

# Formation au recueil de données articulatoires

Christophe Savariaux et Andrés Felipe Lara

30 novembre 2023



# Programme de l'après midi

## ➤ Formation théorique au recueil de données articulatoires :

- ✓ Présentation du Gipsa-lab et du Pôle Technique
- ✓ Les systèmes d'acquisition en France
- ✓ EMA et les logiciels d'analyse : TRAP et ema2wav
- ✓ EVA2 et le logiciel Phonedit
- ✓ EGG
- ✓ L'ultrason et le logiciel UltraSpeech
- ✓ Démonstration de TRAP et ema2wav

## ➤ Ateliers pratiques :

- ✓ EMA (WAVE)
- ✓ Ultrasons
- ✓ EVA2 / EGG
- ✓ Visite du musée de phonétique



# GIPSA-lab en bref (1/2)



Créé en 2007 le **GIPSA-lab** mène des recherches théoriques et appliquées sur les thématiques de recherche suivantes :

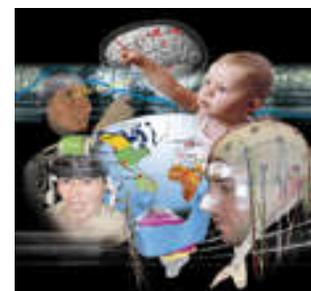
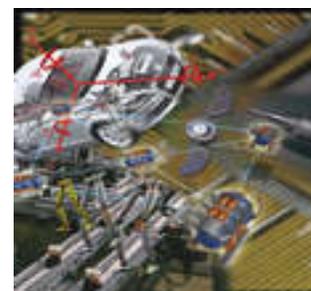
**AUTOMATIQUE, SIGNAL, IMAGES, PAROLE, COGNITION, ROBOTIQUE, APPRENTISSAGE**

**Laboratoire pluridisciplinaire** à l'interface entre les **mondes physiques et numériques** avec une **forte assise expérimentale**

3 tutelles



Partenaire associé



# GIPSA-lab en bref (2/2)



**UMR Créée en 2007 :**  
CNRS - Grenoble-INP – UGA  
1 équipe INRIA  
1 équipe OSUG



**Thématiques de recherche**  
**AUTOMATIQUE, SIGNAL, IMAGES,**  
**PAROLE, COGNITION, ROBOTIQUE,**  
**APPRENTISSAGE**



**Interdisciplinarité**  
4 sections CNRS +  
INRIA  
7 sections CNU  
15% SHS  
(2018 : 3 sections  
CNRS et 5 CNU)



**De la théorie à  
l'expérimentation**  
Importance des  
plateformes



**~350 personnes** : 105 chercheurs  
et enseignants-chercheurs  
1/3 GINP, 1/3 CNRS, 1/3 UGA  
38 IT/IATS, ~200 non-permanents  
dont 60% doctorants



**4 pôles scientifiques**  
15 équipes/thèmes  
**2 pôles support**  
Administratif et financier et  
Technique



# Qui suis-je ?

## Ingénieur de Recherche au CNRS, depuis 1998 :

- Background scientifique (physique et traitement du signal)
- Corps de métier en BAP C – Instrumentation Scientifique
- Support à la recherche pour l'acquisition de données multimodales en parole : participation aux projets de recherche (acquisition, analyse de données, publications/présentations)
- Veille technologique
- Offres de formation / Prestations

## Directeur Technique du GIPSA-lab

- Responsable du Pôle Technique
- Membre du Service Plateformes
- Co-Responsable Technique de MUSA (MULTimodal Speech Acquisition)



## Le Pôle Technique

- 4 services dédiés à **l'appui et au support** pour le laboratoire et l'enseignement :
  - mécatronique, plateformes, logiciels et informatique
- ~30 **personnels** techniques
- ~20 **plateaux techniques** sur plus de 700 m<sup>2</sup>
- Deux **ateliers** de conception et réalisation électronique et mécanique
- ~600 postes informatiques + des serveurs (calcul, stockage)
- Au service des **projets scientifiques** et du **transfert technologique** : valorisation, prototypage et preuves de concept (SATT, contrats industriels)





# Des plateaux et des plateformes uniques

Multi thématiques :

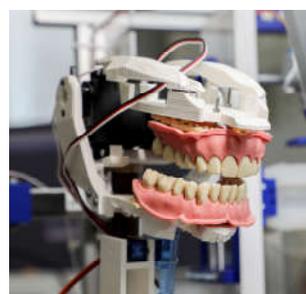
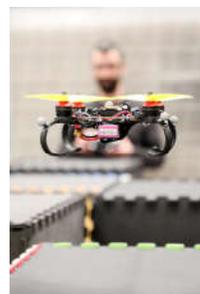
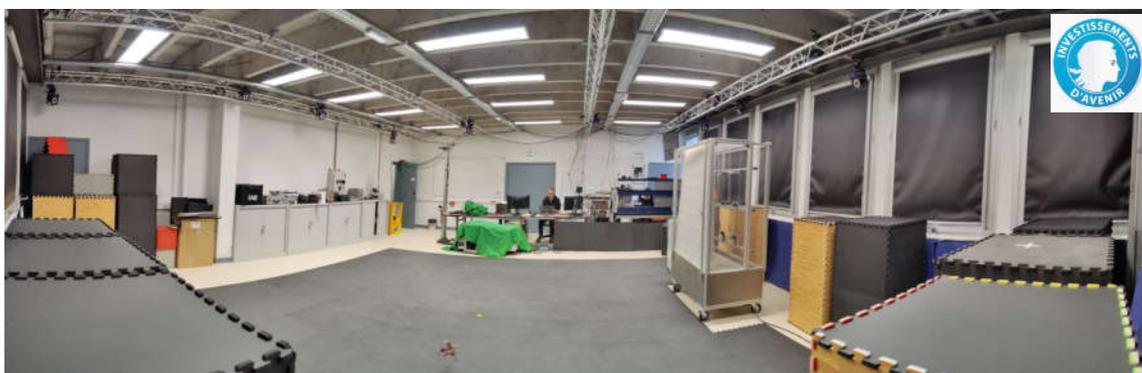
*Parole & Cerveau, Capture de mouvement, Automatique avancée, Acoustique, Robotique aérienne, Robotique Humanoïde et interactions, Transport, Dialectologie (Atlas Roman).*

Glacier d'Argentière (Mt Blanc)

IRM au CHU (UMS IRMaGe)

Banc Larynx au LADAF

GTL : Grenoble Traffic lab 



**Une spécificité : produire nos propres données et nos modèles**



## Deux plateaux dédiés pour la parole

- 2 espaces d'enregistrements (chambres anéchoïques) :
  - Stendhal E (18 m<sup>2</sup>)
  - Ampère B3 (8 m<sup>2</sup>)



