

Comment l'identité segmentale des sons et la prosodie modulent-elles les caractéristiques des gouttelettes expirées dans la production de la parole ?


Francesca Carbone¹, Gilles Bouchet³, Alain Ghio¹, Muriel Lalain¹, Thierry Legou¹, Alexia Mattei^{1,2}, Caterina Petrone¹, Carine André¹, Sabrina Kadri¹, Antoine Giovanni^{1,2}
¹Aix-Marseille Université, CNRS, Laboratoire Parole et Langage, UMR 7309; ²Hôpital de la Conception, Aix-Marseille Université; ³IUSTI, UMR 7343 CNRS, Aix-Marseille Université

Introduction

- Les agents pathogènes respiratoires tels que le SARS-COV-2 peuvent être transmis par des gouttelettes générées non seulement par la toux [1] et les éternuements [2], mais aussi par la respiration [3] et la **parole** [4, 5, 6].
 - L'émission de gouttelettes dans la parole semble être modulée par des **propriétés spécifiques** de la parole [4, 5, 6, 7] :
 - Articulation des sons (type de voyelles et de consonnes)
 - Voisement (sons voisés ou non)
 - Intensité (voix normale vs. projetée)
- TOUTEFOIS**
- Le nombre d'études sur ce sujet est limité
 - Attention focalisée sur le **taux d'émission** des gouttelettes, mais absence d'informations sur la durée de l'émission, le débit d'air, la vitesse de l'air expiré, etc. [2]
 - Utilisation de **mots, syllabes et phonèmes isolés** ou d'énoncés/textes, prononcés en dehors d'un contexte de communication ou d'interaction [4, 5, 6]
 - Aucune étude sur les effets de la **prosodie** (ex. **focalisation** qui implique un majeur effort physiologique avec une augmentation de la f0, intensité, et de la précision articulatoire au niveau local [9])
 - Petit nombre de participants** et, pas d'études sur les différences individuelles (ex. sexe des locuteurs) [6]

Connaissances actuelles insuffisantes sur l'émission de gouttelettes au cours de la parole

Objectifs

Analyse des gouttelettes émises pendant la production de la parole dans un but communicatif

Manipulation de : - identité segmentale - intensité sonore - prosodie (focalisation)	Mesures de : - nombre et taille des gouttelettes - vitesse des gouttelettes - dissémination spatiale des gouttelettes
--	--

Résultats attendus

Plosives > fricatives > nasales [7, 5]
 Voisé > non-voisé [5, 8]
 Voyelle /i/ > voyelle /a/ [5]
 Intensité forte > intensité faible [4]
 Focalisation étroite > focalisation large [9]

Un effort physiologique plus important générera un nombre supérieur de gouttelettes avec une vitesse initiale plus élevée mais chute abrupte

