

ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR L'UTILISATION D'UN DISPOSITIF D'AUSCULTATION CERVICALE POUR L'APPRENTISSAGE DE MANŒUVRES DE DÉGLUTITION EN BIOFEEDBACK

Fabrice NEVEU¹, Maxime LE COZ¹, Pierre-Olivier FRANCOIS², Marion GIROD-ROUX³

¹ Swallis Medical, France; ² Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau, France; ³ Centre Hospitalier Universitaire Grenoble Alpes, France

Fabrice Neveu
f.neveu@swallismedical.com

INTRODUCTION

- Le biofeedback de la déglutition est utilisé pour permettre un contrôle intentionnel de ce processus^[1]. Cette technique peut faciliter l'enseignement de manœuvres de déglutition^[2].
- Objectifs :**
 - 1/Tester la compatibilité entre la réalisation de manœuvres de déglutition et le port d'un dispositif d'auscultation cervicale.
 - 2/Isoler les caractéristiques à la fois vibratoires et acoustiques spécifiques à quatre manœuvres les plus courantes en réduction de la déglutition.

MATÉRIEL & MÉTHODE

- Sujets : 3 orthophonistes (1♀, 2♂) spécialisés dans la dysphagie.
- Scénario : 20 déglutitions avec manœuvre (5 par manœuvre testée) et 20 déglutitions sans manœuvre (baseline) par sujet, enregistrées avec le dispositif d'auscultation cervicale haute résolution Swallis DSA™ posé autour du cou du sujet (Fig. 1). Les déglutitions sans et avec manœuvre sont effectuées en alternance, et dans le même ordre.

Tableau 1 : Liste des manœuvres et des consignes de réalisation

Manœuvre	Consigne
MASAKO (MAS.)	Déglutir sa salive langue tirée bloquée entre les lèvres
AVEC EFFORT (EFF.)	Déglutir fort 10mL d'eau
AVEC CO-CONTRACTION (CO-C)	Déglutir 10mL d'eau avec appui des 2 mains sur les rebords de chaise
MENDELSONN (MEN.)	Déglutir 10mL d'eau en s'arrêtant, larynx haut, puis relâcher