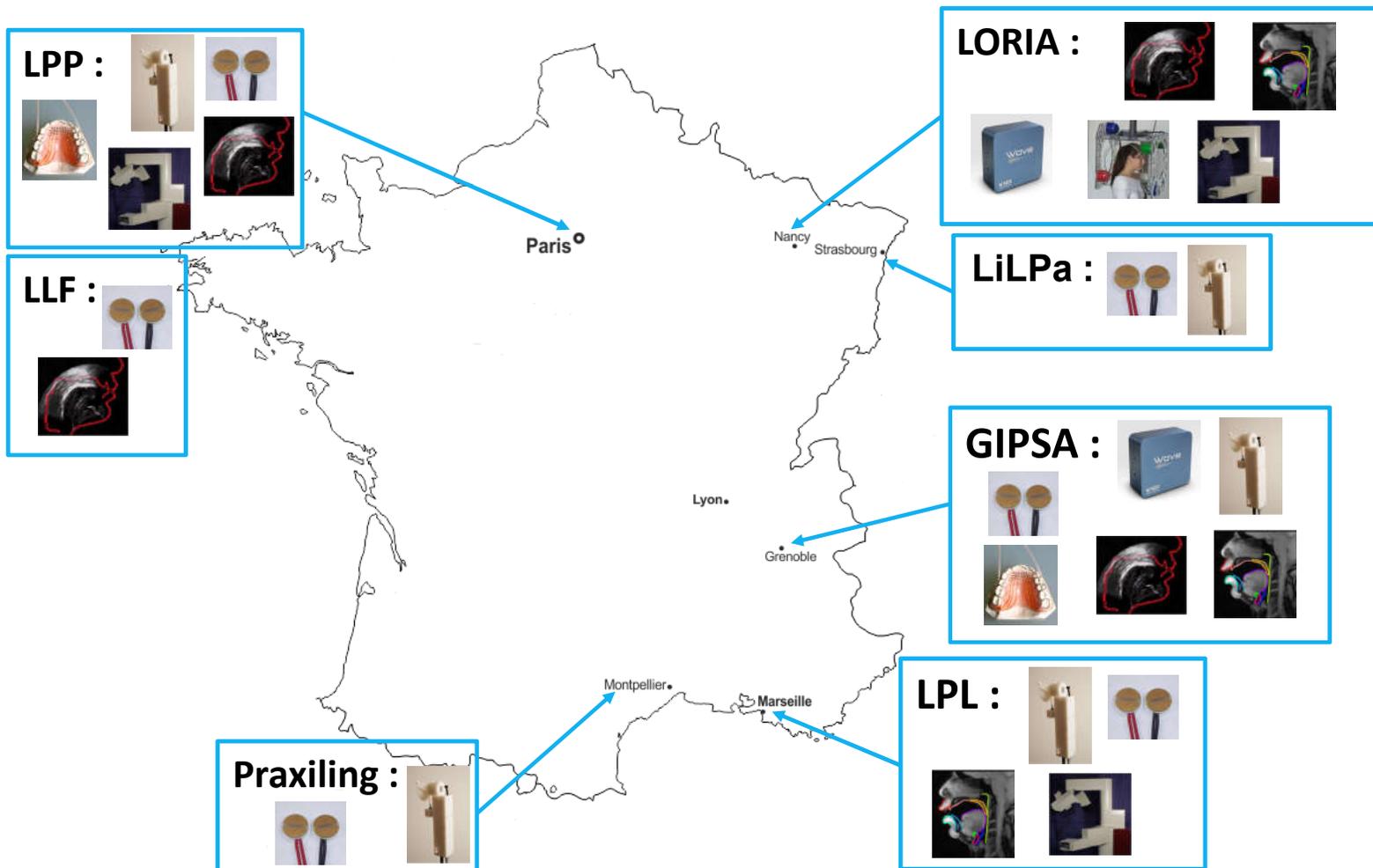


# Le recueil de données en parole

- **Données articulatoires :**
  - EMA (ElectroMagnetic Articulography)
  - Ultrasons (Ultraspeech)
  - IRM (Imagerie à Résonance Magnétique) : statique et dynamique
  - Rayons X (plus autorisé)
- **Données physiologiques :**
  - Électroencéphalographie (EEG),
  - Électromyographie (EMG),
  - Électroglottographie (EGG),
  - Électropalattographie (EPG),
  - Mesures aérodynamiques du conduit vocal (système EVA)
- **Autres :** Qualysis, transillumination ePGG, ...



# Cartographie des systèmes de mesures articulaires et aéro en France



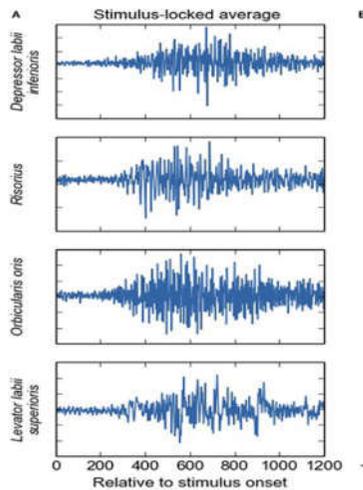
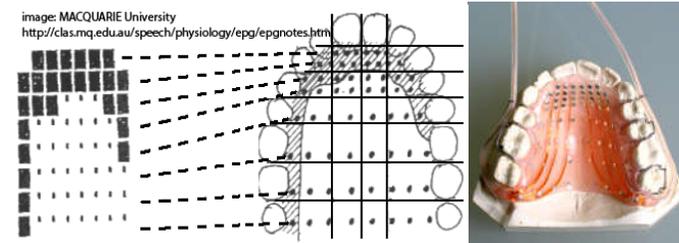


# Autres exemples de données physiologiques :

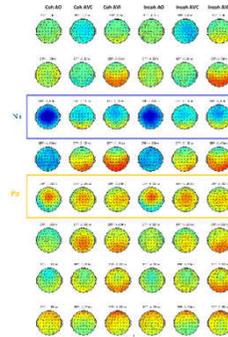
**EMG** : mesure de l'activité musculaire (de la face) avec Biopac (MP150)



**EPG** : mesure dynamique du contact de la langue avec le palais



**EEG** : mesure de l'activité cérébrale



**Qualisys** : mesure des mouvements orofaciaux en 3D





# Données articulatoires avec l'EMA

- 2 types de systèmes :
  - Le système développé par NDI (Canada) :  
WAVE (Aurora)  
<https://www.ndigital.com/electromagnetic-tracking-technology/aurora/aurora-field-generators/>
  - Les systèmes développés par Carstens  
(Allemagne) : AG200, AG500, AG501  
<https://www.articulograph.de/>





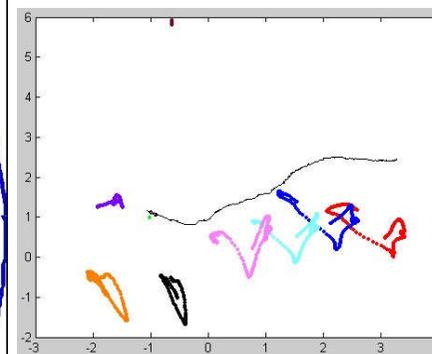
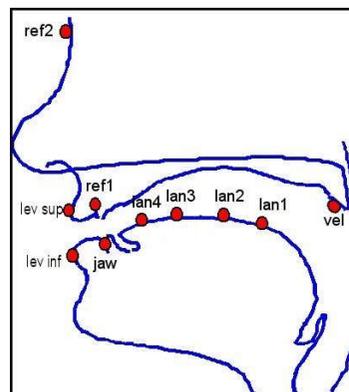
# Le système WAVE de NDI

- 2 x 8 bobines à 400 Hz
- Audio synchro via une carte son (USB)
- 1 plaque émettrice (20 x 20 cm) + 2 boîtiers de réception connectés en USB
- 1 PC sous Windows (7 ou 10)
- 1 logiciel propriétaire (WaveFront)
- 1 sonde pour la trace du palais
- Pas de calibration ni étalonnage nécessaire
- Possibilité d'utiliser une bobine de référence (6D) pour soustraire les mouvements de la tête

