



**HAL**  
open science

## Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï: une étude électroglottographique

Paula Alejandra Cano-Cordoba, Thi Thuy Hien Tran, Nathalie Vallée,  
Christophe Savariaux, Silvain Gerber, Nicha Yamlamai

### ► To cite this version:

Paula Alejandra Cano-Cordoba, Thi Thuy Hien Tran, Nathalie Vallée, Christophe Savariaux, Silvain Gerber, et al.. Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï: une étude électroglottographique. JEP 2022 - 34e Journées d'Études sur la Parole, Jun 2022, Noirmoutier, France. 10.21437/jep.2022-36 . hal-03683620

**HAL Id: hal-03683620**

**<https://hal.science/hal-03683620>**

Submitted on 23 Oct 2023

**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.

# Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï : une étude électroglottographique

Paula Alejandra Cano-Córdoba<sup>1</sup>, Thi-Thuy-Hien Tran<sup>1</sup>, Nathalie Vallée<sup>1</sup>,  
Christophe Savariaux<sup>1</sup>, Silvain Gerber<sup>1</sup>, Nicha Yamlamai<sup>2</sup>

(1) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

(2) Faculté de Lettres, Univ. Silpakorn, Bangkok, Thaïlande

paula.cano-cordoba@etu.univ-grenoble-alpes.fr,

prenom.nom@gipsa-lab.fr, yamlamai\_n@su.ac.th

## RÉSUMÉ

---

Dans leur grande majorité, les plosives sont réalisées avec un relâchement audible de l'occlusion articulaire. Dans certaines langues d'Asie, les cas de plosives sans bruit de relâchement sont fréquents et allophones des premières. Le thaï est concerné avec ses plosives sourdes très communément réalisées sans bruit lorsqu'elles sont en coda de syllabe. Notre étude cherche à vérifier, à partir de données acoustiques, aérodynamiques et électroglottographiques recueillies auprès de 4 locuteurs natifs, la présence d'une action laryngée qui accompagnerait l'articulation des plosives non relâchées en l'absence de fuite nasale ou de fermeture glottique. Notre hypothèse est qu'une descente du larynx pendant la tenue de l'occlusion serait le principal contributeur à l'absence de la montée de la pression intra-orale en arrière du lieu d'articulation. Bien qu'une variabilité ait été observée, l'abaissement du larynx est différent selon la position de la consonne dans la syllabe, le lieu d'articulation et le genre du locuteur.

## ABSTRACT

---

### **Characterization of unreleased plosives in Thai: An electroglottographic study.**

Plosives are mostly performed with an audible release of the closure. In some Asian languages, plosives without release noise are quite frequent and allophone of the former. This is the case in Thai where plosives are commonly realized without noise when they are syllable-final. Using acoustic, aerodynamic and electroglottographic data collected from 4 native Thai speakers, our study seeks to verify whether the production of unreleased plosives with no nasal leakage is accompanied by a specific laryngeal action. Our hypothesis is that a lowering of the larynx during the occlusion phase would be the main contributor to the absence of intraoral pressure rise behind the place of articulation. Although we observed some variability, the results show differences in laryngeal lowering depending on within-syllable position, place of articulation and speaker gender.

---

**MOTS-CLÉS** : Plosives non relâchées, thaï, EGG, position verticale du larynx.

**KEYWORDS**: Unreleased stops, Thai, EGG, vertical laryngeal position.

---

## 1 Introduction

Les plosives sont présentes dans toutes les langues du monde (Maddieson, 1984 ; Vallée et al., 2002). Dans la grande majorité des cas, ces consonnes sont produites avec une phase d'obstruction totale en un point du conduit vocal suivie d'un relâchement brusque de l'occlusion qui permet de libérer l'air comprimé derrière le point de blocage. Acoustiquement, elles sont caractérisées par un silence immédiatement suivi d'un bruit d'explosion bref et intense (burst) (Stevens, 1993 ; Ladefoged & Maddieson, 1996). Cependant dans certaines langues, les plosives peuvent être

