

# Perception de parole sifflée par des auditeurs naïfs hors du laboratoire : Une exploration de l'impact du contexte expérimental.

Olivier Cruzet<sup>1</sup> Anna Marczyk Buklaha<sup>2</sup> Alain Ghio<sup>3</sup> Yohann Meynadier<sup>3</sup> Maxwell Yeoman<sup>2</sup> Philippe Biu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Linguistique de Nantes (LLING) – Nantes Université / CNRS, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Neuropsycholinguistique (LNPL), UT2J Toulouse, France

<sup>3</sup> Aix Marseille Université, CNRS, LPL, Aix-en-Provence, France

<sup>4</sup> Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, France



Keep informed / Download

105

## Introduction

- ▶ Pratique langagière sifflée sont largement développées par les communautés humaines [1, 2, 3];
- ▶ On parle parfois de « langues sifflées »;
- ▶ Mais elles correspondent plutôt à une translation de propriétés acoustiques d'une langue orale (modale) source vers des réalisations sifflées;
- ▶ Importance de comprendre la nature des informations acoustiques transférées [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7];
- ▶ Diverses hypothèses proposées (pour les variantes sifflées de langues non tonales) :
  - ▶ *Transposition* des formants sur la fréquence fondamentale du sifflement...
  - ▶ Variantes : 2<sup>nd</sup> formant spécifiquement, convergence de 2 formants contigus entre F1 et F4...
  - ▶ Pas de travaux sur le rôle du « spectre de modulation d'amplitude » [8, 9, 10];
  - ▶ Pourrait être intéressant pour mieux comprendre les indices associés aux consonnes mais pas abordé dans cette présentation;

## Objectifs de cette étude préliminaire

- ▶ Explorer les contraintes méthodologiques liées à la mise en place d'une expérience de perception de parole sifflée dans un environnement extérieur...
- ▶ Auprès de participants fréquentant une fête en plein air (La « fête du fromage », Laruns, Pyrénées Atlantiques, 4-5 Octobre 2025)...
- ▶ Conditions environnementales acoustiques plus naturelles / plus similaires aux conditions d'usage de la parole sifflée (montagne, forêt : en extérieur dans des environnements dans lesquels la parole sifflée constitue un avantage par rapport à la parole modale / distances / obstacles à la propagation);
- ▶ Mais attitude des participants potentiellement influencée par les conditions de recueil (contraintes moins fortes pour la poursuite de l'expérience jusqu'à la fin);
- ▶ Et conditions acoustiques potentiellement favorables qu'en laboratoire (bruit environnant, réverbération...) même si elles sont plus conformes aux conditions d'usage typiques;
- ▶ Comparaison avec des données collectées auprès d'étudiants dans une salle de classe...
- ▶ Impacts sur les données manquantes et les performances de reconnaissance perceptive?

## Méthode

- ▶ Recueil à travers un questionnaire en ligne (Woodclap<sup>®</sup>);
- ▶ Diffusion amplifiée (en plein air ou en intérieur);
- ▶ 3 groupes : 1 groupe de participants à une fête en plein air + 2 groupes d'étudiants en salle de cours;

## Stimuli

- ▶ Locuteur expérimenté de sexe masculin,
- ▶ Bilingue français-occitan enseignant le *shiuilar d'Aas* (transposition sifflée de l'occitan Béarnais),
- ▶ 10 items (cf Section « Matériel ») :
  - ▶ Jugement sur des voyelles isolées (3 premiers items);
  - ▶ Jugement sur des mots ou groupes de mots (7 items suivants).
- ▶ QCM avec 4 réponses possibles pour chaque question (seuil aléatoire de bonnes réponses = 25%);

## Exploration des données

- ▶ Observation initiale : grande quantité de données manquantes dans le groupe en plein air pour de nombreux participants (Fig. 1);
- ▶ Objectifs :
  - ▶ Comparer les deux ensembles de participants (plein air vs. en classe);
  - ▶ Du point de vue du nombre de données manquantes (Fig. 1);
  - ▶ Du point de vue de la performance globale (Fig. 3);
  - ▶ Du point de vue de l'évolution de ces mesures au cours de la passation (resp. Figs. 2 et 4);

## Analyses inférentielles

- ▶ Inférence statistique reposant sur la méthode du *bootstrap* pour l'évolution au cours de l'expérience (pente des effectifs de données manquantes / de bonnes réponses),
- ▶ et sur un test binomial pour la performance associée à chaque item indépendamment de l'évolution au cours du temps,

## La méthode du bootstrap

- ▶ Évaluer la pente d'une droite de régression sous un angle inférentiel repose ici sur un petit nombre de points (7 pour les questions 4 à 10, excluant les voyelles isolées);
- ▶ Méthode inférentielle classique pour estimer la significativité de la pente est prévue pour des cas avec un nombre suffisamment grand de points de mesure;
- ▶ Méthode du *bootstrap* :
  - ▶ Adapté à de petits échantillons,
  - ▶ Applicable quelle que soit la forme de la distribution.
- ▶ Principes du *bootstrap* :
  - ▶ générer N échantillons (N étant « grand ») de la même taille que l'échantillon d'origine par tirage aléatoire avec remise (une même observation peut se retrouver plusieurs fois dans un échantillon donné);
  - ▶ Permet, à partir de la distribution des valeurs du paramètre calculé sur chaque échantillon de *bootstrap*, de dériver directement *p-value* et *Intervalle de Confiance* afin de procéder à de l'inférence sur les données.

