



Sorbonne
Nouvelle



Université Sorbonne Nouvelle – CNRS
École Doctorale 622 : Sciences du Langage
UMR7018 / Laboratoire de Phonétique et Phonologie

Thèse en vue de l'obtention du grade de
DOCTEUR EN PHONÉTIQUE

RÉSUMÉ SUBSTANTIEL

La voyelle apicale en Chinois Jixi-Hui : Phonologie et phonétique

Présentée par
Bowei SHAO

Sous la direction de
Rachid RIDOUANE

Soutenue à Paris le 23 octobre 2020 devant le jury composé de :

Rapportrice	Yiya CHEN	PR, Leiden University
Rapporteur	James SCOBIE	PR, Queen Margaret University Edinburgh
Examinatrice	Ioana CHITORAN	PR, Université de Paris
Examineur	Pierre HALLÉ	DR émérite, CNRS – Université Sorbonne Nouvelle
Examineur	Rudolph SOCK	PR, Université de Strasbourg
Directeur	Rachid RIDOUANE	DR, CNRS – Université Sorbonne Nouvelle

1	Introduction.....	4
1.1	Les « voyelles apicales » en langue chinoise : un bref aperçu	4
1.1.1	La voyelle apicale en chinois standard.....	4
1.1.2	La « voyelle apicale » dans les autres langues chinoises	6
1.2	La « Voyelle apicale » en chinois de Jixi	8
1.2.1	Les comportements phonologiques de la voyelle apicale en CJ.....	9
2	Expérience I : une étude acoustique.....	11
2.1	Locuteurs	11
2.2	Acquisition et analyse de données acoustiques.....	11
2.3	Résultats acoustiques	12
2.3.1	Examen visuel du bruit de friction.....	12
2.3.2	Analyse des structures formantiques.....	14
2.3.3	HNR de [i z].....	17
2.3.4	Taux de passage par zéro de tous les noyaux de syllabes	18
2.4	Résumé de l'étude acoustique	20
3	Expérience II : une étude d'imagerie ultrasonique de la langue.....	21
3.1	Acquisition et analyse des données	21
3.2	Résultats de l'analyse des données mi-sagittales	23
3.2.1	Patterns généraux d'articulation sur le plan mi-sagittal.....	23
3.2.2	Articulation de la syllabe [sz] sur le plan mi-sagittal.....	25
3.2.3	Voyelle apicale [z] précédée par les attaques labiales et les attaques coronales sur le plan mi-sagittal	27
3.3	Résultats de l'analyse des données coronale.....	28
3.3.1	Pattern général d'articulation coronale de la voyelle apicale [z]	28
3.3.2	Articulation de la syllabe [sz] sur le plan coronal.....	29
3.3.3	Voyelle apicale [z] précédée par les consonnes d'attaques labiales et les consonnes d'attaques coronales sur le plan coronal.....	31
3.4	Résultats articulatoires : les contours de la langue du [z] sur le plan mi-sagittal et coronal suggèrent une analyse de consonne fricative	32
4	Discussion générale et conclusion	32
4.1	Discussion sur l'implémentation phonétique de [z]	32
4.2	Les unités porteuses de ton dans les langues chinoises et dans CJ.....	35
4.3	Voyelle apicale : un exemple de la complexité des systèmes phonétique et phonologique	38
5	References.....	40

1 Introduction

Les langues chinoises sont connues pour avoir un ensemble spécifique de segments, appelés « voyelles apicales ». La nature phonétique et phonologique exacte de ces segments a fait l'objet d'un certain débat. Dans cette étude, nous nous intéressons à la voyelle apicale attestée en chinois de Jixi, une langue du groupe Huizhou parlée dans le sud de l'Anhui. Nous cherchons à déterminer si ce segment présente les caractéristiques phonétiques et phonologiques d'une voyelle ou d'une consonne. Nous fournissons des données phonétiques (à la fois acoustiques et ultrasoniques) et proposons que la voyelle apicale en CJ est mieux analysée comme une consonne syllabique, qui peut être réalisée soit comme approximante, soit comme fricative. Dans la suite de cette introduction, nous passons en revue, comme contexte de notre argumentation, le débat sur le statut des voyelles apicales en chinois standard (CS) et dans les autres langues chinoises.

1.1 Les « voyelles apicales » en langue chinoise : un bref aperçu

La terminologie « voyelles apicales » et les symboles non-IPA [ɿ ʅ] utilisés pour les transcrire sont attribués à Karlgren (1915). Ils ont été largement utilisés depuis lors par les chercheurs travaillant sur la phonétique et la phonologie des langues chinoises (R. Cheng 1966, C. Cheng 1973, Howie 1976, Svantesson 1984, Zee & Lee 2007, Shi, Peng & Liu 2015, Faytak & Lin 2015, Faytak 2018). La plupart des études sur les voyelles apicales sont basées sur le chinois standard ou le mandarin de Pékin, mais les voyelles apicales sont également attestées dans d'autres langues chinoises (Wu 1995, Wang 2006, Hu 2007, Hou 2009), et dans certaines langues sino-tibétaines non chinoises (Baron 1974, Michaud 2008, Wang 2010). La présence de voyelles apicales dans toutes ces langues a toujours été liée à un /i/ historique dans une certaine phase de l'évolution (Zhu 2004, Zhao 2007, Jacques & Michaud 2011, Gong 2016). Dans cette étude, nous faisons d'abord le point sur le statut des voyelles apicales en chinois standard, avant de parler des autres langues chinoises.