réalisées sans burst c'est-à-dire sans phase de relâchement audible, spécifiquement en position de coda (Iwata et al., 1990 ; Tingsabadh & Abramson, 1993; Tsukada, 2004 ; Storto & Demolin, 2002 ; Tran, 2011 ; Yamlamai, 2017). Des études ont proposé des éléments de phonétique acoustique, aérodynamiques ou électroglottographiques pour caractériser le non relâchement des plosives, processus articuloire qui soustrait une composante acoustique qui contribue à l'identification et à la catégorisation de ces consonnes (cf. sur ce point Alwan et al., 2011 ; Schouten & Pols, 1984 ; Tran, 2011, entre autres). Plusieurs langues d'Asie ont été l'objet d'études sur le non relâchement : cantonais, coréen, foukiénois et hokkien (parlée dans le sud-est de la Chine et à Taiwan), malais, thaï, vietnamien (ex. Edmondson et al., 2010, 2011 ; Michaud, 2004 ; Tran, 2011 ; Tran et al., 2019). Cependant, l'explication du phénomène allophonique impliquant le non relâchement des plosives en finale de syllabe donne lieu à une controverse. D'un côté, elle fait appel dans certaines langues comme le thaï ou le hakka à un processus de renforcement glottique avec adduction des plis vocaux stoppant l'écoulement du flux d'air qui empêche la montée en pression dans les cavités supraglottiques et entraîne la suppression du burst (Edmondson et al., 2010, 2011 ; Iwata et al., 1990). De l'autre, la position finale est en général dans les langues particulièrement exposée aux affaiblissements articuloires et acoustiques ou aux lénitions (Kingston, 2008). Parfois, les processus d'affaiblissement articuloire entraînent des neutralisations phonologiques conduisant à une restriction des inventaires consonantiques en finale de syllabe. C'est le cas dans certaines langues d'Asie de l'Est ou du Sud-Est, et en dehors de toute considération d'appartenance à une famille linguistique, comme par exemple en coréen ou en vietnamien. En coréen, les contrastes /t/ (lenis) ~ /t\*/ (fortis) ~ /t<sup>h</sup>/ (aspiré) sont neutralisés en coda. Les trois plosives ont un allophone [t<sup>ɾ</sup>] (non voisée et non relâché) dans cette position (Cho et al., 2002). En vietnamien, [t<sup>ɾ</sup>] est l'allophone de /t/ et /d/ dont l'opposition disparaît en coda (Doan, 1999).

Bien que cette tendance soit phonologiquement bien identifiée, l'explication du processus de production du non relâchement n'est pas claire puisqu'en l'absence de glottalisation des plosives finales comme en vietnamien (Michaud, 2004), ce type de production pourrait impliquer un contrôle spécifique de la détente de l'occlusion (relâchement lent) et pose la question du degré de complexité de ce type de réalisation allophonique en position lénifiante. Selon Ladefoged & Maddieson (1996), le non relâchement des plosives serait dû à une diminution de la pression intraorale provoquée par un relâchement du velum après la formation de l'occlusion primaire entraînant une fuite nasale. Ce processus a effectivement été observé en karitiana par Storto & Demolin (2002) qui ont constaté une augmentation systématique du débit d'air nasal pendant la phase de tenue de l'occlusion des plosives. Leur étude montre également que cette phase est plus longue pour les consonnes non relâchées. Plus récemment, Tran et al. (2020) ont examiné l'activité électroglottographique pendant la production des trois plosives sourdes /p, t, k/ du vietnamien et de celles du coréen en mesurant simultanément les débits d'air oral et nasal. Les résultats de cette étude qui compare une langue tonale à une autre non tonale attestent l'absence d'adduction des plis vocaux, et donc de fermeture de la glotte, pendant la réalisation de ces consonnes finales dans les deux langues et, par conséquent, confirment l'observation de Michaud (2004) pour le vietnamien. Ils montrent en outre l'absence de débit d'air nasal pendant la phase d'occlusion ou au moment de la détente qui pourraient expliquer une diminution de la pression intraorale et ainsi remplir les conditions aérodynamiques favorables au non relâchement. Tran et al. (2020) ont également mesuré le déplacement vertical du larynx chez les 8 locuteurs natifs qui ont participé à leur étude (4 par langue) et ont relevé un abaissement plus important du larynx pour les plosives non relâchées en finale de syllabe que pour celles relâchées en initiale sauf chez un des locuteurs vietnamiens qui présente une différence d'amplitude de mouvement plus faible. En s'appuyant sur les travaux de Shipp et al. (1987) qui montrent que le

larynx s'abaisse lors de la production d'une consonne sourde alors que pour un élément sonore (voyelles ou consonnes voisées) le larynx remonte systématiquement, le mouvement de descente du larynx observé dans l'étude de Tran et al. (2020) ne peut pas trouver sa cause dans les caractéristiques laryngales des segments situés immédiatement à la gauche ou à la droite des consonnes observées. De plus dans cette étude, la descente du larynx est concomitante à la phase d'occlusion articulaire qui précède le relâchement. Les auteurs concluent que le geste d'abaissement du larynx qui accompagne leur réalisation est un mécanisme qui participe à la non augmentation de la pression intraorale. Ils proposent de le considérer comme un mécanisme contribuant au non relâchement audible de l'articulation primaire observé en vietnamien comme en coréen et suggèrent qu'il est probablement planifié.

L'objet de l'étude présentée ici est fournir de nouvelles données susceptibles d'apporter un nouvel éclairage sur la question du ou des mécanismes articulaires, aérodynamiques et acoustiques aboutissant à l'absence de relâchement audible dans l'articulation des plosives. Pour ce faire, nous proposons d'examiner le cas du thaï avec un protocole expérimental semblable à celui de Tran et collègues (2020).

## 2 Objectifs et hypothèses

Proposer une étude électroglottographique des plosives du thaï en considérant le mouvement vertical du larynx permettra de compléter les travaux antérieurs sur cette langue et, de manière plus générale, sur la compréhension du ou des processus phonétiques et physiologiques à l'œuvre dans la production des plosives finales de syllabe.

