



HAL
open science

Modélisation bayésienne de la planification motrice des gestes de parole Évaluation du rôle des différentes modalités sensorielles

Jean-François Patri, Julien Diard, Pascal Perrier

► **To cite this version:**

Jean-François Patri, Julien Diard, Pascal Perrier. Modélisation bayésienne de la planification motrice des gestes de parole Évaluation du rôle des différentes modalités sensorielles. 31ème Journées d'Études sur la Parole, Jul 2016, Paris, France. Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL 2016. hal-01345199v1

HAL Id: hal-01345199

<https://hal.science/hal-01345199v1>

Submitted on 13 Jul 2016 (v1), last revised 19 Jul 2016 (v2)

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.

La prise en compte des informations auditives et proprioceptives dans le contrôle de la parole est mise en évidence par un nombre croissant de résultats expérimentaux. Cependant, les modèles de production imposent le plus souvent l'une ou l'autre des modalités, ou n'offrent pas de cadre formel pour évaluer leurs contributions respectives. Nous proposons d'explorer le rôle de ces modalités sensorielles dans la planification des gestes de parole à partir d'un modèle bayésien représentant la structure des connaissances mises en jeu dans cette tâche. Le modèle permet d'envisager trois mécanismes de planification, reposant sur la modalité auditive, proprioceptive ou sur les deux conjointement. Nous comparons des simulations obtenues par les deux premiers mécanismes de planification. Les résultats indiquent des réalisations articulatoires différentes mais donnant néanmoins des réalisations auditives qualitativement similaires dans leur variabilité.

Contrôle d'un modèle biomécanique du conduit vocal

1 **Modèle Biomécanique de la langue**
- 6 groupes de fibres musculaires -

- Formes de langue « pilotées » selon la théorie du point d'équilibre : $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_6)$
→ Paramètres caractérisant l'activation de chaque muscle
- Deux retours sensoriels pour monitorer la parole : Auditif & Proprioceptif

Quel espace de planification ?

Espace Auditif : Trois premiers formants : (F_1, F_2, F_3)

Espace Proprioceptif : Longueurs des muscles : $(L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6)$

Quelle caractérisation des phonèmes ?

Caractérisation Auditive **Caractérisation Proprioceptive**

Modélisation des représentations motrices et phonétiques

2 **Variables et leurs relations**

Distributions de probabilité

Décomposition

$$P(M S_a^M S_p^M S_a^\Phi S_p^\Phi C_a C_p) = P(M)P(S_p^M | M)P(S_a^M | M)P(\Phi)P(S_p^\Phi | \Phi)P(S_a^\Phi | \Phi)P(C_a | S_a^M S_a^\Phi)P(C_p | S_p^M S_p^\Phi)$$

Questions

- Planification Auditive: $P([M = m] | \Phi [C_a = 1])$
- Planification Proprioceptive: $P([M = m] | \Phi [C_p = 1])$
- Planification Mixte: $P([M = m] | \Phi [C_a = 1] [C_p = 1])$

Buts moteurs de la parole

3 **Caractérisation Auditive**

Description Gaussienne

$$P(S_a^\Phi | \Phi)$$

Caractérisation Proprioceptive

Identification exacte

$$P(S_p^\Phi | \Phi) \equiv P(S_p^M | \Phi [C_a = 1])$$

$$\propto \sum_m P(S_p^M | [M = m])P([S_a^\Phi = s_a^*(m)] | \Phi)$$

Distributions marginales de $P(S_p | [\Phi = e])$

Approximation par le premier noyau Gaussien d'une mixture de Gaussiennes

Distribution complexe

Résultats

4 **Comparaison des mécanismes de planification**

- Comparaison des réalisations auditives et proprioceptives correspondant aux commandes motrices inférées selon les mécanismes de planification auditive et proprioceptive.
- Inférences obtenues par échantillonnages MCMC.

Planification Auditive

Cibles **Auditives** satisfaites

Résultats proprioceptifs plus variables que ceux obtenus par Planification Proprioceptive

Cibles **Proprioceptives** satisfaites

Résultats auditifs similaires à ceux obtenus par Planification Auditive

Planification Proprioceptive

Cibles **Proprioceptives** satisfaites

Résultats auditifs similaires à ceux obtenus par Planification Auditive

▲ L'espace des deux premières composantes principales des longueurs de muscles est utilisé pour visualisation de l'espace proprioceptif.

Discussion

- Un cadre unifié pour la formulation et l'évaluation de différentes hypothèses de planification.**
 - Le cadre mathématique utilisé offre un outil puissant pour l'explicitation des hypothèses envisagées. Il s'agit d'un guide précieux pour préciser les questions théoriques et orienter la recherche expérimentale.
 - Un même modèle nous permet de simuler et comparer différents mécanismes de planification. En cela il s'agit d'un cadre précis pour la comparaison d'hypothèses concernant ces mécanismes.
- Des réalisations articulatoires différentes mais donnant lieu à des réalisations acoustiques similaires.**
 - La planification auditive génère des réalisations articulatoires plus variables car elle permet d'exploiter toutes les possibilités d'équivalence motrice dans la réalisation des phonèmes.
 - L'approximation gaussienne des cibles proprioceptives ne permet pas d'extraire toute la complexité des distributions de configurations articulatoires des phonèmes et résulte donc en des réalisations articulatoires plus prototypiques et, par conséquent, moins variables.
 - Malgré ces différences de réalisations articulatoires, les deux modes de planification donnent lieu à des distributions auditives similaires.
- Un point de départ pour l'exploration de prédictions expérimentales et l'approfondissement de questions théoriques.**
 - L'étude de la variabilité des productions en parole silencieuse et vocalisée permettrait d'évaluer les prédictions du modèle.
 - Selon les personnes, une préférence sensorielle existerait pour le contrôle de la parole. Cette préférence donnerait un poids plus important à l'une des modalités, auditive ou proprioceptive, au détriment de l'autre. Des extensions de ce modèle, pour représenter de telles asymétries de contrôle, sont actuellement en développement.