



HAL
open science

Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï: une étude acoustique

Paula Alejandra Cano Córdoba

► **To cite this version:**

Paula Alejandra Cano Córdoba. Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï: une étude acoustique. Sciences de l'Homme et Société. 2022. dumas-03926994

HAL Id: dumas-03926994

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03926994>

Submitted on 6 Jan 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 acoustique

**Paula Alejandra
CANO CÓRDOBA**

Sous la direction de Thi Thuy Hien TRAN

Laboratoire : GIPSA-lab

UFR LLASIC

Département Sciences du langage et Didactique des Langues

Mémoire de master 2 mention Sciences du Langage - 30 crédits

Parcours : Linguistique, orientation recherche

Année universitaire 2021-2022

Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï : une étude acoustique

**Paula Alejandra
CANO CÓRDOBA**

Sous la direction de Thi Thuy Hien TRAN

Laboratoire : GIPSA-lab

UFR LLASIC
Département Sciences du langage et Didactique des Langues

Mémoire de master 2 mention Sciences du Langage - 30 crédits

Parcours : Linguistique, orientation recherche

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de mémoire, Mme Thi Thuy Hien TRAN, d'avoir accepté de faire mon mémoire de M2 au sein du projet SCALA. J'ai profondément apprécié cette expérience qui m'a permis de me plonger dans la recherche scientifique, ce que je pensais impossible à un moment de ma vie. Les corrections fournies et la rigueur avec laquelle nous avons travaillé m'a appris à aller toujours au-delà de ce que je vois.

Je remercie également Mme Nathalie Vallée, Mme Agnès Tutin et M. Christophe Savariaux d'avoir accepté être le jury de mon mémoire.

Un grand merci à merci à Silvain Gerber, pour son aide sur le traitement de données statistiques.

Je remercie mes collègues de stage, Supansa et Morgane m'avoir aidée et accompagnée tout au long de cette expérience. Merci à Supansa d'avoir répondu aux questions portant sur le thaï, une des langues étudiées au sein du projet et dont je découvre des nouveautés chaque jour. Merci à Morgane d'avoir vérifié (plusieurs fois) les versions précédentes de mon manuscrit. Merci à vous deux pour des repas partagés, des tisanes et des cafés partagés sous le soleil. Également, merci à Jennifer de m'avoir accompagnée, en tant qu'autre colombienne en France, dans mon séjour dans le laboratoire.

Merci à mes amis en France, en Colombie et ailleurs qui me supportent et me donnent l'énergie que parfois je ne trouve pas pour continuer avec mes études.

Toujours merci à ma maman, mes sœurs et mes nièces pour me donner cette force imparable qui m'encourage à donner tout de moi-même quand je sens ne pas avoir plus de forces.

Finalement, tout comme l'année précédente, je remercie mes compatriotes qui ont lutté pour que le changement arrive enfin dans notre pays. Ce changement prendra du temps, mais un changement dans la forme de diriger notre pays est un premier pas. Merci.

Hasta soñar sin pena y vivir sin miedo.

Hasta que la dignidad se haga costumbre.

DÉCLARATION ANTI-PLAGIAT

1. Ce travail est le fruit d'un travail personnel et constitue un document original.
2. Je sais que prétendre être l'auteur d'un travail écrit par une autre personne est une pratique sévèrement sanctionnée par la loi.
3. Personne d'autre que moi n'a le droit de faire valoir ce travail, en totalité ou en partie, comme le sien.
4. Les propos repris mot à mot à d'autres auteurs figurent entre guillemets (citations).
5. Les écrits sur lesquels je m'appuie dans ce mémoire sont systématiquement référencés selon un système de renvoi bibliographique clair et précis.

PRENOM :Paula Alejandra.....

NOM :CANO CÓRDOBA.....

DATE :le 12 juillet 2022.....

Sommaire

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	6
CHAPITRE 1 CARACTÉRISTIQUES DES CONSONNES PLOSIVES.....	9
1.1. CONSONNES PLOSIVES	10
1.1.1 Caractéristiques articulatoires.....	10
1.1.2. Caractéristiques acoustiques	11
1.2. CONSONNES PLOSIVES NON RELÂCHÉES	14
1.2.1. Caractéristiques articulatoires.....	15
1.2.2. Caractéristiques acoustiques	16
1.2.3. Perception des consonnes plosives non relâchées	18
CHAPITRE 2 ÉLÉMENTS DE PHONOLOGIE DU THAÏ.....	19
2.1. LA LANGUE THAÏ.....	20
2.1.1. Structures syllabiques.....	20
2.1.2. Structures des unités lexicales.....	21
2.2. SYSTÈME CONSONANTIQUE DU THAÏ.....	22
2.2.1. Consonnes initiales.....	23
2.2.2. Consonnes finales.....	24
2.3. SYSTÈME VOCALIQUE DU THAÏ.....	27
2.4. SYSTÈME TONAL DU THAÏ	30
CHAPITRE 3 ANALYSE ACOUSTIQUE DES CONSONNES PLOSIVES NON RELÂCHÉES DU THAÏ.....	33
3.1. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	34
3.2. MÉTHODOLOGIE.....	35
3.2.1. Matériel	35
3.2.2. Corpus et locuteurs	36
3.2.3. Traitement de données.....	38
3.2.4. Analyses statistiques.....	40
3.3. RÉSULTATS	41
3.3.1. Durée.....	41
3.3.2. Transition voyelle-consonne.....	46
3.4. DISCUSSION.....	60
3.4.1. <i>Quels indices acoustiques permettant d'identifier les plosives en thaï en cas du non relâchement ?</i>	61
3.4.2. <i>Effet du type de frontière syllabique dans la réalisation acoustique des consonnes plosives non relâchées en thaï.</i>	64
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	67
BIBLIOGRAPHIE.....	69
SIGLES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉS.....	80
LISTE DE FIGURES	81
LISTE DE TABLES.....	83
TABLE DES ANNEXES	85
TABLE DES MATIÈRES	87

Introduction

Toutes les langues décrites à ce jour possèdent dans leur système phonologiques des consonnes plosives (Maddieson, 1984 ; Vallée et al., 2002). Ces consonnes appartiennent à la catégorie des occlusives qui se caractérisent par un blocage total de l'écoulement de l'air venant des poumons. Pour les occlusives pulmoniques, ce blocage peut avoir lieu dès la glotte et jusqu'au niveau des lèvres, comportant ainsi sept points d'articulation (Martinet, 2008). En raison du blocage dans le tractus vocal qui entraîne une augmentation de la pression intraorale derrière ce point, lors du relâchement de celui-ci, se produit un bruit soudain et audible (Ladefoged & Maddieson, 1996 ; Argod-Dutard, 1996) aussi appelé *burst* (Calliope, 1989).

Néanmoins, dans certaines langues du monde telles que le coréen, le vietnamien, le karitiana et le thaï par exemple, la phase de relâchement audible n'est pas toujours présente, et ce, uniquement en position finale de syllabe (Tsukada, 2004 ; Tran, 2011 ; Storto & Demolin, 2002 ; Tingsabadh & Abramson, 1993 ; Yamlamai & Tran, 2018).

En thaï, langue majoritairement monosyllabique, et dissyllabique d'un point de vue lexical (Rousset, 2004), 9 consonnes plosives sont possibles en position initiale de syllabe. Dans cette langue, les plosives se différencient selon le point d'articulation (bilabial, coronal, vélaire et glottal) et l'activité laryngale (voisement, non voisement et aspiration). En position finale de syllabe, en raison d'un processus de neutralisation, seulement 3 réalisations sont possibles, décrites comme non voisées et non relâchées (Tingsabadh & Abramson, 1993).

Plusieurs recherches s'intéressent au fait que les locuteurs natifs des langues contenant des plosives non relâchées parviennent à en distinguer le lieu d'articulation en dépit de l'absence de plosion (Iwata et al., 1990 ; Tsukada, 2004b ; Tran, 2011 entre autres). Tran & Vallée (2010) ainsi que Tran et al. (2019) indiquent qu'en vietnamien, le noyau vocalique des mots contient des informations acoustiques sur le lieu d'articulation de la consonne finale, ce qui permettrait l'identification et la catégorisation des consonnes /p, t, k/ en position de coda. Quant aux locuteurs thaïlandais, Tsukada (2004b) montre qu'ils sont plus performants que des locuteurs natifs de l'anglais dans l'identification des plosives non relâchées du thaï mais aussi du coréen.

Le *burst* apporte des informations permettant d'identifier la plosive produite (Meunier, 2007). Si la présence d'un *burst* fait considérablement augmenter la capacité de

récupération perceptive d'une plosive auprès des auditeurs (Stevens & Blumstein, 1978, Zsiga, 2003, Wright, 2004, Flemming, 2008, Tran & Vallée, 2010 entre autres), d'autres indices contribuent à la perception et à la catégorisation des plosives réalisées sans son bruit de plosion.

Nous proposons dans le cadre de ce mémoire d'examiner les indices acoustiques des plosives non relâchées en finale de syllabe. L'importance de la transition formantique pour la perception des consonnes dans des séquences bi-segmentales CV a été mise en évidence dans la littérature depuis Delattre et collègues (1955). Nous allons observer l'évolution des trois premiers formants F1, F2, F3, la trajectoire de la fréquence fondamentale f_0 et de l'intensité pendant la deuxième moitié de la voyelle précédant les plosives /p t k/ en position finale de syllabe.

Par ailleurs, deux études acoustico-perceptives sur les consonnes simples et en séquence du vietnamien ont montré un effet des frontières syllabiques et lexicales en perception et en production chez des locuteurs natifs (Tran, 2011 ; Tran, Vallée & Granjon, 2019). Il a été montré qu'une frontière syllabique de mot est différente acoustiquement et perceptivement d'une frontière de syllabe à l'intérieur d'un mot composé dans cette langue. C'est pourquoi, nous mènerons les analyses sur des syllabes du thaï qui constituent soit des mots monosyllabiques, soit la première syllabe d'un composé dissyllabique lexical. Nous souhaitons ainsi vérifier si la deuxième moitié du noyau syllabique pré-consonantique contient des informations qui permettraient non seulement d'identifier la consonne plosive en coda mais aussi le type de frontière syllabique qui la suit.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres. Dans un premier temps, nous présenterons les caractéristiques acoustiques et articulatoires des consonnes plosives en général avant d'aborder celles des plosives non relâchées. Ensuite, nous aborderons la structure phonologique du thaï dans le deuxième chapitre où sera exposée la littérature sur les structures syllabiques, les unités lexicales, la description des phonèmes du thaï ainsi que le système tonal. Le dernier chapitre sera consacré à l'étude acoustique qui vise à prendre en compte des caractéristiques des consonnes finales du thaï, notamment la durée et la transition voyelle-consonne, afin de rechercher d'éventuels effets de distribution au niveau de la position (initiale *vs* finale) et de frontière (finale de mot $CVC\#CVC$ ou finale de syllabe à l'intérieur d'un composé $CVC.CVC$).

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet de recherche « Stop Consonants in Asian Language » (SCALA) (référence ANR-15-IDEX-02) réalisé au laboratoire GIPSA-lab à l'Université Grenoble Alpes. L'objectif de SCALA est de caractériser les allophones non

relâchés des plosives finales dans les trois langues d'Asie : le vietnamien, le coréen et le thaï. Le projet considère les aspects glottographiques, aérodynamiques, acoustiques et perceptifs qui pourraient caractériser la production de ces types de consonnes. Ce projet s'inscrit dans un contexte plus large d'apprentissage par des locuteurs natifs de ces langues d'Asie des plosives finales et groupes de consonnes des langues étrangères (notamment le français et l'anglais). Il a été effectivement attesté que cette difficulté est l'une des plus résistantes chez les apprenants natifs de ces trois langues (Debyser, 1969 ; Pacquement, 2007 ; Nguyen, 2000 ; Han, 2011 ; Le Corre, 2013 ; Tran, 2011 entre autres).

Chapitre 1

Caractéristiques des consonnes plosives

1.1. Consonnes plosives

Les consonnes plosives sont trouvées dans toutes les langues dont le système phonologique est décrit (Maddieson, 1984 ; Vallée et al., 2002). Elles appartiennent à la catégorie des consonnes occlusives, tout comme les consonnes nasales. La différence entre nasales et plosives résulte de la nasalité. Les plosives sont réalisées avec le velum en position haute (ou fermée) sont des consonnes orales tandis que pour les nasales, présentant un abaissement du velum, l'air s'écoule à la fois par la cavité buccale et par le nez (Calliope, 1989 ; Canault, 2017). Elles sont appelées plosives car elles comportent un bruit de plosion (explosion) (Vaissière, 2006 ; Martin, 2008), aussi appelé burst (Calliope, 1989).

1.1.1 Caractéristiques articulatoires

Les plosives sont caractérisées par une occlusion complète d'un endroit du conduit oral qui provoque un blocage total et momentané (Abercrombie, 1967 ; Saussure et al., 2005 ; Lerot, 1993 ; Canault, 2017). Cette occlusion est faite avec un des trois articulateurs : les lèvres, l'apex de la langue ou le dos de la langue (Stevens, 1997). En conséquence, la pression derrière le blocage augmente quand l'air essaye de sortir et au moment où le blocage est enlevé, l'air comprimé fuit provoquant une petite explosion (Catford, 2001).

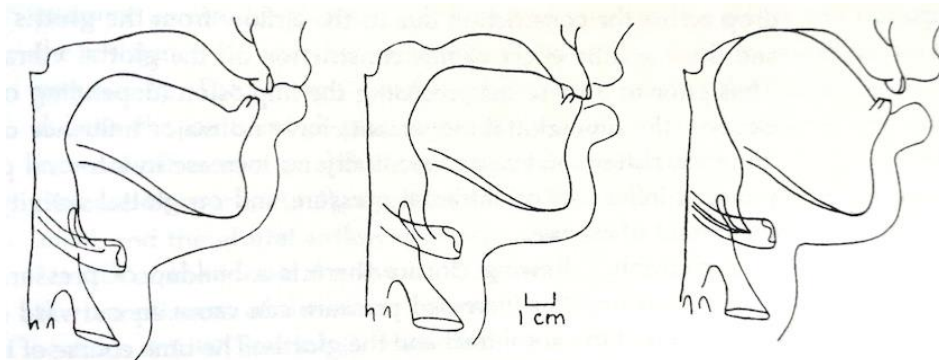


Figure 1. Coupe sagittale des consonnes plosives bilabiale (gauche), coronale (centre) et vélaire (droite) d'un locuteur masculin adulte (Perkell, 1969).

Afin de décrire en détail la réalisation des consonnes plosives, Lerot (1993) et Argod-Dutard (1996) décrivent la réalisation des occlusives comportant trois phases : la phase d'occlusion, la phase de tenue de l'occlusion et le relâchement de l'occlusion.

- Pendant la phase d'occlusion, les articulateurs se rapprochent et donnent lieu à un blocage de l'air provenant des poumons.

- Au cours de la tenue de l'occlusion il y a une montée de la pression à l'intérieur de la cavité orale en raison du maintien du blocage par les articulateurs.

- Dans le relâchement de l'occlusion, les articulateurs impliqués dans l'occlusion se séparent brusquement en conséquence de la montée de pression derrière le blocage. Le bruit d'« explosion » caractéristique des consonnes plosives est le résultat de la libération de l'air comprimé dans le canal buccal qui entre en contact avec l'air extérieur (Argod-Dutard, 1996), entraînant un déséquilibre de la pression à l'intérieur et à l'extérieur. La durée de cet événement est très brève (Argod-Dutard, 1996)

Les critères principaux pour le classement des plosives sont le lieu d'articulation et le mode de voisement (Vaissière, 2006). La production de ces consonnes implique les lèvres, la langue ou la glotte. C'est ainsi que l'on retrouve sept points d'articulation pour les plosives (Martinet, 2008). Les plosives peuvent être réalisées avec ou sans la vibration des plis vocaux, ce qui leur donne le caractère de voisées ou de non voisées respectivement (Jakobson et al., 1952).

Shipp et al. (1987) attestent que lors de la réalisation des consonnes non voisées le larynx descend systématiquement alors que pour les segments voisés le larynx remonte. Néanmoins, Hauchard (2018) signale que pendant la réalisation d'une plosive glottale sourde le larynx monte en raison de la fermeture brusque des plis vocaux.

1.1.2. Caractéristiques acoustiques

Les consonnes plosives présentent 4 événements acoustiques : un silence, une barre d'explosion, un bruit de friction et des transitions formantiques (Calliope, 1989).

- Le silence correspond au blocage produit par le contact entre les articulateurs. Il est identifié comme un vide dans le signal acoustique et dans le spectrogramme. Selon Ladefoged & Johnson (2011), dans les ondes acoustiques, le silence est représenté par une ligne monotone continue et plate pour les plosives non voisées tandis que pour les plosives voisées la tenue est marqué par une petite-onde.
- La barre de plosion, aussi appelée burst, est caractéristique du point d'articulation de chaque consonne plosive. En effet, la forme du spectre a des caractéristiques distinctes selon l'articulateur qui produit la fermeture consonantique et l'endroit où cette fermeture est faite (Stevens, 1997). D'ailleurs, la fréquence du bruit dépend principalement de la dimension de la

cavité devant l'occlusion (Stevens, 2000). Il est à noter que la fréquence, la durée et l'énergie du bruit de plosion sont aussi propres au point d'articulation de la consonne. Ainsi, les plosives bilabiales présentent un bruit de plosion faible, court et de basse fréquence ; les plosives coronales produisent un bruit intense, court et plutôt de haute fréquence (dépassant parfois 8kHz) et les vélares comportent un bruit intense, long et dont la fréquence dépend étroitement de la voyelle (Calliope, 1989).

- Le bruit de friction se présente pendant la phase de relâchement de l'occlusion. La durée du bruit de friction dépend de la vitesse de séparation des articulateurs : pour les plosives bilabiales, le bruit de friction est plus court que pour les vélares ; pour les vélares, le bruit de friction est plus long et moins rapide ; les coronales présentent une durée du bruit de friction intermédiaire entre celui des bilabiales et les vélares (Calliope, 1989). Cette section entre le burst et le début du segment voisé suivant, s'il y en a un, concerne également le délai d'établissement du voisement (VOT, Voice Onset Time) de la plosive (Lisker & Abramson, 1964).
- La transition formantique correspond au changement de la fréquence des formants que l'on observe au passage d'une consonne à une voyelle et inversement (Stevens, 1997). La transition formantique, tout comme le burst et le bruit de friction, relève du lieu d'articulation de la consonne et de la voyelle adjacente. Le mouvement des formants présentent des allures qui correspondent à la forme particulière qui arrive au moment de la séparation des articulateurs (Ladefoged & Johnson, 2011). La transition du premier formant lève des informations sur le mode d'articulation a consonne d'articulation (Delattre et al., 1955) tandis que le lieu d'articulation de la plosive est relié à la transition du deuxième et troisième formant (Cooper et al., 1952 ; Delattre et al., 1955 ; Harris et al., 1958). Dans un patron consonne-voyelle (CV) les transitions de F_1 sont montantes pour toutes les consonnes. Pour les plosives bilabiales la fréquence des 3 premiers formants est basse, par conséquent les transitions pour un patron CV seront montantes. Pour les consonnes coronales, F_2 reste inchangé tandis que F_3 et F_4 sont plus élevés, ce qui implique des transitions descendantes pour CV. Les transitions des formants des consonnes vélares se caractérisent par une convergence de F_2 et F_3 , ce qui donne, pour un gabarit CV, une transition descendante pour F_2

et montante pour F₃ (Ladefoged & Johnson, 2011). Plusieurs études ont considéré les transitions formantiques comme des indices de la perception et de l'identification des consonnes (par exemple Lisker, 1957 ; Liberman et al., 1954 ; Sharf & Hemeyer, 1972 ; Kewley-Port, 1982 ; Tartter et al., 1983 ; Kurowski & Blumstein, 1984 ; Walsh & Diehl, 1991 ; Dorman & Loizou, 1996 ; Smits et al., 1996 ; Green & Norrix, 1997 ; L. Kishon-Rabin et al., 2003 ; Story & Bunton, 2010 ; entre autres).

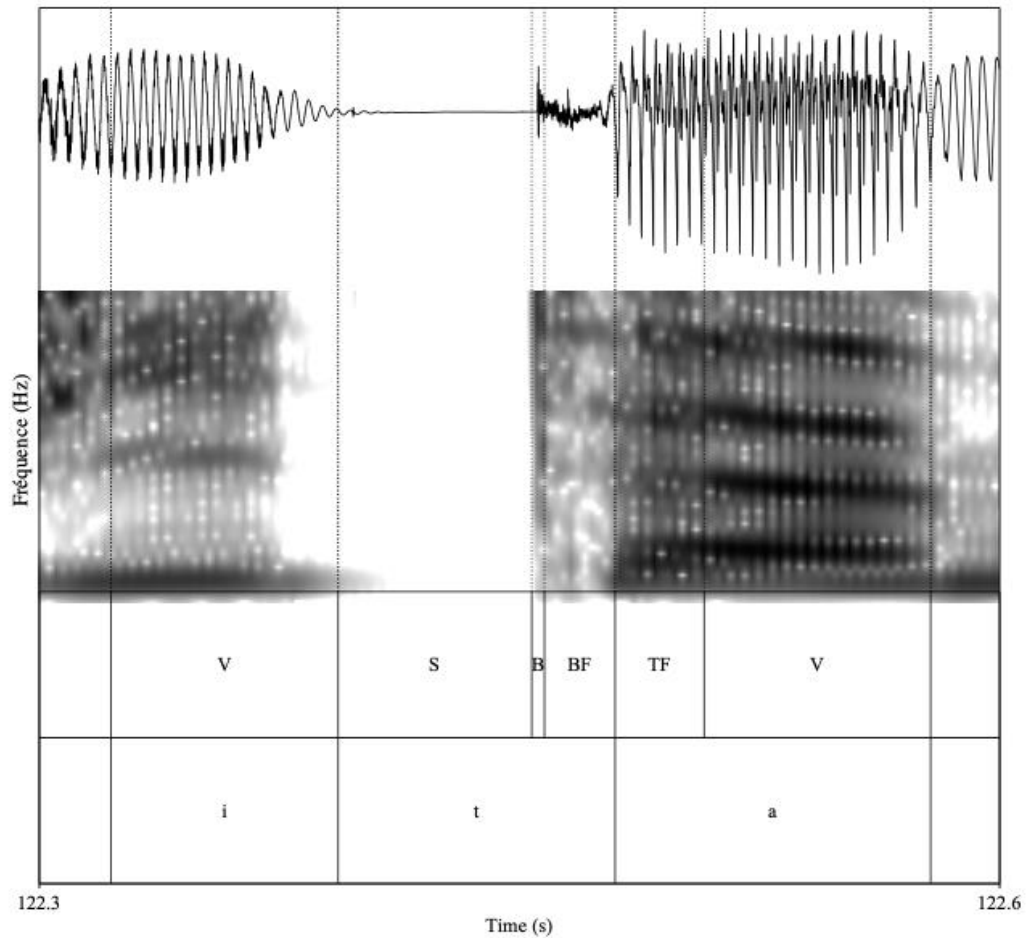


Figure 2. Segmentation des 4 événements (phases) acoustiques de la plosive [t] sur le signal audio et le spectrogramme de la séquence [ita] dans le mot « vitamine » : silence (S) ; barre d'explosion (B) ; bruit de friction (BF) ; transition formantique (TF) (V = voyelle).

Il faut savoir que la description donnée auparavant correspond surtout à des plosives en position d'attaque (position initiale). En général, une différence dans la position de la syllabe occasionne une différence dans la réalisation des phonèmes (Malmberg, 1971) car en position finale de syllabe les consonnes sont souvent soumises à un affaiblissement articulaire et acoustique (Kingston, 2008).

Ainsi, les plosives en coda (position finale) peuvent se comporter différemment. Par exemple, divers auteurs signalent que dans la prononciation des plosives finales de l'anglais sont réalisées sans relâchement audible en comparaison aux plosives en initiale (Catford, 2001 ; Ladefoged & Johnson, 2011 ; Cruttenden, 2014 ; entre autres). Le même phénomène est observé dans plusieurs langues asiatiques telles que le vietnamien, le thaï, le cantonais, le hokkien ou le coréen (J. Edmondson et al., 2010).