Le thaï, langue tonale, présente une structure syllabique prédominante CVC dont relèvent 64,41 % des syllabes extraites d'un lexique de 3 118 lemmes (Rousset, 2004) et favorise les syllabes fermées (69 % des syllabes). Les lemmes monosyllabiques sont présents en même quantité que les lemmes dissyllabiques (respectivement 41,37 % et 40,35 %, *ibid*). Dans cette langue, alors que 8 plosives sont licites en initiale de syllabe /p p<sup>h</sup> b t t<sup>h</sup> d k k<sup>h</sup>/ (Abramson & Tingsabadh, 1999) pour lesquelles trois activités laryngales différentes sont répertoriées (non voisée, aspirée et voisée) (Lisker & Abramson, 1964), seuls trois allophones sont rencontrés en coda. Sous le coup d'un processus de neutralisation des contrastes entre plosives partageant le même lieu d'articulation, les trois plosives finales sont réalisées non voisées et non relâchées (Iwata et al., 1990).

L'hypothèse que nous proposons de vérifier est qu'en l'absence d'un geste d'occlusion glottale ou de fuite nasale, le non relâchement des plosives finales du thaï peut être le résultat d'un geste d'abaissement du larynx pendant la phase de tenue de l'occlusion (comme en vietnamien et en coréen, cf. Tran et al. 2020) limitant ainsi la montée de la pression intraorale, condition nécessaire à la réalisation d'un burst audible (Stevens, 1998). L'étude de Shipp et al. (1987) ayant montré qu'une descente du larynx est systématique lors de productions non voisées (alors qu'une montée du larynx accompagne l'adduction des plis vocaux pour la réalisation du mode voisé), il est attendu que l'amplitude du geste d'abaissement du larynx soit plus grande pour une plosive sourde finale que pour une plosive sourde initiale.

## 3 Méthodologie

### 3.1 Matériel

Les données glottographiques analysées ont été recueillies avec un électroglottographe (EGG réf. EG2-PCX2 de Glottal Enterprises Inc.). Deux électrodes fixées par un dispositif autoagrippant à un collier ont été placées de part et d'autre du larynx des participants pour détecter à la fois les oscillations des plis vocaux (mouvements d'ouverture et de fermeture de la glotte) et le déplacement vertical du larynx lors de la production de parole. Les données aérodynamiques (débits d'air oral et

nasal) ainsi que le signal acoustique de la parole (à l'aide d'un micro AKG C1000S) ont été enregistrés en synchronie avec les données EGG en utilisant le dispositif EVA2 (Évaluation Vocale Assistée, Société SQLab) (voir Ghio & Teston, 2002 pour plus de détails) via le logiciel Phonedit à une fréquence d'échantillonnage de 25 kHz. Aucun filtrage n'a été réalisé sur les données avant analyse. Le corpus a été enregistré dans la chambre sourde de l'Université Thammasat, à Bangkok en Thaïlande durant l'été 2019.

### 3.2 Corpus et locuteurs

Deux types de mots ont été retenus en raison des résultats de l'étude de Tran et al. (2019) qui montre qu'en vietnamien, le type de frontière syllabique (entre deux monosyllabes vs au centre d'un dissyllabe) influence la réalisation acoustique de la rime syllabique. Trente-quatre mots thaïs, 17 monosyllabes  $C_1aC_2\#$  et 17 dissyllabes  $C_1aC_2.C_3VC\#$  (le point signale la frontière syllabique) ont été sélectionnés de manière à ce que chaque syllabe examinée soit présente dans les deux contextes. La voyelle centrale ouverte /a/ a été retenue pour fournir un meilleur contraste avec les segments consonantiques qui font l'objet des analyses. Toutes les syllabes portaient le ton ponctuel haut (T4). La consonne  $C_3$  des dissyllabes a été choisie voisée (/l, d, j, b, w/) pour faciliter la segmentation de  $C_2$  sauf pour le mot  $\text{ซับซ้อน}$  [sap.son] "compliqué". Les mots sélectionnés contenant les syllabes avec les consonnes cibles ont été insérés dans la phrase porteuse  $\text{พูดว่า \_\_ ดีๆ}$  [pʰù:t wâ: \\_\\_ di: di:] "Dis \\_\\_ attentivement". Le corpus est constitué de trois répétitions de la liste de phrases, l'ensemble mis dans un ordre aléatoire identique pour tous les participants.

Les données de quatre locuteurs natifs du thaï ont été analysées. Originaires de la région de Bangkok, ils parlent la même variété dialectale du centre de la Thaïlande. Deux d'entre eux (un homme et une femme, âgés de 56 et 58 ans respectivement) n'avaient pas été au contact de langues étrangères (TL\_HG, TL\_FG) contrairement aux deux autres (TL\_HE, TL\_FE), âgés de 20 ans, étudiants en 3<sup>ème</sup> année du département de français de l'Université Thammasat de Bangkok au moment de l'étude. Le choix de 2 participants plutôt avancés en âge a été fait en tenant compte de l'étude de Edmondson et al. (2011) qui montre qu'une glottalisation des plosives finales est présente chez les générations plus âgées. Les locuteurs étaient assis face à un écran de 22" sur lequel les phrases leur ont été présentées une à une. Ils ont reçu la consigne de les lire à voix haute, à un débit normal et fluide. Les résultats présentés ci-dessous sont issus des 34 mots cibles x 3 répétitions x 4 locuteurs et les analyses ont porté sur 408 occurrences de plosives finales de syllabe ( $C_2$ ) et 72 occurrences de plosives initiales ( $C_1$ ).