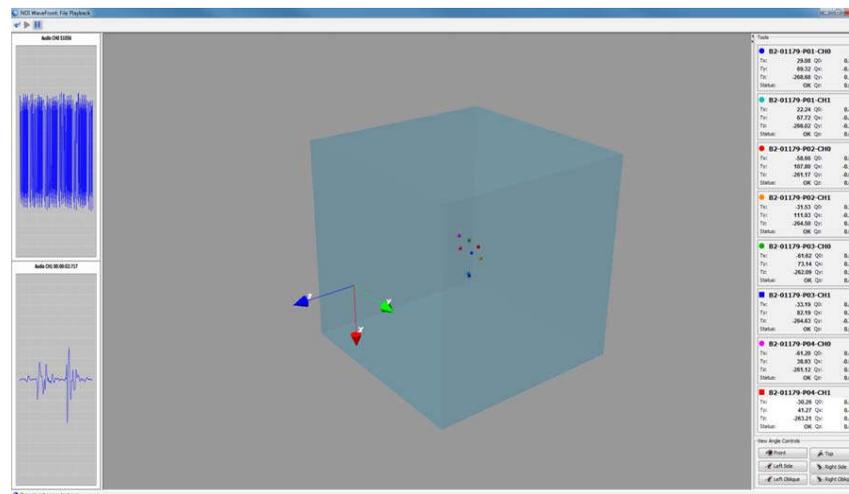




# Exemples d'utilisation



Chaîne Youtube du Gipsa  
[Lien](#)



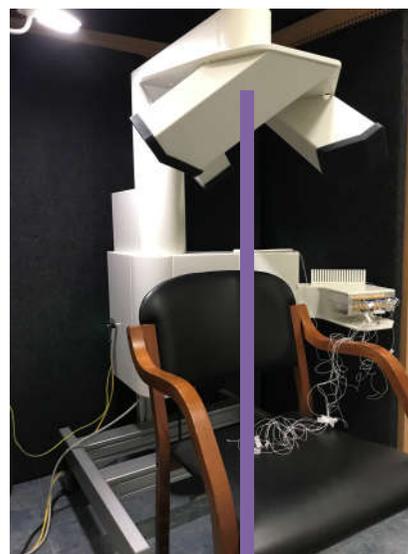
Logiciel WaveFront (NDI)



# Le système Carstens AG501 Medizinelektronik GmbH



- ✓ Synchro audio via carte son (USB)  
PC sous Linux CentOS
- ✓ 1 logiciel propriétaire pour les enregistrements (cs5)
- ✓ Pas de logiciel pour le traitement des données



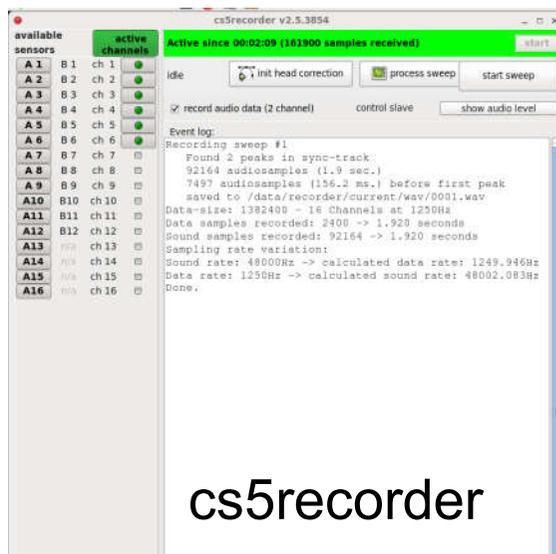
- ✓ Antenne à hauteur ajustable
- ✓ Champ magnétique 1-2  $\mu$ Tesla
- ✓ Pince de mise à la terre (parafoudre)



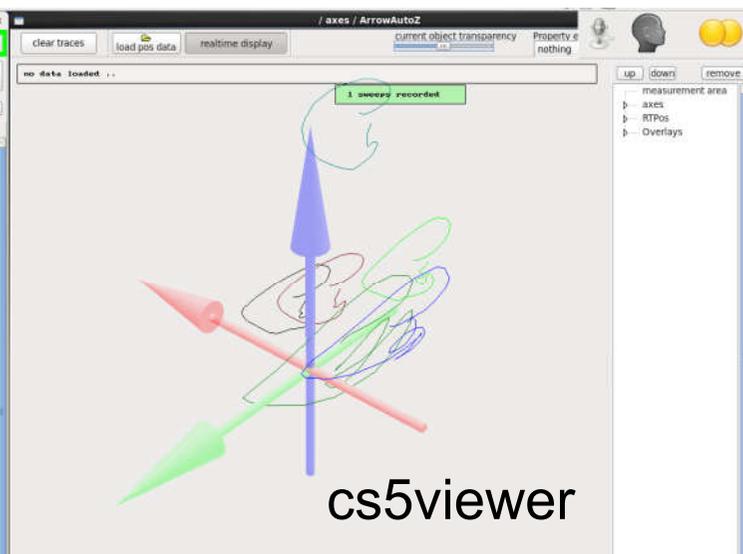
- ✓ 16 canaux à 1250 Hz
- ✓ Trace du palais avec senseur + doigt
- ✓ Biteplane: correction mouvements de tête
- ✓ Calibrage des capteurs nécessaire (20 mins)



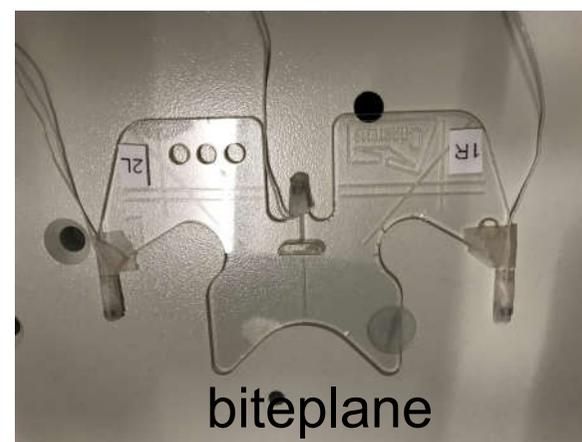
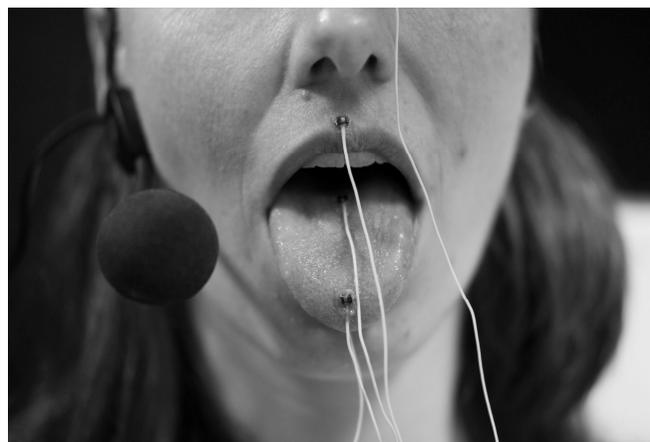
# Exemples d'utilisation



cs5recorder



cs5viewer



biteplane



# Comparaison des 2 systèmes

Carstens		WAVE	
++	--	++	--
AG501 <b>le plus précis</b> de tous* (RMS ~ 0.3 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Système très encombrant</li> <li>✓ <b>Calibration</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Système <b>très compact</b> et léger</li> <li>✓ Bobine de référence</li> </ul>	Système moins précis que AG501 dans certaines zones (RMS ~ 1,5 mm)*
Société Carstens à l'écoute et toujours disponible	AG500 le moins précis*	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prise en main très facile</li> <li>✓ <b>Pas de calibration</b></li> </ul>	<b>Plus supporté</b> par NDI, remplacé par Aurora

\* Cf. Savariaux et al. (2017). A comparative study of the precision of Carstens and NDI electromagnetic articulographs. *Journal of Speech Language and Hearing Research*.