## Distribution des effectifs de données manquantes par participant

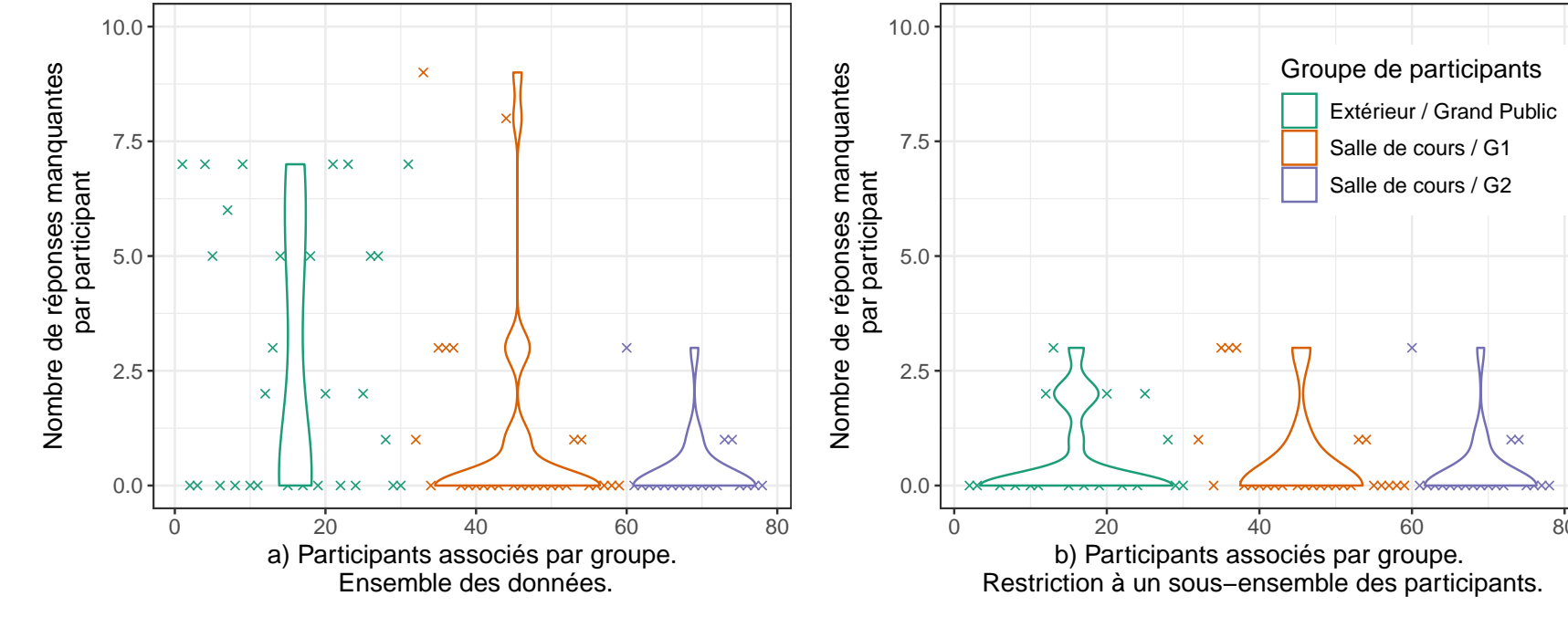


Figure 1 – Distribution du nombre de données manquantes par participant / participante dans chacun des 3 groupes. Ensemble initial des données (à gauche) vs. données restreintes aux personnes qui n'ont pas dépassé le seuil d'1/3 de données manquantes (à droite). Nombre de données manquantes par participants (1 point = 1 individu) avec superposition de la distribution du nombre de données manquantes dans le groupe correspondant.