1.1.1 La voyelle apicale en chinois standard

Le chinois standard (CS) a deux voyelles apicales [ɿ] et [ʅ]. Elles sont considérées comme des variantes allophoniques de /i/ : [ɿ] apparaît après les fricatives dento-alvéolaires, et [ʅ] apparaît après les fricatives rétroflexes (R. Cheng 1966, C. Cheng 1973). Cette distribution complémentaire est résumée dans la Table 1.

Table 1 Distribution des voyelles apicales et [i] en chinois standard.

	ç tç tç ^h	s ts ts ^h	ʂ tʂ tʂ ^h
i	çi tçi tç ^h i		
ɿ		sɿ tsɿ ts ^h ɿ	
ʅ			ʂɿ tʂɿ tʂ ^h ɿ

Les voyelles apicales en CS sont toujours homorganiques des consonnes précédentes. Par exemple, la « voyelle apicale dentaire » [ɿ] est homorganique de [s] et la « voyelle apicale rétroflexe » [ɿ̤] est homorganique de [ʂ]. Les images radiographiques présentées par Zhou et Wu (1963) montrent que [s] et [ɿ] ont le même geste de la pointe de la langue et la même constriction alvéolaire, et que [ʂ] et [ɿ̤] ont la même pointe de langue relevée et la même constriction post-alvéolaire (voir aussi C. Cheng 1973). Une autre caractéristique importante des voyelles apicales est qu'elles contiennent du bruit de friction (Trubetzkoy 1969, Ladefoged et Maddieson 1996). Trubetzkoy (1969 : 171) décrit ces segments comme « *a type of vowel with a much lesser degree of aperture and with a much more fronted position of articulation than, for example, i, so that a frictionlike noise resembling a humming is audible in its production* ». Dans le même ordre d'idées, Ladefoged et Maddieson (1996 : 314) notent que les voyelles apicales sont « *made with the tongue in essentially the same position as in the corresponding fricatives* » et qualifient ces segments de « voyelles fricatives ».

En raison de leur propriété homorganique et du bruit de friction audible qui les accompagne, les voyelles apicales en CS ont également été analysées comme des « consonnes fricative » et transcrites à l'aide des symboles [z] et [z̤] (Dell 1994, Wiese 1997, Yu 1999, Duanmu 2007). Selon Yu (1999), la présence de bruit de friction à haute fréquence dans la région des 4000-7000 Hz, est l'indication définitive de la propriété sibilante des « voyelles apicales ». D'un point de vue phonologique, Dell (1994) interprète les voyelles apicales comme la prolongation vocale des attaques de la syllabe. Pour Wiese (1997) et Duanmu (2007 : 44), la propriété homorganique des voyelles apicales est le résultat d'une propagation des traits phonologiques : les traits coronaux (y compris [+fricatives]) de l'attaque sibilante sont propagés dans le noyau de la syllabe, qui est vide.

L'analyse des « voyelles apicales » en tant que fricatives a été remise en question par certaines études récentes qui proposent que ces segments soient mieux analysés en tant qu'approximantes (Lee & Zee 2003, Lee-Kim 2014). Dans leur description IPA de SC, Lee et Zee (2003), qui utilisent le symbole [ɿ] pour transcrire les deux voyelles apicales, les décrivent comme « *syllabic apical post-alveolar approximant* » et « *syllabic apico-laminal or laminal denti-alveolar approximant* ». Dans son analyse acoustique et articulatoire des voyelles apicales CS (2014), Lee-Kim montre que les voyelles apicales sont effectivement homorganiques des attaques sibilantes avec une racine de langue légèrement rétractée pour [ɿ] et un dos de langue légèrement abaissé pour [ɿ̤], mais n'ont pas ou très peu de bruit de friction ; le très court bruit de friction observé est attribué à un simple chevauchement gestuel entre les attaques sibilantes et les segments apicaux homorganiques. Sur la base de ces observations, Lee-Kim affirme que les voyelles apicales sont des approximantes dentales et rétroflexes syllabiques, qu'elle transcrit respectivement avec les symboles [ɿ] et [ɿ̤].