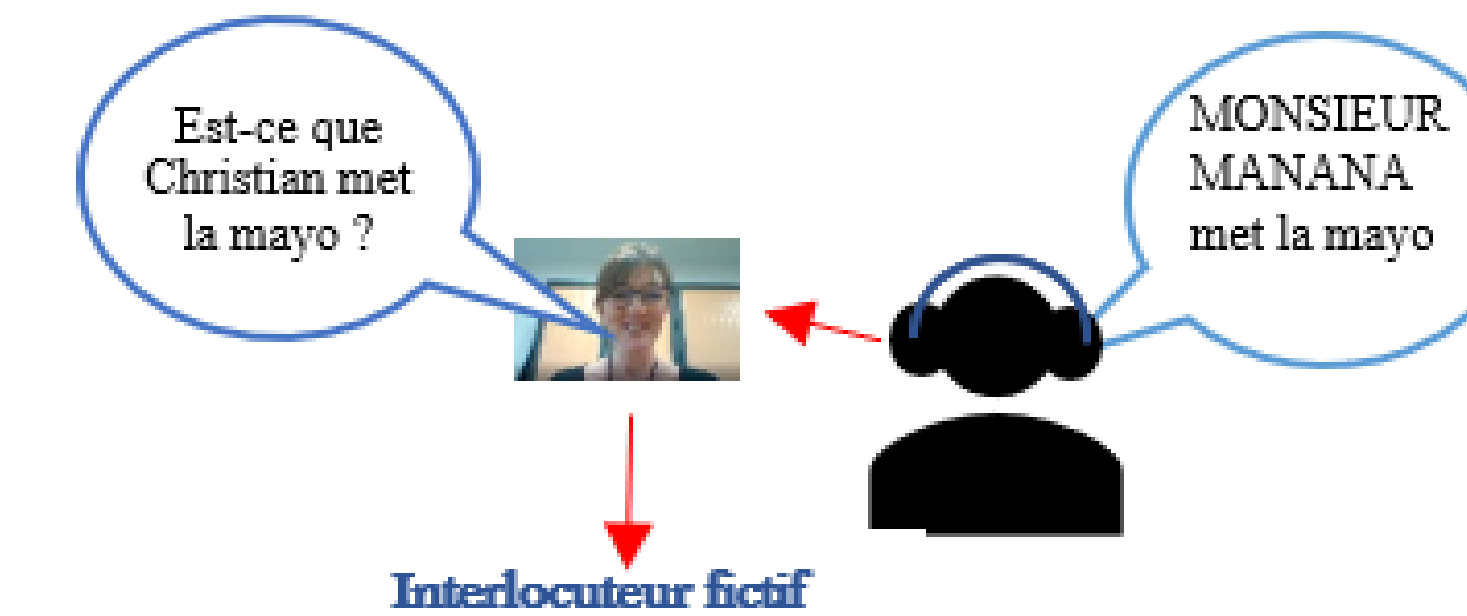
Méthodologie

Tâche 1 : Pseudo mots dictés

- 15 pseudo mots (*manana, viziji, boudougou*) X 3 répétitions [syllabes contrastées par voisement (voisé vs. non voisé), mode d'articulation (plosive fricatives, nasales), type voyelles (/a/, /ou/, /i/)]
- Intensité sonore (vumètre)

Tâche 2 : Focalisation en interaction

- 15 phrases X 3 répétitions
- 2 focalisations (large vs. étroite)
- Pseudo mots enchâssés dans les phrases porteuse
- Le locuteur répond à des questions préenregistré
- Interlocuteur fictif
- Intensité sonore (vumètre)