## Évolution des données manquantes au cours de l'expérience

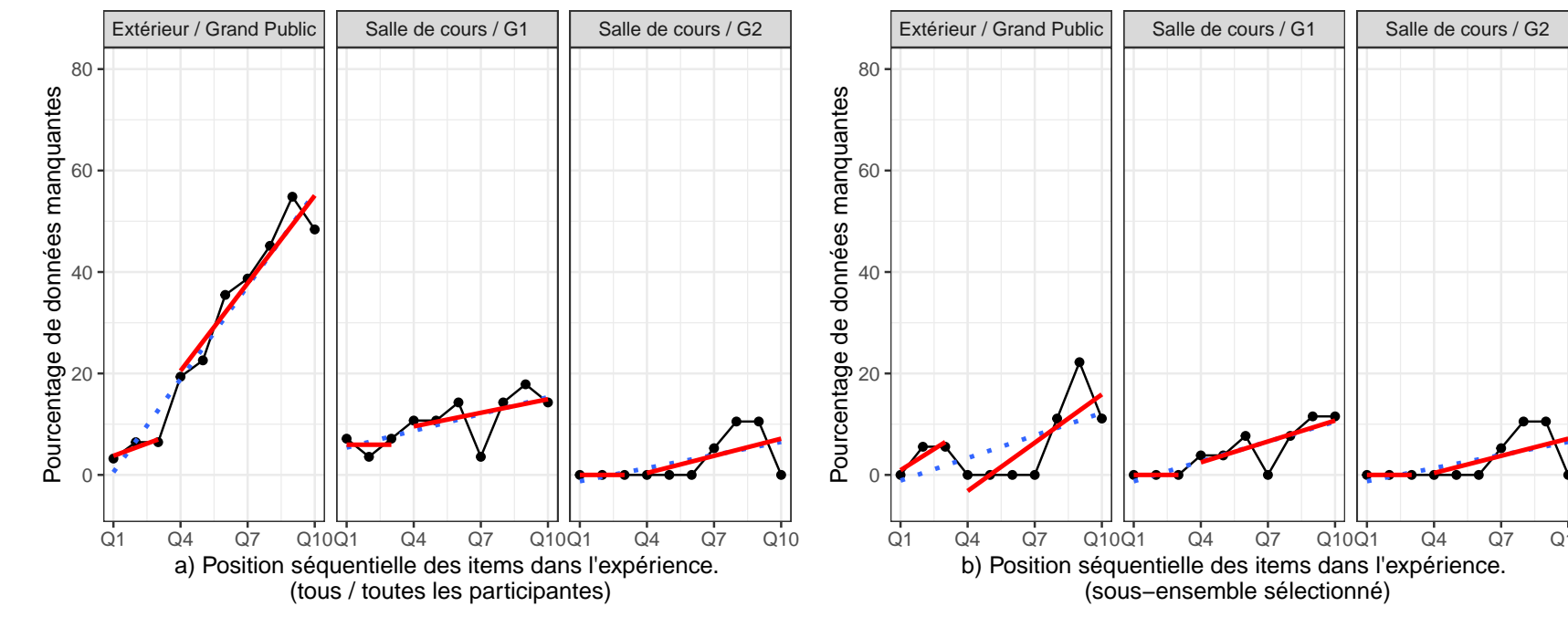


Figure 2 – Évolution du pourcentage de données manquantes par item en fonction de sa position séquentielle dans l'expérience. (a) Données de l'ensemble de l'échantillon. (b) Données restreintes aux participants qui n'ont pas produit plus d'1/3 de données manquantes. Chaque point représente un item. Pourcentage par item en fonction de sa position séquentielle. Droite de régression bleue en pointillés pour l'ensemble des points de mesure. En lignes continues rouges, les droites de régression séparées pour, resp., les voyelles isolées (items 1 à 3) et les autres items (4 à 10). Les analyses inférentielles présentées portent uniquement sur la droite de régression associée aux 7 derniers items.