Les quatre analyses différentes sur les « voyelles apicales » (*i.e.*, la voyelle apicale, la voyelle fricative, la consonne fricative et la consonne approximante) semblent dépendre de l'application de critères phonologiques ou phonétiques. L'analyse des voyelles, qu'elles soient apicales ou fricatives, est essentiellement basée sur leur comportement phonologique : (i) elles sont allophoniques à la voyelle /i/ ; (ii) elles fonctionnent comme des noyaux de

syllabe¹ ; et (iii) elles peuvent être des unités porteuses de ton. Ce point de vue est phonologiquement commode car il est conforme à la structure habituelle des syllabes de SC, en ce sens que le noyau d'une syllabe doit contenir une voyelle. Dans ce point de vue, la présence acoustique d'une structure de formant claire dans les voyelles apicales est une preuve supplémentaire pour une analyse des voyelles, et le dos de la langue élevé est considéré comme un geste vocalique (C. Cheng 1973). Cependant, l'analyse des voyelles est phonétiquement peu pratique puisqu'elle ne peut expliquer la présence du bruit de friction. L'analyse des « voyelles fricatives », soutenue par Ladefoged et Maddieson (1996 : 314), est une tentative d'unifier le comportement phonologique (*i.e.*, « voyelle ») et l'implémentation phonétique (*i.e.*, « fricative »). Mais selon Ladefoged et Ferrari (2012 : 26), qui disent qu'une voyelle serait « *any sound occurring in the middle of a syllable, provided that it is produced without any kind of obstruction of the outgoing breath* », les « voyelles fricatives », produites avec du bruit de friction, ne répondent pas à cette définition.

L'analyse des « voyelles apicales » en tant que « fricatives syllabiques » est principalement basée sur des observations phonétiques, c'est-à-dire sur la présence acoustique du bruit de friction. Mais cette analyse, pourrait-on dire, est phonologiquement peu naturelle, puisqu'elle suppose qu'une voyelle sous-jacente (ici /i/) a des consonnes comme variantes allophoniques (Wiese 1997). Elle suppose également que les consonnes fricatives des syllabes [sz ʂz] sont des unités porteuses de ton, ce qui constitue une exception frappante au comportement des autres obstruantes dans la langue.

L'analyse de l'« approximante syllabique » est également basée sur des observations phonétiques. Elle rend compte de la légère différence d'articulation de la forme de la langue entre les attaques sibilantes et la « voyelle apicale », et explique ainsi l'absence de bruit de friction dans certains cas. Mais l'absence de bruit de friction n'est pas constante dans toutes les études. Lee-Kim (2014) a observé peu ou pas de bruit de friction sur les voyelles apicales, tandis que d'autres chercheurs ont signalé une importante variation entre locuteurs (Yu 1999, Faytak & Lin 2015). Lorsque du bruit de friction est observé, il est généralement limité au tout début du segment et dure très peu de temps. Cela suggère, selon Lee-Kim (2014), que ce bruit de friction est le résultat d'un chevauchement gestuel entre les sibilantes en attaque et les « voyelles apicales » homorganiques suivantes.

En résumé, la principale difficulté rencontrée dans l'analyse des « voyelles apicales » en CS est que leur implémentation phonétique ne correspond pas à leur comportement phonologique : la première fournit des preuves pour une analyse de consonne tandis que la seconde fournit des arguments pour une analyse de voyelle. Les chercheurs travaillant sur les « voyelles apicales » dans d'autres langues chinoises ont été confrontés au même dilemme.

1.1.2 La « voyelle apicale » dans les autres langues chinoises

Le chinois de Hefei 合肥话 (CH) est un dialecte mandarin du groupe Jianghuai-Mandarin 江淮官话 (Li, Xiong & Zhang 1987). Il comporte une voyelle apicale [ɿ] qui est

¹ Le noyau d'une syllabe en CS est presque toujours une voyelle, seuls des cas très marginaux de consonnes syllabiques telles que [m n ŋ] ont été signalés (Duanmu 2007 : 34).

analysée phonologiquement comme une variante contextuelle de /i/, comme dans SC. Cependant, contrairement au SC, [ɿ] dans le CH n'est pas toujours précédée d'une attaque homorganique. Elle peut être précédée de [p p^h m] en plus des consonnes [s ts ts^h] (Wu 1995). Au niveau phonétique, l'étude expérimentale de Hou (2009) observe que la voyelle apicale de CH présente un fort bruit de friction à haute fréquence dans la région de 3000-5000 Hz et que le bruit de friction ne se poursuit pas jusqu'à la fin du segment. Hou (2009) considère les voyelles apicales comme des voyelles fricatives 带擦元音, mais ne fournit pas d'autre discussion sur sa nature de fricative.

Le chinois de Qinghai (CQ) 青海方言 est un dialecte mandarin du groupe Lanyin-Mandarin 兰银官话 (Li et al. 1987). Il comporte également une voyelle apicale [ɿ] qui peut être précédée par des consonnes [p p^h m l s ts ts^h] (Wang 2006). Phonologiquement, elle est allophonique à /i/. Les deux allophones, à savoir [ɿ i], semblent être des variantes libres de CQ. Tout comme pour le CH, [ɿ] dans le CQ n'est pas systématiquement homorganique de la consonne d'attaque précédente, car elle ne partage pas le même lieu d'articulation avec [p p^h m]. Nous ne disposons d'aucune publication sur les aspects phonétiques pour le CQ.