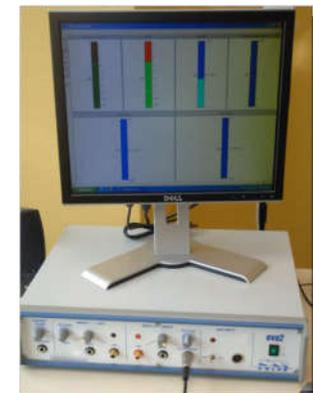


# Les autres systèmes d'acquisitions de données



## Le système EVA2 (1/2)

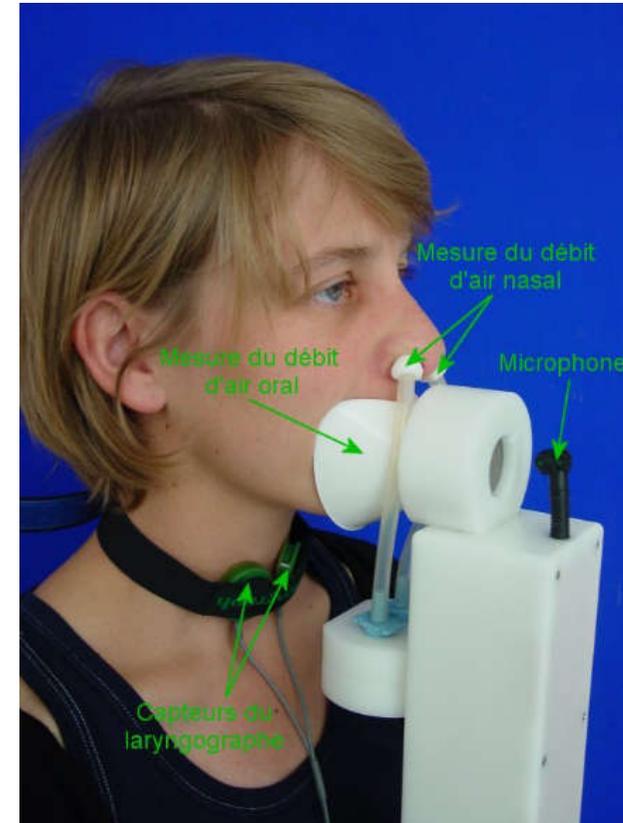
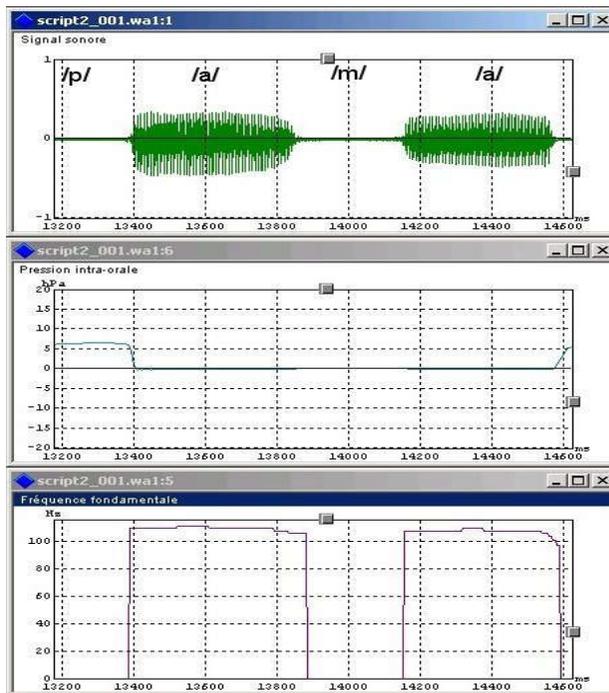
- Le système d'Evaluation Vocale Assistée (EVA2) est un dispositif d'analyse des mécanismes de production de la parole.
- Développé au LPL depuis les années 1990 (réfèrent Alain Ghio)
- Équipé de multi-capteurs pour enregistrer des signaux physiologiques :
  - débit d'air oral et nasal,
  - la pression intra-orale,
  - l'EGG,
  - l'audio.





## Le système EVA2 (2/2)

- Logiciel Phonedit pour l'acquisition et le traitement des données



<https://lpldev.lpl-aix.fr/phonedit/download.html>



# L'électroGlottographe (1/3)

- Plusieurs sociétés et plusieurs systèmes :

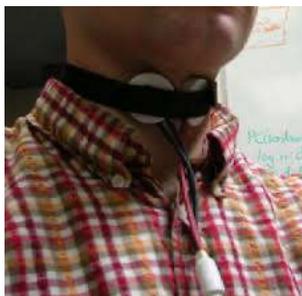
- Glottal Enterprises : EG2-PCX

[\(https://www.glottal.com/\)](https://www.glottal.com/)



- Laryngograph

[\(http://www.laryngograph.com/\)](http://www.laryngograph.com/)