## Distribution des performances par participant

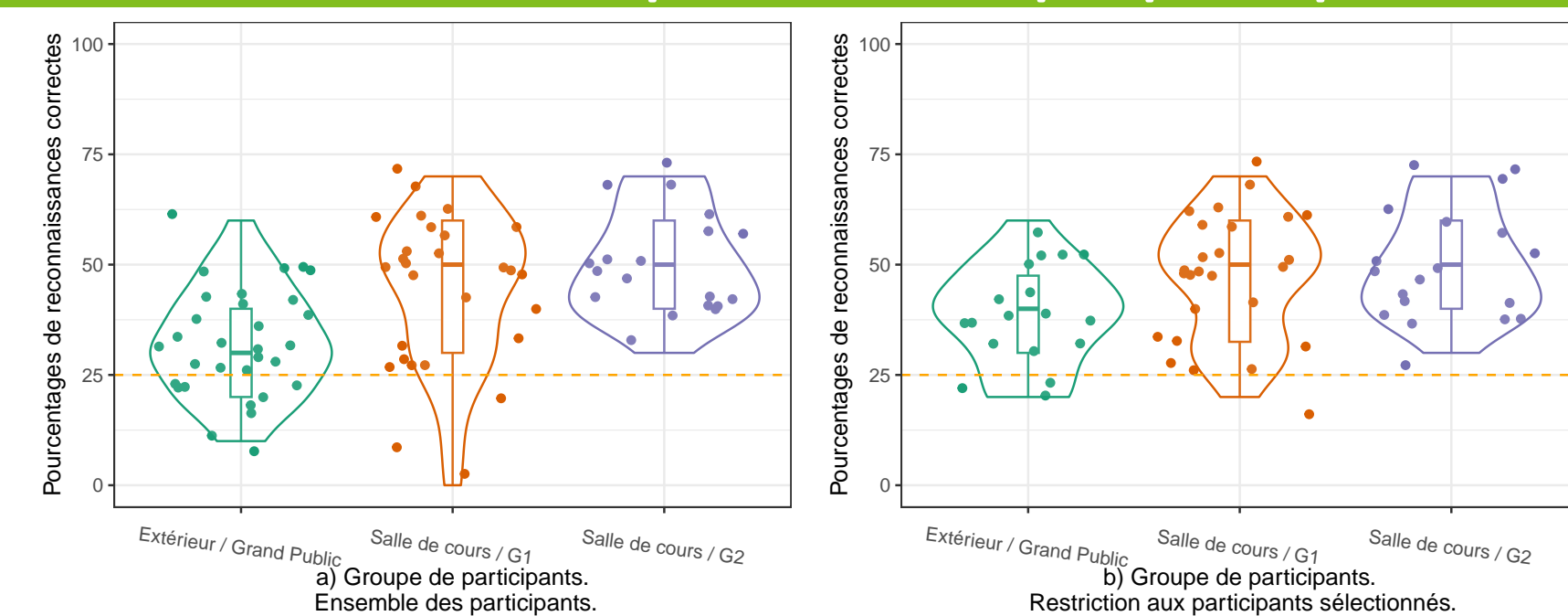


Figure 3 – Pourcentage de reconnaissances correctes pour chaque participant (regroupés en fonction de leur groupe / contexte de collecte). La ligne horizontale orange correspond au taux théorique de bonnes réponses au hasard (25%). (a) Données de l'ensemble des participants / participantes. (b) Données de la sélection des participants / participantes qui n'ont pas produit plus d'1/3 de données manquantes. La distribution d'effectifs des réponses correctes au sein de chaque groupe de participants est superposée aux données individuelles.

## Évolution des performances au cours de l'expérience

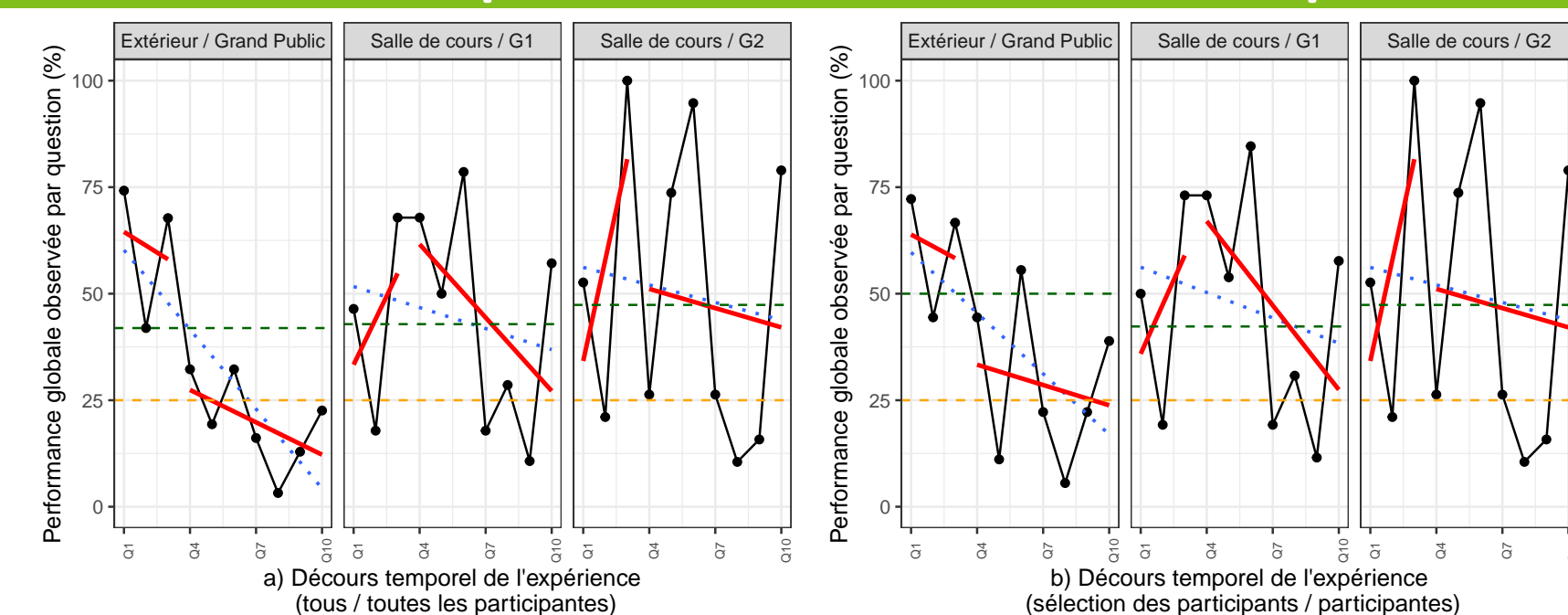


Figure 4 – Évolution de la performance de reconnaissance au cours de l'expérience. La ligne horizontale en pointillés orange correspond au taux théorique de réponses correctes au hasard (25%). La ligne horizontale vert foncé correspond au seuil au-dessus duquel le taux de bonnes réponses est significativement supérieur à ce seuil aléatoire pour un test binomial. (a) Données de l'ensemble de l'échantillon. (b) Données restreintes aux participants / participantes qui n'ont pas produit plus d'1/3 de données manquantes. Chaque point représente un item selon sa position séquentielle dans l'expérience. En pointillés bleus la droite de régression de l'ensemble des points de mesure. En lignes continues rouges, les droites de régression séparées pour, resp., les voyelles isolées (items 1 à 3) et les autres items (4 à 10).

## Synthèse : Étude des données manquantes (Figs. 2, 5 et 6)

- ▶ Croissance significative du nombre de données manquantes au cours du temps dans le groupe en plein air,
- ▶ Même si l'on ne tient pas compte des participants ayant plus d'1/3 de données manquantes.

## Synthèse : Étude des performances (Figs. 4, 7 et 8)

- ▶ Les items 7, 8 et 9 donnent systématiquement lieu à des performances qui ne sont pas significativement supérieures au seuil du hasard (dans les 3 groupes de participants),
- ▶ Décroissance *non-significative* de la performance au cours du temps dans les 3 groupes,
- ▶ Mais les performances du groupe en plein air hors voyelles isolées sont *massivement* inférieures au seuil du hasard contrairement aux 2 groupes en classe.