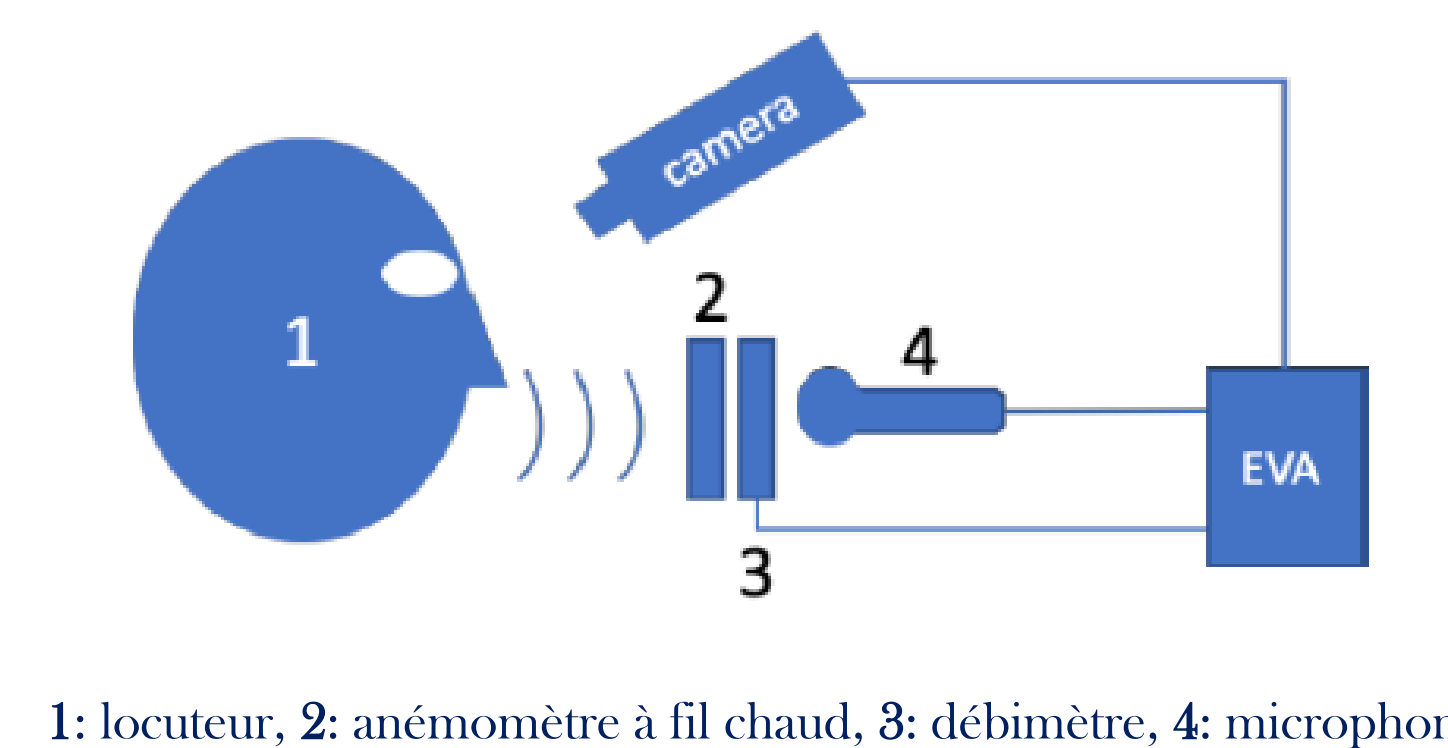
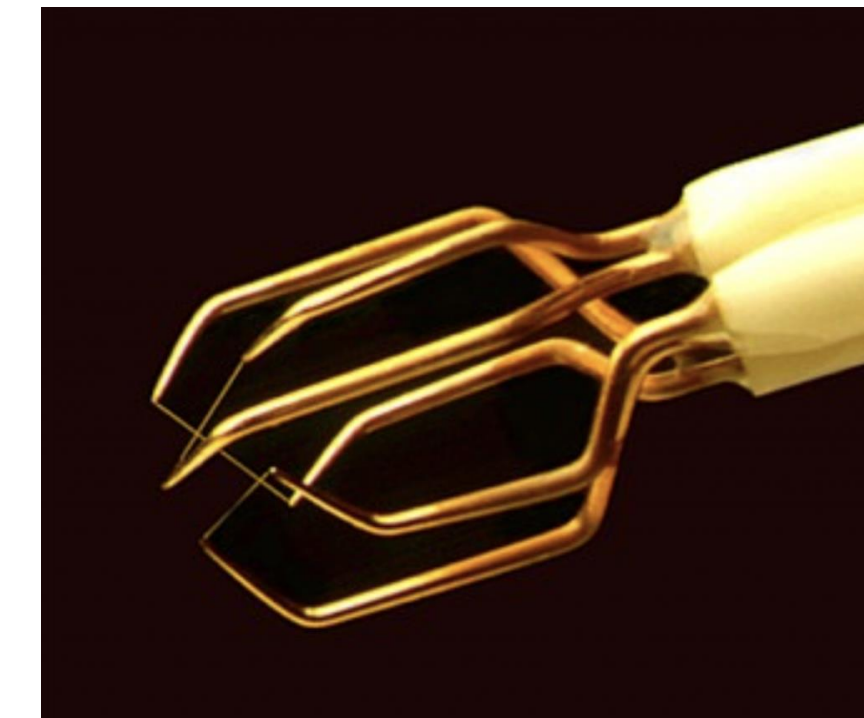


Focalisation large	
Question préenregistrée	Réponse
Qu'est-ce qu'il se passe ?	Monsieur Badaga donne la dague
Qu'est-ce qu'il se passe ?	Monsieur Vazaja joue le joker
Qu'est-ce qu'il se passe ?	Monsieur Manana aime l'ananas
Focalisation étroite	
Est-ce que Robert donne la dague?	(Non) MONSIEUR BADAGA donne la dague
Est-ce que Christian joue le joker ?	(Non) MONSIEUR VAZAJA joue le joker
Est-ce que Christian met la mayo ?	(Non) MONSIEUR MANANA met la mayo

