérêt de rechercher des aides à la décision notamment par des techniques d'analyse phonatoire.

L'objectif de cette étude a été de créer un modèle prédictif d'envoi de service mobile d'urgence et de réanimation par analyse vocale de l'appelant au SAMU en utilisant une régression logistique binaire.

Cette étude rétrospective monocentrique non interventionnelle réalisée au SAMU 35 du CHU de Rennes de janvier à mai 2019 a recueilli 1000 enregistrements dont 724 enregistrements analysables (458 avec envoi d'un SMUR et 266 sans SMUR). Un modèle prédictif d'envoi de SMUR a été créé par régression logistique binaire. Les résultats obtenus montrent que certains paramètres vocaux sont pertinents avec un modèle prédictif final retrouvant 62,9% d'évaluations concordantes avec les données observées.

Résumé anglais : The number of calls to the SAMU-Center 15 is increasing, the regulator must decide by examining the benefit-risk balance between individual and collective interest through his medical questioning, hence the interest of seeking decision aids, in particular using phonatory analysis techniques. The objective of this study was to create a predictive model of emergency mobile dispatch and resuscitation by voice analysis of the caller to the emergency room using binary logistic regression. This non-interventional single-center retrospective study carried out at the SAMU 35 of the Rennes University Hospital from January to May 2019 collected 1000 recordings, including 724 analyzable recordings (458 with sending of an SMUR and 266 without SMUR). A predictive model for sending SMUR was created by binary logistic regression. The results obtained show that certain vocal parameters are relevant with a final predictive model finding 62.9% of evaluations consistent with the observed data.

Rubrique de classement : MEDECINE D'URGENCE

Mots-clés : SMUR, régulation, aide à la décision, phonation, modèle prédictif.

Mots-clés anglais MeSH : Call centers, decision support, Voice Stress Analysis, predictive model.

Président : Monsieur Eric WODEY

JURY: Assesseurs : Monsieur Cédric GANGLOF [directeur de thèse]
Monsieur Marc CUGGIA
Monsieur Franck JEGOUX
Monsieur Louis SOULAT
Monsieur Nicolas PESCHANSKY