1.2. Consonnes plosives non relâchées

Des travaux antérieurs attestent l'absence de barre de plosion des plosives finales dans plusieurs langues (Tingsabadh & Abramson, 1993 ; Tsukada, 2004a ; Storto & Demolin, 2002 ; Tran, 2011 ; Yamlamai & Tran, 2018). Ces plosives sont alors caractérisées comme non relâchées.

Différents critères de relâchement et non relâchement ont été proposées. Catford (1977) et Ladefoged & Johnson (2011) décrivent le relâchement comme la séparation des articulateurs impliqués dans la fermeture et le non relâchement comme une fermeture articulaire totale. De même, d'après Herderson & Repp (1982) (cités par Kim, 1998, p. 348), une occlusive est non relâchée lorsque la fermeture est maintenue. À ce propos, Herderson & Repp (1982) expliquent le relâchement comme la présence du bruit de plosion (burst) après la fermeture tandis que le non relâchement correspond à l'absence de burst. De son côté, Kim (1998) inclut dans cette description la présence d'un courant pulmonaire égressif avant le relâchement des articulateurs. Il définit le relâchement comme la "suppression de la fermeture orale suivie d'un écoulement d'air pulmonaire égressif passant par le conduit oral" [traduction libre]¹. Au contraire, une consonne non relâchée ne présenterait pas la condition de relâchement (Kim, 1998, p. 362).

En ce qui concerne le relâchement, de nombreux auteurs révèlent que dans les langues étudiées dans leurs travaux (coréen, chinois mandarin du sud-est, thaï, anglais, karitiana et vietnamien) les plosives en position finale se comportent différemment de celles en position initiale : les plosives en attaque gardent leur caractère de relâchement tandis qu'en coda, elles sont réalisées comme non relâchées (Iwata et al., 1990 ; Kim, 1998 ; Catford, 2001 ; Storto & Demolin, 2002 ; Yamlamai & Tran, 2018 ; Tran et al., 2019, entre autres). En outre, il a été signalé que dans plusieurs langues telles que le coréen, le

¹ « a. Release: Release is the removal of oral closure followed by a pulmonic egressive airstream flowing through the oral tract ». Kim, 1998, p.362.

chinois mandarin du sud-est, le thaï et le vietnamien, les différentes configurations laryngales trouvées en initiale de syllabe (ex : non voisée, voisée, aspirée en thaï) se voient neutralisées en final de syllabe et réalisées d'une seule manière (décrites comme non voisées et non relâchées) (Iwata et al., 1990 ; Tran et al., 2020).

Dans le but de caractériser les consonnes non relâchées, Iwata et al., (1979) , Iwata et collègues, (1990), Storto & Demolin (2002), Edmondson et al. (2011), Demolin & Storto (2016) et Cano Córdoba et al. (2022), entre autres, ont porté leur attention sur les phases de l'articulation et le comportement des articulateurs. D'autres auteurs tels que Storto & Demolin (2002), Yamlamai & Tran (2018) et Tran et al., 2019 décrivent les traits acoustiques qui relèvent de l'absence de barre de plosion, la transition formantique, la durée des segments, le comportement de la fréquence fondamentale et le comportement de l'intensité.

1.2.1. Caractéristiques articulatoires

Rappelons que les phases d'articulation d'une consonne dite relâchée sont : (1) occlusion, (2) tenue de l'occlusion et (3) relâchement (Argod-Dutard, 1996) (c.f. section 1.1.1). Pour les plosives non relâchées en position de coda, seules les deux premières phases sont réalisées.

Il a été observé qu'en karitiana, une langue tupi parlée au Brésil (Campbell & Grondona, 2012), la phase de maintien de la fermeture dans les consonnes occlusives finales non relâchées [p t k m n ŋ] est plus longue et tendue que dans les occlusives relâchées (Storto & Demolin, 2002).

Des chercheurs ont aussi observé le comportement de la pression intraorale (PIO) pour comprendre la réalisation des plosives non relâchées. Ladefoged Peter & Maddieson (1996) expliquent le non-relâchement des plosives par la descente de la PIO et que cette descente de PIO est due à un relâchement nasal après l'occlusion de la consonne. Effectivement, Demolin & Storto (2016) ont constaté qu'en karitiana le relâchement des occlusives se voit affaibli par une diminution, voire une absence, de PIO. De plus, dans leur étude sur le karitiana, Storto & Demolin (2002) remarquent une augmentation du débit d'air nasal avant l'occlusion de la plosive non relâchée. Les auteurs indiquent aussi que cette augmentation du débit d'air nasal se voit accompagnée d'une phase d'occlusion plus longue. En revanche, dans une étude réalisée sur les plosives non relâchées en vietnamien et en coréen, Tran et al. (2020) montrent une absence significative du relâchement nasal après l'occlusion de ces plosives en position finale.

De différentes stratégies laryngales sont observées dans la production des plosives finales non relâchées de quelques langues d'Asie de l'Est. En hokkien taiwanais, la fermeture glottique a été relevée accompagnée d'une glottalisation dans la production des plosives non relâchées. D'ailleurs, Iwata et al., 1979 ont observé une adduction (fermeture) rapide des bandes ventriculaires après l'occlusion orale. Dans une étude laryngoscopique réalisée par Iwata et al. (1990), les gestes d'adduction et d'abduction glottales sont reconnus comme des possibles « gestes de dévoisement ». Les auteurs indiquent qu'une contraction des bandes ventriculaires peut accompagner le geste d'adduction. Effectivement, en cantonnais, une contraction des bandes ventriculaires et des plis ary-épiglottiques a été observée juste après la fermeture orale au moment de la production des plosives non relâchées (Iwata et al., 1990). Selon Fujumura & Sawasima (1971 ; cités par Iwata et al., 1979) ce comportement des bandes ventriculaires est un geste caractéristique de la glottalisation. Une adduction des plis vocaux après la fin du voisement des plosives a été repérée par Edmondson et al. (2011) en cantonais et en taiwanais. De plus, les auteurs confirment, dans quelques cas, une participation du sphincter ary-épiglottique. Néanmoins, Michaud (2004) a démontré qu'il n'y a pas de contact des plis vocaux dans l'articulation des consonnes plosives non relâchées du vietnamien de Hanoi. Autrement dit, la glotte reste ouverte lors de la réalisation des plosives non relâchées (Tran et al., 2020).

Les résultats d'une étude récente sur le déplacement vertical du larynx (Tran et al., 2020) signalent un abaissement plus important du larynx pour les plosives non relâchées en coda que pour les plosives initiales relâchées en vietnamien et en coréen. Cette descente de la position verticale du larynx (PVL) « pourrait donc bien être une "manœuvre de compensation" planifiée du non relâchement observé dans ces langues car provoquant, en l'absence de fuite nasale ou labiale, une baisse de la pression intra-buccale » (Tran et al., 2020, p. 604). De même, Cano Córdoba et al. (2022) ont trouvé une descente plus ample du larynx en position finale de syllabe où se trouvent les plosives non relâchées en thaï. Les auteurs ont aussi relevé qu'en thaï, le larynx descend davantage pour la consonne vélaire que pour les consonnes bilabiale et coronale (Cano Córdoba et al., 2022).

1.2.2. Caractéristiques acoustiques

En raison de l'absence du relâchement de l'occlusion, les consonnes plosives non relâchées ne présentent pas la barre de plosion sur le signal acoustique.

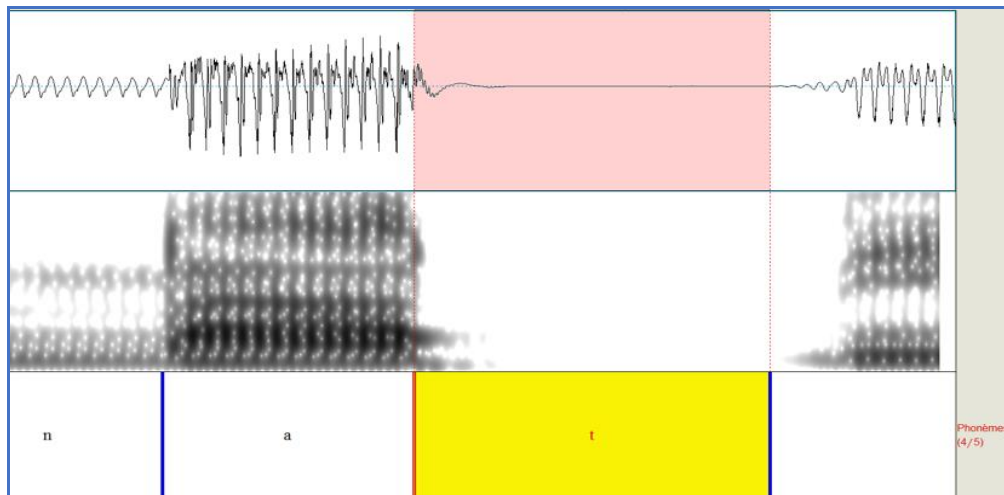


Figure 3. Absence de la barre d'explosion de la consonne [t] du mot thaï *นัด* /nat̚/ prononcé [nat̚] « fixer un rendez-vous ». Image issue des données de la présente étude.

Storto & Demolin (2002) attestent le non relâchement des plosives en position finale en karitiana. Les auteurs signalent que la transition de F₂ et de F₃ de la voyelle vers la consonne en position finale permet d'identifier le point d'articulation de la plosive non relâchée. Mais cette transition formantique n'est pas visible pour la plosive alvéolaire en contexte intervocalique (Storto & Demolin, 2002).

Des indices permettant d'identifier le lieu d'articulation dans la transition formantique de la voyelle ont aussi été relevés en thaï (Yamlamai & Tran, 2018) et en vietnamien (Tran et al., 2019). Selon Tran et al. (2019), en vietnamien, ainsi qu'en thaï (Yamlamai & Tran, 2018), la voyelle est plus longue avant /k/ qu'avant /t/ et /p/. En fait, les auteurs soutiennent que la partie finale de la voyelle contient des informations sur le lieu d'articulation de la consonne suivante. Ils ont observé qu'à partir de 50 % de la durée de la voyelle, les formants F₂, F₃ ainsi que la f₀ se comportent différemment selon le lieu d'articulation de la consonne finale. De plus, en cas de relâchement, la durée du VOT des plosives dépend du lieu d'articulation. Le VOT est significativement plus long pour /k/ que pour les autres plosives en finale (/p/ et /t/) (Tran et al., 2019).

D'ailleurs, Tran et al. (2019) mettent en évidence que les plosives finales non relâchées en vietnamien perdent davantage le burst à l'intérieur d'un mot composé (CVC.CVC#) qu'en finale de mot simple (CVC#CVC). En coréen, il a été révélé que, parmi les trois plosives permises en coda (/p, t, k/), seule la bilabiale /p/ ne comporte généralement pas de burst, tandis que /t/ est assimilée à la consonne fricative /s/ et que la vélaire /k/, suivi de /s/ dans cette étude, est souvent réalisée avec un relâchement audible (Tran et al., 2020).

1.2.3. Perception des consonnes plosives non relâchées

Plusieurs études attestent que l'absence de relâchement peut gêner la bonne perception des plosives chez les locuteurs non natifs. Dans son étude sur la perception des plosives du coréen chez des locuteurs de l'anglais, Tsukada (2004b) signale que l'absence de burst affecte considérablement l'intelligibilité de la plosive /k/, beaucoup plus que pour la coronale /t/ ou la bilabiale /p/. Néanmoins, l'absence de burst ne constitue pas une difficulté pour la perception des consonnes plosives non relâchées chez les locuteurs natifs. Les études existantes sur la perception des plosives finales des langues d'Asie attestent que les locuteurs natifs parviennent sans trop de difficulté à identifier les consonnes de leur langue même réalisées sans burst (Abramson & Tingsabadh, 1999 ; Tsukada et al., 2006 ; Tsukada & Ishihara, 2007 ; Tsukada & Roengpitya, 2008, Tran et al. 2010, Tsukada, 2012). Mais la précision dans l'identification des plosives non relâchées dépend des expériences linguistiques antérieures des auditeurs (Abramson & Tingsabadh 1999 ; Tsukada 2006, 2008). Des études sur le coréen (Iwata et al., 1990) et sur le vietnamien (Tran & Vallée, 2010 ; Tran et al., 2019) montrent qu'en absence de burst, la transition formantique voyelle-consonne comporte les informations qui permettent l'identification du lieu d'articulation de la consonne.

En résumé, ce chapitre permet de prendre connaissance des principales caractéristiques articulatoires et acoustiques des consonnes plosives. Comme vu précédemment, dans plusieurs langues, dont le thaï, le relâchement de l'occlusion des plosives en final de syllabe est généralement absent.

Le chapitre suivant présente la phonologie du thaï et donne des informations relevées dans la littérature sur les plosives non relâchées de cette langue. Plus particulièrement, nous aborderons les structures, les structures des unités lexicales ainsi que les systèmes consonantique, vocalique et tonal.

Chapitre 2

Éléments de phonologie du thaï

2.1. La langue thaï

Le thaï est la langue nationale de la Thaïlande. Elle appartient au sous-groupe taï de la famille des langues kam-taï, branche de la famille de langues taï-kadaï (Iwasaki & Inkaphirom, 2005). Les principaux dialectes régionaux sont les dialectes du Centre, du Nord, du Nord-Est et du Sud (Slayden, 2009). Le dialecte du Centre, qui s'étend autour de la capitale (Bangkok) et tout au long du fleuve Chao Phraya (Noss, 1954 ; Diller, 2002 ; cités par Slayden, 2009), est reconnu comme le thaï standard, utilisé dans les démarches administratives et dans les médias.

Le thaï est une langue isolante où les mots sont invariables. C'est une langue tonale où chaque syllabe porte un ton qui peut entraîner un changement de sens (Singhapreecha, 2007).

2.1.1. Structures syllabiques

Selon Abramson (1962), la structure syllabique du thaï suit le modèle (C)CV(C) (entre parenthèses les constituants facultatifs). Dans cette langue, la position initiale de syllabe est toujours occupée par au moins une consonne (Abramson, 1962). Les groupes consonantiques formés d'une occlusive et d'une liquide ne sont attestés qu'en position d'attaque ainsi que des clusters labio-vélaire /kw/ / k^hw/ (Slayden, 2009). Le noyau de la syllabe est occupé par une voyelle brève, une voyelle longue ou une diphtongue (Slayden, 2009). La coda est facultative et jamais branchante.

À partir d'une étude sur les structures syllabiques des langues du monde établie à partir de lexiques syllabés et transcrits en phonèmes, Rousset (2004) affirme que le thaï suit une structure syllabique majoritairement de type CVC (64,41 % sur l'ensemble des syllabes de la langue). Aussi, les syllabes fermées (CVC et CCVC) sont plus présentes que les syllabes ouvertes (CV et CCV) (69 % et 31 % respectivement) (Rousset, 2004). Les deux structures dominantes en thaï sont celles qui comportent une consonne simple en attaque (CVC et CV), elles représentent près de 93 % des syllabes dans cette langue. En revanche, celles contenant un cluster en attaque (CCVC et CCV) ne sont pas nombreuses (environ 7 %).

Table 1. Distribution des structures syllabiques en thaï (Rousset, 2004, p. 116).

Type de syllabe	Proportion dans le lexique
CVC	64,41 %
CV	28,23 %
CCVC	4,61 %
CCV	2,75 %

2.1.2. Structures des unités lexicales

Les mots monosyllabiques et dissyllabiques représentent la majorité des unités lexicales en thaï (41,37 % et 40,35 % respectivement) (Rousset, 2004). Les trisyllabiques sont beaucoup moins nombreux (13,21 %) tandis que les mots de 4 à 7 syllabes sont encore moins courants.

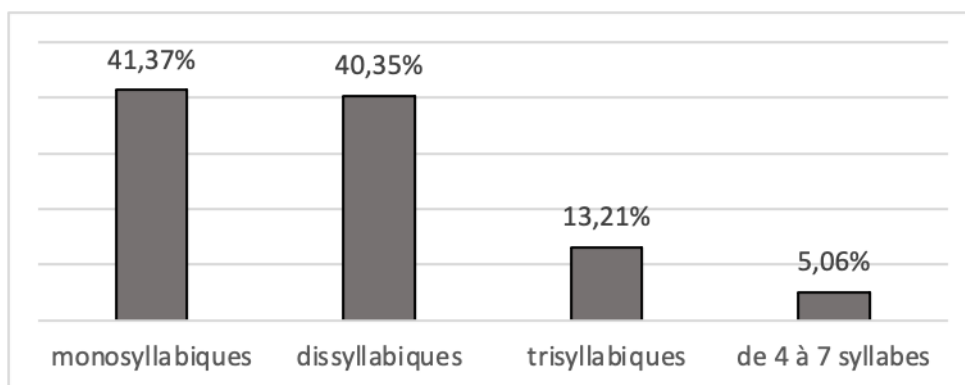


Figure 4. Pourcentage des types de mot en fonction du nombre de syllabes adapté de Rousset, 2004.

D'après la base de données développée au GIPSA-lab par Grenoble-UCLA Lexical and Syllabic Inventory Database (G-ULSID), le thaï compte un total de 119 gabarits lexicaux possibles (Vallée et al., 2009). La table suivante montre les gabarits lexicaux dont la fréquence est de plus de 2 % dans la langue thaïe, les gabarits sont classés en fonction du nombre de syllabes (Rousset, 2004, p. 191).

Table 2. Distribution des structures des unités lexicales en thaï (Rousset, 2004, p. 191).

Éléments monosyllabiques		Éléments dissyllabiques		Éléments trisyllabiques	
CVC	31,9 %	CVC.CVC	17 %	CVC.CV.CVC	2,8 %
CV	6,2 %	CV.CVC	10 %	CV.CV.CVC	2,4 %
CCV	2,8 %	CV.CV	4,7 %	CVC.CVC.CVC	2,1 %

			2,8 %		
--	--	--	-------	--	--

2.2 Système consonantique du thaï

Le thaï comporte 21 phonèmes consonantiques simples, 16 de ces consonnes font partie des consonnes les plus courantes dans les langues du monde (Slayden, 2009). Néanmoins, plusieurs auteurs ne comptent que 20 phonèmes consonantiques car ils excluent la plosive glottale (Slayden, 2009). Noss (1964) affirme que la réalisation de cette plosive est déterminée par « the onset of either stress phoneme, /ʔ/ or /J/, on any vowel nucleus (i.e., when no other initial consonant is present) » (p. 9). Aussi, l’auteur souligne que « it’s final occurrence is determined by the cessation of either stress phoneme on any short vowel nucleus (i.e. when no other final consonant is present, and the vowel is short) » (Noss, 1964, p. 9). De sa part Abramson (1962), considère que l’occlusive glottale n’est pas obligatoire en coda étant donné qu’elle n’entraîne pas de paire minimale avec le phonème zéro. Il considère la syllabe fermée par un coup de glotte en coda [CVʔ] comme une variante d’une syllabe ouverte /CV/.

Suivant la distribution des consonnes du thaï proposée par Tingsabadh & Abramson (1993, p. 24) pour la présente étude, nous présenterons le coup de glotte /ʔ/ en tant que phonème.

Table 3. Distribution des consonnes du thaï (Tingsabadh & Abramson, 1993, p. 24)

	Bilabial	Labio-dent	Dental	Alveolar	Post-alveolar	Palatal	Velar	Glottal
Plosive	p p ^h b			t t ^h d			k k ^h	ʔ
Nasal		m		n				
Fricative		f		s				
Affricate					tɕ tɕ ^h			h
Trill				r				
Approximant						j	w	
Lateral Approx.				l				

Les consonnes du thaï présentent 7 modes d’articulation : plosif (/p p^h b t t^h d k k^h ʔ/), nasal (/m n ŋ/), fricatif (/f s h/), affriquée (/tɕ tɕ^h/), vibrant (/r/), approximant (/j w/) et

approximant latéral (/l/). Dans cette langue, les consonnes non voisées sont plus nombreuses que les consonnes voisées (12 et 9 respectivement). Il existe une différence concernant la distribution des consonnes en initiale et en finale de syllabe. Notamment, les 21 consonnes présentées dans le tableau de Tingsabadh & Abramson (cf. table 3) sont attestées en attaque tandis qu'en position de coda, il n'y a que 9 consonnes attestées.

2.2.1. Consonnes initiales

Vingt-et-un phonèmes consonantiques sont constatés en position initiale de syllabe en thaï. Ces phonèmes sont répartis entre 7 modes et 8 points d'articulation.

En thaï standard, la majorité des consonnes attestées en attaque sont des plosives (9 sur 21 contre 3 nasales, 3 fricatives, 2 affriquées, 2 approximantes, 1 vibrante et 1 latérale) (Noss, 1964 ; Abramson, 1972).

En tenant compte de leur configuration laryngale, les consonnes plosives se répartissent entre trois réalisations : aspirée, non-voisée et voisée (Lisker & Abramson, 1964). Les consonnes plosives bilabiales et coronales présentent les trois réalisations (/p^h p b/ et /t^h t d/ respectivement), alors que, pour les consonnes plosives vélares, seule l'opposition entre aspirée et non-voisée est possible (/k^h k/). Les types de VOT des consonnes coronales en thaï (voisée /d/, non-voisée /t/ et aspirée /t^h/) sont illustrés à la figure 5 (selon Lisker & Abramson, 1964, p. 390).

En plus des consonnes simples, le thaï comporte aussi des groupes consonantiques en initiale de syllabe. Ils sont composés des plosives /p p^h t k k^h/ en première position et des consonnes liquides /l r/ ou de l'approximante /w/ en deuxième position (Abramson, 1962 ; Noss, 1964 ; Iwasaki & Inkapirom, 2005, Slayden, 2009). De plus, la coronale non voisée /t/ forme aussi un groupe consonantique avec la vibrante /r/ tandis que « le cluster aspiré alvéolaire reste rare et peut impliquer une épenthèse »² [t.p.n.] (Slayden, 2009, p. 3).

² « The aspirated alveolar cluster /t^hr/ is rare and may invoke epenthesis /t^hər/ » (Slayden, 2009, p.3).

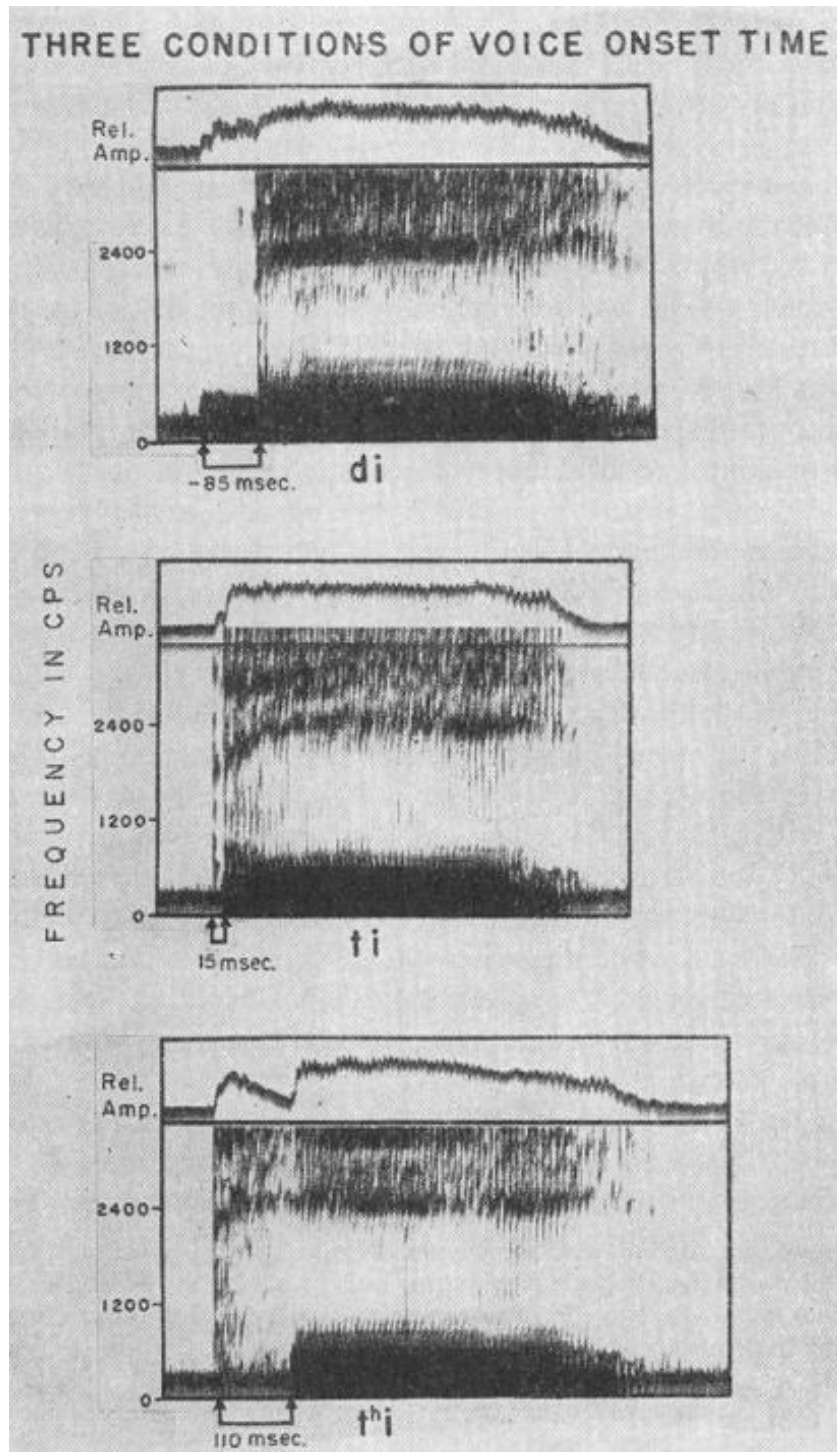


Figure 5. Spectrogrammes illustrant le VOT des 3 consonnes plosives alvéolaires en thaï par Lisker & Abramson (1964, p. 390).