Speech Studio

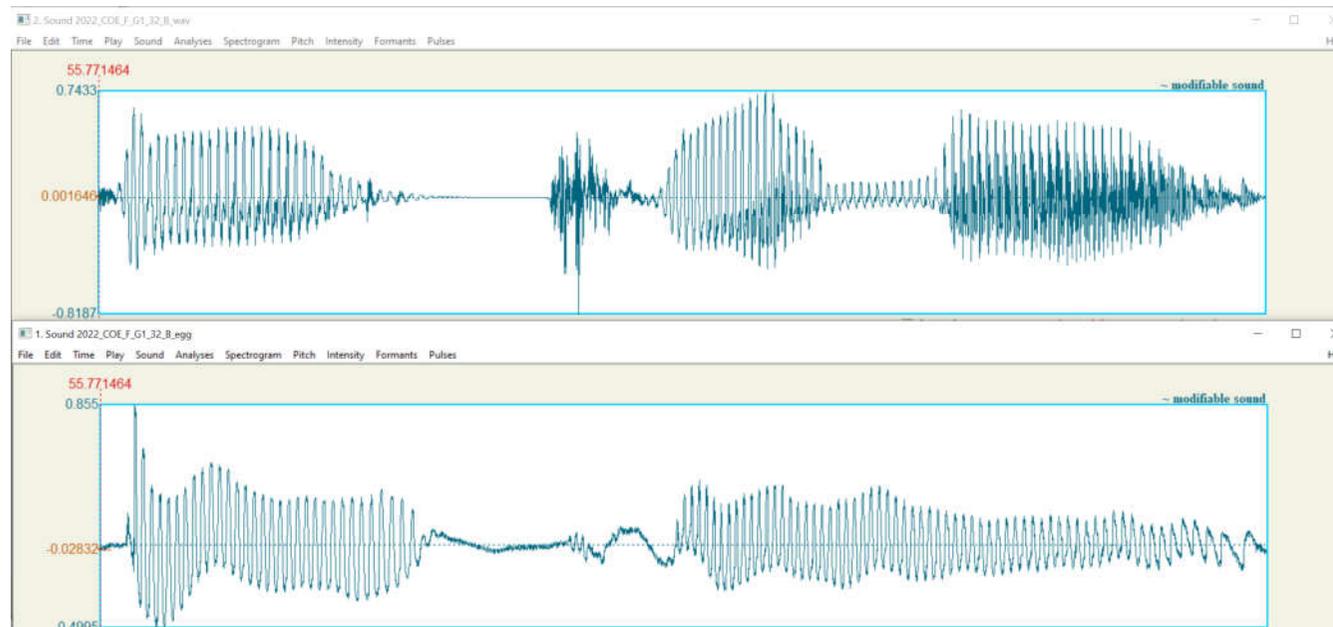


EGG-D800



# L'électroGlottographe (2/3)

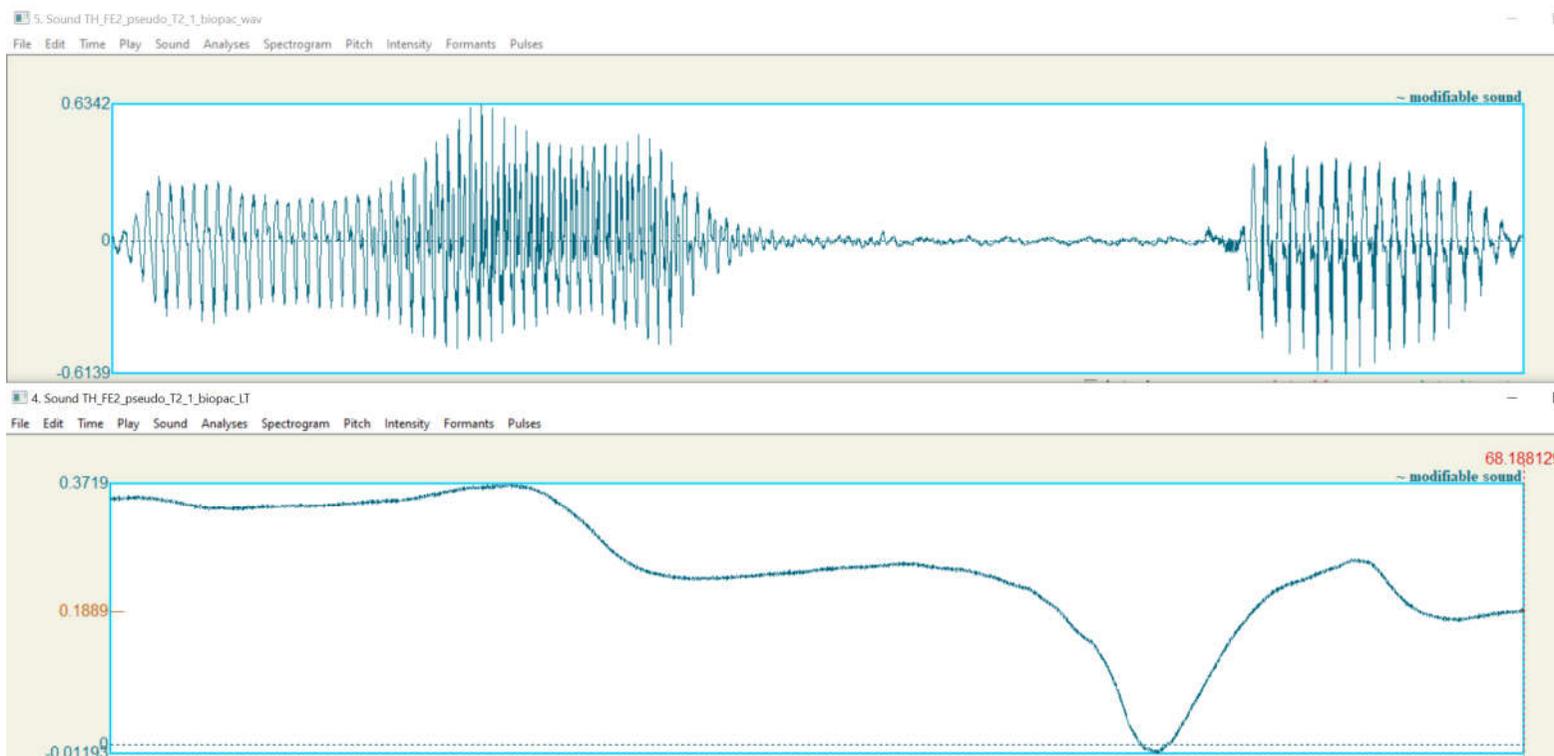
- Mesure l'activité des plis vocaux
- Nécessite une carte d'acquisition (EVA2 ou carte son USB)





# L'électroGlottographe (3/3)

- Avec le système de chez Glottal Enterprises, on peut mesurer le déplacement vertical du **larynx**





# Le système Ultraspeech (1/3)

<http://ultraspeech.com/>

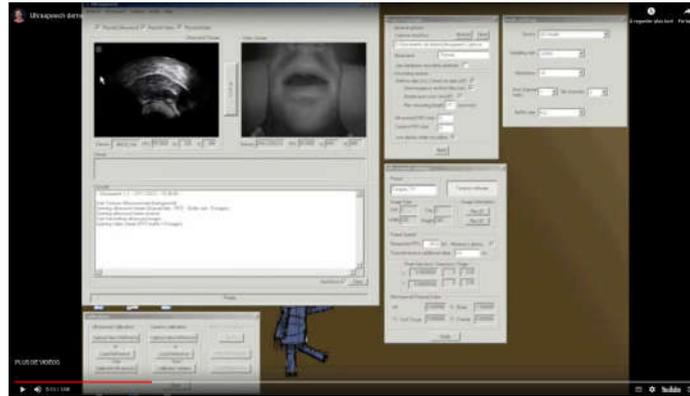
- Acquisition de données d'ultrasons grâce au logiciel **Ultraspeech-acquisition**
- Développé par Thomas Hueber (@Gipsa-lab)
- Acquisition simultanée et synchrone :
  - d'images ultrasonores (jusqu'à 70 fps en 640×480 pixels),
  - d'images vidéo NB (jusqu'à 60 fps en 640×480 pixels),
  - de plusieurs canaux audio (16 bits, 44.1 kHz).
- Ultraspeech est compatible avec les échographes ultra-portables Terason T3000 et Telemed (Echoblaster et MicroUS)





## Le système Ultraspeech (2/3)

- Analyse des données via Ultraspeech :



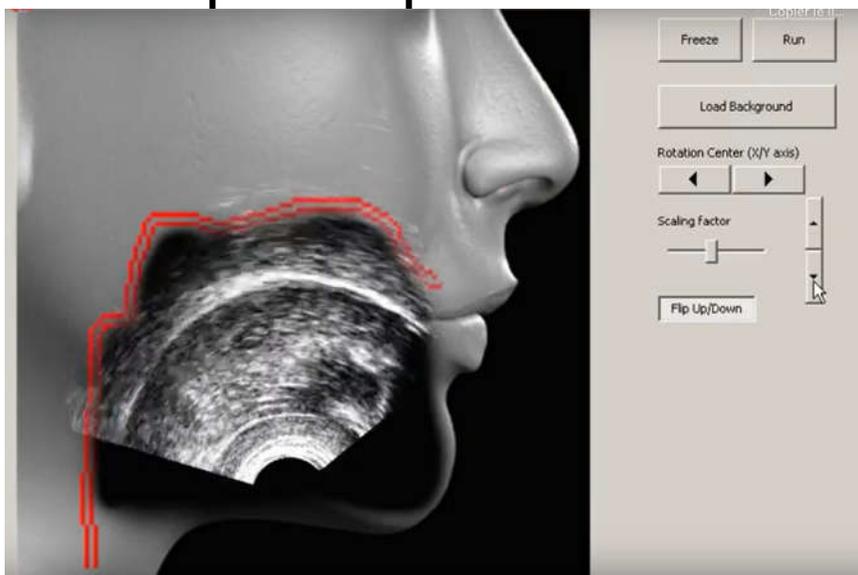
- Exemple de données :  
[Lien](#) vers la chaine Youtube





## Le système Ultraspeech (3/3)

- Utilisation d'**ultraspeech-player** pour l'aide à la rééducation orthophonique :



[Lien](#) vers la chaine youtube





# Acquisition et traitement des données EMA



# Les logiciels d'analyses

Ils sont très nombreux :

- Mview (M. Tiede, Haskins)
- Visartico (S. Ouni, Nancy)
- Articulate Assistant Advanced (A. Wrench, Edimbourg)
- Eguana (P. van Lieshout, Toronto)
- Trap (C. Savariaux, Grenoble)
- Ema2wav (P. Buech, LPP)