Figure 1 : Position du Collier Swallis DSA™

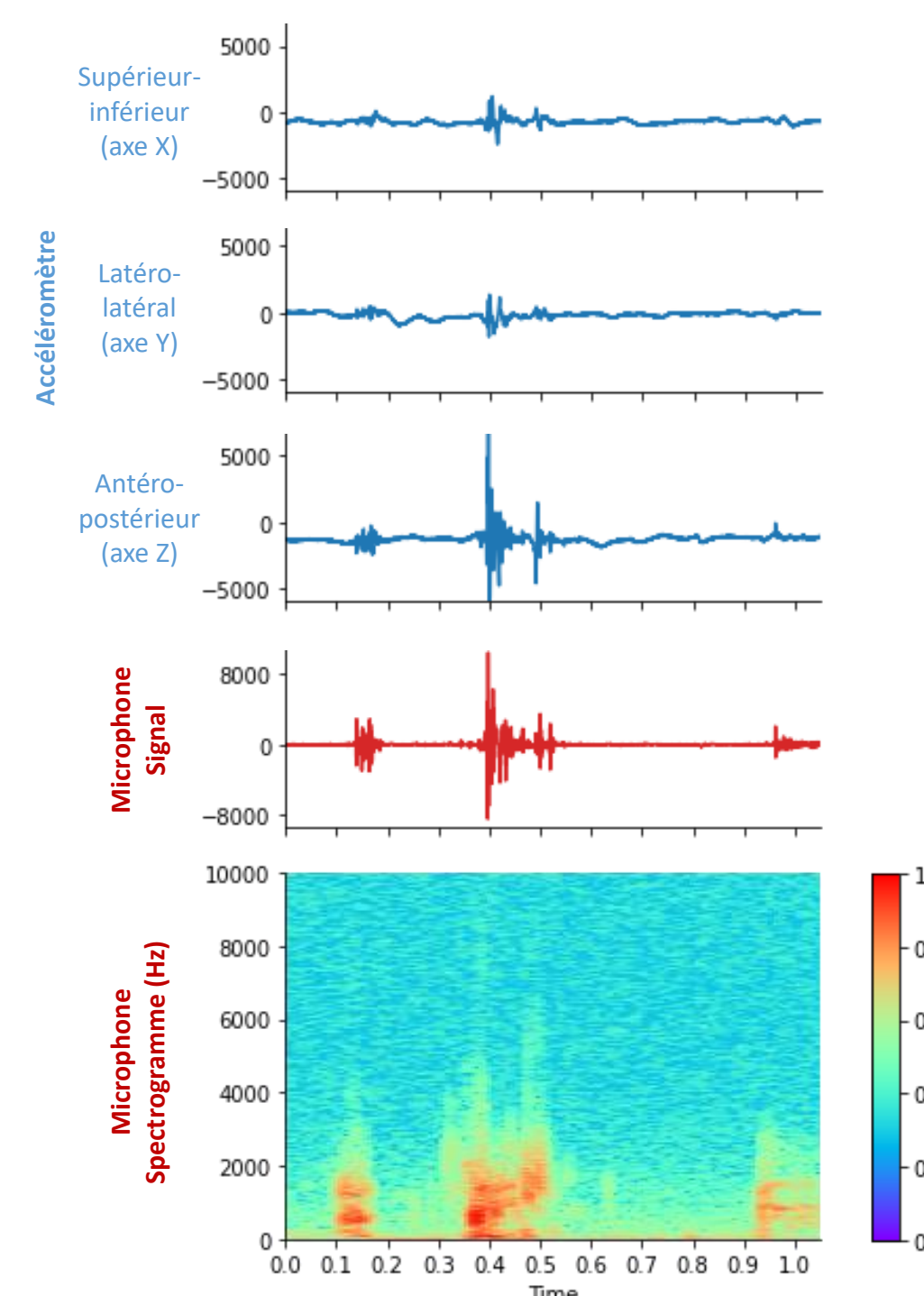


Figure 2 : Signature vibro-acoustique d'une déglutition

- Des caractéristiques des signaux^[3] (liste in Tab. 2) sont extraites pour chaque déglutition isolée en un segment de 1sec (ex. Fig. 2).

CONCLUSION

- Le port du dispositif d'auscultation cervicale haute résolution Swallis DSA™ est compatible avec la réalisation de manœuvres de déglutition.
- Une combinaison de caractéristiques des signaux vibro-acoustiques des déglutitions permettrait de classer les déglutitions faites avec et sans manœuvre. Ces algorithmes représenteraient une façon d'estimer la réussite de l'apprentissage de manœuvres de déglutition.

RÉFÉRENCES

- [1] D.-M. Denk et A. Kaider, « Videoendoscopic Biofeedback: A Simple Method to Improve the Efficacy of Swallowing Rehabilitation of Patients after Head and Neck Surgery », ORL, vol. 59, no 2, p. 100-105, 1997, doi: 10.1159/000276918.
- [2] G. H. McCullough, E. Kamarunas, G. C. Mann, J. W. Schmidley, J. A. Robbins, et M. A. Cray, « Effects of Mendelsohn Maneuver on Measures of Swallowing Duration Post Stroke », Topics in Stroke Rehabilitation, vol. 19, no 3, p. 234-243, mai 2012, doi: 10.1310/tsr1903-234.
- [3] C. Donohue, Y. Khalifa, S. Perera, E. Sejdíć, et J. L. Coyle, « Characterizing Effortful Swallows from Healthy Community Dwelling Adults Across the Lifespan Using High-Resolution Cervical Auscultation Signals and MBSImP Scores: A Preliminary Study », Dysphagia, sept. 2021, doi: 10.1007/s00455-021-10368-3.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

- Le scénario a pu être mis en œuvre dans son intégralité et aucun participant n'a rapporté de difficulté pour réaliser chacune des manœuvres en présence du dispositif Swallis DSA™.
- Classification des segments de déglutitions :
 - Une caractéristique unique ne permet pas de discriminer une déglutition faite sans effort particulier (baseline) et avec n'importe quelle manœuvre (cf. Tab. 2). Un taux de bonne classification > à 76%^[3] est atteint à partir d'une combinaison de ces caractéristiques (cf. Tab. 3).
 - Des caractéristiques différencieraient certaines manœuvres entre elles (cf. cases vertes du Tab. 2) sans toutefois pouvoir toutes les classer.