2.2.2. Consonnes finales

En thaï, les syllabes peuvent être fermées (comportant une consonne finale comme CVC) ou ouvertes (sans consonne finale comme CV). Pour les syllabes fermées, les consonnes en coda (finale de syllabe) sont moins nombreuses qu'en attaque.

Effectivement, 21 consonnes et 11 groupes consonantiques sont attestés en attaque tandis qu'en position finale de syllabe, seulement 8 consonnes sont retrouvées : les 6 occlusives /p t k ʔ m n ŋ/ et les 2 approximantes /w j/ (Tingsabadh & Abramson, 1993). Selon Slayden (2009, p. 3), les fricatives /f/ et /s/ sont aussi observées dans des emprunts du thaï à d'autres langues.

Table 4. Distribution des consonnes finales du thaï adaptée de Tingsabadh & Abramson (1993).

	Bilabiales	Alvéolaires	Palatale	Vélaire	Glottale
Plosives	p	t		k	ʔ
Nasales		m	n		ŋ
Approximantes		w		j	

Pour Noss (1964), le coup de glotte ne représente pas un phonème en position finale de syllabe car son occurrence est déterminée « by the cessation of either stress phoneme on any short vowel nucleus » (p.9). Quant à Abramson (1962), l'occlusive glottale n'est pas obligatoire en coda étant donné qu'elle n'entraîne pas de paire minimale avec le phonème zéro. Il considère la syllabe fermée par un coup de glotte en coda [CVʔ] comme une variante d'une syllabe ouverte /CV/.

De plus, un des traits spécifiques des consonnes plosives finales du thaï, ainsi que de certaines autres langues d'Asie de l'Est et du Sud-Est (comme le cantonais, le coréen et le vietnamien par exemple), est le non-relâchement. Plusieurs auteurs ont montré que les plosives /p t k/ en coda du thaï ne comportent pas un relâchement audible (sans burst) après la phase d'occlusion (Iwata et al., 1990 ; Tingsabadh & Abramson, 1993 ; Tsukada, 2004 ; Yamlamai & Tran, 2018). À ce sujet, Iwata et al. (1990) indiquent que les trois réalisations laryngales possibles en attaque pour les plosives (voisée, non-voisée et aspirée) se voient neutralisées en coda en tant que non-voisées et non-relâchées.

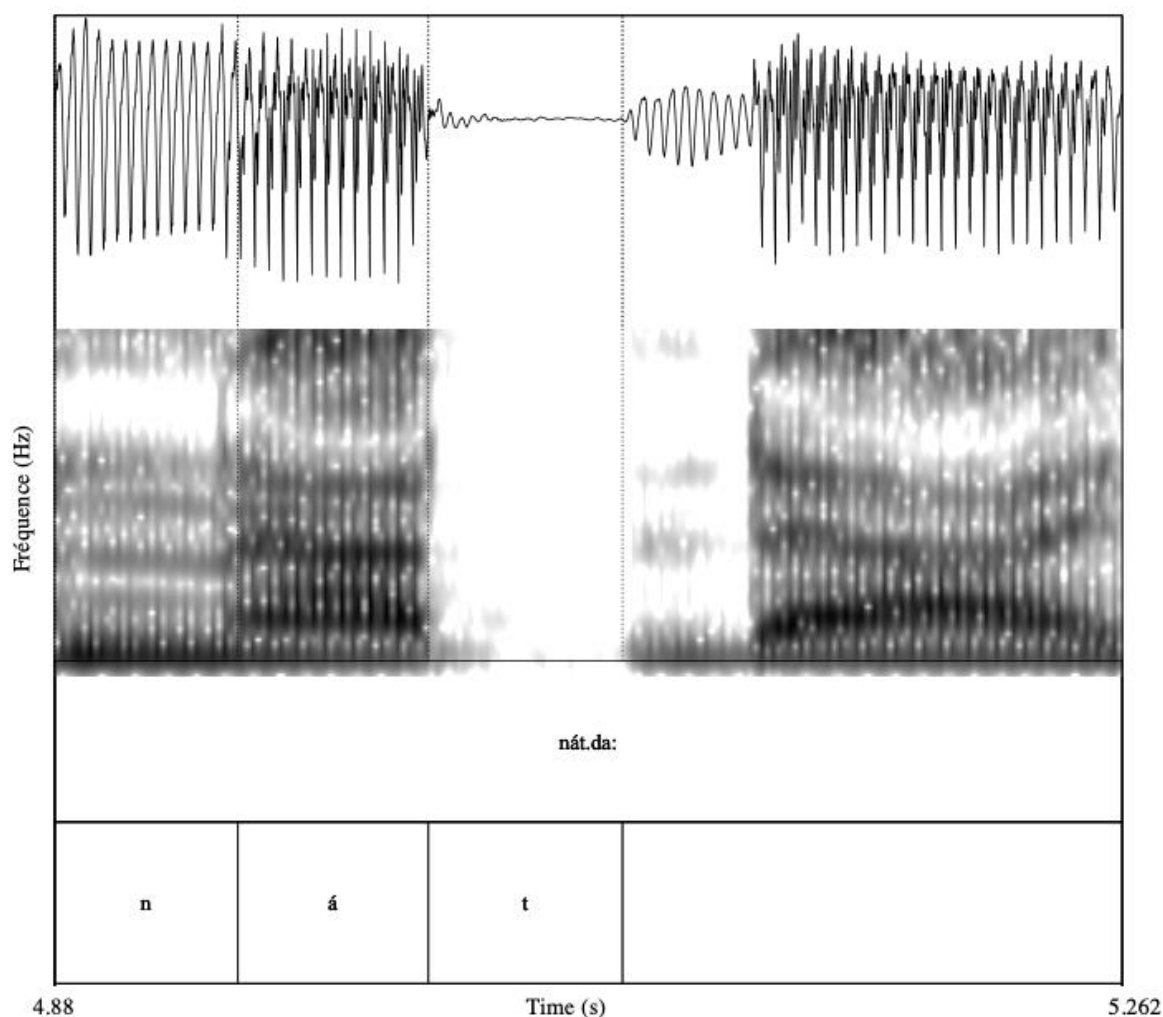


Figure 6. Signal audio et spectrogramme du mot [nát.da:] où [t] se produit sans burst. Image récupérée du corpus de la présente étude.

Wang (1959) (cité par Iwata et al., 1990, p. 621) indique que « l'absence de relâchement rend la perception difficile puisque le seul signal perceptuel pour identifier la consonne est la transition formantique »³ [t.p.n.].

En plus de l'absence de la barre d'explosion, d'autres paramètres peuvent caractériser le non relâchement des plosives finales dans cette langue.

Une étude acoustique sur les consonnes finales en thaï expose un effet du type de frontière syllabique sur la durée de la plosive en position de coda ainsi que sur la voyelle qui la précède : les consonnes sont plus longues en position finale de mot (CVC₂#) qu'en

³ « Absence of oral release makes the perception difficult since the only perceptual cue for the distinction is the formant transition » (Wang, 1959 ; cité par Iwata et al., 1990, p. 621).

position finale de syllabe à l'intérieur d'un mot (CVC₂.CVC) et la voyelle a une durée plus longue devant la C₂ d'un mot monosyllabique que devant la C₂ d'un mot dissyllabique (Yamlamai & Tran, 2018). Cette divergence entre plosive en fin de mot et en fin de syllabe a aussi été attestée en vietnamien (Tran et al., 2020).

La réalisation des plosives a aussi été caractérisée à partir de données laryngoscopiques. Les consonnes non relâchées ont été décrites comme ayant une fermeture glottale simultanée à la fermeture orale (Henderson et Harris, cités par Tingsabadh & Abramson, 1993). Également, dans une étude sur le thaï et le cantonais, un geste de renforcement (adduction) des bandes ventriculaires et des replis ary-épiglottiques juste après la fermeture orale a été observé lors de la réalisation des plosives finales (Edmondson et al., 2011). De même, les auteurs ont remarqué une adduction des plis vocaux après la fin du voisement dans trois langues asiatiques, dont le thaï (Edmondson et al., 2011).

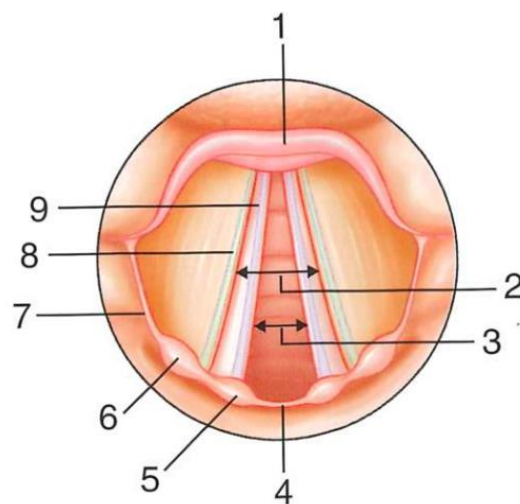


Figure 7. Image laryngoscopique des plis vocaux. : (1) Épiglotte ; (2) Fente vestibulaire ; (3) Fente glottique ; (4) Pli interaryténoïdien ; (5) Tubercule corniculé ; (6) Tubercule cuneiforme ; (7) Repli ary-épiglottique ; (8) Pli vestibulaire ; (9) Pli vocal (Drake et al., 2015, page 315).

2.3. Système vocalique du thaï

La langue thaïe possède neuf phonèmes vocaliques de base : / i e ε a u ɤ u o ə / (Tingsabadh & Abramson, 1993). La quantité est un trait pertinent dans le système vocalique de cette langue, chaque phonème vocalique bref possédant un correspondant long et une réalisation brève (Abramson, 1962 ; Tingsabadh & Abramson, 1993) ce qui donne un total de dix-huit monophthongues (Slayden, 2009, p. 4). Le thaï compte aussi trois voyelles composées (ou diphtongues) (Abramson, 1962)

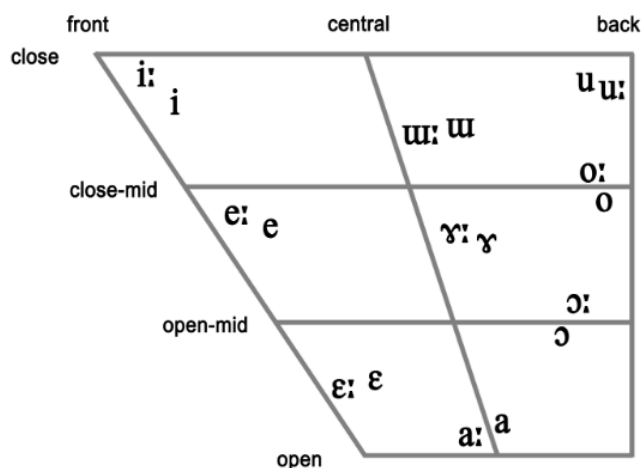


Figure 8. Triangle vocalique des monophthongues du thaï (Slayden, 2009, p. 4)

Les voyelles longues sont, au moins, deux fois plus longues que leur contrepartie brève. D’après l’étude de Narang & Misra (2010), la durée moyenne des voyelles allongées est 2,66 fois plus longue que les voyelles brèves en thaï. La paire de voyelles qui présente le plus de différence dans leur durée sont les voyelles antérieures fermées /i/ et /i:/ (relation de 1 : 4,16) et celles qui présentent le moins d’écart sont les voyelles postérieures mi-fermées /ɤ/ et /ɤ:/ (relation de 1 : 1,92). La table suivante présente les valeurs de la durée des voyelles longues (LV) et des voyelles brèves (SV) dans l’étude de Narang & Misra (2010, p. 129).

Table 5. Valeur moyenne des voyelles longues et des voyelles brèves (exprimé en m.s.) avec la durée moyenne des voyelles longues (Av. of LV), la durée moyenne des voyelles brèves (Av. of SV) et le contraste de durée entre les voyelles longues et brèves (S :L) (Narang & Misra, 2010, p. 129).

Vowel	Av. of LV	Vowels	Av. of SV	S:L
/i:/	0.47	/i/	0.113	1:4.16
/ɯ:/	0.48	/ɯ/	0.243	1:2
/u:/	0.486	/u/	0.14	1:3.47
/e:/	0.573	/e/	0.163	1:3.52
/ɤ:/	0.626	/ɤ/	0.326	1:1.92
/o:/	0.51	/o/	0.19	1:2.7
/ɛ:/	0.63	/ɛ/	0.263	1:2.4
/ɔ:/	0.63	/ɔ/	0.28	1:2.25
/a:/	0.523	/a/	0.14	1:3.74
Av.	0.548	Av.	0.206	1:2.66

Des auteurs tels qu’Abramson (1962) interprètent les voyelles longues comme une séquence de deux voyelles en raison de la distribution des 3 voyelles composées (ou diphtongues). Dans ce travail, nous prendrons en compte la notion de voyelle courte et de voyelle longue suivant la description fournie par Tingsabadh & Abramson (1993).

Abramson & Ren (1990) suggèrent que des différences spectrales entre les voyelles longues et courtes seraient un indice secondaire majeur contribuant à la distinction de la longueur des voyelles en thaï. Les auteurs signalent que des différences dans le moment de l’articulation de la voyelle entraîneraient des petites différences simultanées dans la forme du tractus vocal qui « donnent lieu à des différences suffisantes dans le modèle de formants pour produire des différences légères mais audibles dans la qualité de la voyelle en association avec la caractéristique de longueur »⁴ [t.p.n.] (Abramson & Ren, 1990, p. 90).

En plus des phonèmes vocaliques simples, le thaï possède trois diphtongues. Chaque voyelle haute forme une diphtongue « ouvrant »⁵ avec la voyelle ouverte centrale /a/ dans des syllabes ouvertes (CV) ou fermées (CVC) : /ia ua ua/ (Slayden, 2009, p. 4). Selon l’étude d’Abramson (1962), la durée moyenne des diphtongues est 14,6 % plus longue que la durée des voyelles longues.

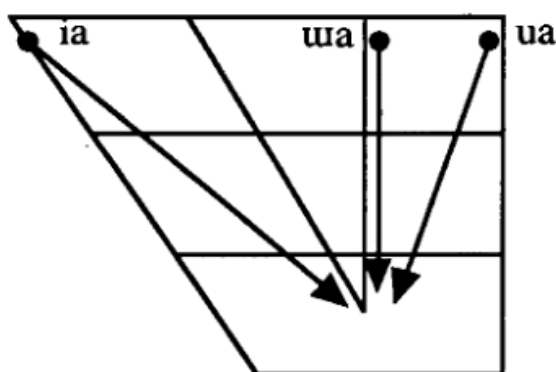


Figure 9. Diphtongues du thaï (Tingsabadh & Abramson, 1993, p. 25).

À partir des valeurs de F_1 et F_2 , Abramson (1962) remarque que les voyelles antérieures /i e ε/ sont plus basses que les voyelles cardinales ainsi que les postérieures arrondies brèves. L’auteur indique aussi que pour /i e o ɔ ʌ/ la voyelle longue est plus haute que la brève. Au contraire, pour /ε a u u/ c’est la forme brève qui est la plus haute (Abramson, 1962). Narang & Misra (2010) ont cherché des dissemblances pour les valeurs

⁴ « [...] give rise to sufficient differences in formant pattern to yield slight but audible differences in vowel quality in association with the length feature » (Abramson & Ren, 1990, p. 90).

⁵ « opening diphtong » (Slayden, 2009, p. 4).

de F₁ et F₂ entre les voyelles brèves et longues mais ils n'ont pas trouvé de différences significatives.

Table 6. Valeurs des trois premiers formants pour les 18 voyelles du thaï de Bangkok (Narang & Misra, 2010, p. 132).

Vowels	F1	F2	F3
/i/	472.51	2798.47	3304.33
/i:/	424.93	2870.62	3500.65
/u/	452.15	1608.96	2981.26
/u:/	454.4	1565.89	3062.73
/u/	448.05	940.44	3100.03
/u:/	417.62	918.76	2776.98
/e/	533.67	2632.84	3020.32
/e:/	549.45	2673.16	3058.73
/ɤ/	580.83	1490.25	3051.56
/ɤ:/	604.16	1414.24	3062.16
/o/	604.98	1164.68	3089.15
/o:/	492.26	1081.24	3297.67
/ɛ/	618.74	2491.45	2929.14
/ɛ:/	581.09	2634.37	3075.74
/ɔ/	626.23	1267.77	2860.82
/ɔ:/	625.43	1262.55	2879.98
/a/	1050.66	1703.28	2814.69
/a:/	1079.86	1612.36	2762.71

Étant langue tonale, en thaï, chaque noyau syllabique prend un ton (Abramson, 1962).

2.4. Système tonal du thaï

Le ton ou tonème est défini comme « la hauteur mélodique distinctive de la syllabe » (Brandao de Carvalho et al., 2010, p. 93). Dans une langue à tons, le changement de ton modifie le sens des mots (Ladefoged, 2001). Selon la modulation tonale de la syllabe, les tons sont classés en deux catégories : ponctuels et modulés (Crystal, 1991). Pendant la réalisation des tons ponctuels, la hauteur reste stable tandis que pour les tons modulés (ou tons à contours), la hauteur varie pendant la réalisation de la syllabe (Brandao de Carvalho et al., 2010).

Le thaï comporte un système tonal complexe avec un ensemble de contrastes entre tons ponctuels et tons modulés (Maddieson, 2013). D'après Fromkin (1978, cité par Narang & Misra, 2010, p. 126) le thaï présente 5 tons contrastifs : moyen (ˉ), bas (˘), descendant (^), haut (ˊ) et montant (ˇ)⁶. Noss (1964) signale que le thaï ne possède pas de ton zéro ou neutre, c'est à dire, toutes les syllabes doivent prendre un des cinq tons décrits auparavant.

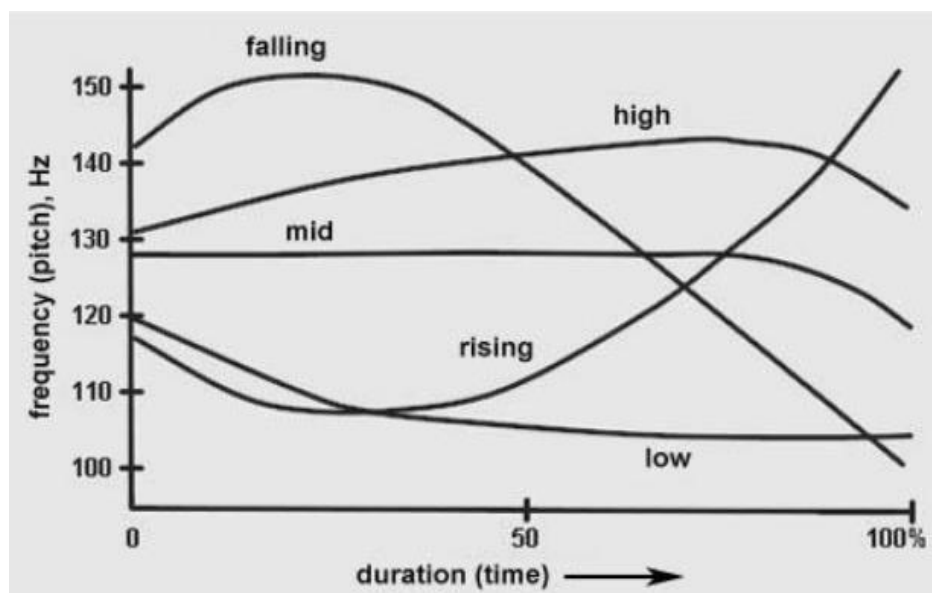


Figure 10. Les tons thaïlandais en position pré-pausale (Fromkin, 1978, cité par Narang & Misra, 2010, p. 126).

La table 7 présente la catégorisation des tons en fonction du registre.

Table 7. Catégorisation des tons du thaï selon la grammaire traditionnelle.

Numéro	Diacritique	Ton	Exemple	Signification
T1	[ˉ]	Moyen	ป้า [pā:]	lancer
T2	[˘]	Bas	ป่า [pà:]	forêt
T3	[^]	Descendant	ป้า [pâ:]	tante
T4	[ˊ]	Haut	ป้า [pá:]	papa (familier : père)
T5	[ˇ]	Montant	ป้า [pǎ:]	père (emprunt)

⁶ « According to Fromkin (1978) Thai, the national language of Thailand, exhibits five contrastive tones, traditionally labeled mid (ˉ), low (˘), falling (^), high (ˊ) and rising (ˇ) » (Narang & Misra, 2010, p. 126).

Il est à noter que Ladefoged & Johnson (2001) décrivent ce ton T4 plutôt comme un ton modulé haut-montant (high rising, pitch 45) (2001, p. 258) (cf. figure 12). Selon ces auteurs, il n'existe pas de tons ponctuels dans cette langue.

Tonal contrasts in Thai.

Description	Pitch	Tone Letter	Example	Gloss
low falling	21	↓	naa ²¹	(a nickname)
high falling	51	∨	naa ⁵¹	'face'
high rising	45	↑	naa ⁴⁵	'aunt'
low falling-rising	214	↙	naa ²¹⁴	'thick'
mid falling	32	↓	naa ³²	'field'

Figure 11. Les contrastes tonals du thaï (selon Ladefoged & Johnson, 2011, p. 258)

Dans le chapitre suivant nous cherchons à caractériser les consonnes plosives non relâchées à partir d'une analyse de la durée de la syllabe, de la voyelle et de la consonne en position de coda. De plus, nous étudierons les informations acoustiques présentes dans la transition acoustique voyelle-consonne tels que la transition formantique, l'intensité et le pitch tout au long de la voyelle.

Chapitre 3

Analyse acoustique des consonnes plosives non relâchées du thaï

3.1. Objectifs et hypothèses

Rappelons que la présente étude est réalisée au sein du projet SCALA (référence ANR-15-IDEX-02) qui cherche à caractériser les consonnes plosives finales non relâchées dans trois langues d'Asie de trois familles linguistiques différentes (le vietnamien, le coréen et le thaï). Ce projet s'inscrit dans un contexte de recherche plus ample, celui de l'apprentissage des consonnes finales relâchées par des locuteurs natifs de ces langues. L'acquisition de plosives relâchées et de clusters consonantiques en position finale de syllabe ou de mot a été montrée comme une des difficultés les plus persistantes chez les apprenants natifs de ces trois langues (Debyser, 1969 ; Pacquement, 2007 ; Nguyen Thi, 2000 ; Han, 2011 ; Tran, 2011).

Au vu des résultats et conclusions des études antérieures, dans le cadre de ce mémoire, nous cherchons à répondre à deux questions centrales suivantes :

- 1) Quels sont les indices acoustiques susceptibles de contribuer à l'identification des consonnes en finale non relâchées ?
- 2) Les consonnes en fin de mot sont-elles réalisées différemment en fin de syllabe à l'intérieur d'un composé en thaï ?