Exemples de stimuli utilisés dans la tâche 2

Anémomètre à fil chaud (étude 1)

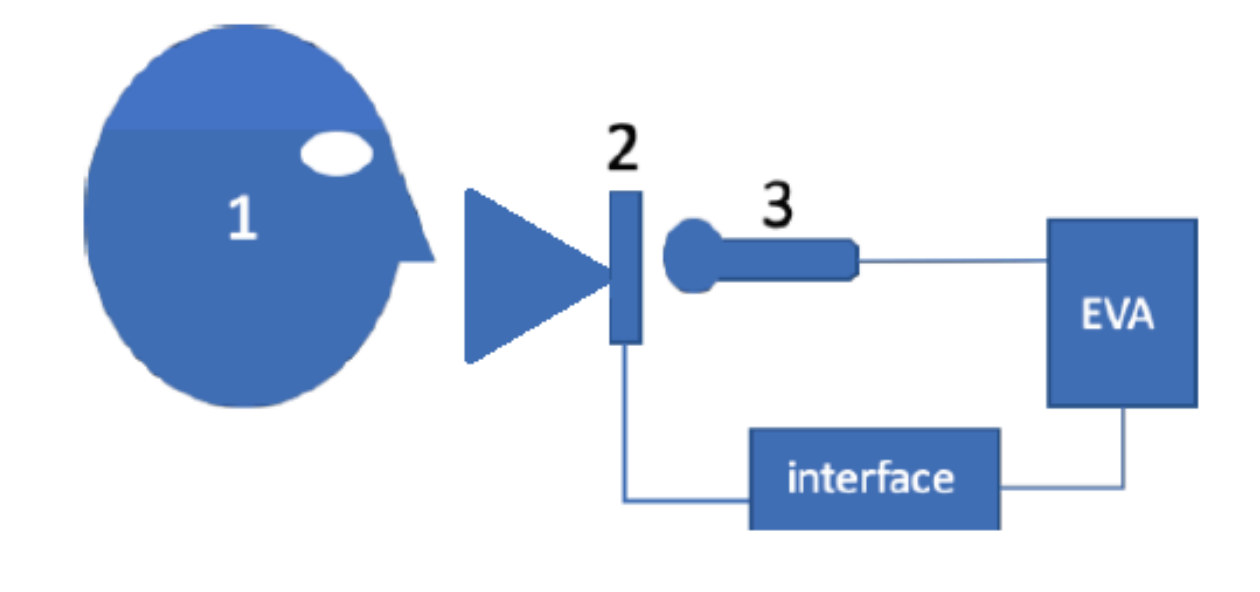
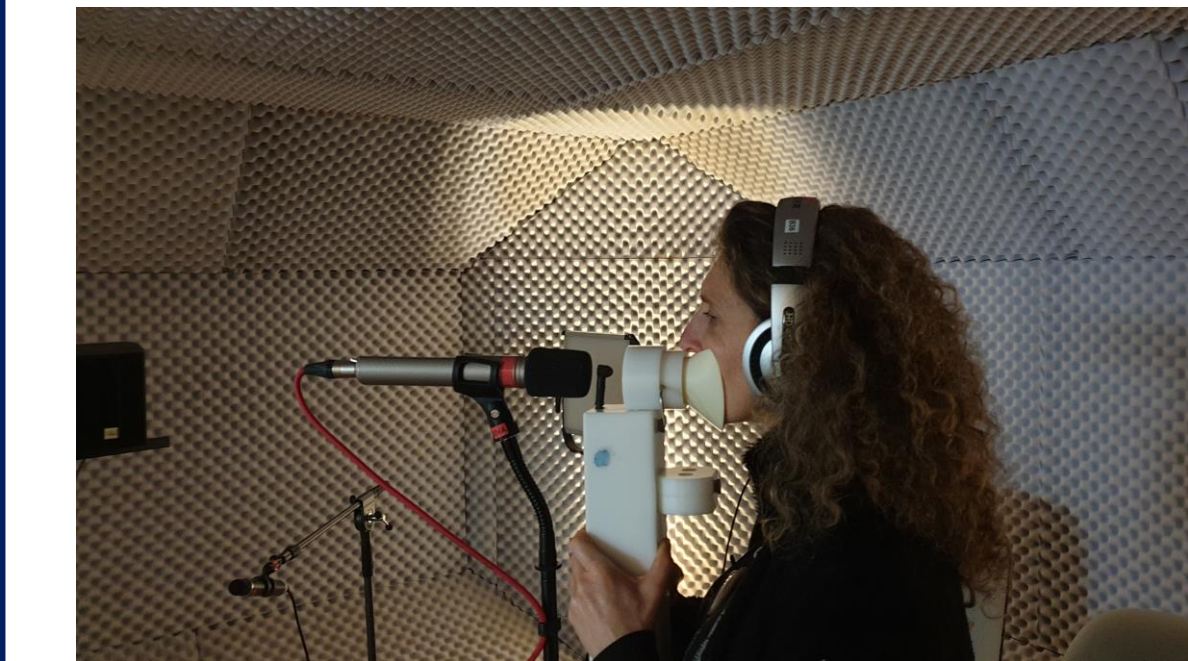
Vitesse des gouttelettes