# Logiciel ema2wav

✓ Transforme données EMA en fichiers multicanaux WAV et en fichiers CSV

✓ Basé sur Python :    

✓ Dépendances gratuites et open-source

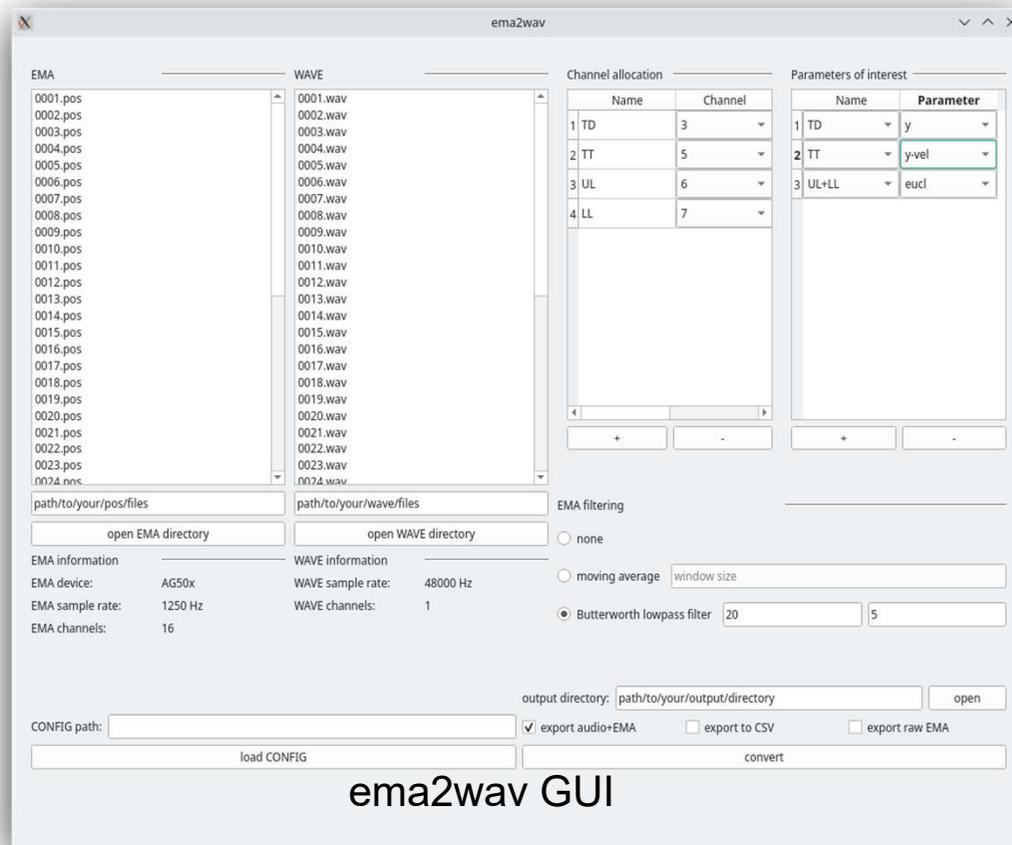
✓ Paramétré pour AG500/501 (Carstens Medizinelektronik GmbH)

✓ Dérivations et mesures multiples

✓ Téléchargez-le ici:

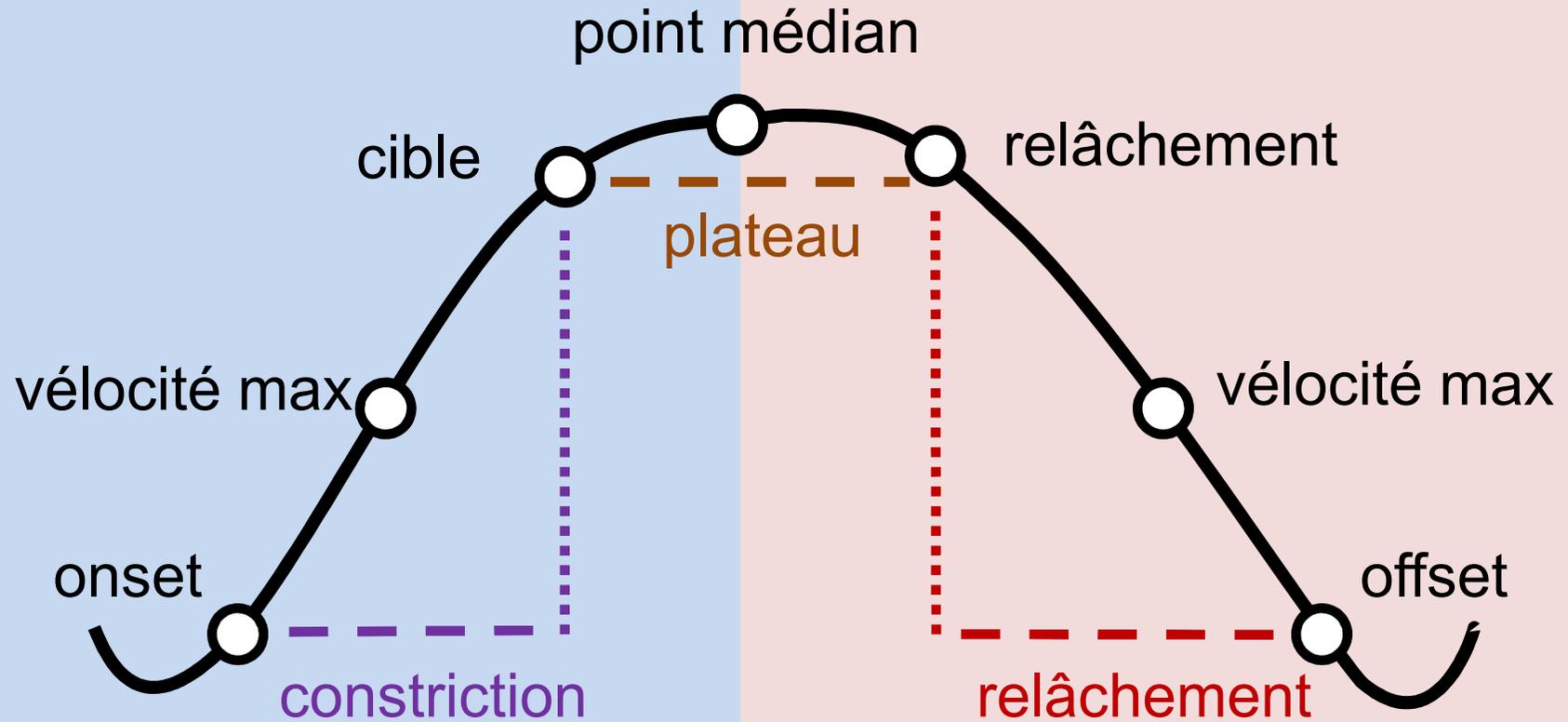


✓ GUI, ligne de commande ou module Python :



Buech, P. & Roessig, S. (2022). ema2wav [computer program].

# Repères gestuels



Repères gestuels et intervalles intragestuels pour un complexe gestuel typique.