Un cas intéressant a été observé en chinois de Suzhou 苏州话 (CSZ), une langue chinoise du groupe Wu 吴 (Li et al. 1987). La description de ce dialecte montre qu'il possède deux voyelles apicales, une arrondie [ʏ] et une non arrondie [ɿ], toutes apparaissant après des attaques sibilantes [s ts ts^h z] (Ye 1993). Il est intéressant de noter que ces voyelles apicales sont des phonèmes indépendants qui contrastent avec /i/, comme le montre le triplet minimal suivant : /sɿ³¹⁵/ 四 « quatre » vs. /sʏ³¹⁵/ 世 « monde » vs. /si³¹⁵/ 细 « petit ». Au niveau phonétique, Faytak (2018 : 45) note qu'elles « *have an apico-alveolar constriction similar to a /z/ and could be transcribed as syllabic rounded and unrounded alveolar fricatives with a loose degree of constriction, i.e., syllabic, lowered [z], [zw]; both exhibit noticeable strident frication with a [z]-like quality* ». L'analyse acoustique et les données d'EMA de Ling (2009) montrent que les deux voyelles apicales présentent des valeurs F1 et F2 similaires, qu'elles présentent un bruit de friction dans la région de 3000-8000 Hz, et qu'elles ont une forme de langue plate ou concave similaire et une même constriction apicale-alvéolaire.

Comme on peut le déduire des rapports ci-dessus, les « voyelles apicales » ne présentent pas une nature et un comportement identiques dans les différentes langues chinoises. Selon le dialecte, elles peuvent avoir une distribution plus ou moins restreinte et elles peuvent être phonémiques ou non phonémiques. Selon le dialecte, et parfois aussi selon le locuteur, les voyelles apicales peuvent présenter du bruit de friction plus ou moins important. Dans la présente étude, nous nous appuyons sur ces observations et apportons une nouvelle contribution empirique au débat sur la nature des « voyelles apicales » dans un autre dialecte chinois, le chinois de Jixi 绩溪话 (CJ). Nous introduisons d'abord quelques caractéristiques phonologiques de la voyelle apicale dans ce dialecte, avant de fournir deux expériences de production destinées à examiner les caractéristiques acoustiques et articulatoires de ces segments. Le but des deux expériences est de déterminer si la voyelle apicale en CJ a les propriétés d'une voyelle ou d'une consonne. Nous adoptons le symbole [z] pour transcrire ce

segment, suivant les travaux de Dell (1994), Wiese (1997), Yu (1999), Duanmu (2007) et les directives de symbole API².

1.2 La « Voyelle apicale » en chinois de Jixi

Le CJ est une langue chinoise du groupe Hui 徽, parlée dans le district de Jixi, dans la province de l'Anhui 安徽省. Il existe deux grandes variantes, la variante Lingnan 岭南 et la variante Lingbei 岭北. Le centre administratif du district est situé dans la ville de Huayang 华阳镇, où l'on parle la variante Lingnan. Les descriptions existantes (Luo 1936, Zhao 1989, Hirata 1998, Zhao 2003) et la présente étude sont toutes basées sur cette variante. Selon la description la plus récente (Zhao 2003), le système vocalique du CJ présente huit voyelles orales monophthongues (à l'exclusion de la voyelle apicale), comme le montre la Figure 1.

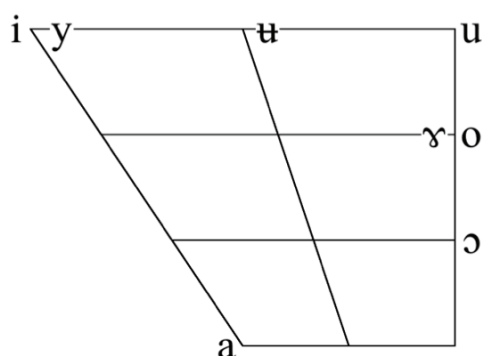


Figure 1 Voyelles orales monophthongue du CJ selon Zhao (2003), la voyelle apicale, représentée par le symbole /ɿ/ dans la description de Zhao, n'apparaît pas dans cette figure. La voyelle /ɿ/ est transcrite comme /ə/ dans la description de Zhao mais nos données acoustiques et ultrasoniques montrent qu'elle est mieux transcrite comme /ɿ/.

Les consonnes de CJ sont présentées dans la Table 2 (Zhao 2003). La plosive glottale [ʔ] est différente de toutes les autres consonnes, car elle n'apparaît qu'en position coda et la durée de la syllabe est plus courte que celle des syllabes ouvertes. Cette syllabe courte se comporte comme ayant un ton et est considérée comme un « ton d'entrée ». Toutes les autres consonnes apparaissent en position attaque d'une syllabe. Parmi les consonnes d'attaque, Zhao (2003) reconnaît que trois d'entre elles peuvent être des consonnes syllabiques : [v m n]. La syllabe /vu/ est produite comme consonne syllabique [ɥ], et les nasals syllabiques [m̩ n̩] ne sont pas limités aux interjections, comme le montrent les exemples en (1). Il est à noter que les syllabes [m̩ n̩] ne sont pas développées lexicalement, bien que les éléments lexicaux présentés en (1) soient très fréquents. Le syllabique [ɥ], bien que non phonémique, est très développé dans le lexique.