### 3.3 Mesures et analyses

Dans un premier temps, le signal acoustique des productions de chaque locuteur a été segmenté manuellement avec Praat (v. 6.1.42, Boersma, 2006). Au cours de cette étape, des cas de plosives finales réalisées avec burst ou voisées par assimilation ont été repérées. Dans un second temps, une vérification des données physiologiques a été effectuée à l'aide du logiciel Phonedit (v. 4.2, Ghio & Teston, 2002). Ces deux types de données (présence de burst/voisement et tracés de déplacement du larynx pouvant être liés à des mouvements de la tête ou des électrodes de l'EGG) ont été exclus des analyses. Au total ce sont 58 réalisations qui ont été écartées : 18 réalisations (25 %) des  $C_1$  (11 /k/, 3 /t/ et 4 /p/) et 40 réalisations (9,8 %) des  $C_2$  (16 /k/, 3 /t/ et 4 /p/). Les analyses ont été réalisées à l'aide du programme TRAP (TRaitement Automatique de la Parole), développé sous MATLAB en interne au laboratoire GIPSA-lab (Savariaux, 2017).

Les informations glottographiques traitées correspondent à la position verticale du larynx (dorénavant PVL). Quatre événements ont été repérés sur la trajectoire PVL qui correspondent à (1) le début acoustique de la consonne cible (Deb) ; (2) la fin acoustique de la consonne (Fin) ; (3) la position maximale de la PVL (Max) ; (4) la position minimale de la PVL (Min). En général, la

valeur PVL maximale se situe autour du début acoustique de la consonne et la valeur minimale autour de la fin acoustique de celle-ci. Pour décrire le mouvement de déplacement vertical du larynx pendant la réalisation des consonnes cibles, quatre calculs de différence de PVL ( $\Delta PVL$ ) ont été effectués à partir de ces points de mesure : (1)  $\Delta PVL_{FD} = \text{Fin} - \text{Deb}$ , (2)  $\Delta PVL_{mM} = \text{Min} - \text{Max}$ , (3)  $\Delta PVL_{MD} = \text{Max} - \text{Deb}$ , (4)  $\Delta PVL_{mF} = \text{Min} - \text{Fin}$ . Comme le matériel EGG utilisé ne dispose d'aucun paramètre de calibrage, les 4 différences d'amplitude du mouvement du larynx pour un locuteur donné ont ensuite été calibrées en les divisant par la valeur PVL maximale ( $PVL_{\text{Max}}$ ) du locuteur. Par exemple, le pourcentage de l'abaissement du larynx  $\Delta PVL_{FD}$  du locuteur  $j$  est calculé avec la formule suivante :  $100 * \Delta PVL_{FDj} / PVL_{\text{Max}j}$ . Cependant, parmi les quatre calculs de  $\Delta PVL$  proposées dans un premier temps, la plus pertinente pour rendre compte de l'amplitude et de la trajectoire du larynx pendant la production des plosives est  $\Delta PVL_{FD}$ . Nous présentons donc ci-dessous les analyses de cette variable.

### 3.4 Analyses statistiques

Nous avons étudié ici l'impact de trois variables explicatives et de leur interaction sur la variable réponse  $\Delta PVL_{FD}$ . Les variables explicatives sont les suivantes : CONSONNE (p, t, k), TYPE\_MOT (simple et composé), POSITION (initiale  $C_1$  et finale  $C_2$ ). Les valeurs des variables réponses sont bornées dans l'intervalle  $[-100,0]$ . Compte tenu qu'un participant est sollicité à plusieurs reprises et qu'un même stimulus est prononcé plusieurs fois, nous avons introduit les variables PARTICIPANT et STIMULI comme effets aléatoires dans le modèle. En raison de la présence d'une variable réponse dont les valeurs sont bornées, et de mesures répétées, nous avons choisi d'utiliser une régression beta avec effets aléatoires avec le logiciel R. Nous avons appliqué une bijection sur les valeurs de la variable réponse (pour passer de l'intervalle  $[-100,0]$  à l'intervalle  $[0,1]$ ) qui présente l'avantage de ne pas modifier les conclusions que nous pouvons obtenir à propos de l'impact des variables explicatives. Une fois le modèle initial établi, pour évaluer si les facteurs fixes et leur interaction ont un impact significatif sur les mesures de déplacement vertical du larynx, nous avons utilisé des tests de modèles emboîtés en partant du modèle initial et en réalisant une sélection descendante. À chaque étape, a été retiré du modèle l'effet dont la valeur p associée au test de rapport de vraisemblance est la plus grande et supérieure à 0.05 (le processus s'arrête lorsque tous les effets sont retirés du modèle ou lorsque la valeur p est plus petite que 0.05). Les différents tests de la sélection descendante ont été réalisés à l'aide de la fonction *anova* du logiciel R. En complément de l'étape de sélection du modèle, nous avons réalisé des comparaisons multiples en appliquant la méthode de Hothorn & al (2008) qui garantit que le risque de première espèce lié à la prise simultanée de toutes les décisions ne dépasse pas le seuil 0.05 en ajustant les valeurs p.