## Matériel



Lien vers l'expérience en ligne

- ▶ Q1, Q2, Q3 - Voyelles : 1 voyelle isolée / 4 choix (les mêmes à chaque fois, indiqués respectivement i, e, a, o).
- ▶ Q4 - Mot 1 : 4 choix = Vin (du vin), Pan (du pain), Meu (du miel), Jòc (un jeu), Nb de syll. : 1, 1, 1, 1.
- ▶ Q5 - Mot 2 : 4 choix = *Ua Guitarra* (une guitare), *Ua cervesa* (une bière), *Hromatge* (du fromage), *Ua candela* (une bougie), Nb de syll. : 4, 4, 3, 4.
- ▶ Q6 - Mot 3 : nombres (4 choix = *quate 4*, *sèt 7*, *ueit 8*, *dètz 10*), Nb de syll. : 1, 1, 1, 1.
- ▶ Q7 - Mot 4 : Lieux (4 choix = *Argelès de Gasòst*, *Sent Gaudens*, *Laruntz*, *Aigas Bonas*), Nb de syll. : 6, 3, 2, 4.
- ▶ Q8 - Consonne (à l'initiale d'un mot isolé) : 4 choix = s, b, f, m / s comme dans soleil, f comme dans feu, b comme dans balle, m comme dans mer.
- ▶ Q9 - Mot 5 : 4 choix = *Shiuilar* (Siffler), *Pluja* (La pluie), *Pèira* (Une pierre), *Pelha* (un chiffon), Nb de syll. : 2, 2, 2, 2.
- ▶ Q10 - Séquence de mots. 4 choix = *Pòrta lo vin!*, *Adishatz!*, *Bona nueit!*, *Mercès!*. Nb de syll. : 4, 3, 3, 2.

## Simulations aléatoires → nb d'échantillons de bootstrap requis.

- ▶ Les Fig. 5 à 8 représentent les résultats des simulations aléatoires (moyenne et IC<sub>95</sub> du paramètre de pente en bleu, valeur de la *p-value* en orange / rouge foncé) permettant de déterminer à partir de combien d'échantillons de *bootstrap* les conclusions inférentielles deviennent stables;
- ▶ Simulations aléatoires effectuées pour un nombre d'échantillons de *bootstrap* de 1000 à 40000 (par pas de 1000);
- ▶ Pour une sélection aléatoire avec remise à partir d'un échantillon de 7 valeurs pour générer des échantillons composés de 7 valeurs, il existe 7<sup>7</sup> = 823543 échantillons de *bootstrap* distincts possibles;
- ▶ Droite verticale vert foncé : nombre d'échantillons de *bootstrap* retenu pour la présentation des résultats inférentiels dans l'article.
- ▶ Les valeurs numériques retenues pour les tests d'inférence et les Intervalles de Confiance à 95% sont données dans l'article mais sont lisibles sur ces graphiques.