Tilsen (2014)



# Annotation et mesures sur :

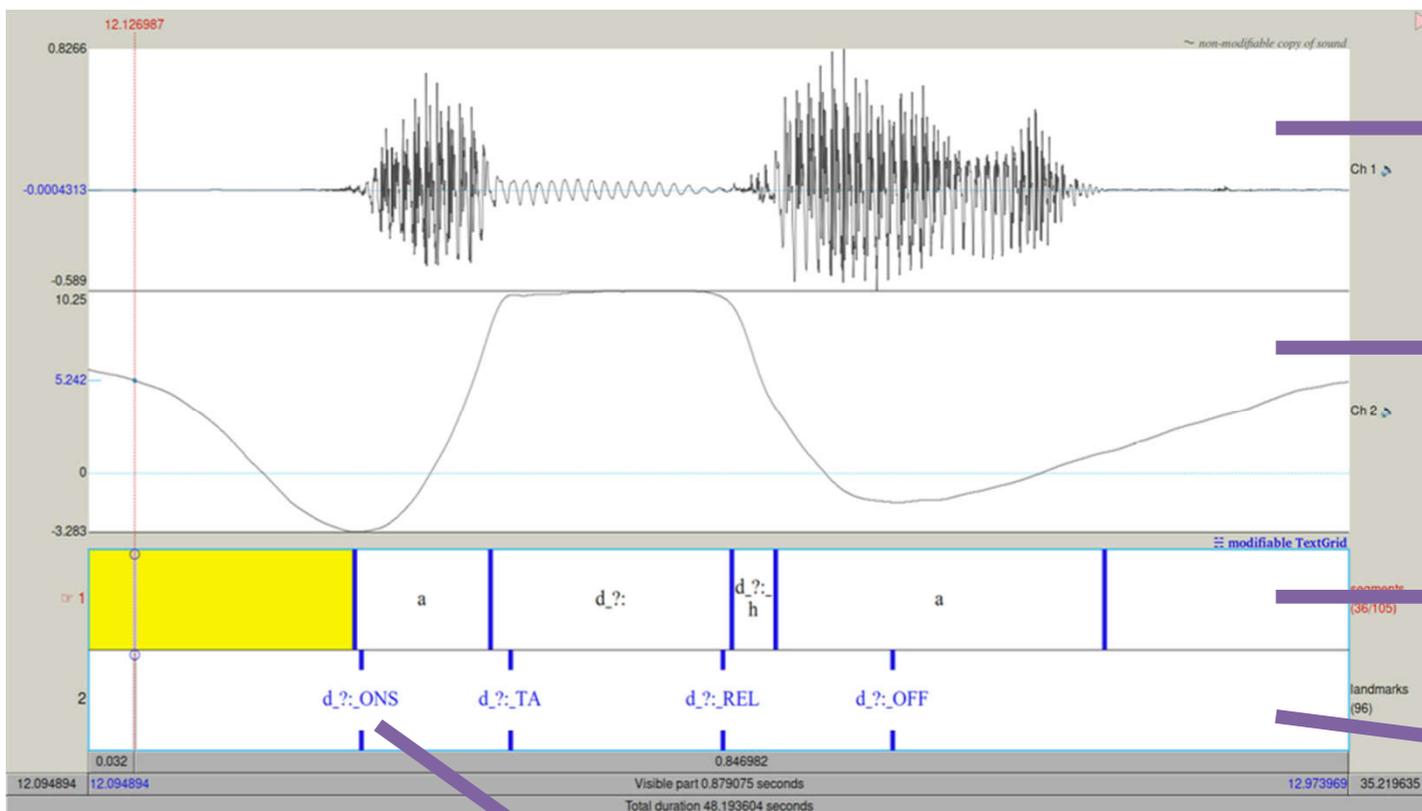


Signal acoustique : SA

Déplacement de la  
pointe de la langue

1. Annotation SA :  
- manuelle  
- alignement forcé

2. Repères gestuels :  
- manuelle  
- auto (script)

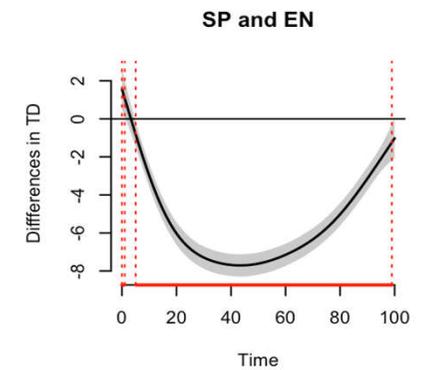
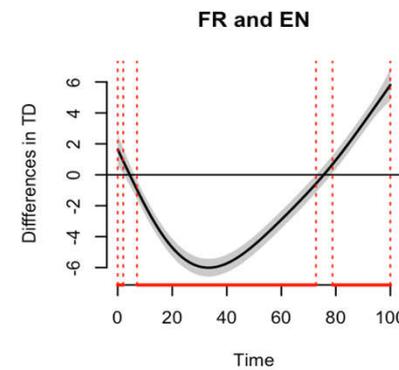
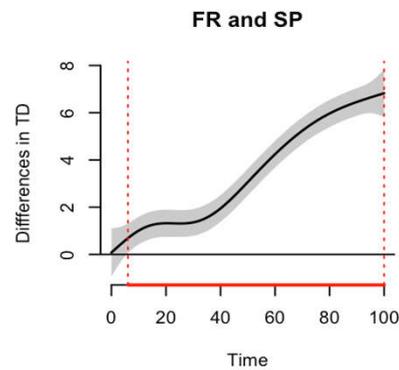
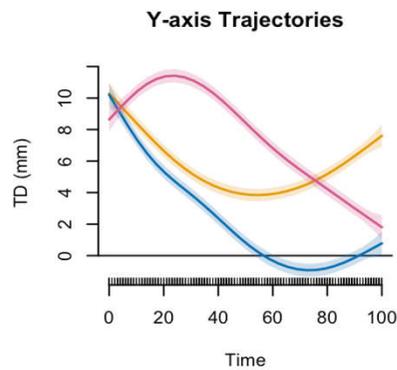
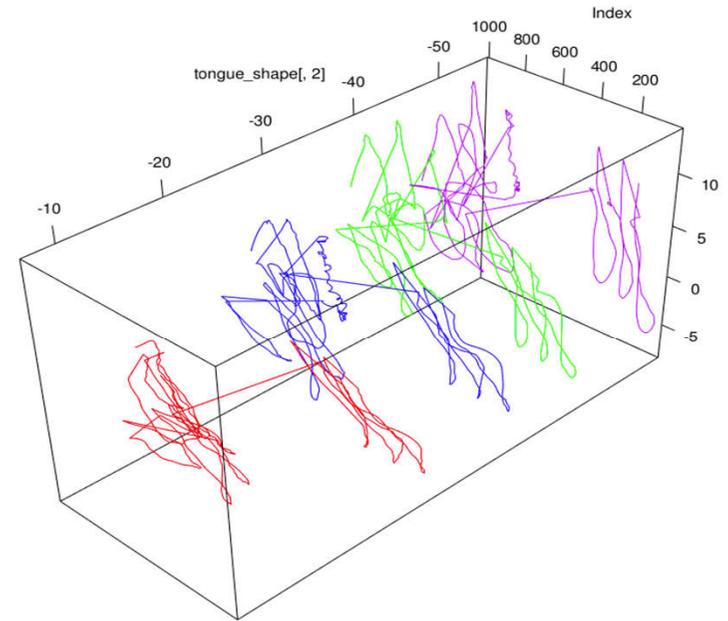
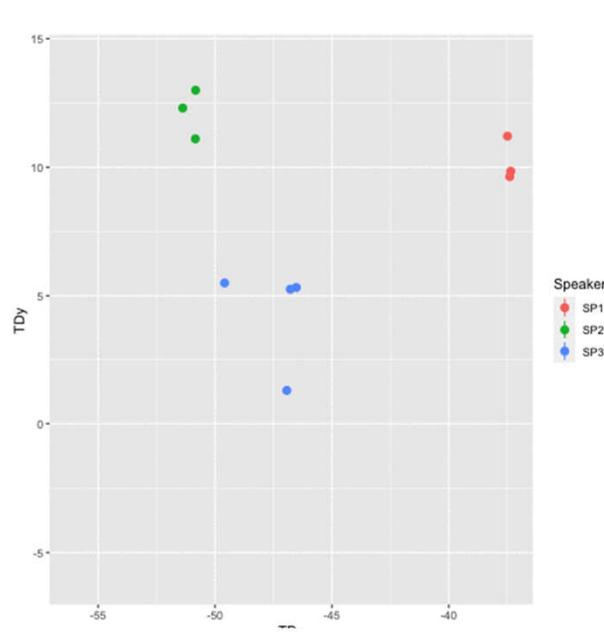
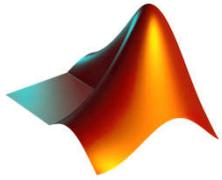