## 4 Résultats

### 4.1 Fuite nasale et adduction des plis vocaux

Fig. 1 illustre, avec l'exemple d'une production chez un locuteur, ce que nous avons relevé au niveau de la mesure des flux d'air oral et nasal et au niveau de l'onde glottique. Lors de la production des plosives non relâchées en finale de syllabe, nous avons noté chez les 4 locuteurs l'absence de débit d'air nasal et d'adduction des plis vocaux qui auraient pu contribuer à limiter la montée de la pression intraorale à l'arrière du lieu de l'occlusion. Nous n'avons pas remarqué de différence dans cette observation en fonction du lieu d'articulation de la plosive ou du gabarit du mot et donc du type de frontière syllabique. Comme le montre Fig. 1, un abaissement du larynx est présent pendant toute la durée de l'occlusion articuloire correspondant à la réalisation de la plosive non relâchée. La section suivante examine et compare le mouvement du larynx (direction et amplitude) pendant la réalisation des plosives en attaque et en coda.

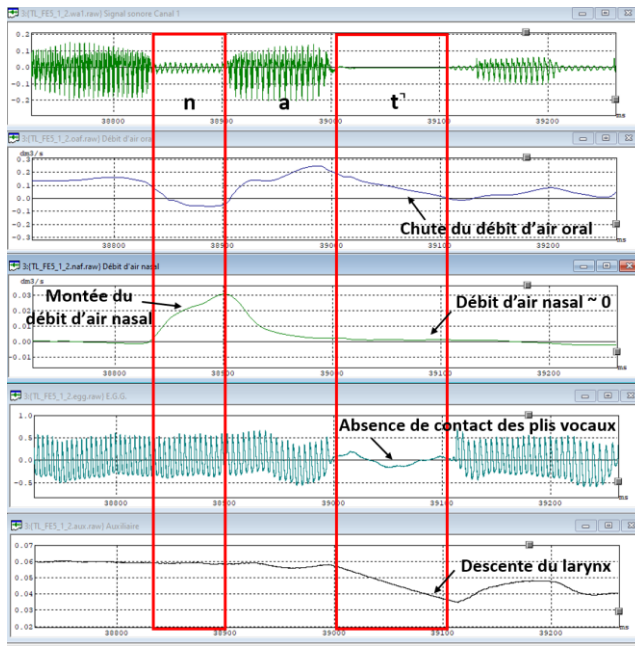


FIGURE 1 : Visualisation de la fenêtre de travail de Phonedit montrant le signal acoustique, les mesures de débits d'air, le signal glottique et la trajectoire du larynx lors de la réalisation de la syllabe /nat̚/ [nat̚] น้ด “fixer un rendez-vous” suivie par [di:] de la phrase porteuse, produite par la locutrice TL\_FE. Les rectangles rouges montrent l'évolution des débits d'air oral et nasal et de l'onde glottique, ainsi que la trajectoire du larynx pendant la réalisation de la nasale prévocale et de la plosive finale (non relâchée).

## 4.2 Mouvement du larynx

Dans le cas de  $C_2$ , nous observons que le larynx descend en moyenne davantage dans la production de la vélaire /k/ (valeur moyenne d'abaissement de 45,52 %) par rapport aux /p/ et /t/ (27,36 % et 30,34 % respectivement) (cf. Fig. 2a).

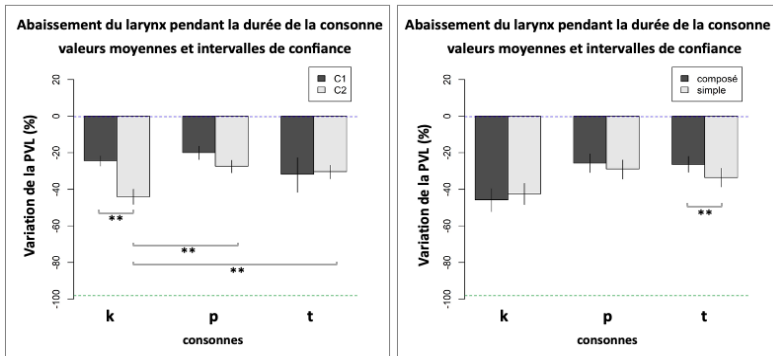


FIGURE 2 : Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la variation de la descente du larynx, pendant la réalisation de /p, t, k/, exprimées en % par rapport à la position maximale du larynx chez les 4 sujets, (a) en fonction de la position de la consonne dans la syllabe (en attaque  $C_1$  et en coda  $C_2$ ) (à gauche) et (b) en fonction du type de mot (simple ou composé) (à droite).