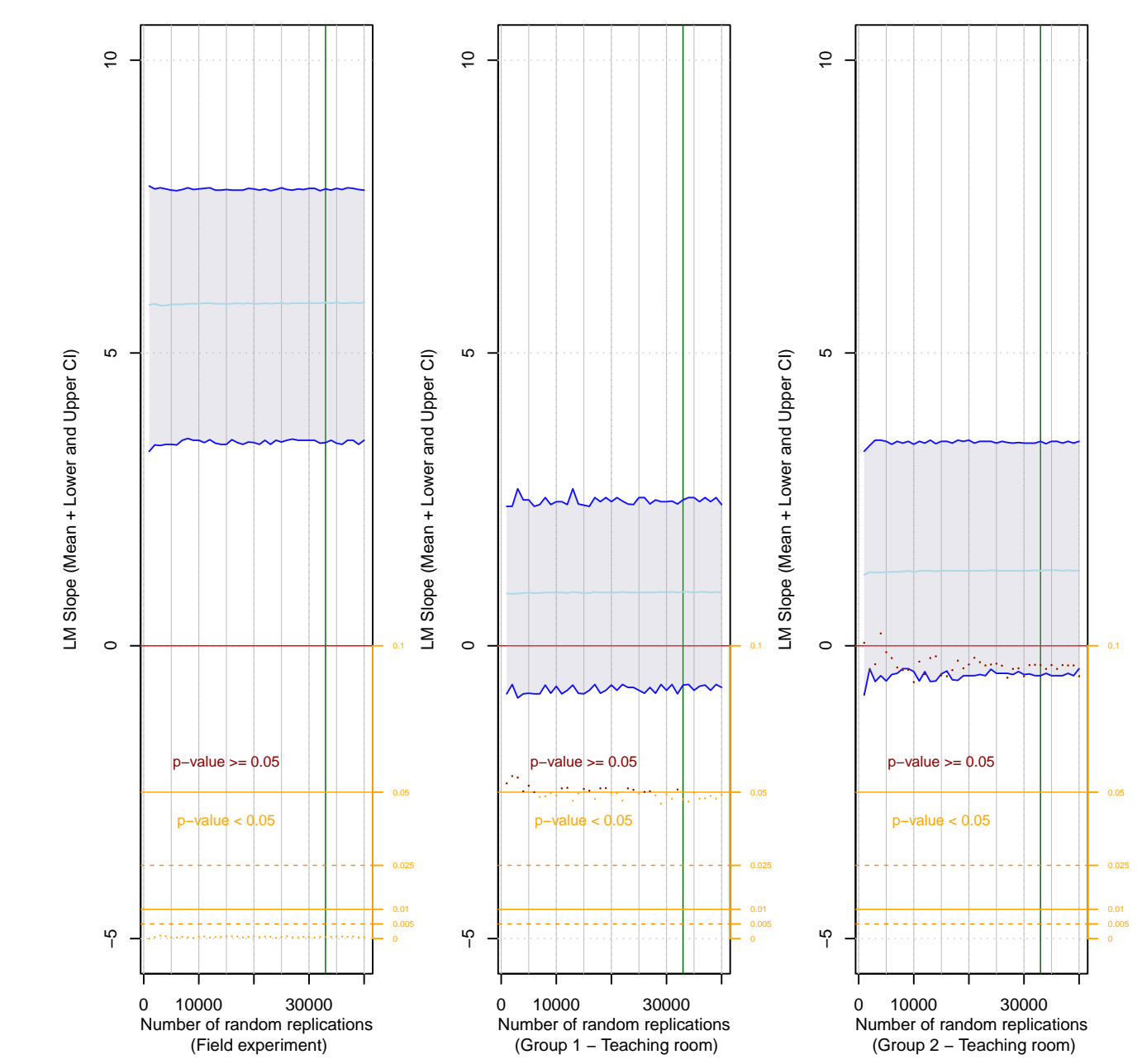


Figure 5 – Stabilisation des conclusions concernant l'évolution des données manquantes sur l'ensemble des participants.

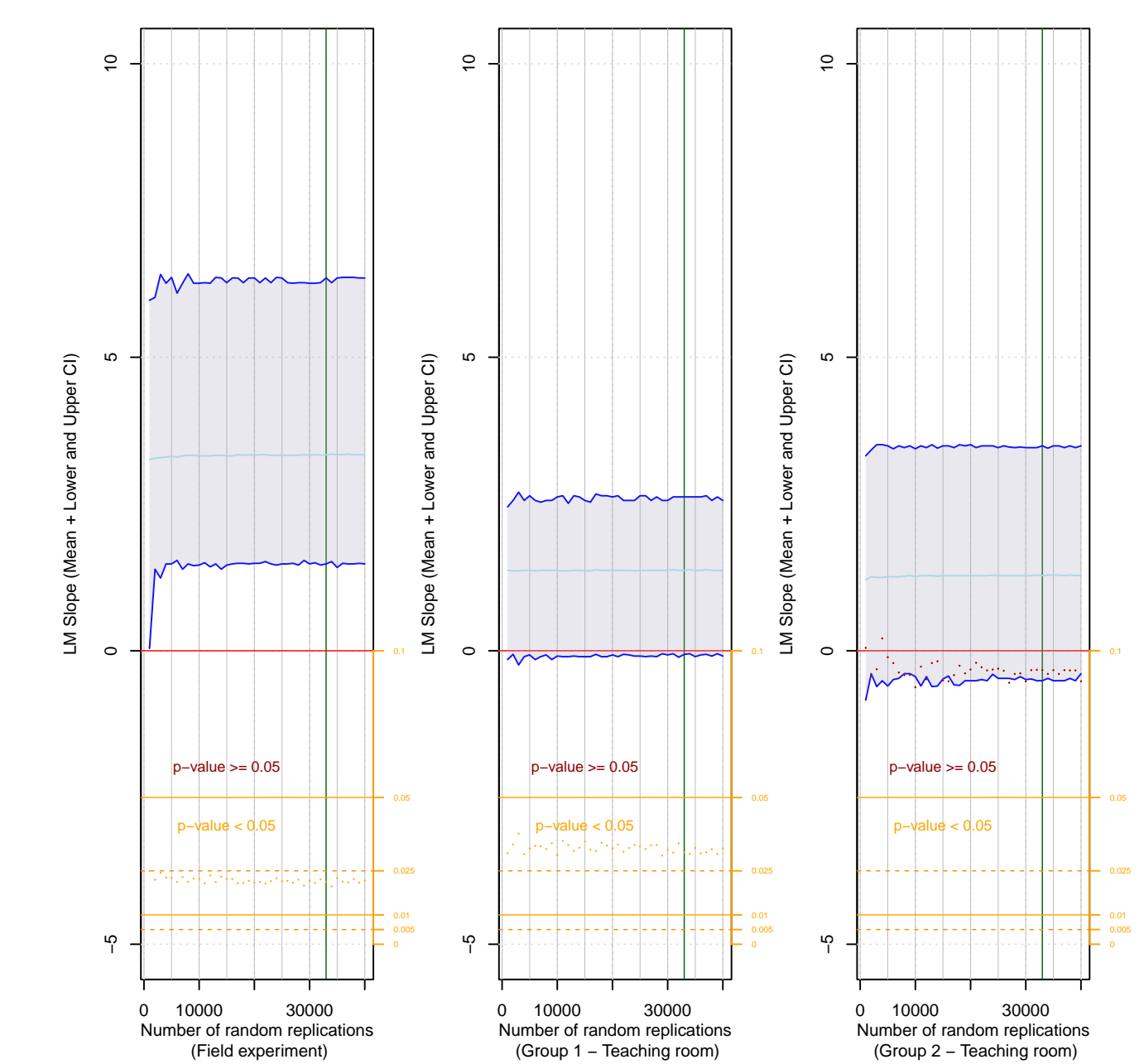


Figure 6 – Stabilisation des conclusions concernant l'évolution des données manquantes sur les participants présentant un maximum d'1/3 de données manquantes.