1: locuteur, 2: anémomètre à fil chaud, 3: débitmètre, 4: microphone

Système d'Evaluation Vocale Assistée (EVA, étude 2)

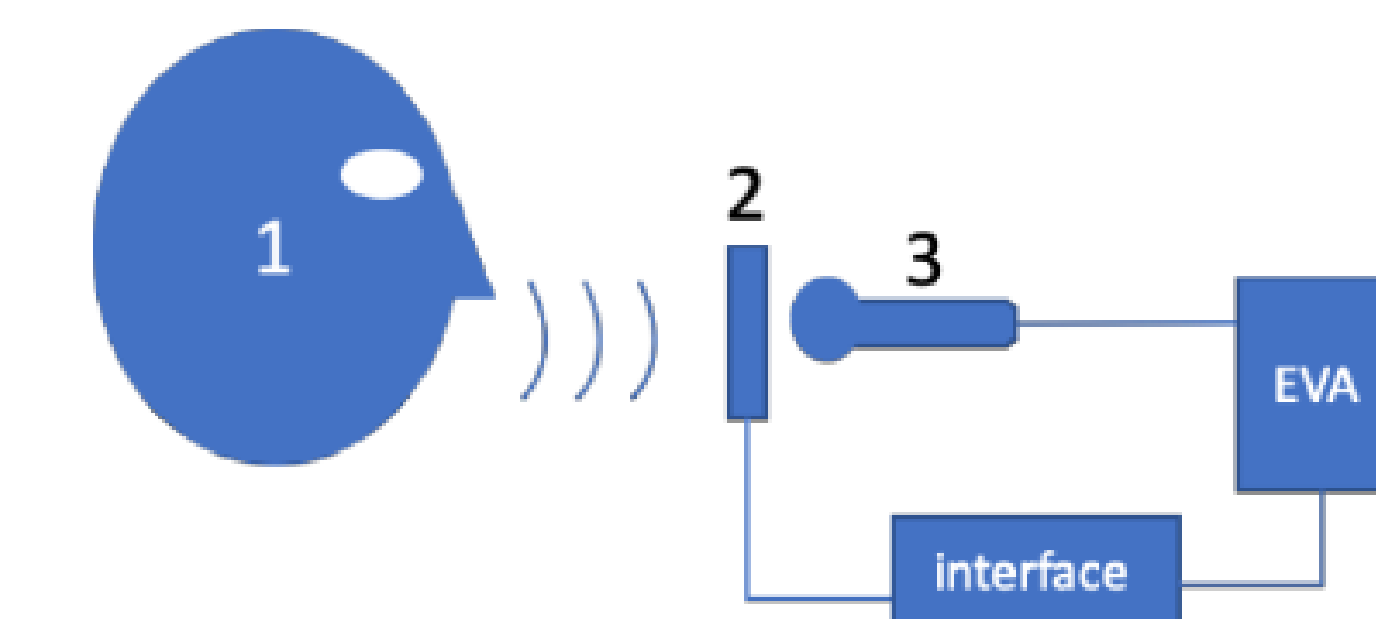
Vitesse des gouttelettes



1: locuteur, 2: masque d'EVA, 3: microphone

Analyseur des particules (étude 3)