L'amplitude moyenne de la descente du larynx est trouvée significative entre /k/ ~ /p/ ( $z = 8.73$ ,  $p < 0.001$ ) et entre /k/ ~ /t/ ( $z = 7.5$ ,  $p < 0.001$ ) mais pas entre /p/ ~ /t/. Lorsque les plosives sont réalisées en C<sub>1</sub>, l'abaissement est plus grand pour la coronale (31,72 %) et plus petit pour /p/ (19,9 %). La différence d'amplitude moyenne en C<sub>1</sub> est significative entre /t/ ~ /k/ ( $z = -2.2$ ,  $p = 0.03$ ) et entre /t/ ~ /p/ ( $z = -2.36$ ,  $p = 0.02$ ) mais pas entre /p/ ~ /k/. L'amplitude moyenne pour la vélaire est de 24,34 %. La comparaison entre les deux positions syllabiques montre que la baisse du larynx est en moyenne plus importante en C<sub>2</sub> qu'en C<sub>1</sub> pour /k/ (44,04 % vs 24,34 %) et /p/ (27 % vs 19 %) mais elle n'est trouvée significative que pour la vélaire. Pour la coronale, les valeurs de  $\Delta$ PVL sont similaires (31 %) entre C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

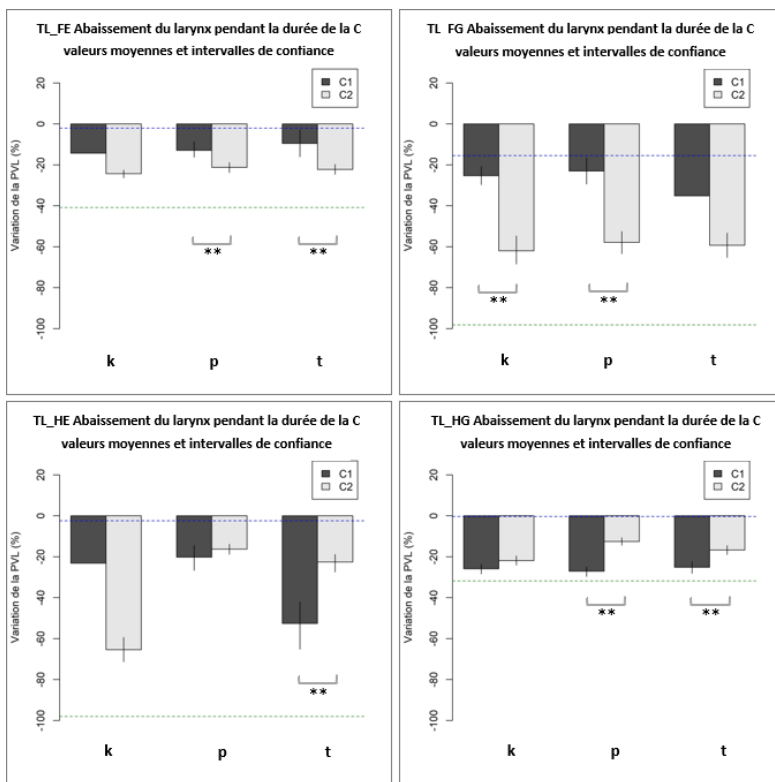


FIGURE 3 : Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la variation de la descente du larynx, pendant la réalisation de /p, t, k/, par rapport à la position maximale de chacun des 4 sujets (exprimées en %), en fonction de la position de la consonne dans la syllabe (en attaque C<sub>1</sub> et en coda C<sub>2</sub>). La ligne bleue correspond à Max de  $\Delta$ PVL<sub>FD</sub> et la ligne verte à Min de  $\Delta$ PVL<sub>FD</sub> relevées sur la totalité du corpus enregistré.

L'effet du type de frontière sur les  $\Delta$ PVL en C<sub>2</sub> a aussi été testé avec la variable TYPE\_MOT. Tran et al. (2019) ont montré qu'en vietnamien, la frontière de mot ou la frontière de syllabe intra-mot avait un impact statistiquement significatif sur la réalisation acoustique des transitions VC<sup>1</sup> (durée, f<sub>0</sub>, F<sub>1</sub> et intensité) susceptible de contribuer avec F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub> à l'identification par les auditeurs du lieu d'articulation des plosives finales non relâchées. L'idée est ici de tester si le type de frontière a un effet sur le mouvement de descente du larynx qui accompagne la production de C<sub>2</sub>. Les résultats montrent que seule la coronale présente une différence  $\Delta$ PVL significative entre finale de mot simple (C<sub>2#</sub>) et finale de syllabe 1 de mot composé (C<sub>2σ</sub>) (33 % vs 26 %) (cf. Fig. 2b). Cet effet est



observable pour la bilabiale mais n'est pas significatif (28 % vs 25 %) et il n'est pas trouvé pour la vélaire (42 % vs 45 %). Le fait que le mot contenant la consonne observée soit monosyllabique ou dissyllabique n'a aucune incidence sur les différences de  $\Delta$ PVL mesurées pour  $C_2$  en fonction du lieu d'articulation de la plosive : la différence, trouvée globalement significative entre /k/ ~ {/p/, /t/} mais pas entre /p/ ~ /t/ (voir plus haut), est confirmée dans les deux contextes (simple et composé).