Dans le cadre du mémoire de M1 « Caractérisation des consonnes plosives non relâchées en thaï : Une étude glottographique » (Cano Córdoba, 2021), des différences dans le déplacement vertical du larynx ont été trouvées en fonction de la consonne, mais pas selon le type de frontière.

Les paramètres acoustiques (durée, f_0 , intensité, transition formantique de F_1 , F_2 , F_3) lors de la production des plosives /p t k/ et des voyelles qui les précèdent ont été donc analysées en considérant les variables suivantes : (1) lieu d'articulation (bilabiale, coronale, vélaire) et (2) type de frontière suivant la plosive (fin de mot vs fin de syllabe à l'intérieur d'un composé). Ces paramètres de transition VC ont été ajoutés en raison des constatations des études précédentes qui ont montré que les consonnes finales peuvent être identifiées par les auditeurs grâce aux variations du taux et de la direction des transitions de formants de la voyelle précédente (Sharf et Hemeyer, 1972 ; Dorman et al., 1977 ; Cao, 1985, p. 83 ; Serniclaes, 1987 ; Tran et al., 2019).

3.2. Méthodologie

3.2.1. Matériel

Les données acoustiques analysées dans la présente étude ont été recueillies durant l'été 2019. Le signal acoustique a été récupéré simultanément avec les données aérodynamiques (débits d'air oral et nasal) via le logiciel Phonedit et en utilisant le dispositif EVA2 (Évaluation Vocale Assistée, Société SQLab) (Ghio & Teston, 2002) (cf. figures 12 & 13). Étant donné que le projet SCALA porte aussi sur des hypothèses sur le comportement glottique, des données glottographiques ont été recueillies en même temps avec un électroglottographe (EGG) EG2-PCX2 (Glottal Enterprises Inc.). Deux électrodes, rattachées à un collier, ont été placées de part et d'autre du larynx pour détecter les oscillations des plis vocaux (mouvements d'ouverture et de fermeture de la glotte) ainsi que le déplacement vertical du larynx lors de la production de parole.



Figure 12. L'ensemble des dispositifs (EVA, EGG, oscilloscope) utilisés lors de la prise de données⁷.

⁷ Tiré de la présentation du projet SCALA (Tran, 2019).

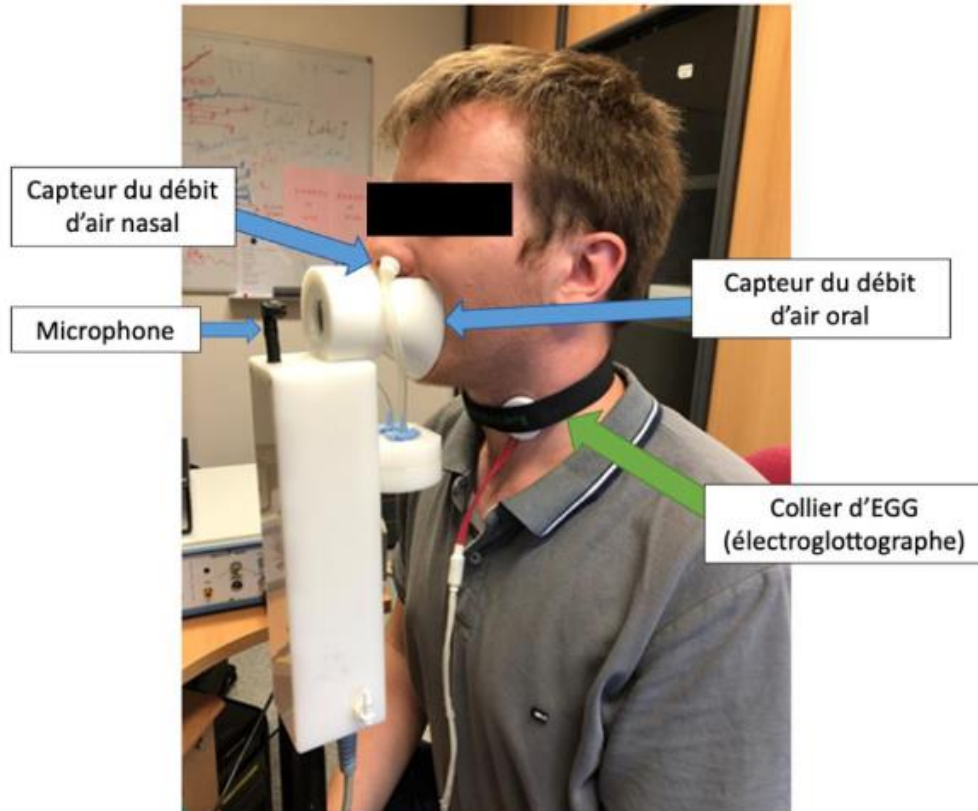


Figure 13. Dispositif EVA avec le collier d'EGG utilisés lors de la prise de données (Tran, 2019).

3.2.2. Corpus et locuteurs

Le corpus utilisé pour ce mémoire comporte 34 mots du thaï, dont 17 mots monosyllabiques $CVC_2\#$ et 17 mots dissyllabiques $CVC_2.C_3VC\#$ (le point indiquant la frontière syllabique). La syllabe cible CVC_2 est identique pour les deux types de mots. Ces syllabes ont été choisies de sorte que la consonne en position C_2 corresponde aux consonnes plosives /p t k/ et que la voyelle V corresponde à /a/ sous le même registre tonal T4 (ton haut). Ce ton (T4) a été retenu en raison de l'inexistence du ton moyen (T1) dans une syllabe terminée par des plosives en thaï. Pour les mots composés de deux syllabes ($CVC_2.C_3VC$), la consonne C_3 est toujours une consonne voisée. Ce choix a été fait afin de faciliter la segmentation des paramètres acoustiques. Le seul mot qui ne répond pas à ce critère est ซ้ำซ้อน /sáp.són/ [sáp̄.só:n] « compliqué » où C_3 est une fricative sourde [s]. Les autres consonnes en position C_3 [l d j b w] sont toutes voisées. Ensuite, dans le but de neutraliser les effets prosodiques, tous les stimuli sélectionnés ont été insérés dans la phrase porteuse พูดว่า (mot cible) ดีๆ /pʰû:t wâ: __di: di:/ [pʰû:t wâ: __di: di:] « dire (mot cible) attentivement » (Tr. dis __ attentivement).

Table 8. Liste des 34 stimuli sélectionnés pour le corpus

N°	Stimuli en API	Signification	Type de mot	C ₂ à analyser
1	jáp	froissé (vêtement)	Simple	p
2	jáp.jáŋ	retenir	Composé	p
3	láp	secret	Simple	p
4	láp.lí:	complètement caché	Composé	p
5	náp	compter	Simple	p
6	náp.da:w	(le nom propre)	Composé	p
7	sáp	absorber	Simple	p
8	sáp.son	compliqué	Composé	p
9	t ^h áp	recouvrir	Simple	p
10	t ^h áp.lék	une sorte d'insecte	Composé	p
11	k ^h át	sélectionner	Simple	t
12	k ^h át.lúak	(trad.) sélectionner	Composé	t
13	lát	couper un chemin	Simple	t
14	lát.lóʔ	couper un chemin	Composé	t
15	nát	fixer un rendez-vous	Simple	t
16	nát.da:	(trad.) neveu	Composé	t
17	p ^h át	éventail	Simple	t
18	p ^h át.jót	éventail des moines supérieurs	Composé	t
19	sát	asperger	Simple	t
20	sát.ja:	ajouter les ingrédients	Composé	t
21	wát	temple	Simple	t
22	wát.wa:	temple	Composé	t
23	ják	hausser (sourcils ou épaules)	Simple	k
24	ják.já:j	bouger	Composé	k
25	lák	voler	Simple	k
26	lák.jím	fossette	Composé	k
27	mák	souvent	Simple	k
28	mák.jàj	(trad.) ambitieux	Composé	k
29	nák	très	Simple	k
30	nák.bin	pilote	Composé	k
31	rák	aimer	Simple	k
32	rák.jom	un couple de poupée pour l'amulette (superstition)	Composé	k
33	t ^h ák.dà:p	retirer	Composé	k
34	t ^h ák	refuser de payer	Simple	k

Les données ont été récoltées sur le terrain, à Bangkok en Thaïlande. L'enregistrement s'est déroulé dans une chambre sourde à l'Université Thammasat durant. Vingt-deux locuteurs natifs du thaï ont participé à l'expérience. Pour le présent travail, nous avons uniquement analysé les données de deux d'entre eux (une femme et un homme). Les locuteurs choisis sont des étudiants déjà en contact avec l'anglais comme

langue seconde. Le corpus a été répété trois fois par chaque locuteur, ce qui donne 204 mots pour l'analyse présentée ici (34 mots x 3 répétitions x 2 sujets).



Figure 14. Sujet masculin participant au projet SCALA, portant un collier EGG et utilisant le dispositif EVA dans une chambre soude de l'Université de Thammasat à Bangkok. Été 2019. (photo Tran, 2019).

3.2.3. Traitement de données

Les données ont d'abord été segmentées et étiquetées manuellement sur Praat (Boersma & Weenink, 2022) à partir du signal acoustique. Certaines réalisations de plosives en C₂ qui présentaient un burst ou du voisement ont été repérées durant cette étape. Les valeurs concernant le burst (intensité et durée) et le VOT (durée) ont été récupérées manuellement. Les répétitions dont la C₂ ne correspondait pas aux productions attendues ont été écartées. Au total 9 réalisations ont été écartées : 3 du sujet féminin et 6 du sujet masculin.

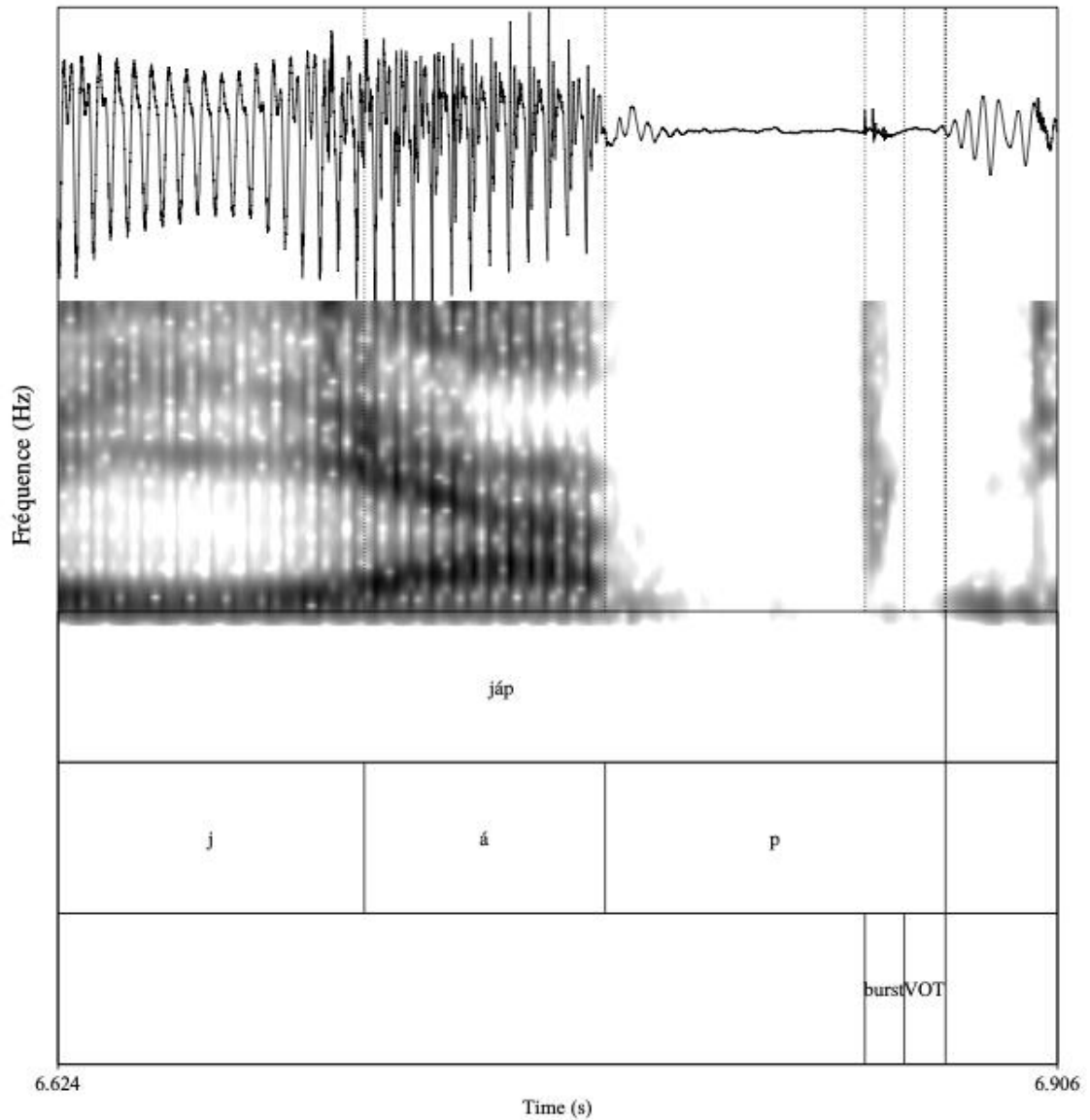


Figure 15. Signal audio et spectrogramme du mot [jáp] où [p] se produit avec burst, avec la segmentation du VOT. Image récupérée du corpus de la présente étude auprès du locuteur féminin.

À l'aide d'un script, les paramètres acoustiques suivants ont été repérés sur Praat (Boersma & Weenink, 2022) à partir du temps de début et de fin des segments :

- Durée de la syllabe cible : mot entier pour les monosyllabes et première syllabe pour les dissyllabes.
- Durée des consonnes cibles : consonnes initiales C- et consonnes finales dans les deux types de syllabes C/a/C# et C/a/C.CVC#.
- Durée de la voyelle /a/.
- Évolution temporelle des trois premiers formants (F₁, F₂, F₃), de la fréquence fondamentale (f₀) et de l'intensité mesurés à partir des points temporels de 40 % et

50 % de la longueur de la voyelle (le noyau vocalique qui est la partie de la voyelle la moins affectée par l'environnement consonantique), jusqu'aux points temporels de 60 %, 70 %, 80 % et 90 % de la longueur de la voyelle (la transition entre /a/ et la consonne finale adjacente).

Ces paramètres de transition VC ont été ajoutés en raison des constatations des études précédentes qui ont montré que les consonnes finales peuvent être identifiées par les auditeurs grâce aux variations du taux et de la direction des transitions de formants de la voyelle précédente (Sharf et Hemeyer, 1972 ; Dorman et al., 1977 ; Cao, 1985, p. 83 ; Serniclaes, 1987 ; Tran et al., 2019). Ainsi, dans notre étude, les variations (Δ) de F_1 , F_2 , F_3 , de la fréquence fondamentale (Δf_0) et de l'intensité (ΔI) sont obtenues en calculant les valeurs de différence T2-T1 entre les points temporels T2 (de 50 % à 90 % de la durée de la voyelle) et le point temporel T1 (40 % de la durée de la voyelle).

Toutes les durées sont normalisées par rapport au débit local avant le traitement statistique. Le débit local du mot cible est calculé en prenant le nombre de syllabes du mot et en le divisant par sa durée brute. Les durées relatives des syllabes, des voyelles et des consonnes sont calculées en prenant la durée brute du segment et en la divisant par le débit vocal local correspondant.

3.2.4. Analyses statistiques

Nous souhaitons étudier l'impact de plusieurs variables explicatives et de leurs interactions sur les variables réponse « durée », « formants », « f_0 » et « intensité ». Les variables explicatives sont les suivantes :

- Lieu d'articulation de la consonne : facteur à trois modalités (p, t, k)
- Type de mot : facteur à deux modalités (simple et composé)
- Pourcentage de la durée de la voyelle (40, 50, 60, 70, 80, 90) pour les variables réponses « formants », « f_0 » et « intensité ».

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R afin de déterminer la présence de différences significatives entre les moyennes des valeurs de la durée, de ΔF_1 , ΔF_2 , ΔF_3 , Δf_0 et de ΔI en intra-sujet. Le modèle⁸ utilisé a été conçu par Silvain Gerber, statisticien du laboratoire GIPSA pour l'ensemble des données du projet SCALA (cf. Annexe 1).

⁸ Pour plus de détails sur le modèle statistique conçu par Silvain Gerber, consulter l'annexe 1, p. 78.

Compte tenu du fait qu'un mot est prononcé plusieurs fois, nous avons introduit la variable « Stimuli », qui correspond au mot prononcé par les locuteurs, comme effet aléatoire dans le modèle. Nous avons effectué des comparaisons multiples pour les variables réponses « formants », « f_0 » et « intensité » dont le but est d'explorer s'il existe des différences significatives de trois types : entre les consonnes (p, t, k) pour chaque combinaison (type mot - pourcentage), entre les deux types de mot (simple et composé) pour chaque combinaison (consonne - pourcentage) et entre deux pourcentages successifs (ex. 50 % - 60 %, 60 % - 70 %) pour chaque combinaison (consonne - type de mot).

3.3. Résultats

Dans la totalité des consonnes en coda réalisées par les locuteurs, quelques cas ont été observés avec burst (29 sur 196 C_2 analysées, soit 14,7 % : 13 en finale de syllabe $CVC_2\#$ et 16 à l'intérieur de mot composé $CVC_2.C_3CVC\#$). La présence de burst représente 17,17 % des réalisations des C_2 (17 sur 99) chez le sujet féminin et 12,3 % (12 sur 97) chez le sujet masculin.

Les analyses statistiques ont toutes été effectuées en intra-sujet. Les résultats observés en inter-sujet seront commentés en tenant compte des figures obtenues à partir des moyennes des valeurs.

3.3.1. Durée

3.3.1.1. Consonne en position C_2

En intra-sujet, chez le locuteur masculin, nous observons que la consonne vélaire possède une durée plus longue que les consonnes bilabiale et coronale pour les deux types de mots (cf. figure 16). Mais une seule différence significative a été retrouvée entre /t/ et /k/ à l'intérieur des mots dissyllabiques ($z = 2.745$, $p = 0.0459$) (cf. table 9). Cette différence (/t/ vs /k/ à l'intérieur de mot composé) a aussi été trouvée pour le locuteur féminin ($z = 3.040$, $p = 0.0182$) (cf. table 9). D'ailleurs, la différence entre /p/ et /t/ à l'intérieur de mot composé est presque significative pour le locuteur féminin ($z = 2.445$, $p = 0.0999$). L'effet de frontière n'a pas été observé sur la durée de la consonne chez les deux locuteurs, aucune différence significative de durée de la coda n'a été attestée en fonction du type de mot (simple vs composé) (cf. table 10).

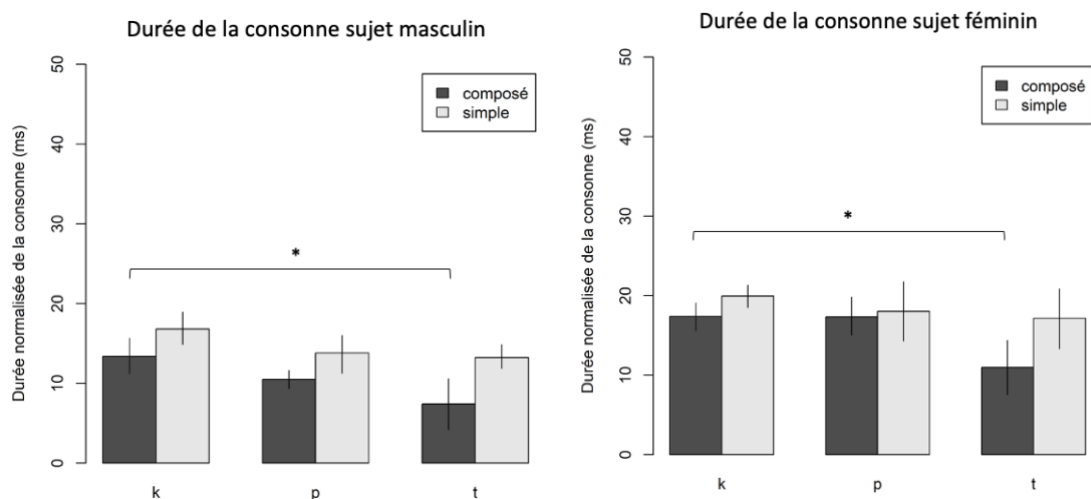


Figure 16. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la C₂ cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).

Table 9. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des C₂ dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des C₂ nulle entre les consonnes).

Locuteur	Hypothèse	Estimation	Écart-type	z-value	p-value
Masculin	k-p compose == 0	3.1658	2.1689	1.460	0.6146
	k-t compose == 0	5.7278	2.0868	2.745	0.0459 *
	p-t compose == 0	2.5621	2.1517	1.191	0.7885
	k-p simple == 0	3.0035	2.3511	1.277	0.7359
	k-t simple == 0	3.5943	2.2416	1.603	0.5148
	p-t simple == 0	0.5908	2.3511	0.251	0.9998
Féminin	k-p compose == 0	0.08966	2.03455	0.044	1.0000
	k-t compose == 0	6.45522	2.12312	3.040	0.0182 *
	p-t compose == 0	6.36556	2.60316	2.445	0.0999
	k-p simple == 0	1.92146	2.02642	0.948	0.9050
	k-t simple == 0	2.83504	2.11533	1.340	0.6921
	p-t simple == 0	0.91359	2.60316	0.351	0.9989

Table 10. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des C₂ entre les consonnes en coda dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des voyelles nulle entre les types de mot).

Locuteur	Hypothèse	Estimation	Écart-type	z-value	p-value
Masculin	compose - simple k == 0	-31.450	21.742	-1.447	0.6236
	compose - simple p == 0	-33.072	23.462	-1.410	0.6488
	compose - simple t == 0	-52.785	21.570	-2.447	0.1015
Féminin	compose - simple k == 0	-254.546	135.556	-1.878	0.3341
	compose - simple p == 0	-0.71367	253.145	-0.282	0.9996
	compose - simple t == 0	616.564	267.295	-2.307	0.1396

3.3.1.2. Voyelle

Les voyelles réalisées par le locuteur féminin semblent être plus longues que celles réalisées par le locuteur masculin mais la même tendance est observée chez les deux locuteurs avec la durée de la voyelle /a/ plus longue lorsqu'elle est en mot simple C/a/C qu'en composé C/a/C.CVC.

Chez le locuteur masculin, la voyelle /a/ paraît plus longue lorsqu'elle précède la consonne vélaire que la bilabiale et la coronale, quel que soit le type de mot (simple ou composé) (cf. figure 17). Néanmoins, aucune différence de durée en fonction de la consonne en coda ne s'avère pas statistiquement significative chez ce sujet (cf. table 12). De la même façon chez le locuteur féminin, il n'y a pas de différence significative de la durée de /a/ que la consonne suivie est vélaire, labiale ou coronale (cf. table 12).

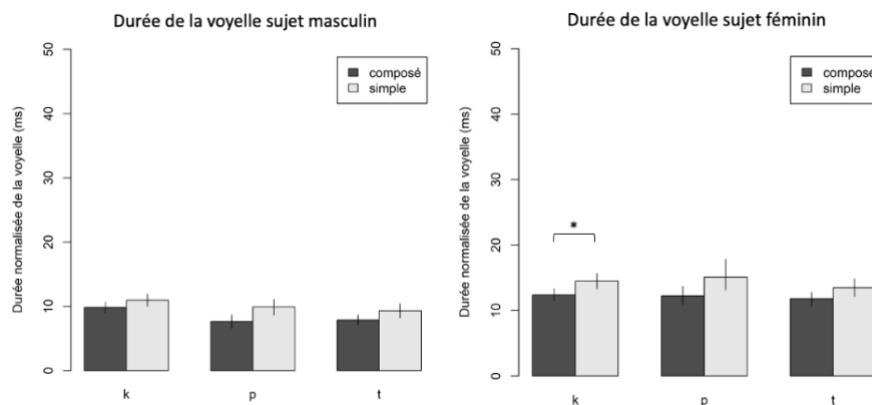


Figure 17. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la syllabe cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).