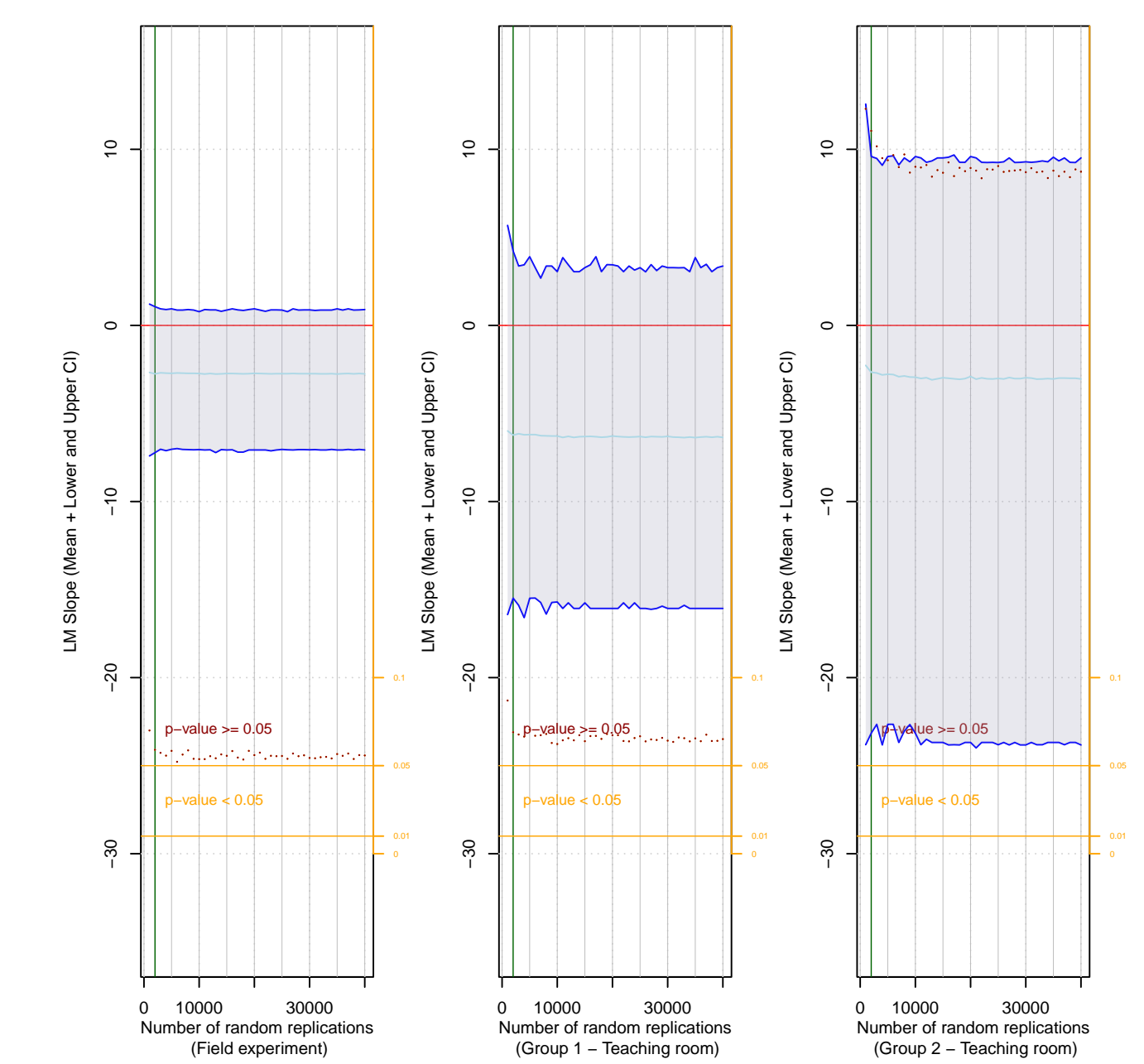


Figure 7 – Stabilisation des conclusions concernant l'évolution du pourcentage de bonnes réponses sur l'ensemble des participants.