Les résultats par locuteur sont présentés Fig. 3. Ils montrent clairement l'existence de comportements individuels avec 2 locuteurs féminins (TL\_FE et TL\_FG) qui ont une stratégie comparable et stable pour les trois lieux d'articulation (plus grande amplitude d'abaissement du larynx mesurée en  $C_2$  qu'en  $C_1$ ) et les deux autres qui présentent un pattern commun mais inverse (abaissement du larynx plus ample en  $C_1$  qu'en  $C_2$ ) sauf pour /k/ chez TL\_HE. Chez ce dernier locuteur, la stratégie de déplacement du larynx semble plus dépendante du lieu d'articulation de la plosive. Les différences de  $\Delta$ PVL entre  $C_1$  et  $C_2$  avec une plus grande amplitude d'abaissement du larynx mesurée en  $C_2$  sont significatives pour /p/ et /t/ chez FE mais pas pour /k/ bien que la même tendance soit observée ; pour /k/ et /p/ chez TL\_FG ; pour /t/ chez TL\_HE mais avec l'effet inverse ; pour /p/ et /t/ chez TL\_HG avec la tendance d'un abaissement du larynx plus ample en  $C_1$ . Les différences de  $\Delta$ PVL en fonction du lieu articuloire sont trouvées significatives en  $C_1$  entre /p/ ~ /t/ et en  $C_2$  entre /k/ ~ {/p/, /t/} chez TL\_HE (qui présente deux patterns inverses entre  $C_1$  et  $C_2$  pour la vélaire et pour la coronale) ; en  $C_2$  entre /k/ ~ {/p/, /t/} chez TL\_HG. L'effet du type de mot sur la production de la coronale en finale de syllabe est significatif pour deux locuteurs TL\_HG et TL\_FG. La structure du mot (simple ou composée) n'a pas d'incidence sur l'effet du lieu que l'on trouve chez TL\_HE entre la vélaire /k/ et les deux autres consonnes /p/ et /t/. Chez TL\_HG, les différences de  $\Delta$ PVL entre /k/ ~ {/p/, /t/} ne sont trouvées significatives que pour les composés mais pas pour les monosyllabes.

## 5 Discussion

Cette étude a consisté à chercher des éléments physiologiques et aérodynamiques des plosives non relâchées du thaï. Il n'a pas été trouvé de processus basé sur une fuite nasale (contrairement aux observations de Maddieson & Ladefoged (1996) pour le vietnamien ou Storto & Demolin (2002) pour le karitiana), ou de fermeture glottique même chez les locuteurs les plus âgés (contrairement à Iwata et al., 1990). Face à l'absence de fuite nasale ou d'adduction des plis vocaux, nous avons analysé le mouvement vertical du larynx en considérant les trois variables : lieu d'articulation, type de frontière après la plosive, position dans la syllabe. En accord avec Shipp et al. (1987), un abaissement systématique du larynx a bien été relevé dans la production des plosives sourdes. Le degré d'abaissement est en lien avec le lieu d'articulation : plus il est postérieur, plus le larynx descend. Ce constat rejoint celui de Hardcastle (1973) indiquant que la pression à l'arrière du point d'occlusion augmente davantage pour les consonnes vélaire en raison d'un conduit plus court. Entre la position initiale  $C_1$  et finale  $C_2$  de syllabe, une descente plus ample du larynx a bien été relevée en  $C_2$  où sont trouvées les plosives non relâchées, vérifiant ainsi l'hypothèse de recherche. C'est le cas chez les locutrices et en partie chez un des deux locuteurs. L'idée de stratégies individuelles dans le non relâchement des plosives sera à examiner suite à cette étude qui supporte, sauf pour un des locuteurs, que l'abaissement du larynx pourrait être une manœuvre de contrôle de la montée de la pression intra-orale (Tran et al., 2020). Les analyses de 16 autres locuteurs sont en cours. Elle sera complétée avec des données acoustiques quantitatives et perceptives déjà récoltées auprès des mêmes locuteurs. Un effet du type de frontière n'a été trouvé que pour la coronale : le larynx descend plus devant une frontière de mot que devant une frontière de syllabe intra-mot. Ce résultat rejoint les conclusions des études acoustiques en thaï de Yamlamai (2017) et en vietnamien de Tran et al. (2019) qui indiquent que le type de frontière impacte l'articulation des codas.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre de recherche du projet SCALA (Stop Consonants in Asian LAnguage) (référence ANR-15-IDEX-02). Nous tenons à remercier sincèrement Marisa Garivait et Pompét Thanangkorn ainsi que tous les participants de l'Université Thammasat à Bangkok sans lesquels cette étude n'aurait pas été possible. Un grand merci à Pauline Mas, Alice Breton, Lucas Pregaldiny et Yléa Cusin pour l'aide matérielle qu'ils ont chacun apportée à ce projet.