Table 11. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des voyelles dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des C_2 nulle entre les consonnes)

Locuteur	Hypothèse	Estimation	Écart-type	z-value	p-value
Masculin	k-p compose == 0	204.852	0.90587	2.261	0.157
	k-t compose == 0	198.481	0.86997	2.281	0.150
	p-t compose == 0	0.06371	0.89984	-0.071	1.000
	k-p simple == 0	101.838	109.606	0.929	0.913
	k-t simple == 0	161.411	104.506	1.545	0.555
	p-t simple == 0	0.59573	109.606	0.544	0.991
Féminin	k-p compose == 0	0.1729	11.051	0.156	1.000
	k-t compose == 0	0.5846	0.8106	0.721	0.969
	p-t compose == 0	0.4117	11.306	0.364	0.999
	k-p simple == 0	-0.6067	10.975	-0.553	0.990
	k-t simple == 0	10.038	0.8002	1.254	0.748
	p-t simple == 0	16.105	11.306	1.424	0.635

En fonction du type de mot, une différence de durée de /a/ a été trouvée chez la locutrice lorsque la consonne suivante est vélaire : la voyelle /a/ est significativement plus longue en mot simple C/ak/# qu'en mot composé C/ak/.CVC ($z = -2.750$, $p = 0.044$). Pour le locuteur masculin, même si la voyelle /a/ semble être plus longue en monosyllabe qu'en dissyllabe, la différence n'est pas significative (cf. table 13).

Table 12. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des voyelles dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des voyelles nulle entre les types de mot).

Locuteur	Hypothèse	Estimation	Écart-type	z-value	p-value
Masculin	compose - simple k == 0	1.24642	0.96433	-1.293	0.727
	compose - simple p == 0	2.27657	1.04500	-2.179	0.188
	compose - simple t == 0	1.61713	0.95867	-1.687	0.458
Féminin	compose - simple k == 0	-2.1006	0.7638	-2.750	0.044 *
	compose - simple p == 0	-2.8801	1.3574	-2.122	0.209
	compose - simple t == 0	-1.6813	0.8450	-1.990	0.272

3.3.1.3. Syllabe

Chacun des deux locuteurs suit la tendance générale pour laquelle les mots monosyllabiques sont plus longs que la syllabe initiale des mots composés (cf. figure 18).

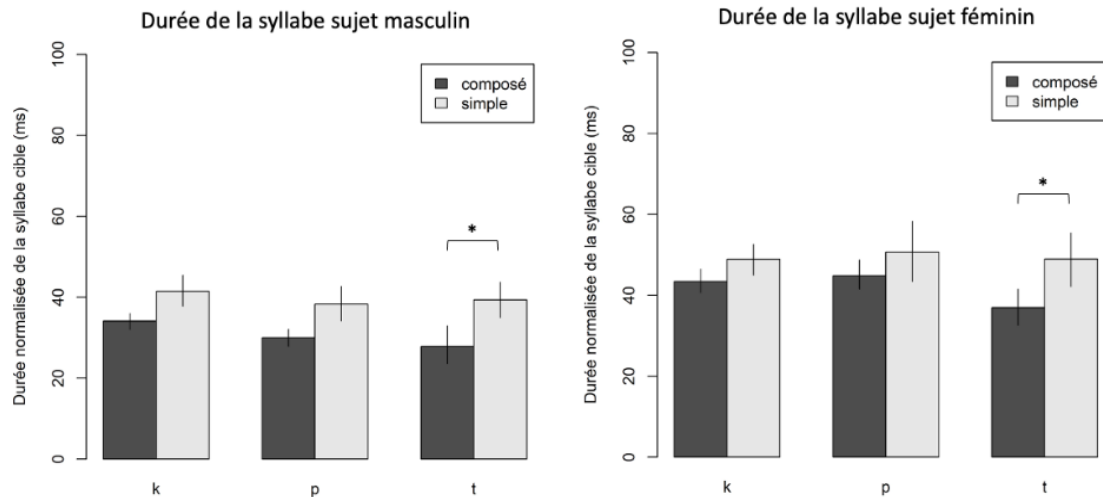


Figure 18. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la syllabe cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).

Un effet de frontière a été retrouvé pour la consonne coronale chez les deux locuteurs. Les résultats indiquent que les syllabes des mots simples sont significativement plus longues que les syllabes en position initiale des mots composés chez le locuteur masculin ($z = -2.843$, $p = 0.0343$) ainsi que chez le locuteur féminin ($z = -2.767$, $p = 0.043$). Pour les consonnes bilabiale et vélaire, aucune différence significative a été observée (cf. table 14).

Chez le sujet masculin, les syllabes initiales à l'intérieur de mot composé semblent plus longues si terminées par la vélaire /k/ (34 ms). Néanmoins, à la lumière des analyses statistiques, cette différence de la durée n'est pas significative entre /k/ et /p/ ni entre /k/ et /t/ (/k/ vs /p/ : $z = 1.295$, $p = 0.7251$, /k/ vs /t/ : $z = 1.733$, $p = 0.4275$).

Pour le sujet féminin, les syllabes à /t/ finale dans les mots composés semblent être les moins longues (36 ms vs 44 ms pour /p/ et 43 ms pour /k/). Mais comme chez le sujet masculin, aucune différence significative de la syllabe cible n'est attestée chez ce sujet en fonction de la consonne, ni pour les mots monosyllabiques ni pour les syllabes initiales à l'intérieur de mot composé.

Table 13. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des syllabes entre les consonnes en coda dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des syllabes nulle entre les types de mot).

Locuteur	Hypothèse	Estimation	Écart-type	z-value	p-value
Masculin	compose - simple k == 0	-6.720	3.774	-1.780	0.3971
	compose - simple p == 0	-8.276	4.102	-2.018	0.2616
	compose - simple t == 0	-10.682	3.758	-2.843	0.0343 *
	k-p compose == 0	4.709	3.637	1.295	0.7251
	k-t compose == 0	6.039	3.484	1.733	0.4275
	p-t compose == 0	1.330	3.619	0.367	0.9986
	k-p simple == 0	3.152	4.224	0.746	0.9644
	k-t simple == 0	2.077	4.028	0.516	0.9931
	p-t simple == 0	-1.076	4.224	-0.255	0.9998
Féminin	compose - simple k == 0	-55.869	29.569	-1.889	0.329
	compose - simple p == 0	-58.224	47.378	-1.229	0.765
	compose - simple t == 0	118.414	42.802	-2.767	0.043 *
	k-p compose == 0	-14.939	39.588	-0.377	0.998
	k-t compose == 0	63.586	36.890	1.724	0.431
	p-t compose == 0	78.524	45.148	1.739	0.421
	k-p simple == 0	-17.293	39.394	-0.439	0.997
	k-t simple == 0	0.1041	36.682	0.028	1.000
	p-t simple == 0	18.334	45.148	0.406	0.998

3.3.2. Transition voyelle-consonne

3.3.2.1. Transition formantique

Aucune différence significative selon la frontière syllabique n'a été trouvée pour les lieux d'articulations en intra-sujet. Néanmoins, pour le sujet masculin la différence est presque significative entre mot composé et mot simple pour /p/ à 40 % ($z = -3.027$, $p = 0.0885$) et 50 % ($z = -2.999$, $p = 0.0964$).

Les résultats individuels montrent les valeurs de ΔF_1 descendent dans la deuxième partie de la voyelle quelle que soit la consonne et le type de frontière syllabique. Néanmoins, une stabilisation de ΔF_1 est observée de 80 % à 90 % devant la consonne vélaire en mot composé chez le locuteur masculin (cf. figure 19 et figure 20).

Des différences selon la frontière syllabique à l'intérieur de chaque consonne sont observées selon le genre du locuteur. Pour le locuteur féminin, l'évolution de ΔF_1 selon le type de mot ne varie pas dans les consonnes vélaire et coronale. En ce qui concerne la

consonne bilabiale chez la locutrice, une descente plus importante est observée en mot composé.

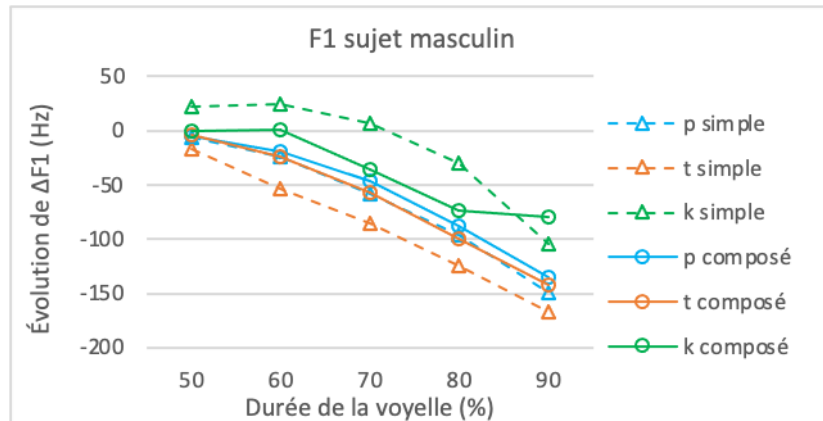


Figure 19. Évolution temporelle de ΔF_1 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin.

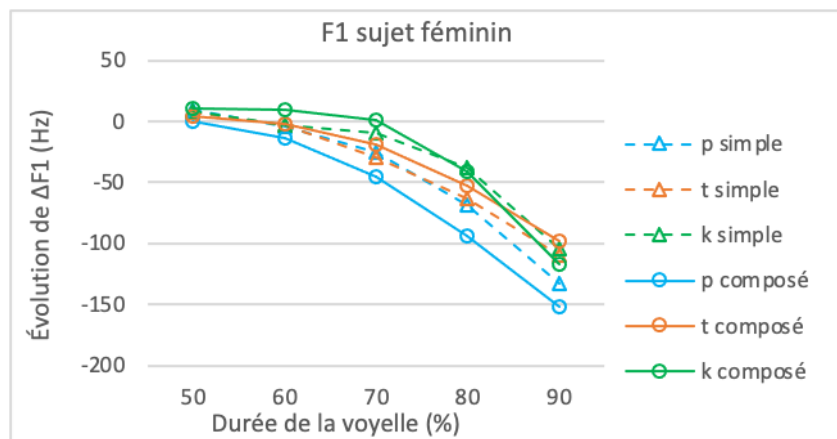


Figure 20. Évolution temporelle de ΔF_1 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.

Des différences significatives dans l'évolution de ΔF_1 sont retrouvées pour les trois consonnes dans la partie finale de la voyelle (50 % à 90 %) devant les deux contextes syllabiques chez les deux locuteurs en intra-sujet (cf. table 15). Pour les mots monosyllabiques, des différences ont été constatées pour les consonnes bilabiale et coronale, tandis que pour la consonne vélaire une différence presque significative est trouvée uniquement de 80 % à 90 % de la durée de la voyelle. L'évolution de ΔF_1 présente plus de différences en mot composé qu'en monosyllabiques : à partir de 50 % des différences significatives sont attesté pour la bilabiale chez les deux locuteurs.

Table 14. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_1 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_1 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60/p, simple == 0 : $z = 4.507$, $p = <0.01$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 % vs 60 %		60 % vs 70 %		70 % vs 80 %		80 % vs 90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p	4.507	<0.01 ***	8.015	<0.01 ***	7.231	<0.01 ***	8.546	<0.01 ***
		t	7.066	<0.01 ***	5.744	<0.01 ***	5.687	<0.01 ***	5.319	<0.01 ***
		k	-0.249	1.0000	2.440	0.4076	3.949	<0.01 **	6.962	<0.01 ***
	Composé	p	3.430	0.0228 *	6.621	<0.01 ***	7.780	<0.01 ***	7.672	<0.01 ***
		t	3.696	<0.01 **	5.734	<0.01 ***	5.793	<0.01 ***	5.051	<0.01 ***
		k	-0.097	1.0000	4.580	<0.01 ***	3.757	<0.01 **	0.567	1.0000
Féminin	Simple	p	2.464	0.3935	3.831	<0.01 **	6.285	<0.01 ***	8.682	<0.01 ***
		t	3.021	0.0914	4.467	<0.01 ***	4.749	<0.01 ***	5.814	<0.01 ***
		k	2.733	0.2071	0.836	1.0000	3.106	0.0706	6.521	<0.01 ***
	Composé	p	4.339	<0.01 ***	5.610	<0.01 ***	7.223	<0.01 ***	7.845	<0.01 ***
		t	1.823	0.9085	2.833	0.1583	4.594	<0.01 ***	5.710	<0.01 ***
		k	0.343	1.0000	1.070	1.0000	4.422	<0.01 ***	7.206	<0.01 ***

Les figures 21 et 22 montrent que chez chacun de deux locuteurs, il existe un effet du lieu d'articulation de la consonne sur l'évolution de ΔF_2 . Cet effet est plus évident pour le sujet féminin que pour le sujet masculin. Ces différences suggèrent que l'évolution de F_2 dans la partie finale de la voyelle permet d'identifier le lieu d'articulation de la consonne.

La courbe qui correspond à la consonne vélaire se comporte différemment selon le sujet : tandis que chez le sujet féminin les valeurs de ΔF_2 se rapprochent de 0 dans la deuxième partie de la voyelle (à 90 % de la durée de la voyelle : ΔF_2 de 31.11 en position simple et ΔF_2 de -8.72 à l'intérieur de mot composé), les valeurs pour le sujet masculin sont négatives pour les deux types de frontière de syllabe de /k/ (ΔF_2 de -170.5 en position simple et ΔF_2 de -117.4 à l'intérieur de mot composé à 90 % de la durée de la voyelle). Chez le locuteur masculin, la courbe des consonnes bilabiale et vélaire des

monosyllabiques suit une pente de valeurs semblables, ce qui pourrait expliquer l'absence de différences significatives à l'intérieur de mot simple pour ces consonnes. L'évolution descendante de ΔF_2 pour la consonne bilabiale est semblable pour les deux sujets suivant le mouvement attendu pour ce point d'articulation.

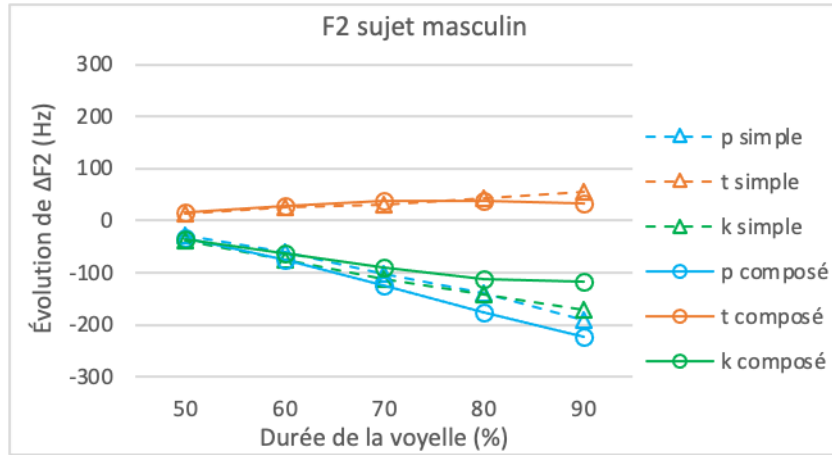


Figure 21. Évolution temporelle de ΔF_2 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin.

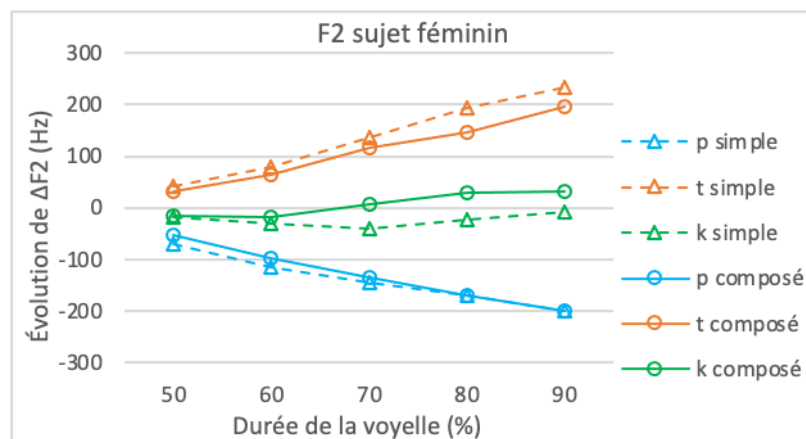


Figure 22. Évolution temporelle de ΔF_2 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.

Chez les deux locuteurs, la consonne coronale est la seule qui présente des valeurs positives de ΔF_2 en mot simple et composé. Ces valeurs montent davantage pour le sujet féminin que pour le sujet masculin. La dissemblance de /t/ vs /p, k/ se voit reflétée dans les résultats des tests statistiques où des différences significatives sont présentes dans les comparaisons /p/ vs /t/ et /k/ vs /t/ chez les deux sujets à l'intérieur des deux types de frontières syllabiques. Pour la comparaison /p/ vs /k/, la seule différence significative retrouvée est à l'intérieur de mot composé chez les deux locuteurs ($z = 3.580$, $p = 0.0162$ pour le sujet masculin et $z = 3.455$, $p = 0.0255$ pour le sujet féminin).

Aussi, en comparant les valeurs de la coronale contre les valeurs de la vélaire, les analyses ont montré une différence significative que pour le sujet masculin en mot simple à 80 % et à 90 % de la durée de la voyelle ($z = -3.645$, $p = 0.0124$ et $z = 4.421$, $p = <0.01$ respectivement) (cf. table 15). La comparaison qui présente le plus de différences significatives est /p/ vs /t/. En effet, des différences significativement importantes sont escomptées à partir de 70 % pour les deux sujets. Ces valeurs reflètent, comme dit auparavant, la plus grande distante entre /p/, avec des valeurs toujours négatives de ΔF_2 , et /t/, qui présente que des valeurs positives.

Table 15. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_2 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_2 nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.

Ex. p-t/50, simple = 0 : $z = -2.237$, $p = 0.6141$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 %		60 %		70 %		80 %		90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p vs t	-2.237	0.6141	-3.119	0.0771	-4.034	<0.01 **	-4.974	<0.01 ***	-6.243	<0.01 ***
		t vs k	-1.048	1.0000	-1.972	0.8283	-2.812	0.1869	-3.645	0.0124 *	-4.421	<0.01 ***
		k vs p	1.161	0.9999	1.121	0.9999	1.195	0.9998	1.300	0.9990	1.782	0.9297
	Composé	p vs t	-2.616	0.3017	-3.626	0.0138 *	-4.746	<0.01 ***	-5.747	<0.01 ***	-6.611	<0.01 ***
		t vs k	-0.965	1.0000	-1.715	0.9527	-2.413	0.4592	-2.819	0.1831	-2.836	0.1747
		k vs p	1.571	0.9832	1.807	0.9194	2.200	0.6474	2.765	0.2098	3.580	0.0162 *
Féminin	Simple	p vs t	-1.115	0.9999	-2.166	0.6824	-3.287	0.0456 *	-4.330	<0.01 ***	-5.222	<0.01 ***
		t vs k	-0.033	1.0000	-0.697	1.0000	-1.498	0.9914	-2.142	0.7023	-2.472	0.4181
		k vs p	1.134	0.9999	1.566	0.9846	1.931	0.8591	2.374	0.4983	2.976	0.1198
	Composé	p vs t	-1.292	0.9991	-2.298	0.5668	-3.437	0.0280 *	-4.234	<0.01 **	-5.164	<0.01 ***
		t vs k	-0.514	1.0000	-0.972	1.0000	-1.322	0.9987	-1.398	0.9969	-1.919	0.8656
		k vs p	0.830	1.0000	1.418	0.9961	2.254	0.6045	3.010	0.1093	3.455	0.0255 *

Des différences significatives entre les différents points de l'évolution de ΔF_2 sont repérées pour les deux locuteurs. Pour le locuteur masculin ces différences sont présentes à partir du milieu des voyelles (50 % vs 60 %) jusqu'à la fin (80 % vs 90 %) pour les consonnes bilabiale et vélaire, et ce, dans les deux types de mots (simple et composé), alors que pour les valeurs qui correspondent à /t/ il n'y a pas de différences significatives. Ces

résultats pourraient correspondre à la stabilité observée dans la courbe de l'évolution de ΔF_2 pour la consonne coronale. Chez la locutrice des différences significatives sont observées dans les trois consonnes mais elles diffèrent des distributions observées chez le locuteur masculin. Des différences ne sont présentes pour /p/ qu'en mot composé à 60 % vs 70 % ($z = -3.671$, $p = 0.0380$) et pour /t/ uniquement à 60 % vs 70 % en mot composé ($z = -4.981$, $p = <0.01$) ainsi qu'à 60 % vs 70 % et à 70 % vs 80 % en mot simple ($z = -5.683$, $p = <0.01$ et $z = -5.061$, $p = <0.01$ respectivement). Des différences pour la consonne bilabiale chez la locutrice sont présentes depuis le milieu de la voyelle mais ces dissemblances n'atteignent pas le 90 % : pour /p/ les différences sont observées à 40 % vs 50 %, 50 % vs 60 % et 60 % vs 70 % en mot simple et à 40 % vs 50 %, 50 % vs 60 % et 60 % vs 70 % et 70 % vs 80 % en mot composé (cf. table 16).

Table 16. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_2 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_2 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60/p, simple == 0 : $z = 7.399$, $p = <0.01$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 % vs 60 %		60 % vs 70 %		70 % vs 80 %		80 % vs 90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p	7.399	<0.01 ***	8.466	<0.01 ***	7.925	<0.01 ***	7.962	<0.01 ***
		t	-2.385	0.4201	-1.169	0.9996	-2.416	0.3935	-1.526	0.9800
		k	5.657	<0.01 ***	5.657	<0.01 ***	4.961	<0.01 ***	3.105	0.0635
	Composé	p	8.905	<0.01 ***	10.292	<0.01 ***	11.229	<0.01 ***	7.281	<0.01 ***
		t	-2.281	0.5080	-1.484	0.9860	-0.117	1.0000	0.569	1.0000
		k	4.115	<0.01 **	3.985	<0.01 **	3.078	0.0685	0.539	1.0000
Féminin	Simple	p	5.105	<0.01 ***	4.217	<0.01 ***	2.841	0.1397	2.451	0.3680
		t	-3.101	0.0639	-5.683	<0.01 ***	-5.061	<0.01 ***	-2.385	0.4210
		k	1.463	0.9883	0.473	1.0000	-1.194	0.9994	-1.292	0.9980
	Composé	p	5.112	<0.01 ***	5.381	<0.01 ***	4.100	<0.01 **	2.550	0.2949
		t	-2.800	0.1564	-4.981	<0.01 ***	-2.477	0.3469	-2.490	0.3387
		k	0.081	1.0000	-3.261	0.0380 *	-2.741	0.1835	-0.199	1.0000

Les différences concernant le type de frontière syllabique (mot simple vs mot composé) sont plus évidentes chez le locuteur masculin à 90 % mais elles diffèrent selon le point d'articulation. Pour la consonne bilabiale, ΔF_2 paraît descendre davantage en mot composé tandis que pour la vélaire, c'est en mot simple que les valeurs sont les plus basses. Chez la locutrice, les dissemblances selon la frontière syllabique seraient moins importantes. En dépit de ces observations, aucune différence statistiquement significative concernant le type de frontière à l'intérieur du lieu d'articulation n'a été retrouvée, et ce, chez aucun des deux locuteurs.

Les résultats obtenus pour F_3 en intra-sujet montrent un comportement divergent des indices acoustiques analysés selon le locuteur.

Sur la figure 23, les différences concernant la transition formantique entre les sujets sont évidentes en ΔF_3 . Il est possible d'observer que les courbes pour /t/ et /k/ évoluent différemment selon le locuteur. Chez le locuteur féminin, les valeurs positives correspondent à la consonne coronale et /p/ et /k/ présentent une pente descendante. Les analyses statistiques montrent des différences significatives concernant la consonne coronale vs les consonnes bilabiale et vélaire.