² Bien que les symboles [ɿ ʅ] soient largement utilisés dans les descriptions des langues chinoises, ils ne sont pas acceptés par l'API. Les principes de 1949 de l'API (International phonetic association 2010) considèrent [ɿ] comme un « son de type u accompagnant la friction », donc « ressemblant à z », et [ʅ] « accompagnant la friction et ressemblant à 3 ». Pullum et Ladusaw (1996) pensent que [ɿ] est « essentiellement un [z] syllabique » et [ʅ] « essentiellement un [ʒ] syllabique ou peut-être [ʒ] syllabique ».

- (1) ɥ↘ 五 « cinq »
 n↘ 你 « tu » m↘ 母 « femelle » ou « mère »

Table 2 Consonants of Jixi-Hui Chinese according to Zhao (2003).

	Bilabial	Labiodental	Alvéolaire	Alvéolo-palatal	Palatal	Vélaire	Glottal
Plosive	p p ^h		t t ^h			k k ^h	ʔ
Affriquée			ts ts ^h	tɕ tɕ ^h			
Nasal	m		n	ɲ		ŋ	
Fricative		f	s	ɕ		x	
		v					

Dans la description de Zhao (2003), il n'y a pas de consonne latérale [l] ; mais Luo (1936) a noté que [l] existe comme variante allophonique de /n/. Dans notre étude actuelle, nous avons remarqué que [n] précède la voyelle apicale [z] et que [l] précède [i ʉ u a]. Le CJ a six tons, dont un ton d'entrée, comme présenté dans la Table 3.

Table 3 Les tons du CJ selon Zhao (2003), représentés en lettres de ton (Chao 1930) et en symboles de ton API. Les syllabes contenant la voyelle apicale [z] apparaissent sur les cinq tons mélodiques et sont lexicalement productives, représentant 7,2% des entrées monosyllabiques du dictionnaire (Zhao 2003).

	Ton 1	Ton 2	Ton 3	Ton 4	Ton 5	Ton 6 (d'entrée)
letter de ton	31	44	213	35	22	32
API	↘	↑	↘	↑	↓	↓

1.2.1 Les comportements phonologiques de la voyelle apicale en CJ

La voyelle apicale [z] dans CJ se comporte différemment des voyelles apicales de CS. Premièrement, [z] dans CJ peut être précédé de [p_ p^h_ m_ n_] en plus de [ts_ ts^h_ s_], ce qui montre qu'elle n'est pas toujours homorganique de son attaque de syllabe. Comme le montrent les exemples du (2), [z] peut également former une syllabe en soi :

- (2) pz²¹³ 比 « comparer » p^hz²¹³ 被 « couette » mz²¹³ 米 « riz »
 nz²¹³ 里 « dedans » sz²¹³ 死 « mourir » tsz²¹³ 紫 « violet »
 ts^hz²¹³ 此 « ici, ceci » z²¹³ 椅 « chaise »

Deuxièmement, [z] est un phonème distinct, qui peut contraster avec /i/ et d'autres voyelles, comme le montrent les paires et triplets minimaux dans (3)³ :

- (3) sz²¹³ 死 « mourir » vs. si²¹³ 洗 « laver »
 tsz²¹³ 紫 « violet » vs. tsi²¹³ 走 « marcher »
 ts^hz²¹³ 此 « ici » vs. ts^hi²¹³ 丑 « moche »
 pz³¹ 屌 « génital (f.) » vs. pi³¹ 碑 « stèle »
 mz²¹³ 米 « riz » vs. mi²¹³ 美 « beau »
- pz³⁵ 闭 « fermer » vs. pa³⁵ 背 « dos » vs. pɥ³⁵ 簸 « vanner »
 p^hz³⁵ 屁 « pet » vs. p^ha³⁵ 配 « assortir » vs. p^hɥ³⁵ 破 « casser »
 mz²¹³ 米 « riz » vs. ma²¹³ 每 « chaque » vs. mɥ²¹³ 某 « quiconque »
 nz³³ 泥 « boue » vs. na³³ 来 « venir » vs. nɥ³³ 罗 « tamis »

Comme les voyelles apicales dans CS, [z] dans CJ peut être une unité porteuse de ton et peut subir des processus de sandhi tonal. C'est ce que montre les exemples en (4) :

- (4) /sz³¹/ « ouest » +/tsō³¹/ « habit » →[sz³³tsō³¹] 西装 « costume »
 /ts^hz³⁵/ « vapeur » +/tɛ^hɔ³¹⁴/ « véhicule » →[ts^hz⁴⁴tɛ^hɔ³¹] 汽车 « voiture »
 /p^hz²²/ « préparer » +/t^ha³¹/ « pneu » →[p^hz⁵³t^ha³¹] 备胎 « pneu de rechange »

Pour résumer, le comportement phonologique de /z/ dans CJ est similaire au comportement des voyelles lexicales, avec lesquelles il peut contraster. Comme pour les voyelles, elle peut être une unité porteuse de ton et peut subir des processus de « sandhi tonal ». Mais ces propriétés sont-elles suffisantes pour justifier une analyse de voyelle pour ce segment ? Comme nous le montrons, sur la base des données acoustiques et ultrasoniques, l'implémentation phonétique de ce segment prouve qu'il est préférable de l'analyser comme une consonne fricative voisée. Nous fournirons une explication possible du décalage entre le comportement phonologique de /z/ et ses caractéristiques phonétiques. Ce faisant, nous discuterons de la possibilité d'analyser toutes les voyelles apicales des langues chinoises en tant que fricatives syllabiques et fournirons les raisons pour lesquelles elles varient entre une configuration de type fricative et une configuration de type approximante.