P. Buech (2023)

Point tiers pour repères gestuels



# Modélisation des données





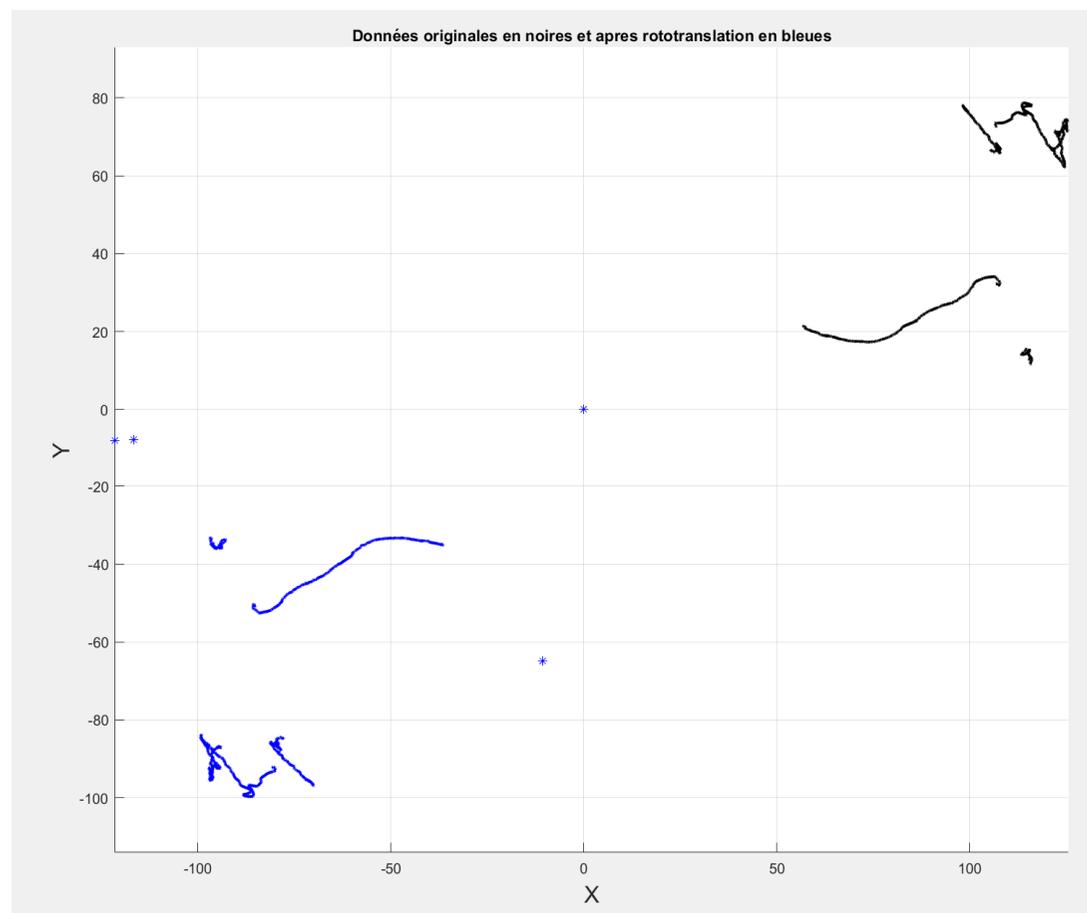
# Traitement avec le système WAVE

- **2 choix d'enregistrements :**

- Utilisation d'une bobine de référence 6D 
  - Utilisation de 4 bobines (2 derrière les oreilles, 1 nez, 1 incisive supérieure)
  - Enregistrement du bite-plane nécessaire
  - Enregistrement de la trace du palais avec une bobine sur le doigt
- 
- Post-traitement nécessaire (sources M. Tiede) :
    - Calcul et soustraction des mouvements de tête (roto-translation) et prise en compte du bite-plane
    - Recalage dans le référentiel du locuteur

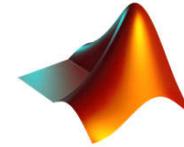


# Exemple de post-traitement (bite-plane + palais)





## Traitement des données EMA avec Trap

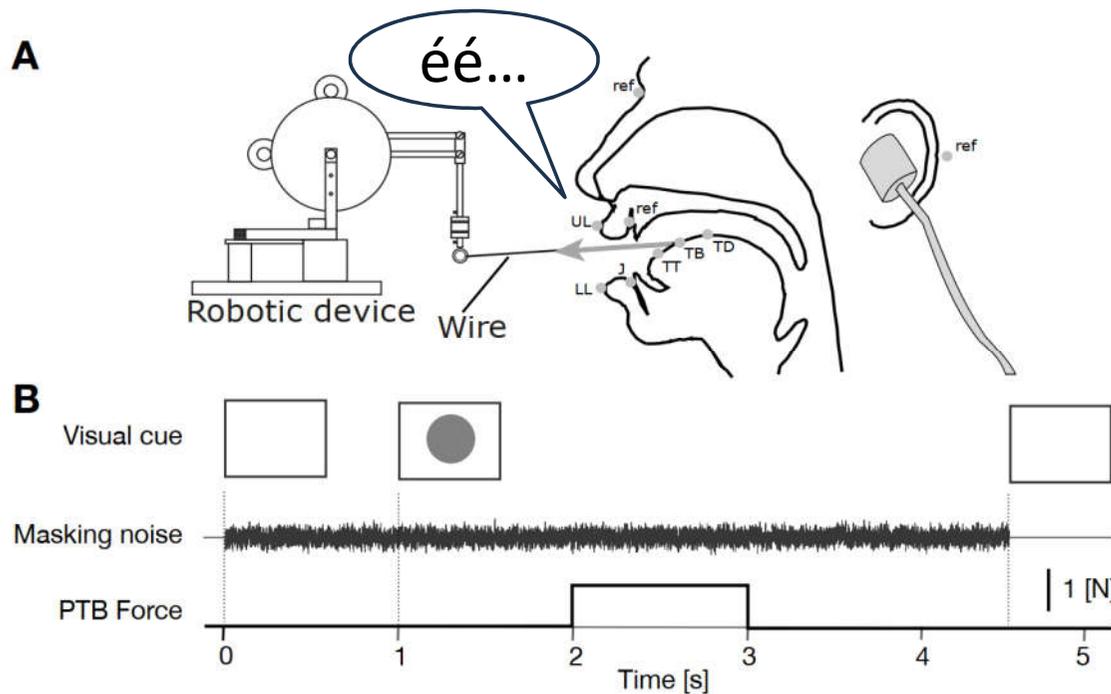


- TRAP fonctionne sous Matlab
- Permet des analyses de chaque bobine en fonction du temps ou en 2D/3D
- Affichage du signal wav + TextGrid synchronisé
- Possibilité de scripts
- Compatible avec d'autres signaux (EVA, EGG, EMG, ASCII)



# Exemples

- Données EMA d'une manip de perturbation (thèse Morgane Bourhis) : Can the compensatory response of the tongue during speech production be changed in the absence of auditory feedback ?





Merci pour votre  
attention