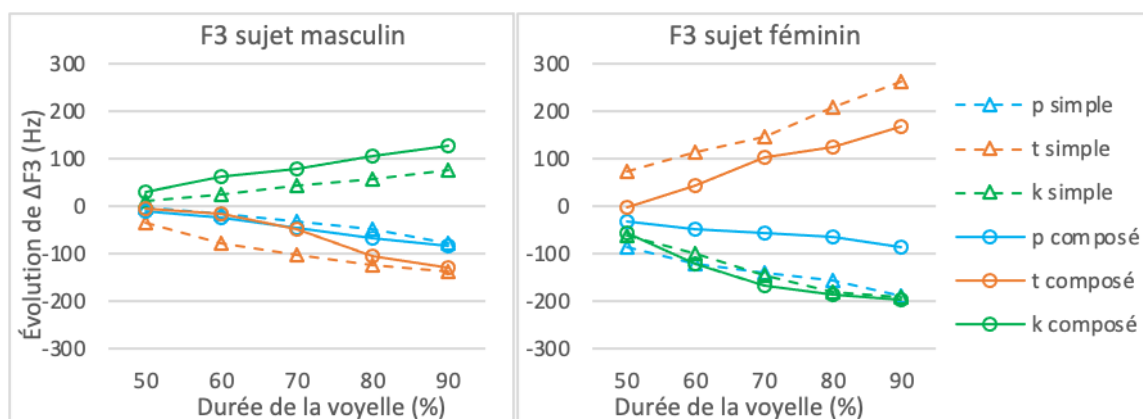


Figure 23. Évolution temporelle de ΔF_3 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé). À gauche l'évolution de ΔF_3 pour le sujet masculin et à droite pour le sujet féminin.

Ces différences sont présentes pour les deux types de mots (simple et composé) à partir de 60 % jusqu'à 90 % de la durée de la voyelle pour /t/ vs /k/ et dans la dernière partie de la voyelle (à 80 % et à 90 %) pour /p/ vs /t/ (cf. table 17). Au contraire, chez le sujet masculin, c'est la consonne vélaire qui présente des valeurs positives et les consonnes bilabiale et coronale qui présentent des valeurs négatives. À la lumière des résultats

statistiques, et contrairement à ce qui a été trouvé pour le sujet féminin, aucun effet du lieu d'articulation n'a été constaté pour les valeurs de ΔF_3 chez le sujet masculin.

Table 17. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_3 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p -value pour le sujet féminin (hypothèse du test étant une différence de ΔF_3 nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.

Ex. $p-t/50$, simple = 0 : $z = -0.918$, $p = 1.0000$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 %		60 %		70 %		80 %		90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Féminin	Simple	p vs t	-0.918	1.0000	-1.935	0.8908	-2.630	0.3263	-3.758	<0.01 **	-4.925	<0.01 ***
		t vs k	-2.211	0.6888	-3.335	0.0437 *	-4.480	<0.01 ***	-5.932	<0.01 ***	-6.875	<0.01 ***
		k vs p	-1.207	0.9999	-1.241	0.9999	-1.634	0.9848	-1.875	0.9203	-1.574	0.9911
	Composé	p vs t	-1.492	0.9961	-2.389	0.5276	-3.218	0.0632	-3.579	0.0186 *	-4.397	<0.01 ***
		t vs k	-2.694	0.2810	-4.334	<0.01 ***	-5.804	<0.01 ***	-6.365	<0.01 ***	-7.070	<0.01 ***
		k vs p	-1.083	1.0000	-1.755	0.9618	-2.330	0.5821	-2.502	0.4277	-2.338	0.5748

Dans la figure 23, des dissemblances sont repérées pour les différentes consonnes selon le type de frontière syllabique et selon le locuteur. Chez le sujet féminin, ΔF_3 présente une descente plus importante pour les mots simple en /p/ et une montée plus marquée pour /t/ pour les mots monosyllabiques. Concernant le sujet masculin, c'est la consonne vélaire qui présente une dissemblance en fonction du type de mot : les valeurs de ΔF_3 montent davantage pour les voyelles précédant /k/ en mot composé. Malgré les différences qui sont observées selon le type de frontière syllabique qui suit la consonne étudiée, un effet de type de mot n'a pas été trouvé ni pour le sujet masculin ni pour le sujet féminin d'après les analyses statistiques.

Les différences significatives dans l'évolution de ΔF_3 divergent selon le locuteur. Chez le sujet féminin, les valeurs de ΔF_3 présentent des différences significatives au milieu de la voyelle (40 % vs 50 %, 50 % vs 60 %, 60 % vs 70 %) pour la consonne /k/ mais moins pour la bilabiale (40 % vs 50 % en mot simple) et la coronale (50 % - 70 % en composé et 70 % vs 80 % en mot simple) (cf. table 18). Chez le locuteur masculin des différences significatives ont été repérées au milieu de la voyelle pour /k/ en mot dissyllabique et /t/ en mot monosyllabique (40 % vs 50 % et 50 % vs 60 % pour les deux consonnes citées) et à la fin de la voyelle pour la bilabiale en mot simple (80 % vs 90 %) et

en mot composé (60 % vs 70 % et 70 % vs 80 %) et pour la coronale en mot composé (70 % vs 80 %) (cf. table 18).

Table 18. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_3 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p -valeur pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_3 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 40-50/p, simple == 0 : $z = 0.512$, $p = 1.0000$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	40 % vs 50 %		50 % vs 60 %		60 % vs 70 %		70 % vs 80 %		80 % vs 90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p	0.512	1.0000	1.858	0.8698	2.638	0.2471	2.904	0.1206	5.329	<0.01 ***
		t	3.408	0.0234 *	3.305	0.0335 *	2.130	0.6625	2.219	0.5820	1.057	1.0000
		k	-1.461	0.9909	-1.424	0.9936	-1.984	0.7843	-1.688	0.9473	-2.323	0.4880
	Composé	p	1.632	0.9637	2.039	0.7400	3.740	<0.01 **	3.669	<0.01 **	2.867	0.1335
		t	0.415	1.0000	0.726	1.0000	2.701	0.2100	5.243	<0.01 ***	1.896	0.8465
		k	-3.545	0.0139 *	-2.985	0.0952	-1.661	0.9560	-2.884	0.1282	-2.231	0.5701
Féminin	Simple	p	5.167	<0.01 ***	2.453	0.3995	1.410	0.9968	1.266	0.9995	2.059	0.7536
		t	-0.924	1.0000	-2.728	0.2088	-2.032	0.7745	-4.262	<0.01 ***	-3.114	0.0678
		k	4.959	<0.01 ***	3.468	0.0197 *	4.420	<0.01 ***	3.241	0.0433 *	0.969	1.0000
	Composé	p	1.867	0.8880	1.287	0.9993	0.424	1.0000	0.607	1.0000	1.358	0.9983
		t	0.148	1.0000	-3.215	0.0482 *	-3.592	0.0124 *	-1.174	0.9999	-2.264	0.5695
		k	4.339	<0.01 ***	6.016	<0.01 ***	4.192	<0.01 ***	1.879	0.8810	0.808	1.0000

3.3.2.2. Transition de l'intensité

Des différences significatives entre 70 % et 80 % et entre 80 % et 90 % ont été trouvées pour toutes les consonnes, et ce, en mot simple et en mot composé chez les deux locuteurs. Le seul cas où il n'y a pas de différence significative entre 70 % et 80 % concerne la consonne bilabiale en mot simple pour le sujet féminin (70 % vs 80 % - /p/ simple : $z = 2.667$, $p = 0.2427$) (cf. table 19).

La consonne vélaire présente le plus de variation de l'intensité de 40 % à 90 % de la durée de la voyelle précédant la coda. En effet, des différences significatives ont été observées entre tous les points de comparaison (40 % vs 50 %, 50 % vs 60 %, 60 % vs 70 %, 70 % vs 80 % et 80 % vs 90 %) que ce soit en mot simple ou en mot composé, et ce,

chez les deux locuteurs en intra-sujet. Le seul cas où une différence significative n'a pas été retrouvée c'est entre 50 % vs 60 % à l'intérieur de /k/ de mot composé pour le sujet féminin, néanmoins la différence est presque significative ($z = 3.069$, $p = 0.0769$) (cf. table 19).

Concernant les résultats individuels, les deux sujets suivent la tendance : ΔI ne présente que des valeurs négatives et elles descendent davantage pour la consonne vélaire que pour les consonnes bilabiales et coronale. Des différences selon le type de frontière qui suit la syllabe ne sont saillantes que pour la vélaire chez les deux locuteurs.

Pour le sujet féminin, l'intensité de la voyelle précédant /p/ et /t/ présente environ la même évolution, et ce, en mot simple et en mot composé. Comme dit précédemment, la descente observée de ΔI est plus importante avant la consonne vélaire. Pour /k/ l'intensité descend davantage pour les mots composés que pour les mots simples. Concernant le sujet masculin, le comportement observé est différent. Dans la deuxième partie des voyelles précédant /p/ et /t/ en mot simple et composé l'intensité descend ensemble mais les courbes se voient séparées en raison du lieu d'articulation de la consonne. La pente de l'intensité est plus marquée pour la coronale que pour la bilabiale.

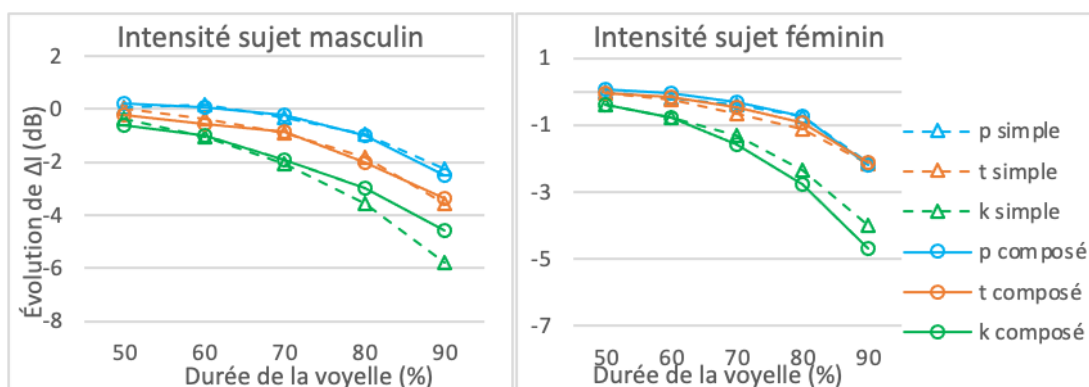


Figure 24. Évolution temporelle de ΔI estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé). À gauche l'évolution de ΔI pour le sujet masculin et à droite pour le sujet féminin.

Néanmoins, les tests statistiques ne montrent pas de différences significatives entre /p/ vs /t/ ni pour les mots simples ni pour les mots composés. Concernant la consonne vélaire, l'intensité descend beaucoup plus que pour les autres consonnes, et ce, pour les deux types de mots (monosyllabiques et dissyllabiques). En effet, des différences significatives en fonction du point d'articulation sont observées à l'intérieur des deux types de mots entre /k/ vs /t/ (40 % à 90 % pour les composés et 60 % à 90 % pour les simples) et

entre /k/ et /p/ (40 % à 90 % pour les composés et 70 % à 90 % pour les simples) (cf. table 19).

Table 19. Estimations ponctuelles des différences de ΔI estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔI nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60|p,simple == 0 : $z = -0.611$, $p = 1.0000$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 % vs 60 %		60 % vs 70 %		70 % vs 80 %		80 vs 90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p	-0.611	1.0000	4.079	<0.01 **	4.615	<0.01 ***	7.824	<0.01 ***
		t	3.990	<0.01 **	4.895	<0.01 ***	8.138	<0.01 ***	11.321	<0.01 ***
		k	6.200	<0.01 ***	8.875	<0.01 ***	11.718	<0.01 ***	13.242	<0.01 ***
	Composé	p	1.221	0.9997	2.331	0.5053	6.154	<0.01 ***	8.998	<0.01 ***
		t	3.023	0.0877	2.884	0.1339	9.139	<0.01 ***	8.521	<0.01 ***
		k	3.396	0.0251 *	3.396	0.0251 *	7.606	<0.01 ***	8.704	<0.01 ***
Féminin	Simple	p	1.700	0.9597	1.442	0.9959	2.667	0.2427	10.146	<0.001 ***
		t	1.718	0.9546	3.401	0.0247 *	4.312	<0.001 ***	8.787	<0.001 ***
		k	3.480	0.0187 *	4.218	<0.001 ***	8.423	<0.001 ***	12.715	<0.001 ***
	Composé	p	1.133	1.0000	1.923	0.8579	3.201	0.0497 *	10.629	<0.001 ***
		t	1.145	0.9999	2.429	0.4217	4.312	<0.001 ***	9.764	<0.001 ***
		k	3.069	0.0769	6.076	<0.001 ***	9.631	<0.001 ***	14.392	<0.001 ***

Les résultats des analyses statistiques montrent un effet du lieu d'articulation des consonnes chez les deux locuteurs, ces résultats diffèrent d'un locuteur à l'autre. Chez le locuteur féminin, des différences significatives en fonction de la consonne ont été trouvées pour /k/ vs /p/ et /k/ vs /t/ en mot composé à partir de 80 % de la durée de la voyelle. Pour les mots monosyllabiques aucun effet du lieu d'articulation n'a été identifié chez la locutrice. Chez le locuteur masculin des différences significatives sont observables en mot simple et en mot composé. L'effet de la consonne dans les analyses statistiques est dû aux valeurs de la consonne vélaire. Ainsi, pour la comparaison /t/ vs /k/ des différences sont observées dès 40 % de la durée de la voyelle pour les mots composés et à partir de 60 % pour les simples, ainsi que jusqu'à 90 % pour les deux cas. Chez le sujet masculin, les

résultats sont plus significatifs pour /t/ vs /k/ en mot composé que pour les autres comparaisons avec des valeurs de $p = <0.01$ à partir du milieu de la voyelle (cf. table 21). Concernant la comparaison entre la vélaire et la bilabiale des différences significatives ont été retrouvées dès 60 % et jusqu'à 90 % de la durée de la voyelle pour les deux types de mots.

Table 20. Estimations ponctuelles des différences de ΔI estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p -value pour le sujet féminin (hypothèse du test étant une différence de ΔI nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.

Ex. $p-t/50$, simple = 0 : $z = -1.195$, $p = 0.9999$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 %		60 %		70 %		80 %		90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p vs t	-1.195	0.9999	-0.485	1.0000	-0.433	1.0000	0.104	1.0000	0.710	1.0000
		t vs k	-2.897	0.1632	-3.336	0.0419*	-4.126	<0.01**	-5.004	<0.01***	-5.794	<0.01***
		k vs p	-1.598	0.9886	-2.696	0.2758	-3.495	0.0242*	-4.843	<0.01***	-6.175	<0.01***
	Composé	p vs t	-1.952	0.8785	-1.680	0.9773	-1.610	0.9873	-1.115	1.0000	-1.356	0.9992
		t vs k	-4.529	<0.01***	-4.658	<0.01***	-5.572	<0.01***	-5.486	<0.01***	-5.817	<0.01***
		k vs p	-2.573	0.3657	-2.955	0.1386	-3.911	<0.01**	-4.293	<0.01***	-4.389	<0.01***
Féminin	Simple	p vs t	-0.733	1.0000	-0.771	1.0000	-0.435	1.0000	-0.217	1.0000	-0.758	1.0000
		t vs k	-0.320	1.0000	-0.666	1.0000	-0.900	1.0000	-1.764	0.9606	-2.754	0.2395
		k vs p	0.407	1.0000	0.119	1.0000	-0.424	1.0000	-1.440	0.9980	-1.847	0.9329
	Composé	p vs t	-0.068	1.0000	-0.093	1.0000	-0.050	1.0000	0.062	1.0000	-0.398	1.0000
		t vs k	-1.605	0.9889	-1.983	0.8646	-2.832	0.1954	-3.965	<0.01**	-5.192	<0.01***
		k vs p	-1.439	0.9981	-1.770	0.9590	-2.608	0.3395	-3.776	<0.01**	-4.489	<0.01***

Bien que la courbe de l'intensité dans la figure illustre une descente plus importante en fin de mot simple qu'à l'intérieur de mot composé, aucune différence significative en fonction du type de frontière qui suit la consonne en coda n'a été retrouvée.

3.3.2.3. Transition de la f_0

Pour le sujet masculin, les trajectoires de la fréquence fondamentale f_0 sont descendantes quelle que soit le lieu de la consonne et quel que soit le type de mot (cf. figure 25). La pente de la f_0 de /t/ en coda d'un mot simple descend cependant moins à 80 % et à 90 %. Tandis que pour les syllabes cibles à /p/ et à /k/ finales, la descente des pentes de la f_0 est plus marquée, quel que soit le type de ces syllabes (mono- ou dis-).

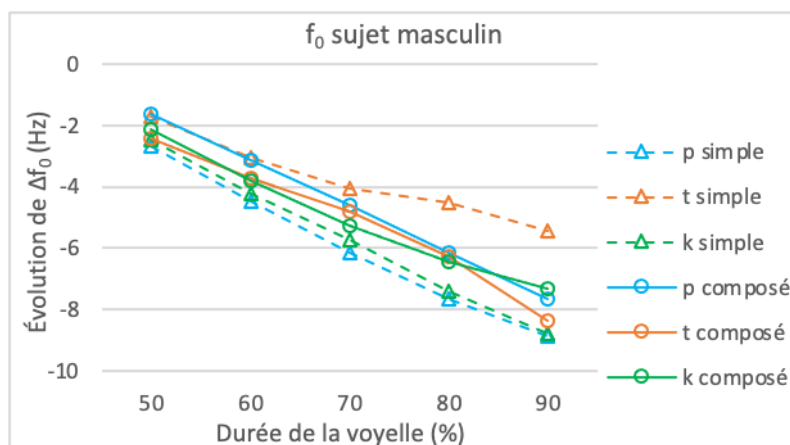


Figure 25. Évolution temporelle de Δf_0 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin.

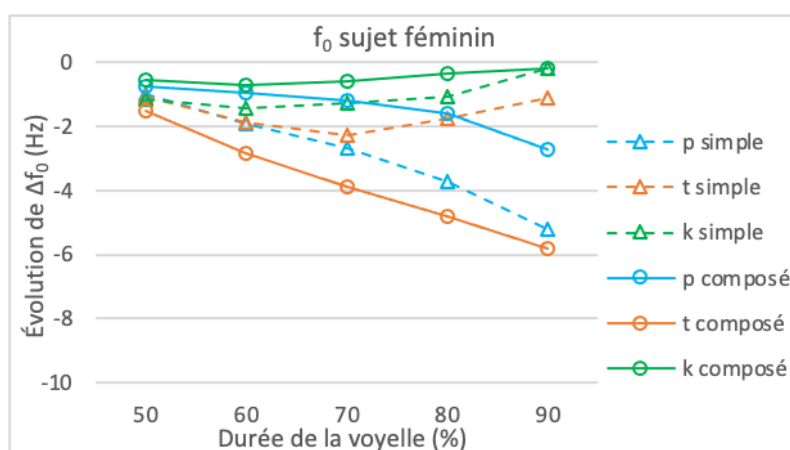


Figure 26. Évolution temporelle de Δf_0 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.

Un effet du type de frontière qui suit la syllabe cible est trouvé chez le sujet masculin. Pour chaque consonne, à chaque point analysé durant la durée de la voyelle (de 50 % à 90 %), il y a une différence significative ($p < 0.001$) des valeurs de la f_0 entre mot simple et mot composé (cf. table 21). En effet, la f_0 descend davantage lorsque /p t k/ se trouvent en

fin de syllabe à l'intérieur d'un composé (CVC.CVC#) que lorsqu'ils sont en fin de mot simple (CVC#CVC).

Table 21. Estimations ponctuelles des différences de Δf_0 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les types de mot (simple vs composé) avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de Δf_0 nulle entre les types de mot.

Ex. compose-simple/50, $p = 0$: $z = 5.035$, $p = < 0.001$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	50 %		60 %		70 %		80 %		90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple vs composé	p	5.035	< 0.001 ***	5.105	< 0.001 ***	5.158	< 0.001 ***	5.158	< 0.001 ***	5.070	< 0.001 ***
		t	6.203	< 0.001 ***	6.150	< 0.001 ***	6.071	< 0.001 ***	5.738	< 0.001 ***	5.365	< 0.001 ***
		k	5.142	< 0.001 ***	5.135	< 0.001 ***	5.146	< 0.001 ***	5.297	< 0.001 ***	5.444	< 0.001 ***
Féminin		p	2.740	0.1695	2.559	0.2654	2.310	0.4448	1.744	0.8829	1.109	0.9994
t		1.673	0.9167	1.925	0.7653	2.086	0.6350	2.315	0.4415	2.430	0.3509	
k		2.727	0.1741	2.771	0.1557	2.750	0.1666	2.755	0.1619	2.443	0.3422	

Contrairement à ce qui a été observé pour le sujet masculin, la trajectoire de la f_0 chez le sujet féminin n'est pas toute descendante (cf. figure 26). La courbe de Δf_0 correspondant à la vélaire /k/ se montre stable pour les deux types de contexte syllabiques. Un mouvement descendant précédant /p/ est observé, plus marqué en mot simple qu'en composé mais la différence n'est pas significative (cf. table 21). Concernant la coronale /t/, la courbe de la f_0 présente une évolution différente selon la frontière syllabique qui suit : tandis qu'à l'intérieur de mot composé (CVC.CVC#), Δf_0 descend tout au long de la voyelle et des différences significatives ne sont remarquées que dans la première partie de la durée de la voyelle (40 % vs 50 %, 50 % vs 60 % et 60 % vs 70 %), en mot simple (CVC#CVC), la f_0 descend de 40 % à 70 % et monte de 70 % à 90 % ne présentant de différences significatives qu'entre 40 % et 50 % de la durée de la voyelle (cf. table 22). Néanmoins, aucune différence significative dans la trajectoire de la f_0 n'a été trouvée en fonction du type de mot (simple ou composé) pour ce sujet (cf. table 21).

Quelques résultats statistiques dans l'évolution de la f_0 se montrent significatifs chez le sujet féminin, pour la coronale /t/ et la vélaire /k/ mais plutôt au milieu entre 50 % et 70 % de la durée de la voyelle (cf. table 22). Dans la dernière partie de la voyelle, aucune

évolution n'est différente de manière significative, à l'exception de la bilabiale /p/ en mot simple où une différence significative a été trouvée entre 80 % et 90 % (cf. table 22).

Table 22. Estimations ponctuelles des différences de Δf_0 estimée de 40 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p -value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de Δf_0 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 40-50|p, simple == 0 : $z = 6.394$, $p = < 0.001$).

Locuteur	Type de mot	C ₂	40 % vs 50 %		50 % vs 60 %		60 % vs 70 %		70 % vs 80 %		80 vs 90 %	
			z	p	z	p	z	p	z	p	z	p
Masculin	Simple	p	6.394	< 0.001 ***	5.843	< 0.001 ***	6.000	< 0.001 ***	4.543	< 0.001 ***	3.444	0.01967 *
		t	5.171	< 0.001 ***	5.420	< 0.001 ***	4.508	< 0.001 ***	1.649	0.95304	3.394	0.02312 *
		k	7.670	< 0.001 ***	7.551	< 0.001 ***	7.066	< 0.001 ***	6.462	< 0.001 ***	5.216	< 0.001 ***
	Composé	p	3.836	0.00426 **	4.977	< 0.001 ***	5.280	< 0.001 ***	4.543	< 0.001 ***	4.400	< 0.001 ***
		t	6.900	< 0.001 ***	5.749	< 0.001 ***	5.312	< 0.001 ***	5.247	< 0.001 ***	7.200	< 0.001 ***
		k	6.301	< 0.001 ***	6.980	< 0.001 ***	6.307	< 0.001 ***	4.247	< 0.001 ***	3.199	0.04547 *
Féminin	Simple	p	2.780	0.1527	2.595	0.2433	2.065	0.6533	2.551	0.2696	3.257	0.0367 *
		t	3.296	0.0321 *	2.563	0.2612	1.298	0.9945	-1.418	0.9841	-1.609	0.9412
		k	4.193	< 0.01 ***	0.998	0.9999	-0.607	1.0000	-0.687	1.0000	-2.552	0.2694
	Composé	p	2.039	0.6754	0.556	1.0000	0.751	1.0000	0.957	1.0000	2.517	0.2924
		t	4.761	< 0.01 ***	4.028	< 0.01 **	3.338	0.0275 *	2.520	0.2889	2.486	0.3129
		k	1.849	0.8199	0.616	1.0000	-0.416	1.0000	-0.707	1.0000	-0.492	1.0000

Aucune différence significative n'a été relevée en fonction du lieu d'articulation de la consonne, que ce soit en frontière de mot (CVC#CVC) ou à l'intérieur de mot composé (CVC.CVC#) chez les deux locuteurs.