## Références

- ABRAMSON, A. S., & TINGSABADH, K. (1999). Thai Final Stops: Cross-Language Perception. *Phonetica*, 56(3-4), 111-122.
- ALWAN, A., JIANG, J., & CHEN, W. (2011). Perception of place of articulation for plosives and fricatives in noise. *Speech communication*, 53(2), 195-209.
- BOERSMA P. (2006). *Praat: doing phonetics by computer*. <http://www.praat.org/>
- CHO, T., JUN, S. A., & LADEFOGED, P. (2002). Acoustic and aerodynamic correlates of Korean stops and fricatives. *Journal of phonetics*, 30(2), 193-228.
- DOAN, T. T. (1999). *Ngữ âm tiếng Việt (Vietnamese Phonetics)*. Hanoi: Hanoi National University Publishing.
- EDMONDSON, J., CHANG, C., HUANG, J., HSIEH, F., PENG, Y. (2010). Reinforcing voiceless stop codas in Taiwanese, Vietnamese and other East and Southeast Asian languages: Laryngoscopic case studies. *Labphon 13*, Albuquerque, New Mexico.
- EDMONDSON, J. A., CHANG, Y., HSIEH, F., & HUANG, H. J. (2011). Reinforcing voiceless finals in Taiwanese and Hakka: Laryngoscopic case studies. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, Hong Kong, 627-630.
- GHIO, A., & TESTON, B. (2002). Caractéristiques de la dynamique d'un Pneumotachographe pour l'étude de la production de la parole : Aspects acoustiques et aérodynamique. *Actes des XXIV<sup>èmes</sup> Journées d'Etude sur la Parole*, Nancy, France, 337-340.
- HARDCASTLE, W. J. (1973). Some observations on the tense-lax distinction in initial stops in Korean. *Journal of Phonetics*, 1(3), 263-272.
- HOTHORN, T., BERTZ, F., & WESTFALL, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models, *Biometrical Journal* 50(3), 346-363
- IWATA, R., HIROSE, H., NIIMI, S., SAWASHIMA, M., & HORIGUCHI, S. (1990). Syllable final stops in East Asian languages: Southern Chinese, Thai, and Korean. *Proceedings of the 1990 International Conference on Spoken Language Processing*, Kobe, Japan, 621-624.
- KINGSTON, J. (2008). Lenition. *Proceedings of the 3rd Conference on Laboratory Approaches to Spanish Phonology*, Somerville, Cascadilla, 1-31.
- LADEFOGED P., & MADDIESON, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwell.
- LISKER, L., & ABRAMSON, A. S. (1964). A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *WORD*, 20(3), 384-422.
- MADDIESON I. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge University Press.
- MICHAUD, A. (2004). Final Consonants and Glottalization: New Perspectives from Hanoi Vietnamese. *Phonetica*, 61(2-3), 119-146.
- ROUSSET, I. (2004). *Structures syllabiques et lexicales des langues du monde. Données, typologies, tendances universelles et contraintes substantielles* [PhD thesis, Université Stendhal - Grenoble III].
- SAVARIAUX, C. (2017). Trap [Logiciel de traitement des signaux de parole]. GIPSA-lab.

- SCHOUTEN, M. E. H., & POLS, L. C. W. (2019). Identification of intervocalic plosive consonants: The importance of plosive bursts vs. vocalic transitions. *Proceedings of the Tenth International Congress of Phonetic Sciences*, 464-468. De Gruyter Mouton.
- SHIPP, T., GUINN, L., SUNDBERG, J., & TITZE, I. R. (1987). Vertical laryngeal position—Research findings and their relationship to singing. *Journal of Voice*, 1(3), 220-222.
- STEVENS, K. (1998). *Acoustic Phonetics*. MIT Press.
- STORTO, L., & DEMOLIN, D. (2002). The Phonetics and Phonology of Unreleased Stops in Karitiana. *Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, 28(1), 487-497.
- TINGSABADH, M. R. K., & ABRAMSON, A. S. (1993). Thai. *Journal of the International Phonetic Association*, 23(1), 24-28.
- TRAN, T. T. H. (2011). *Processus d'acquisition des clusters et autres séquences de consonnes en langue seconde : De l'analyse acoustico-perceptive des séquences consonantiques du vietnamien à l'analyse de la perception et production des clusters du français par des apprenants vietnamiens du FLE* [Thèses, Université de Grenoble].
- TRAN, T. T. H., VALLEE, N., & GRANJON, L. (2019). Effects of Word Position on the Acoustic Realization of Vietnamese Final Consonants. *Phonetica*, 76(1), 1-30.
- TRAN, T.-T.-H., & VALLEE, N. (2010). Corrélat acoustico-perceptifs des consonnes non relâchées du vietnamien. *Actes des XXVIIIèmes Journées d'Etude sur la Parole*, Mons, Belgique, 337-380.
- TRAN, T.-T.-H., VALLEE, N., SAVARIAUX, C., KIM, I., & KIM, S. (2020). Caractérisation des plosives finales dans des langues d'Asie : Une étude multilingue du non relâchement. *Actes des XXXIIIèmes Journées d'Études sur la Parole*, Nancy, France, 597-605.
- TSUKADA, K. (2004). A Cross-linguistic Acoustic Comparison of Unreleased Word-final Stops: Korean and Thai. *Proceedings of INTERSPEECH 2004 - ICSLP, 8th International Conference on Spoken Language Processing*, Jeju Island, Korea.
- VALLÉE, N., BOË, L.-J., SCHWARTZ, J.-L., BADIN, P., & ABRY, C. (2002) The weight of substance in phonological structure tendencies of the world's languages. *ZAS Papers in Linguistics*, 28, 145-168. Berlin.
- YAMLAMAI, N. (2017). *Étude phonémique et acoustique des consonnes finales du thaï* [M1 - SCL - Linguistique, Université Grenoble Alpes].