³ Les paires [pz³¹ mz²¹³] et [pi³¹ mi²¹³] ont été signalées par Zhao (1989, 2003). Mais les locuteurs enregistrés dans cette étude ne prononcent pas [pi³¹ mi²¹³] mais [pa³¹ mē²¹³] respectivement. On dit que ces syllabes n'existent pas dans l'accent de la « ville » (c'est-à-dire la ville de Huayang).

2 Expérience I : une étude acoustique

2.1 Locuteurs

Les locuteurs du CJ sont recrutés selon des critères stricts afin de limiter les éventuelles variations dialectales : ils doivent être nés et avoir grandi dans la ville de Huayang, leurs deux parents étant également nés dans la même ville ; ils doivent vivre dans la ville de Huayang et parler le CJ quotidiennement dans leur vie professionnelle et personnelle ; et leur âge doit être d'environ 50 ans. Comme les locuteurs de CJ comprennent et parlent tous le CS, comme c'est le cas pour presque tous les Chinois vivant dans une ville, nous avons sélectionné uniquement ceux qui parlent le CJ dans des contextes professionnels et non professionnels afin de limiter l'influence du CS. Cinq locutrices (labellisées FS1 à 5) et cinq locuteurs (labellisés MS1 à 5) correspondant à ces critères ont été choisis pour participer à nos séances d'enregistrement. L'âge moyen de tous les locuteurs était de 49 ans ($\pm 3,8$). Aucun d'entre eux n'a signalé d'anomalies liées à la parole. Ils se connaissent tous et se considèrent comme des locuteurs natifs de CJ, sans accent.

2.2 Acquisition et analyse de données acoustiques

Les données acoustiques ont été enregistrées avec un micro-casque hypercardioïde (AKG C520), une carte son externe (Edirol UA25) et Audacity (v 2.1.0) sur un ordinateur portable. Nous avons accès au studio insonorisé de la chaîne de télévision locale pour nos séances d'enregistrement. Les locuteurs étaient assis sur une chaise et nous leur avons demandé de lire une liste des mots contenus dans une phrase cadre à un rythme de parole normal.

La liste des mots utilisés pour l'acquisition de données acoustiques (voir annexe 1) contient [p_ p^h_ m_ n_ s_ ts_ ts^h_] comme attaques et [z i u a ʌ] comme noyaux. Avec des tons différents, ils forment des syllabes qui sont de vrais mots, présentés aux locuteurs en caractères chinois. Les locuteurs ont été invités à lire les mots dans une phrase cadre [ki⁴⁴ʈʂ²¹³_ ʈʂ²¹³so⁴⁴fa⁴⁴] « Il/Elle écrit _ trois fois ». La liste complète a été répétée cinq fois pour chaque locuteur, ce qui a donné 2150 syllabes cibles ([z] : 550, [i] : 400, [u] : 450, [a] : 350, [ʌ] : 400). Les données enregistrées ont été segmentées et annotées dans Praat (Boersma & Weenink 2018). Il n'a pas toujours été facile de déterminer la limite exacte entre une attaque sibilante et la voyelle apicale suivante, car il n'y a pas de limite clairement observable entre les deux. Nous avons étiqueté nos données en prenant le premier *pulse* détecté par Praat comme le début du voisement de la voyelle apicale. Ceci est illustré dans la Figure 2.

Les paramètres acoustiques suivants ont été examinés :

1. Présence ou absence de bruit de friction ;
2. Les valeurs des formants de [a i u ʌ] et [z] (F1, F2 et F3) ;
3. Le rapport harmonique/bruit (HNR) de [a i u ʌ] et [z] ;
4. Le taux de passage par zéro (ZCR) de [a i u ʌ] et [z].

Un script a trisécté tous les segments vocaliques et a calculé les valeurs moyennes des formants de la partie centrale des segments cibles. La fréquence maximale du calcul des formants a été fixée à 5500 Hz pour les femmes et 5000 Hz pour les hommes. Le taux de passage par zéro (ZCR) par seconde a été calculé avec Praat sur tous les segments vocaliques avec une fenêtre de 40 ms. Cinquante-deux points de données, comprenant les *onsets* vocaliques, les *offsets* vocaliques et 50 points entre les deux, ont été extraits et analysés afin de représenter la tendance générale du ZCR pendant les segments vocaliques. Le rapport harmonique/bruit (HNR) a été obtenu avec l’algorithme HNR de Praat (Boersma & Weenink 2018) pour /z/ et /i/ ; 52 points de données ont également été obtenus, y compris les *onsets*, les *offsets* et 50 points entre les deux.