3.4. Discussion

Le thaï présente 9 consonnes plosives avec 3 réalisations pharyngales possibles : non voisée, aspirée et voisée (cette dernière ne concerne que les consonnes bilabiale et coronale) (Tingsabath & Abramson, 1993). Ces réalisations phonologiquement opposées en initiale se voient neutralisées en coda comme non voisées et non relâchées (Iwata et al., 1990) en raison de l'absence de burst après la phase d'occlusion (Iwata et al., 1990 ;

Tingsabadh & Abramson, 1993 ; Tsukada, 2004a ; Yamlamai & Tran, 2018). Les résultats de notre étude confirment le caractère de non relâchement des consonnes plosives en position finale en thaï : la plupart des C₂ analysées ne présentent pas de barre d'explosion sur le signal acoustique. Néanmoins, nous avons trouvé dans notre corpus 29 consonnes plosives relâchées en coda sur 196, soit 14,7 % des réalisations analysées (12,3 % chez le sujet masculin et 17,17 % chez le sujet féminin). Les bursts réalisés sont en moyenne plus courts (5,97 ms) et possèdent une intensité plus faible (52,561 dB) que les cas observés en C₁ (durée de 11,17 ms et intensité de 55,193 dB en moyenne). Ces résultats se rapportent à ceux trouvés en vietnamien (Tran et al., 2019) et en thaï (dans une étude pilote de monolocuteur de Yamlamai & Tran, 2018) où le burst des codas relâchées est moins long et moins intense que le burst des plosives en attaque.

Contrairement à ce qui a été relevé par Tran et al. (2019), le burst se relâche plus en frontière syllabique à l'intérieur de mot composé (CVC.CVC#) qu'en fin de mot simple (CVC#CVC). Tran et collègues (2019) trouvent, à l'inverse, une quantité plus importante de bursts relâchés à la frontière de mots CVC#CVC qu'à la frontière de syllabes dans un mot CVC.CVC# en vietnamien.

Les résultats obtenus à l'issue de l'étude nous permettent de répondre à deux questions centrales (cf. section 3.1) ci-après.

3.4.1. Quels indices acoustiques permettant d'identifier les plosives en thaï en cas du non relâchement ?

Plusieurs études antérieures soulignent que l'absence du relâchement de la consonne rend la perception difficile, car le principal indice acoustico-perceptif de la distinction réside dans la transition formantique entre la voyelle et la consonne finale (Wang, 1959 cité par Iwata et al., 1990 ; Tran, 2011 ; Tran et al., 2019). Par exemple, Tsukada (2004b) a constaté que l'absence de burst affecte l'intelligibilité des plosives du coréen chez des locuteurs de l'anglais. Tran & Vallée (2010) rapportent que la présence d'un burst même faible augmente le taux d'identification correcte mais en cas d'absence de burst, les locuteurs natifs du vietnamien parviennent quand même à identifier les plosives non relâchées avec des scores supérieures à 70 %.

À la lumière de ces travaux, nous cherchons alors à identifier les indices acoustiques susceptibles d'aider les locuteurs natifs du thaï à identifier les plosives non relâchées en coda. Pour ce faire, les durées de la consonne C₂, de la voyelle ainsi que celle de la syllabe cible ont été étudiées. La transition formantique des trois premiers formants, la trajectoire

évolutive de la f_0 et de l'intensité dans la deuxième moitié du noyau vocalique de la syllabe cible ont aussi été examinés. Les indices qui sont significativement différents en fonction du lieu d'articulation de la consonne sont les suivants :

3.4.1.1. La durée

Les analyses de la durée des segments chez les deux locuteurs montrent que /k/ est significativement plus long que /t/ lors que ces consonnes se trouvent en finale d'une syllabe à l'intérieur d'un composé lexical (C.C). La tendance est observée lorsque /k/ est en finale de mot (C#C) mais la différence n'est pas significative. La vélaire est aussi plus longue que la coronale /t/ mais seulement attestée de manière significative pour la première syllabe de mot composé (C.C) chez les deux locuteurs. Ces résultats signalent que la longueur d'une plosive pourrait dépendre de son lieu d'articulation. Il a été montré par ailleurs dans notre étude glottographique que plus la consonne non relâchée est postérieure, plus le larynx descend (Cano Córdoba et al., 2022). Le résultat concernant la durée acoustique correspond donc tout à fait à ce qui a été trouvé au niveau glottique : lors d'une réalisation non relâchée de la vélaire, étant la plus postérieure, le larynx descend plus.

3.4.1.2. La transition Voyelle-Consonne

Étant donné que le burst dépend de la forme de la cavité orale derrière le blocage, le signal spectral de chaque consonne est caractéristique du point d'articulation (Stevens, 1997). Effectivement, il a été attesté qu'en absence de burst, la transition voyelle-consonne comporte d'autres indices acoustiques qui permettent d'identifier le lieu d'articulation des consonnes (Wang, 1959, cité par Iwata et al., 1990, p. 621 ; Tran & Vallée, 2010 ; Tran et al., 2019). Les analyses effectuées sur l'évolution VC des valeurs de f_0 , l'intensité et la trajectoire des trois premiers formants dans ce travail confirment ces affirmations. En effet, nos résultats indiquent que la deuxième partie de la voyelle comporte des indices acoustiques permettant de différencier le lieu d'articulation de la consonne non relâchée en coda.

Transition formantique

À partir de 70 %, les valeurs des trois premiers formants changent selon le point d'articulation de la consonne. Le contraste est marqué par la consonne vélaire en F_1 dont les pentes descendent moins que pour les autres consonnes, alors que pour F_2 et F_3 la consonne coronale est celle qui provoque les différences significatives de 70 % à 90 % de la durée de la voyelle. Les pentes de /t/ sont significativement montantes, par rapport à

celles de /p/ et /k/, à partir de 70 % de la durée de la voyelle. De la même manière, les pentes de /p/ sont significativement descendantes aussi à partir de 70 % de la durée de la voyelle.

Ces évolutions de F2 de /p/ et /t/ attestées chez les locuteurs de cette étude sont en conformité avec les travaux de Delattre et al. (1955) en parole synthétique. Nous n'observons pourtant pas l'allure montante de la trajectoire F2 de la vélaire /k/ comme proposé par Delattre et al. (1955) : les pentes F2 de /k/ sont constantes chez le locuteur féminin mais plutôt descendantes chez le locuteur masculin. Les mêmes évolutions de F2 dans la partie de transition VC sont attestées dans l'étude de Tran (2011) avec les pentes montantes de /t/, descendantes de /p/ et de /k/ en vietnamien. Ces résultats mettent en évidence des différences saillantes de F2 en fonction du lieu d'articulation. La transition de F2 dans la partie finale de la voyelle comporte donc vraisemblablement des pistes acoustiques facilitant l'identification du lieu d'articulation des plosives finales, comme soulignent Tran et collègues (2019).

L'évolution de F3 dans notre étude comporte le plus de dissemblances entre les locuteurs. Ce n'est que devant /p/ que les valeurs de ΔF_3 présentent une évolution similaire pour les deux participants. Nous n'avons trouvé des différences significatives à partir de 60 % jusqu'à 90 % de la durée de la voyelle que pour le sujet féminin. Concernant le sujet masculin, nous n'avons pas repéré d'incidence du lieu d'articulation sur les valeurs de ΔF_3 . Les dissemblances relevées sont marquées par la consonne coronale comme attesté en vietnamien (Tran et al., 2019). La pente ΔF_3 de /t/ chez la locutrice est montante et celles de /p/ et de /k/ sont descendantes comme attendu pour ces consonnes selon Delattre et al. (1955) et Ladefoged & Johnson (2011, p. 199). Inversement, pour le locuteur masculin, les pentes ΔF_3 de /t/ sont descendantes et celles de /k/ sont montantes, mais ces tendances ne sont pas attestées statistiquement.

Evolution de l'intensité

Les observations réalisées sur l'évolution de l'intensité montrent une descente devant n'importe quelle consonne dès 60 % de la durée de la voyelle pour les deux locuteurs. L'intensité décroît significativement davantage pour la vélaire que pour les consonnes /p/ et /t/ dans la deuxième moitié de la voyelle comme démontré en vietnamien (Tran et al., 2019). Contrairement aux résultats de Tran et collègues (2019), une différence significative est relevée entre /p/ et /t/, mais uniquement chez la locutrice. Cette disparité des valeurs des consonnes vélaire sur les valeurs de l'intensité s'accorde aux résultats de l'étude

glottographique de Cano Córdoba et al. (2022). Les chercheurs ont relevé une descente significativement plus importante du larynx pour la vélaire que pour les autres plosives en coda (Cano Córdoba et al., 2022).

Evolution de la fréquence fondamentale : pas de différence selon le lieu

Les résultats obtenus lors de l'analyse des données ne montrent pas de lien entre les valeurs de Δf_0 et le lieu d'articulation de la consonne postvocalique chez aucun des deux locuteurs. Tran et al. (2019), sur le vietnamien, remarque une différence significative de l'évolution de Δf_0 en fonction du lieu d'articulation de la consonne : la montée plus importante de f_0 à partir de 70 % de la durée de la voyelle devant la consonne vélaire que devant la bilabiale ou la coronale. Malgré l'absence de différences significatives en intra-sujet, nous avons trouvé des dissemblances de Δf_0 en inter-sujet. Pour le sujet masculin, les valeurs décroissent pour les 3 consonnes étudiées alors que chez la locutrice les valeurs ne diminuent que pour /p/. De plus, les valeurs de f_0 de la coronale et de la vélaire restent stables dans la deuxième partie de la voyelle chez le sujet féminin. La dissemblance du comportement de Δf_0 pourrait s'expliquer par le genre des locuteurs. La f_0 est considérée comme le paramètre principal qui différencie la voix des hommes de la voix des femmes (Coleman, 1983). En effet, (Calliope, 1989) signale que la variation moyenne des valeurs de la f_0 dépend de l'âge et du sexe du locuteur. À ce sujet, Vaissière (2006) relève que les valeurs moyennes de f_0 sont plus élevées pour les femmes que pour les hommes (autour de 240 Hz et 120Hz respectivement).

3.4.2. Effet du type de frontière syllabique dans la réalisation acoustique des consonnes plosives non relâchées en thaï

Keating et al. (1999) ont remarqué que la position qu'un segment occupe dans un mot peut agir sur sa réalisation phonétique. Nos résultats montrent une tendance dans laquelle les segments (C_2 , noyau vocalique) ainsi que la syllabe cible sont plus longs lorsqu'ils se trouvent en finale de mot simple (CVC#CVC) qu'à l'intérieur de mot composé (CVC.CVC#). Mais les différences significatives ne sont observées que pour la durée de la syllabe cible à /t/ finale chez les deux sujets : le mot simple à /t/ final est plus long significativement que la même syllabe à l'intérieur d'un composé. Le même résultat est attesté statistiquement pour la durée de la voyelle suivie d'un /k/, mais uniquement chez le locuteur féminin. Ces résultats confirment en partie des études antérieures sur le thaï (Yamlamai & Tran, 2018) et sur le vietnamien (Tran, 2011). Ces travaux soulignent une

durée plus importante non seulement de la consonne (en thaï et vietnamien) mais aussi de la voyelle (en thaï et vietnamien) et ainsi de la syllabe (en thaï) en mot simple qu'en syllabe à l'intérieur d'un composé. Selon Yamlamai & Tran, les différences concernant la durée en thaï "supposent clairement des degrés différents de coarticulation entre les segments en fonction du type de frontière syllabique" (2018, p. 157). Plus spécifiquement, les différences significatives de la syllabe cible en fonction du type de mot pour la coronale /t/ de cette étude s'accordent aux résultats relevés par Cano Córdoba et collègues (2022). En effet, cette dernière étude signale un effet de type de frontière uniquement pour la coronale chez des locuteurs monolingues du thaï où le déplacement du larynx décroît de manière plus importante devant une frontière de mot que devant une frontière de syllabe en intra-mot (Cano Córdoba et al., 2022).

Le travail de Tran et al. (2019) montre des différences claires dans la réalisation acoustique des consonnes en coda en vietnamien selon le type de frontière syllabique (intra-mot vs inter-mot). Notamment, leurs résultats constatent que la trajectoire de F_1 diffère significativement selon le type de frontière syllabique. Dans notre étude, au contraire ce qui a été relevé par Tran et collègues (2019) nous n'avons pas trouvé d'incidence du type de frontière syllabique sur l'évolution des formants.

Les analyses statistiques montrent des différences significatives pour l'évolution de la fréquence fondamentale f_0 en fonction du type de frontière chez le locuteur masculin, et ce pour toutes les consonnes. En effet, la trajectoire de la f_0 décroît davantage devant la frontière de mot simple pour /p/ et /k/. Quant à la consonne coronale /t/, c'est en mot composé que la pente de la f_0 descend de manière plus importante. Ces résultats du locuteur masculin confirment ceux relevés en vietnamien : la trajectoire de f_0 de chaque syllabe cible diffère significativement dès 60 % de la durée de la voyelle entre les mots monosyllabiques et les syllabes initiales dissyllabiques (Tran et al., 2019).

En raison du manque de significativité des tests statistiques, nous n'avons pas observé un effet du type de frontière sur l'intensité chez les deux locuteurs. Ces résultats vont partiellement à l'encontre de ce qui a été observé en vietnamien. En effet, Tran et collègues (2019) ont trouvé que la descente de l'intensité à 90 % de la durée de la voyelle est moins importante devant la première syllabe de mot dissyllabique que devant la fin de mot monosyllabique.

Rappelons que dans notre étude glottographique menée dans le cadre du mémoire de M1 (Cano Córdoba, 2021) nous n'avons pas trouvé de différences significatives en

fonction du type de mot en dépit d'une descente de larynx légèrement plus marquée à la fin de mots monosyllabiques qu'à l'intérieur de mots dissyllabiques.

Il faut souligner que les différences trouvées ne sont pas homogènes entre les deux sujets concernant le type de mot (notamment pour l'évolution de f_0) et sur le lieu d'articulation (pour F_1 et F_3). Ces résultats sont en accord avec ce qui a été relevé par rapport à l'influence du genre du locuteur sur les informations acoustiques relevées. Effectivement, vu que le tractus vocal des hommes et des femmes est physiologiquement différent en raison d'un conduit vocal plus long (Fant, 1966) et des plis vocaux aussi plus longs chez les hommes (Titze, 1989) les indices acoustiques tels que la f_0 et les trois premiers formants sont plus haut ou plus bas en raison du genre du locuteur (Coleman, 1983 ; Calliope, 1989 ; Vaissière, 2006). Néanmoins, ces propos nous interpellent sur l'évolution de la direction très différente de F_3 pour les consonnes coronale et vélaire.

Conclusion et perspectives

En thaï comme dans d'autres langues de l'Asie du Sud-Est tels que le vietnamien et le coréen, les plosives en coda sont généralement réalisées sans relâchement audible. Nous nous interrogeons si les indices acoustiques qui caractérisent ces consonnes sont présents dans la consonne en elle-même ou s'ils sont aussi présents dans les segments adjacents tels que la voyelle. Y aurait-il aussi des indices acoustiques permettant l'identification du type de frontière syllabique qui suit la coda non relâchée comme suggéré par Stevens (1997) ? L'objectif principal de cette recherche a été d'examiner des indices acoustiques dans les segments de la syllabe et dans la transition voyelle-consonne en thaï qui sont susceptibles d'aider à l'identification du lieu d'articulation ainsi que du type de frontière syllabique en cas du non relâchement.

Notre étude confirme que la durée de la consonne en coda et la transition entre la voyelle et la plosive finale non relâchée sont des indices acoustiques permettant d'indiquer le lieu d'articulation de la consonne. Des différences significatives quant à l'évolution des trois premiers formants (F_1 , F_2 et F_3) et de l'intensité en fonction du lieu d'articulation de la consonne étudiée ont effectivement été attestées. Les différences sont marquées par la consonne coronale (F_2 et F_3) ou par la vélaire (F_1 et intensité). Ces aboutissements sont cohérents avec diverses études qui expliquent que les locuteurs natifs de langues comportant des plosives non relâchées arrivent à identifier le lieu d'articulation des consonnes en dépit de l'absence de burst (Abramson & Tingsabadh, 1999 ; Tsukada, 2004b ; Tran, 2011).

Des différences significatives en fonction du type de frontière syllabique sont trouvées dans la durée de la syllabe cible chez les deux locuteurs ainsi que dans la trajectoire de la f_0 mais uniquement chez le locuteur masculin.

En perspectives, il est nécessaire d'analyser les données d'autres locuteurs natifs avec différents profils (homme et femme, avec et sans connaissance d'une langue seconde) afin de vérifier si la variabilité des résultats concerne le genre du locuteur, l'expérience linguistique, les stratégies personnelles ou s'il y a d'autres facteurs à prendre en compte. L'analyse des données d'autres locuteurs est déjà prévue dans le prolongement de ce travail. Rappelons que ce mémoire a été élaboré au sein du projet SCALA, qui vise à caractériser les consonnes plosives finales non relâchées dans trois langues d'Asie de trois familles linguistiques différentes : le vietnamien, le coréen et le thaï. Le projet cherche, entre autres, à identifier les indices acoustico-perceptifs qui permettent la catégorisation des coda non relâchées. À cet effet, l'étude sera également complétée par

des données glottographiques (par ex. Cano Córdoba et al., 2022) et perceptives déjà récoltées auprès de mêmes locuteurs.

D'ailleurs, il serait aussi intéressant de revoir la réalisation phonétique des tons T3 (ton descendant) et T4 (ton haut ponctuel ou ton haut montant ?) en thaï en vue des observations réalisées dans cette étude concernant l'allure descendante du T4 dans le corpus.

Bibliographie

- Abercrombie, D. (1967). *Elements of general phonetics*. University press.
- Abramson, A. S. (1962). *The vowels and tones of standard thai : Acoustical measurements and experiments* [Indiana U. Research Center in Anthropology, Folklore, and Linguistics]. <http://www.haskins.yale.edu/Reprints/HL0035.pdf>
- Abramson, A. S. (1972). Word-Final Stops in Thai. In J. G. Harris & R. B. Noss (Éds.), *Tai Phonetics and Phonology* (p. 1-7). Central Institute of English Language. <http://purl.org/sealang/abramson1972word.pdf>
- Abramson, A. S., & Ren, N. (1990). Distinctive vowel length : Duration vs. spectrum in Thai. *Journal of Phonetics*, 18(2), 79-92. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30395-X](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30395-X)
- Abramson, A. S., & Tingsabadh, K. (1999). Thai Final Stops : Cross-Language Perception. *Phonetica*, 56(3-4), 111-122. <https://doi.org/10.1159/000028446>
- Argod-Dutard, F. (1996). *Éléments de phonétique appliquée : Prononciation et orthographe en français moderne et dans l'histoire de la langue ; aspects prosodiques et métriques* (Réimpr.). Armand Colin/Masson.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2022). *Praat : Doing phonetics by computer [Computer program]*. Version 6.2.14. <http://www.praat.org/>
- Brandao de Carvalho, J., Nguyen, N., & Wauquier-Gravelines, S. (2010). *Comprendre la phonologie* (1re éd). Presses Universitaires de France.
- Calliope. (1989). *La parole et son traitement automatique* (J.-P. Tubach, Éd.). Masson.
- Campbell, L., & Grondona, V. (Éds.). (2012). *The indigenous languages of South America : A comprehensive guide*. De Gruyter Mouton.
- Canault, M. (2017). *La phonétique articulatoire du français*. De Boeck Supérieur.

- Cano Córdoba, P. A. (2021). *Caractérisation des consonnes plosives non relâchées en thaï : Une étude glottographique*. Université Grenoble Alpes.
- Cano Córdoba, P. A., Tran, T. T. H., Vallée, N., Savariaux, C., Gerber, S., & Yamlamai, N. (2022, Juin). Caractérisation des consonnes plosives non relâchées du thaï : Une étude électro glottographique. *XXXIIIèmes Journées d'Etude sur la Parole*.
- Catford, J. C. (2001). *A practical introduction to phonetics* (2nd ed). Oxford University Press.
- Coleman, R. O. (1983). Acoustic Correlates of Speaker Sex Identification : Implications for the Transsexual Voice. *The Journal of Sex Research*, 19(3), 293-295.
- Cooper, F. S., Delattre, P. C., Liberman, A. M., Borst, J. M., & Gerstman, L. J. (1952). Some Experiments on the Perception of Synthetic Speech Sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 24(6), 597-606.
<https://doi.org/10.1121/1.1906940>
- Cruttenden, A. (2014). *Gimson's pronunciation of English / Alan Cruttenden* (8th edition). Routledge. https://docplayer.net/97760206-Gimson-s-pronunciation-of-english.html#show_full_text
- Crystal, D. (1991). *A dictionary of linguistics and phonetics* (3rd ed). B. Blackwell.
- Debyser, F. (1969). *Difficultés phonétiques des élèves thaïlandais : Conseils pédagogiques à l'intention des professeurs de français en Thaïlande*. BELC.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M., & Cooper, F. S. (1955). Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27(4), 769-773. <https://doi.org/10.1121/1.1908024>
- Demolin, D., & Storto, L. (2016). Temporal Coordination of Glottalic Gestures in Karitiana. In H. Avelino, M. Coler, & L. Wetzels (Éds.), *The Phonetics and*

- Phonology of Laryngeal Features in Native American Languages* (p. 308-321).
BRILL. https://doi.org/10.1163/9789004303218_013
- Dorman, M. F., & Loizou, P. C. (1996). Relative spectral change and formant transitions as cues to labial and alveolar place of articulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100(6), 3825-3830. <https://doi.org/10.1121/1.417238>
- Drake, R. L., Vogl, W., Mitchell, A. W. M., Tibbitts, R., Richardson, P. E., & Duparc, F. (2015). *Gray's fiches d'anatomie* (2e éd). Elsevier Masson.
- Edmondson, J. A., Chang, Y., Hsieh, F., & Huang, H. J. (2011). Reinforcing voiceless finals in Taiwanese and Hakka : Laryngoscopic case studies. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, 627-630.
- Edmondson, J., Chang, C. B., Huang, H. J., Hsieh, F., & Peng, Y. (2010). Reinforcing voiceless stop coda in Taiwanese, Vietnamese and other East and Southeast Asian languages : Laryngoscopic case studies. *Labphon*, 12.
https://labphon.org/sites/default/files/previous_conferences/LabPhon12.pdf
- Fant, G. (1966). A note on vocal tract size factors and non-uniform f-pattern scalings. *Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report*, 7(4), 22-30.
- Flemming, E. (2008). Speech perception and phonological contrast. In R. E. Remez & D. B. Pisoni (Éds.), *The Handbook of Speech Perception* (p. 156-181). John Wiley & Sons.
- 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*. 337-340. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00142971>

- Green, K. P., & Norrix, L. W. (1997). Acoustic Cues to Place of Articulation and the McGurk Effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(3), 646-665. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4003.646>
- Han, M. H. (2011). Fautes de prononciation des Coréens apprenant le français et correction phonétique. *Synergies Corée n°2*, 2, 73-82.
- Harris, K. S., Hoffman, H. S., Liberman, A. M., Delattre, P. C., & Cooper, F. S. (1958). Effect of Third-Formant Transitions on the Perception of the Voiced Stop Consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 30(2), 122-126. <https://doi.org/10.1121/1.1909501>
- Hauchard, C. (2018). *Position verticale du larynx, variations acoustiques et ressenti vocal chez le bilingue : Implications dans le soin orthophonique* [Master 2]. Lyon 1.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346-363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Iwasaki, S., & Inkaphirom, P. (2005). *A reference grammar of Thai*. Cambridge University Press.
- 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.
- Iwata, R., Sawashima, M., Hirose, H., & Niimi, S. (1979). Laryngeal adjustment of Fukienese stops : Initial plosives and final applosives. *Ann. Bull. Research Institute of Logopedics and Phoniatics*, 13, 61-81.