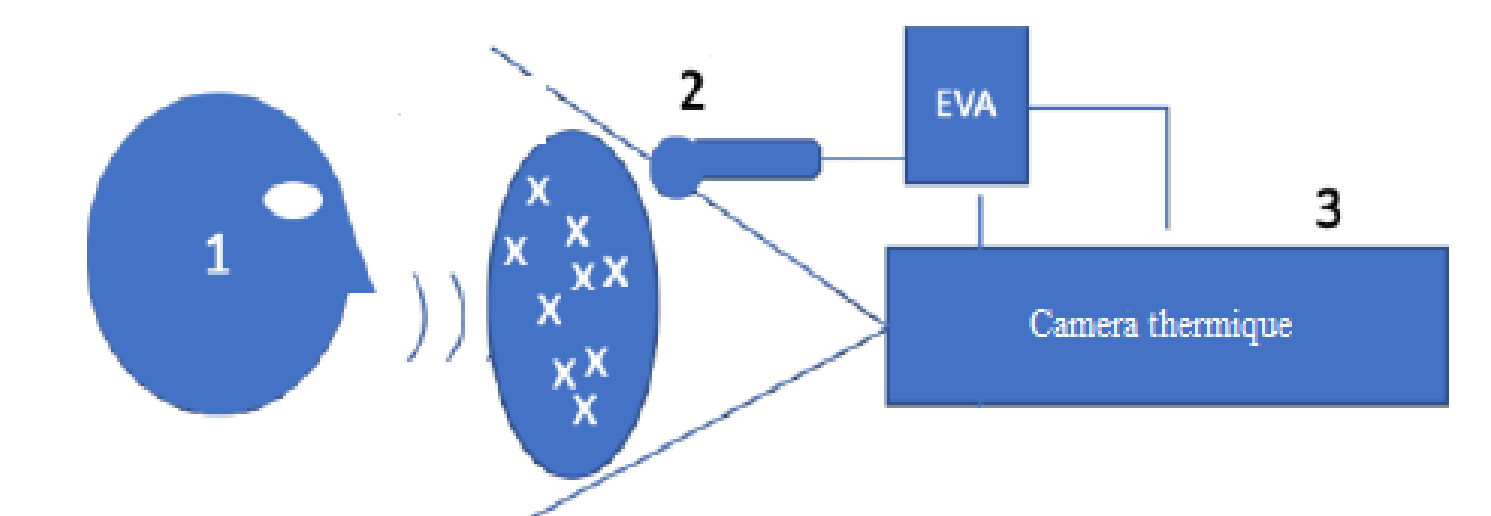
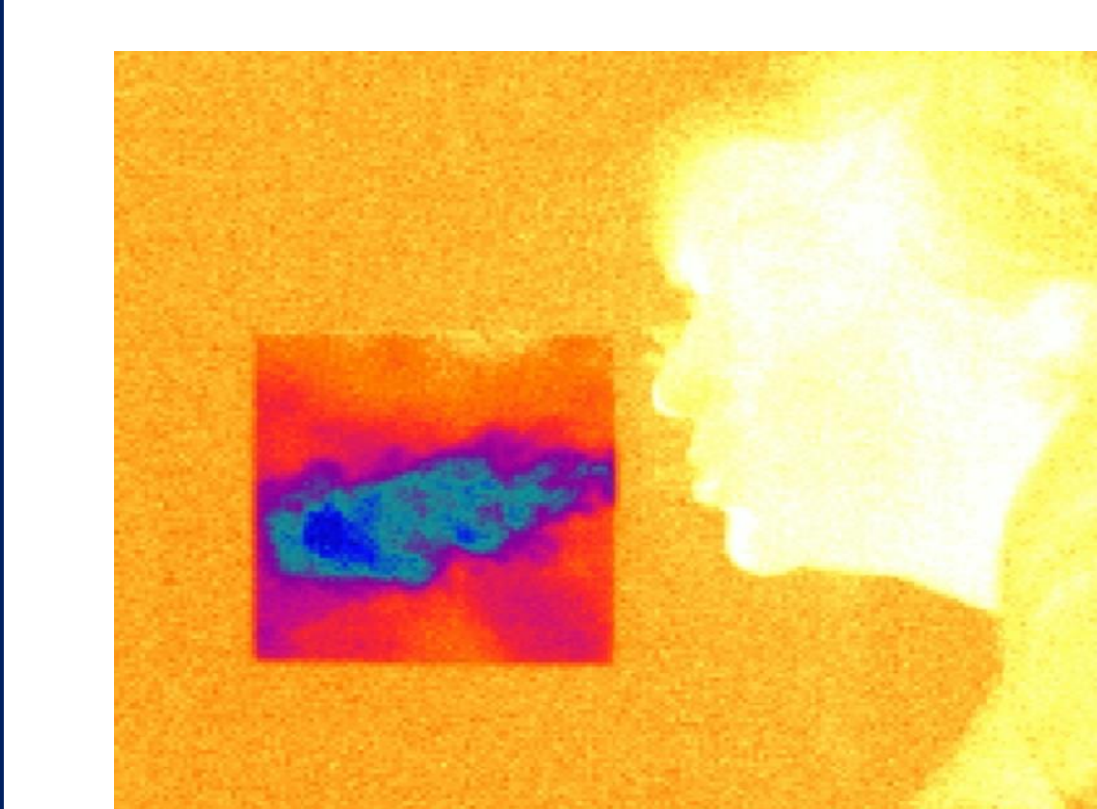
Nombre et taille des gouttelettes