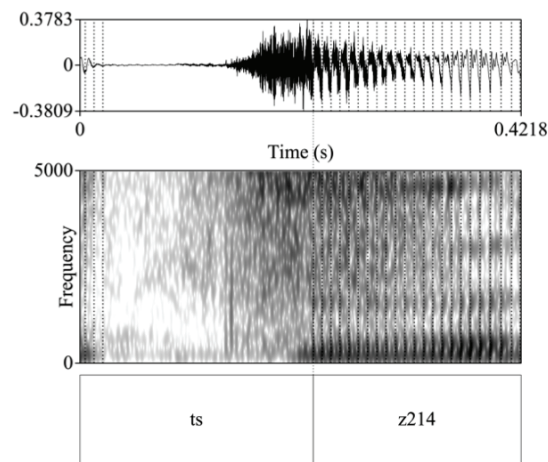


Figure 2 Illustration de la segmentation utilisée pour délimiter une attaque sibilante et une voyelle apicale dans [tsz²¹⁴] prononcée par FS3. Les lignes pointillées représentent les *pulses* détectées par Praat.

2.3 Résultats acoustiques

2.3.1 Examen visuel du bruit de friction

Comme indiqué ci-dessus, la présence de bruits de frictions sur les voyelles apicales dans les langues chinoises est très variable. Cette variabilité a été observée à la fois entre les dialectes et entre les locuteurs d’un même dialecte. Dans CJ, un examen approfondi des formes des signaux acoustiques et des spectrogrammes montre la présence d’un bruit de friction important pour tous les locuteurs, et dans tous de contextes. Quelques exemples sont présentés à la Figure 3, avec les voyelles apicales montrant le bruit de friction après [p], [n] et [m].

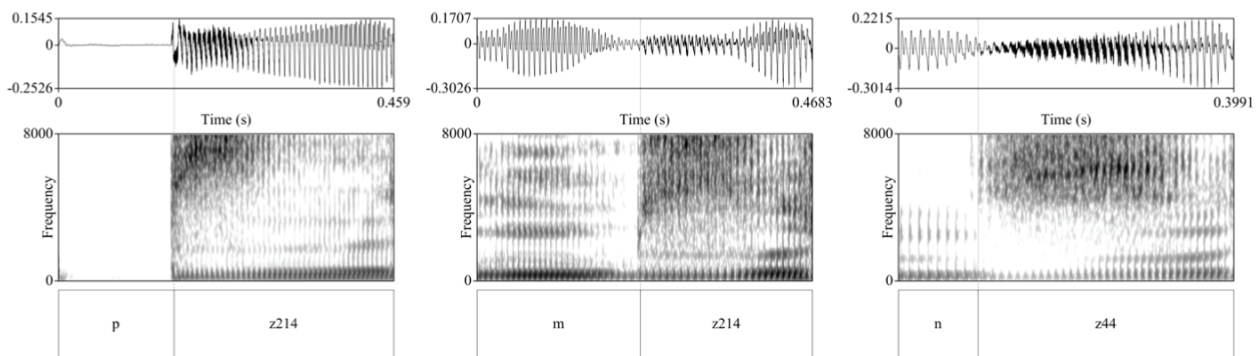


Figure 3 Voyelles apicales contenant du bruit de friction en CJ. Les syllabes [pz²¹⁴, nz⁴⁴, mz²¹⁴] proviennent respectivement de FS1, MS3 et MS2.

Ces exemples ont été choisis à titre illustratif afin d'illustrer que la nature de la consonne précédente n'affecte pas la présence du bruit de friction. Étant donné que la plosive labiale [p] et les nasales [n m] n'ont objectivement pas de bruit de friction à propager, le bruit de friction observé sur la voyelle apicale [z] dans ce contexte ne peut pas être considéré comme la prolongation des consonnes d'attaque. Ce bruit de friction est également systématiquement superposé au voisement, ce qui suggère que la présence d'un bruit de friction n'empêche pas le voisement de la voyelle apicale.

Les données montrent que 87% des voyelles apicales ont été produites avec du bruit de friction. La présence de cette énergie dans les hautes fréquences a été observée au début du segment et à la première moitié de sa durée totale, et peut parfois s'étendre à la seconde moitié de la voyelle apicale. Il est intéressant de noter que le bruit de friction ne s'étend jamais jusqu'à la fin des voyelles apicales. Lorsque le bruit de friction diminue, les formes des signaux périodiques deviennent plus claires et les structures de formants sont clairement visibles sur les spectrogrammes.

C'est également un fait que les voyelles apicales dans nos données ont parfois été produites avec beaucoup moins de bruit de friction ou presque sans bruit de friction. Mais cela ne concernait que 13% de nos données. Dans la Figure 4, nous pouvons voir des exemples illustratifs dans lesquels la structure des formants est claire du début de la voyelle apicale à la fin de la syllabe.