- Jakobson, R., Fant, C. G. M., & Halle, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis : The distinctive features and their correlates* (2d print.). Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- Kewley-Port, D. (1982). Measurement of formant transitions in naturally produced stop consonant–vowel syllables. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(2), 379-389. <https://doi.org/10.1121/1.388081>
- Kim, H. (1998). A Phonetic Characterization of Release and Nonrelease : The Case of Korean and English. *Language Research*, 34(2), 347-368.
- Kingston, J. (2008). *Lenition*. 1-31.
- Kurowski, K., & Blumstein, S. E. (1984). Perceptual integration of the murmur and formant transitions for place of articulation in nasal consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76(2), 383-390. <https://doi.org/10.1121/1.391139>
- L. Kishon-Rabin, M. Dayan, & O. Michaeli. (2003). Effect of Second-Formant Transitions on the Perception of Hebrew Voiced Stop Consonants. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 14(2), 151-164. <https://doi.org/10.1515/JBCPP.2003.14.2.151>
- Ladefoged, P. (2001). *Vowels and consonants : An introduction to the sounds of languages*. Blackwell.
- Ladefoged, P., & Johnson, K. (2001). *A Course in Phonetics*. Cengage Learning.
- Ladefoged, P., & Johnson, K. (2011). *A course in phonetics* (6th ed). Wadsworth/Cengage Learning. <https://vulms.vu.edu.pk/Courses/ENG507/Downloads/A-Course-in-Phonetics.pdf>
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Blackwell.
- Lerot, J. (1993). *Précis de linguistique générale*. les Éditions de Minuit.

- Lieberman, A., Delattre, P., Cooper, F., & Gerstman, L. (1954). *The role of consonant-vowel transitions in the perception of the stop and nasal consonants*.
<https://doi.org/10.1037/H0093673>
- Lisker, L. (1957). Linguistic segments, acoustic segments and synthetic speech. *Language*, 33, 320-374.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops : Acoustical Measurements. *WORD*, 20(3), 384-422.
<https://doi.org/10.1080/00437956.1964.11659830>
- Maddieson, I. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge University Press.
- Maddieson, I. (2013). Tone. In M. S. Dryer & M. Haspelmath (Éds.), *The World Atlas of Language Structures Online*. Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology.
<https://wals.info/chapter/13>
- Malmberg, B. (1971). *Les domaines de la phonétique* (Gengoux Jacques, Trad.; 1^{re} éd.). Presses universitaires de France.
- Martin, P. (2008). *Phonétique acoustique : Introduction à l'analyse acoustique de la parole*. Armand Colin.
- Martinet, A. (2008). *Éléments de linguistique générale* (5e éd). A. Colin.
- Meunier, C. (2007). Phonétique acoustique. In P. Auzou (Éd.), *Les dysarthries* (p. 164-173). Solal. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00250272>
- Michaud, A. (2004). Final Consonants and Glottalization : New Perspectives from Hanoi Vietnamese. *Phonetica*, 61(2-3), 119-146. <https://doi.org/10.1159/000082560>
- Narang, V., & Misra, D. (2010). Acoustic Space, Duration and Formant Patterns in vowels of Bangkok Thai. *International Journal on Asian Language Processing*, 20(3), 18.

- Nguyen, T. B. M. (2000). *Regards sur l'enseignement de la phonétique dans la formation en F. L. E. à l'université pédagogique de Hô-Chi-Minh-Ville* [These de doctorat, Université de Rouen]. <http://www.theses.fr/2000ROUEL358>
- Noss, R. B. (1964). Thai Reference Grammar. *FOREIGN SERVICE INSTITUTE*, 259.
- Pacquement, J. (2007). Une réflexion sur l'apprentissage de la prononciation française tenant compte du substrat linguistique des apprenants : Le cas des étudiants phu thaï à l'université de Mahasarakham. *Actes du deuxième colloque international de Bangkok-2007 : Le français comme médiateur de la diversité culturelle et linguistique*, 464-482.
- Rousset, I. (2004). *Structures syllabiques et lexicales des langues du monde. Données, typologies, tendances universelles et contraintes substantielles* [Phdthesis, Université Stendhal - Grenoble III]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00250154>
- Saussure, F. de, Bally, C., & De Mauro, T. (2005). *Cours de linguistique générale* (Éd. critique, [Nachdr. der Ausg. 1916]). Payot.
- Sharf, D. J., & Hemeyer, T. (1972). Identification of Place of Consonant Articulation from Vowel Formant Transitions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 51(2B), 652-658. <https://doi.org/10.1121/1.1912890>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(87\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(87)80003-6)
- Singhapreecha, P. (2007). A reference grammar of Thai. *Lingua*, 117(8), 1497-1512. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2006.09.005>
- Slayden, G. (2009). *Central Thai Phonology*.
- Smits, R., ten Bosch, L., & Collier, R. (1996). Evaluation of various sets of acoustic cues for the perception of prevocalic stop consonants. I. Perception experiment. *The*

- Journal of the Acoustical Society of America*, 100(6), 3852-3864.
<https://doi.org/10.1121/1.417241>
- Stevens, K. N. (1997). Articulatory-Acoustic-Auditory Relationships. In W. J. Hardcastle & J. Laver (Éds.), *The Handbook of Phonetic Sciences* (1^{re} éd., p. 462-506). Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444317251.ch12>
- Stevens, K. N. (2000). *Acoustic phonetics* (1. paperback ed). MIT Press.
- Stevens, K. N., & Blumstein, S. E. (1978). Invariant cues for place of articulation in stop consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(5), 1358-1368.
<https://doi.org/10.1121/1.382102>
- 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.
<https://doi.org/10.3765/bls.v28i1.3860>
- Story, B. H., & Bunton, K. (2010). Relation of vocal tract shape, formant transitions, and stop consonant identification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 53(6), 1514-1528. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0127\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0127))
- Tartter, V. C., Kat, D., Samuel, A. G., & Repp, B. H. (1983). Perception of intervocalic stop consonants : The contributions of closure duration and formant transitions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 74(3), 715-725.
<https://doi.org/10.1121/1.389857>
- Tingsabath, M. R. K., & Abramson, A. S. (1993). Thai. *Journal of the International Phonetic Association*, 23(1), 24-28. <https://doi.org/10.1017/S0025100300004746>
- Titze, I. R. (1989). Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(4), 1699-1707.
<https://doi.org/10.1121/1.397959>

- 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* (Numéro 2011GRENL028) [Theses, Université de Grenoble]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01568326>
- Tran, T. T. H., & Vallée, 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., Vallée, N., & Granjon, L. (2019). Effects of Word Position on the Acoustic Realization of Vietnamese Final Consonants. *Phonetica*, 76(1), 1-30.
<https://doi.org/10.1159/000485103>
- Tran, T. T. H., Vallée, 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 XXVIIIèmes Journées d'Etude sur la Parole, Nancy, France*, 597-605.
- Tsukada, K. (2004a). 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*, 1293-1296.
https://www.researchgate.net/publication/221478828_A_cross-linguistic_acoustic_comparison_of_unreleased_word-final_stops_Korean_and_Thai
- Tsukada, K. (2004b). Cross-language perception of final stops in Thai and English : A comparison of native and non-native listeners. *Proceedings of the 10th Australian*

International Conference on Speech Science and Technology: Macquarie University, 563-568.

Tsukada, K. (2012). Comparison of native versus nonnative perception of vowel length contrasts in Arabic and Japanese. *Applied Psycholinguistics, 33*.

<https://doi.org/10.1017/S0142716411000452>

Tsukada, K., & Ishihara, S. (2007). The effect of first language (L1) in cross-language speech perception : Comparison of word-final stop discrimination by English, Japanese and Thai listeners. *Journal of the Phonetic Society of Japan, 11*, 82-92.

Tsukada, K., Nguyen, T., & Roengpitya, R. (2006). Cross-language Perception of Word-final Stops by Native Vietnamese Listeners : Preliminary Results on the Role of Specific, Non-native Phonetic Experience. *Proceedings of the Australasian International Speech Science and Technology Conference, Auckland, New Zealand, 118-122.*

Tsukada, K., & Roengpitya, R. (2008). Discrimination of English and Thai words ending with voiceless stops by native Thai listeners differing in English experience. *Journal of the International Phonetic Association, 38*, 325-347.

Vaissière, J. (2006). *La phonétique* (1ère édition). Presses Universitaires de France.

Vallée, N., Boe, L. J., Schwartz, J. L., Badin, P., & Abry, C. (2002). The Weight of Phonetic Substance in the Structure of Sound Inventories. *ZAS Papers in Linguistics, 28*, 145-168. <https://doi.org/10.21248/zaspil.28.2002.163>

Vallée, N., Rossato, S., & Rousset, I. (2009). Favoured syllabic patterns in the world's languages and sensorimotor constraints. In F. Pellegrino, E. Marsico, I. Chitoran, & C. Coupé (Éds.), *Approaches to Phonological Complexity* (p. 111-140). Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110223958.111>

- Walsh, M. A., & Diehl, R. L. (1991). Formant Transition Duration and Amplitude Rise Time as Cues to the Stop/Glide Distinction. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 43(3), 603-620. <https://doi.org/10.1080/14640749108400989>
- Wright, R. (2004). A review of perceptual cues and cue robustness. In B. Hayes, R. Kirchner, & D. Steriade (Éds.), *Phonetically Based Phonology* (Cambridge University Press, p. 34-57).
- Yamlamai, N. (2017). *Étude phonémique et acoustique des consonnes finales du thaï* [M1 - SDL - Linguistique, Université Grenoble Alpes]. <https://espaces-collaboratifs.grenet.fr/share/page/site/GED/document-details?nodeRef=workspace://SpacesStore/a07c2267-9f83-4d50-8ba7-6ef294d9db1c#page=1>
- Yamlamai, N., & Tran, T. (2018). *Effet de la position de la syllabe sur la réalisation acoustique des consonnes finales du thaï*. 151-159. <https://doi.org/10.21437/JEP.2018-18>
- Zsiga, E. C. (2003). Articulatory timing in a second language : Evidence from Russian and English. *Studies in Second Language Acquisition*, 25(3), 399-432. <https://doi.org/10.1017/S0272263103000160>

Sigles et abréviations utilisés

GIPSA :	Grenoble Image Parole Signal Automatique
G-ULSID :	Grenoble-UCLA Lexical and Syllabic Inventory Database
I :	Intensité
PIO :	Pression intraorale
PVL :	Position verticale du larynx
SCALA :	Stop Consonants in Asian Languages
VOT :	Voice Onset Time

Liste de figures

Figure 1. Coupe sagittale des consonnes plosives bilabiale (gauche), coronale (centre) et vélaire (droite) d'un locuteur masculin adulte (Perkell, 1969).	10
Figure 2. Segmentation des 4 événements (phases) acoustiques de la plosive [t] sur le signal audio et le spectrogramme de la séquence [ita] dans le mot « vitamine » : silence (S) ; barre d'explosion (B) ; bruit de friction (BF) ; transition formantique (TF) (V = voyelle).	13
Figure 3. Absence de la barre d'explosion de la consonne [t] du mot thaï น้ด /nat / prononcé [nat] « fixer un rendez-vous ». Image issue des données de la présente étude.....	17
Figure 4. Pourcentage des types de mot en fonction du nombre de syllabes adapté de Rousset, 2004.....	21
Figure 5. Spectrogrammes illustrant le VOT des 3 consonnes plosives alvéolaires en thaï par Lisker & Abramson (1964, p. 390).	24
Figure 6. Signal audio et spectrogramme du mot [nat.da:] où [t] se produit sans burst. Image récupérée du corpus de la présente étude.	26
Figure 7. Image laryngoscopique des plis vocaux. : (1) Épiglote ; (2) Fente vestibulaire ; (3) Fente glottique ; (4) Pli interaryténoïdien ; (5) Tubercule corniculé ; (6) Tubercule cuneiforme ; (7) Repli ary-épiglottique ; (8) Pli vestibulaire ; (9) Pli vocal (Drake et al., 2015, page 315).	27
Figure 8. Triangle vocalique des monophthongues du thaï (Slayden, 2009, p. 4).....	28
Figure 9. Diphtongues du thaï (Tingsabadh & Abramson, 1993, p. 25).....	29
Figure 10. Les tons thaïlandais en position pré-pausale (Fromkin, 1978, cité par Narang & Misra, 2010, p. 126).....	31
Figure 11. Les contrastes tonals du thaï (selon Ladefoged & Johnson, 2011, p. 258)	32
Figure 12. L'ensemble des dispositifs (EVA, EGG, oscilloscope) utilisés lors de la prise de données.....	35
Figure 13. Dispositif EVA avec le collier d'EGG utilisés lors de la prise de données (Tran, 2019).	36
Figure 14. Sujet masculin participant au projet SCALA, portant un collier EGG et utilisant le dispositif EVA dans une chambre soude de l'Université de Thammasat à Bangkok. Été 2019. (photo Tran, 2019).....	38
Figure 15. Signal audio et spectrogramme du mot [jáp] où [p] se produit avec burst, avec la segmentation du VOT. Image récupérée du corpus de la présente étude auprès du locuteur féminin.	39
Figure 16. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la C ₂ cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).....	42
Figure 17. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la syllabe cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).....	43
Figure 18. Valeurs moyennes et intervalles de confiance de la durée de la syllabe cible (exprimé en ms) pour les deux sujets en fonction du type de mot (simple ou composé).....	45
Figure 19. Évolution temporelle de ΔF_1 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin. ...	47
Figure 20. Évolution temporelle de ΔF_1 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.	47
Figure 21. Évolution temporelle de ΔF_2 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin. ...	49
Figure 22. Évolution temporelle de ΔF_2 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.	49
Figure 23. Évolution temporelle de ΔF_3 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en Hz) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé). À gauche l'évolution de ΔF_3 pour le sujet masculin et à droite pour le sujet féminin.	52
Figure 24. Évolution temporelle de ΔI estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé). À gauche l'évolution de ΔI pour le sujet masculin et à droite pour le sujet féminin.....	55

Figure 25. Évolution temporelle de Δf_0 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet masculin. ...58

Figure 26. Évolution temporelle de Δf_0 estimée de 50 à 90 % de la durée de la voyelle (exprimé en dB) en intra-sujet en fonction du type de mot (simple ou composé) pour le sujet féminin.58

Liste de tables

Table 1. Distribution des structures syllabiques en thaï (Rousset, 2004, p. 116).	21
Table 2. Distribution des structures des unités lexicales en thaï (Rousset, 2004, p. 191).	21
Table 3. Distribution des consonnes du thaï (Tingsabadh & Abramson, 1993 ,p. 24)	22
Table 4. Distribution des consonnes finales du thaï adaptée de Tingsabadh & Abramson (1993). .	25
Table 5. Valeur moyenne des voyelles longues et des voyelles brèves (exprimé en m.s.) avec la durée moyenne des voyelles longues (Av. of LV), la durée moyenne des voyelles brèves (AV. of SV) et le contraste de durée entre les voyelles longues et brèves (S :L) (Narang & Misra, 2010, p. 129).....	28
Table 6. Valeurs des trois premiers formants pour les 18 voyelles du thaï de Bangkok (Narang & Misra, 2010, p. 132).	30
Table 7. Catégorisation des tons du thaï selon la grammaire traditionnelle. Exemples récupérés de thai-language.com.	31
Table 8. Liste des 34 stimuli sélectionnés pour le corpus.....	37
Table 9. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des C ₂ dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des C ₂ nulle entre les consonnes).	42
Table 10. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des C ₂ entre les consonnes en coda dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des voyelles nulle entre les types de mot).....	43
Table 12. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des voyelles dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des C ₂ nulle entre les consonnes).....	44
Table 13. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des voyelles dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des voyelles nulle entre les types de mot).	44
Table 14. Estimations ponctuelles des valeurs de la durée des syllabes entre les consonnes en coda dans le type de mot avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de la durée des syllabes nulle entre les types de mot).....	46
Table 15. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_1 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_1 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60 p, simple == 0 : z = 4.507, p = <0.01).	48
Table 15. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_2 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_2 nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.	50
Table 16. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_2 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_2 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60 p, simple == 0 : z = 7.399, p = <0.01).	51
Table 17. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_3 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p-value pour le sujet féminin (hypothèse du test étant une différence de ΔF_3 nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.	53
Table 18. Estimations ponctuelles des différences de ΔF_3 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔF_3 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 40-50 p, simple == 0 : z = 0.512, p = 1.0000).....	54

Table 19. Estimations ponctuelles des différences de ΔI estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de ΔI nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 50-60 p,simple == 0 : z = -0.611, p = 1.0000).....	56
Table 21. Estimations ponctuelles des différences de ΔI estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les consonnes en coda avec valeur z de la statistique et p-value pour le sujet féminin (hypothèse du test étant une différence de ΔI nulle entre les consonnes en coda à l'intérieur du type de mot.)	57
Table 21. Estimations ponctuelles des différences de Δf_0 estimée de 50 % à 90 % de la voyelle entre les types de mot (simple vs composé) avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de Δf_0 nulle entre les types de mot.)	59
Table 22. Estimations ponctuelles des différences de Δf_0 estimée de 40 % à 90 % de la voyelle entre les différents points de la durée avec valeur z de la statistique et p-value pour chaque sujet (hypothèse du test étant une différence de Δf_0 nulle entre les différents points de la voyelle pour chaque consonne et type de mot. Ex. 40-50 p,simple == 0 : z = 6.394, p = < 0.001).....	60

Table des annexes

Annexe 1. Modèle statistique utilisé pour les analyses de l'étude	86
---	----

Annexe 1.

Modèle statistique utilisé pour les analyses de l'étude

Le modèle utilisé pour les analyses statistiques de cette étude a été conçu par Silvain Gerber, statisticien du laboratoire GIPSA, en juin 2022.

Pour chaque locuteur (FE5 et HE3), nous avons étudié l'impact sur les variables réponse (durée, formants, intensité) des facteurs Consonnes (k,p,t), Type de mot (simple et composé) et, pour les variables réponses formants et intensité, du facteur pourcentage (40,50,60,70,80,90), ainsi que de leurs interactions.

Nous avons à chaque fois effectué un modèle linéaire mixte. Ce modèle permet à la fois de tenir compte de la répétition des mesures (le facteur ASCII a été introduit comme effet aléatoire dans le modèle), de la variance résiduelle qui peut changer d'une consonne à l'autre, d'un type de mot à l'autre ou d'un pourcentage à l'autre, mais aussi de la corrélation des valeurs des variables réponses entre les pourcentages. Pour cela nous avons utilisé la fonction lme du package nlme du logiciel de statistique R.

Une fois le modèle établi, nous avons réalisé des analyses de contrastes avec la fonction glht du package multcomp, selon la méthode présentée par Hothorn et al. (2008). L'objectif des comparaisons multiples (pour les variables réponses formants et intensité) est d'explorer s'il existe des différences significatives de trois types différents : entre les consonnes pour chaque combinaison (Type mot, pourcentage), entre les deux types de mot pour chaque combinaison (consonne, pourcentage) et entre deux pourcentages successifs pour chaque combinaison (consonne, type de mot).

Table des matières

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	6
CHAPITRE 1 CARACTÉRISTIQUES DES CONSONNES PLOSIVES.....	9
1.1. CONSONNES PLOSIVES	10
1.1.1 <i>Caractéristiques articulatoires</i>	10
1.1.2. <i>Caractéristiques acoustiques</i>	11
1.2. CONSONNES PLOSIVES NON RELÂCHÉES	14
1.2.1. <i>Caractéristiques articulatoires</i>	15
1.2.2. <i>Caractéristiques acoustiques</i>	16
1.2.3. <i>Perception des consonnes plosives non relâchées</i>	18
CHAPITRE 2 ÉLÉMENTS DE PHONOLOGIE DU THAÏ	19
2.1. LA LANGUE THAÏ.....	20
2.1.1. <i>Structures syllabiques</i>	20
2.1.2. <i>Structures des unités lexicales</i>	21
2.2 SYSTÈME CONSONANTIQUE DU THAÏ.....	22
2.2.1. <i>Consonnes initiales</i>	23
2.2.2. <i>Consonnes finales</i>	24
2.3. SYSTÈME VOCALIQUE DU THAÏ.....	27
2.4. SYSTÈME TONAL DU THAÏ	30
CHAPITRE 3 ANALYSE ACOUSTIQUE DES CONSONNES PLOSIVES NON RELÂCHÉES DU THAÏ	33
3.1. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	34
3.2. MÉTHODOLOGIE.....	35
3.2.1. <i>Matériel</i>	35
3.2.2. <i>Corpus et locuteurs</i>	36
3.2.3. <i>Traitement de données</i>	38
3.2.4. <i>Analyses statistiques</i>	40
3.3. RÉSULTATS	41
3.3.1. <i>Durée</i>	41
3.3.1.1. <i>Consonne en position C₂</i>	41
3.3.1.2. <i>Voyelle</i>	43
3.3.1.3. <i>Syllabe</i>	44
3.3.2. <i>Transition voyelle-consonne</i>	46
3.3.2.1. <i>Transition formantique</i>	46
3.3.2.2. <i>Transition de l'intensité</i>	54
3.3.2.3. <i>Transition de la f₀</i>	58
3.4. DISCUSSION.....	60
3.4.1. <i>Quels indices acoustiques permettant d'identifier les plosives en thaï en cas du non relâchement ?</i>	61
3.4.1.1. <i>La durée</i>	62
3.4.1.2. <i>La transition Voyelle-Consonne</i>	62
3.4.2. <i>Effet du type de frontière syllabique dans la réalisation acoustique des consonnes plosives non relâchées en thaï</i>	64
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	67
BIBLIOGRAPHIE	69
SIGLES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉS.....	80
LISTE DE FIGURES	81
LISTE DE TABLES.....	83
TABLE DES ANNEXES	85
TABLE DES MATIÈRES	87

MOTS-CLÉS : Plosives non relâchées, thaï, indices acoustiques, transition formantique, durée

RÉSUMÉ

En général, les consonnes plosives sont réalisées avec un bruit court et audible lors de la phase de relâchement des articulateurs, ce bruit est appelé burst. Néanmoins, il a été démontré que les plosives non voisées en thaï ne présentent pas de burst en position de coda. Compte tenu que l'absence de relâchement audible rend difficile l'identification du lieu d'articulation de la consonne, il a été suggéré que les informations qui permettent cette discrimination se trouvent dans la deuxième partie du noyau vocalique. Ce mémoire propose d'examiner le comportement de divers indices acoustiques dans la syllabe et dans la transition voyelle-consonne en thaï. Notre hypothèse principale suggère que, lors de la réalisation d'une plosive non relâchée, la durée des segments (syllabe, voyelle, consonne finale) et les indices présents dans la transition voyelle-consonne diffèrent par rapport au lieu d'articulation de la coda. D'ailleurs, nous émettons une hypothèse supplémentaire selon laquelle le type de frontière syllabique a un effet sur la réalisation acoustique des segments (inter-mot vs intra-mot). Nos résultats montrent que la durée, l'évolution des trois premiers formants ainsi que l'évolution de l'intensité dans la deuxième partie de la voyelle varient selon le point d'articulation de la consonne en coda. Aussi, nous avons relevé que le type de frontière syllabique influence la durée des segments analysés et les valeurs de f_0 mais ces résultats diffèrent entre les productions du sujet féminin et du sujet masculin.

KEYWORDS : unreleased final stops, Thai, acoustic cues, formant transitions, duration

ABSTRACT

Stop consonants are generally produced with a short and audible noise during the release phase, this noise is called burst. However, it has been shown that unvoiced stops in Thai do not have burst in coda position. Because of the lack of audible release makes difficult to identify the place of articulation of the consonant, it has been suggested that the information that allows for this discrimination is found in the second part of the vowel nucleus. This research aims to examine the compoment of various acoustic cues in the syllable and in the vowel-consonant transition in Thai. Our main hypothesis suggests that, during the realization of an unreleased stop, the duration of the segments (syllable, vowel, final consonant) and the cues present in the vowel-consonant transition differ ending on the place of articulation of the coda. Moreover, we hypothesize that the type of syllable boundary influences the acoustic realization of the segments (interword vs intraword). Our results show that the duration, the evolution of the first three formants as well as the evolution of the intensity in the second part of the vowel vary according to the articulation point of the consonant in coda. Additionally, we found that the type of syllabic boundary influences the duration of the segments and the values of f_0 . However, these results differ between the productions of the female and the male subject.