1: locuteur, 2: analyseur des particules, 3: microphone

Caméra Thermique (étude 4)

Dissemination spatiale



1: locuteur, 2: microphone, 3: camera thermique

40 Participants (20 F, 20 H; locuteurs natifs du français; âgés de 18 à 60 ans; pas de problèmes respiratoires)

Impact

- impact sur la calibration des dispositifs de protection (distance physique, masques)
- données physiologiques inédites avec un corpus conséquent
- alimenter les modèles de production de la parole

Références

[1] Zayas, G., Chiang, M. C., Wong, E., MacDonald, F., Lange, C. F., Senthilvelan, A., & King, M. (2012). Cough aerosol in healthy participants: fundamental knowledge to optimize droplet-spread infectious respiratory disease management. *BMC pulmonary medicine*, 12(1), 1-12.
 [2] Bourouiba, L., Dehandshoewereker, E., & Bush, J. W. (2014). Violent expiratory events: on coughing and sneezing. *Journal of Fluid Mechanics*, 743, 537-563.
 [3] Jones, R. M., & Brosseau, L. M. (2015). Aerosol transmission of infectious disease. *Journal of occupational and environmental medicine*, 57(5), 501-508.
 [4] Asadi, S., Wesler, A. S., Cappa, C. D., Barreda, S., Bouvier, N. M., & Ristenpart, W. D. (2019). Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.
 [5] Asadi, S., Wesler, A. S., Cappa, C. D., Barreda, S., Bouvier, N. M., & Ristenpart, W. D. (2020). Effect of voicing and articulation manner on aerosol particle emission during human speech. *PLoS one*, 15(10), e0227699.
 [6] Abkarian, M., Mendez, S., Xue, N., Yang, F., & Stone, H. A. (2020). Speech can produce jet-like transport relevant to asymptomatic spreading of virus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(11), 25237-25245.
 [7] Giovanni, A., Radulesco, T., Bouchet, G., Mattei, A., Révis, J., Boglanski, E., & Michel, J. (2020). Transmission of droplet-conveyed infectious agents such as SARS-CoV-2 by speech and vocal exercises during speech therapy: preliminary experiment concerning airflow velocity. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 1-6.
 [8] Morawska, L., Johnson, G. R., Ristovski, Z. D., Hargreaves, M., Mengesha, K., Corbett, S., et al. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J Aerosol Sci*, 2009; 40(3):255-69.
 [9] Gussenhoven, C. Foundations of intonational meaning: Anatomical and physiological factors. *Topics in Cognitive Science*, Vol. 8/2, 2016, 423-434.