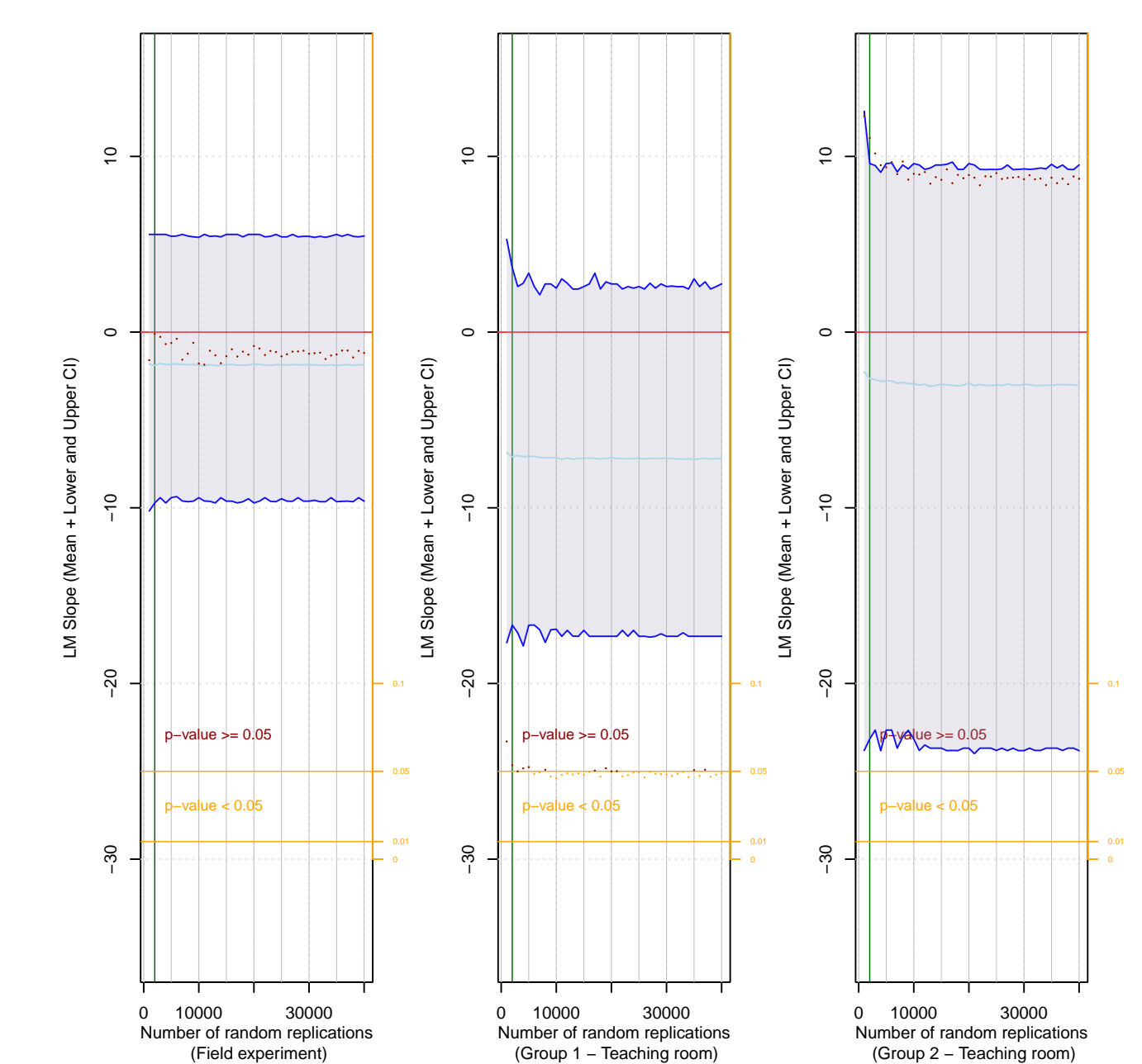


Figure 8 – Stabilisation des conclusions concernant l'évolution du pourcentage de bonnes réponses sur les participants présentant un maximum d'1/3 de données manquantes.

## Références

- [1] R.-G. BUSNEL et A. CLASSE. *Whistled Languages*. en. T. 13. Communication and Cybernetics. Berlin : Springer-Verlag, 1976. — [2] A. RIALLAND. "Phonological and phonetic aspects of whistled languages". en. In : *Phonology* 22.2 (août 2005), p. 237-271. — [3] J. MEYER. *Whistled Languages: A Worldwide Inquiry on Human Whistled Speech*. en. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2015. — [4] J. MEYER, L. DENTEL et F. MEUNIER. "Categorization of Natural Whistled Vowels by Naïve Listeners of Different Language Background". In : *Frontiers in Psychology* 08 (jan. 2017). — [5] A. T. NGOC, J. MEYER et F. MEUNIER. "Categorization of Whistled Consonants by French Speakers". en. In : *Interspeech 2020. ISCA*, oct. 2020, p. 1600-1604. — [6] A. T. NGOC, J. MEYER et F. MEUNIER. "Whistled Vowel Identification by French Listeners". en. In : *Interspeech 2020. ISCA*, oct. 2020, p. 1605-1609. — [7] J. MEYER. "Typology and acoustic statistics of whistled languages: Phonetic comparison and perceptual cues of whistled vowels". en. In : *Journal of the International Phonetic Association* 38.1 (avr. 2008), p. 69-94. — [8] S. GIESSENBERG et T. ARALI. "The relation between speech intelligibility and the Complex Modulation Spectrum". In : *7th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech 2001)*. Aalborg, Denmark, 2001, p. 473-476. — [9] T. CHI et al. "Spectro-Temporal Modulation Transfer Functions and Speech Intelligibility". en. In : *The Journal of the Acoustical Society of America* 106.5 (1999), p. 2719-2732. — [10] L. H. ARNAL et al. "Human Screams Occupy a Privileged Niche in the Communication Soundscape". en. In : *Current Biology* 25.15 (août 2015), p. 2051-2056. —