Tableau 2 : Distinction baseline vs manœuvre paramètre par paramètre. Case verte: variation du paramètre significativement différente ; case bleue: variation similaire mais non significative. A: accéléromètre, M: microphone.

	Caractéristique du signal	Signal	MAS.	EFF.	CO-C	MEN.
Temporel	Moyenne de l'énergie (_mean_energy)	A (axe X)				
		A (axe Z)				
		A (3 axes)				
	Maximum de l'énergie (_max_energy)	A (axe Y)				
		A (axe Z)				
		A (3 axes)				
Ratio temps d'énergie >5% de l'énergie max	M					
Maximum de la dérivée de l'énergie	A (axe Y)					
	A (axe Z)					
	A (3 axes)					
Déviation standard (_std)	A (axe X)					
	A (axe Y)					
	A (axe Z)					
	A (3 axes)					
Fréquentiel	Kurtosis					
	Skewness					
	Entropy					
	Centroïde spectral	A (axe Z)				
Bandwidth	M					

Tableau 3 : Résultats de la classification baseline vs ensemble des manœuvres à partir de différentes méthodes d'apprentissage.

Classifieur		Précision	Rappel	% de bonne classification
Arbre de décision (k-validation en 10 partitions)	BASELINE	0,638	0,733	65,8%
	MANŒUVRE	0,686	0,583	
Arbre de décision (full training set)	BASELINE	0,704	0,950	77,5%
	MANŒUVRE	0,923	0,600	
Réseau de neurone MLP (k-validation en 10 partitions)	BASELINE	0,797	0,850	81,7%
	MANŒUVRE	0,839	0,783	

A

```

A_max_energy < 39188645.04
| Z_mean_energy < 248429.64
| | A_kurtosis < 1.73 : MANŒUVRE (6/0)
| | | A_kurtosis >= 1.73
| | | | X_mean_energy < 85240.17
| | | | | Z_kurtosis < 0.6 : MANŒUVRE (10/4)
| | | | | | Z_kurtosis >= 0.6 : BASELINE (65/13)
| | | | | | | X_mean_energy >= 85240.17 : MANŒUVRE (3/0)
| | | | | | | | Z_mean_energy >= 248429.64
| | | | | | | | | X_bandwidth < 2189.28
| | | | | | | | | | Z_kurtosis < 1.72 : MANŒUVRE (4/0)
| | | | | | | | | | | Z_kurtosis >= 1.72
| | | | | | | | | | | | M_max_energy < 8779657.37 : BASELINE (2/0)
| | | | | | | | | | | | | M_max_energy >= 8779657.37 : MANŒUVRE (4/1)
| | | | | | | | | | | | | | X_bandwidth >= 2189.28 : MANŒUVRE (9/0)
A_max_energy >= 39188645.04
| Z_mean_energy < 219629.23 : BASELINE (1/0)
| | Z_mean_energy >= 219629.23 : MANŒUVRE (16/0)
    
```

Size of the tree : 19
Max depth of tree : 5

Figures 3 : Arbres de décision pour la classification baseline vs ensemble des manœuvres. Fig. A : arbre de décision k-validation croisée (en 10 partitions). Fig. B : arbre de décision full training test

B

```

A_std < 1259.61
| M_kurtosis < 33.86
| | A_skewness < 1.32 : MANŒUVRE (1/0)
| | | A_skewness >= 1.32 : BASELINE (22/0)
| | | | M_kurtosis >= 33.86
| | | | | Z_kurtosis < 0.8 : MANŒUVRE (19/3)
| | | | | | Z_kurtosis >= 0.8 : BASELINE (59/24)
A_std >= 1259.61 : MANŒUVRE (19/0)
    
```

Size of the tree : 9
Max depth of tree : 3