L'observation générale est que la voyelle apicale dans CJ ressemble aux voyelles apicales de CH et de CSZ, et diffère des voyelles apicales de CS. Comme nous l'avons déjà dit, la présence d'un bruit de friction dans CJ ne peut pas être attribuée à l'influence des consonnes d'attaque précédentes, car ce bruit de friction est également observé dans la voyelle apicale suivant la labiale /p/ ou les nasales /n m/. Cela suggère que la présence du bruit de friction dans la voyelle apicale dans CJ est une propriété inhérente à ces segments. Cela fournit également des preuves contre l'analyse de ces segments en tant que voyelle, puisque les voyelles ne sont normalement pas censées présenter un bruit de friction aussi abondant. Une analyse plus détaillée concernant la présence de bruit de friction dans

différents contextes consonantiques et chez différents locuteurs est présentée dans la section 2.3.3.

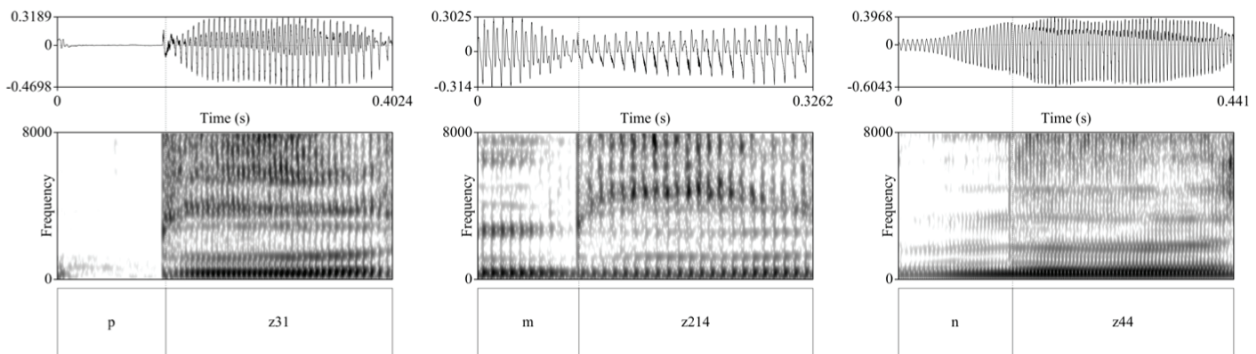


Figure 4 Voyelles apicales en CJ contenant moins de bruits de frictions, voire aucun. [p^{z31} n^{z44} m^{z214}] proviennent respectivement de MS2, FS1 et MS4.

2.3.2 Analyse des structures formantiques

Nous avons calculé les valeurs moyennes des formants de la partie du milieu de la voyelle apicale [z], où le bruit de friction commence à diminuer et où une structure claire des formants devient visible. Les valeurs obtenues ont été comparées aux valeurs des formants des autres voyelles prises également dans la partie du milieu. Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure 5 et la Figure 6. Dans la Figure 5, nous pouvons voir que la voyelle haute [ɨ] a des valeurs F1 stables mais des valeurs F2 plus variables. Il en résulte que les formants de [z] chevauchent largement ceux de [ɨ], en particulier pour les locuteurs masculins qui ont un espace vocal relativement plus petit. La même observation peut être faite à partir de la Figure 6, qui montre que [z] et [ɨ] ont des structures de formants très similaires, en particulier pour les locuteurs masculins.

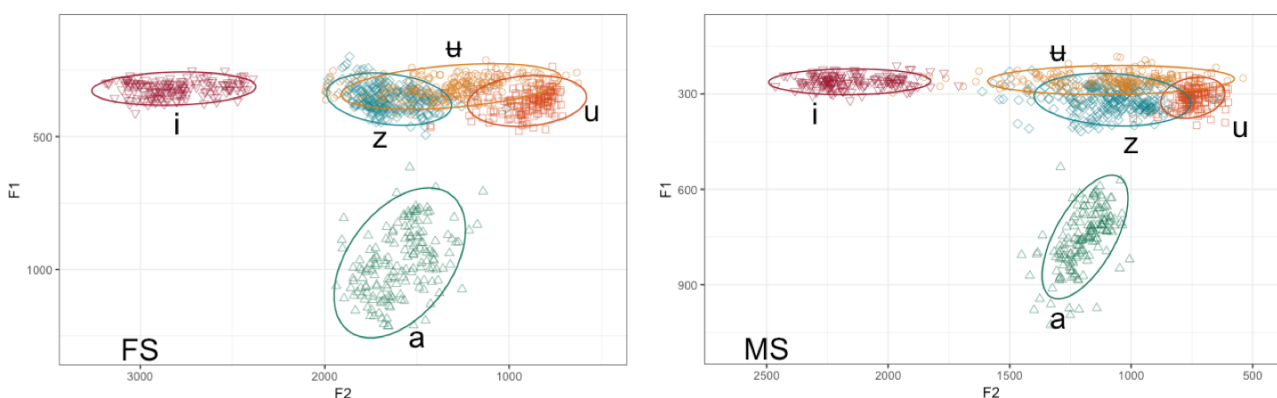


Figure 5 Nuage des points des valeurs des formants de [i u a ɨ z] du CJ. Les points de données représentent les valeurs moyennes de la partie du milieu de chaque segment, avec des ellipses de confiance à 95 %. Les locuteurs féminins (FS) sont à gauche et les locuteurs masculins (MS) à droite.

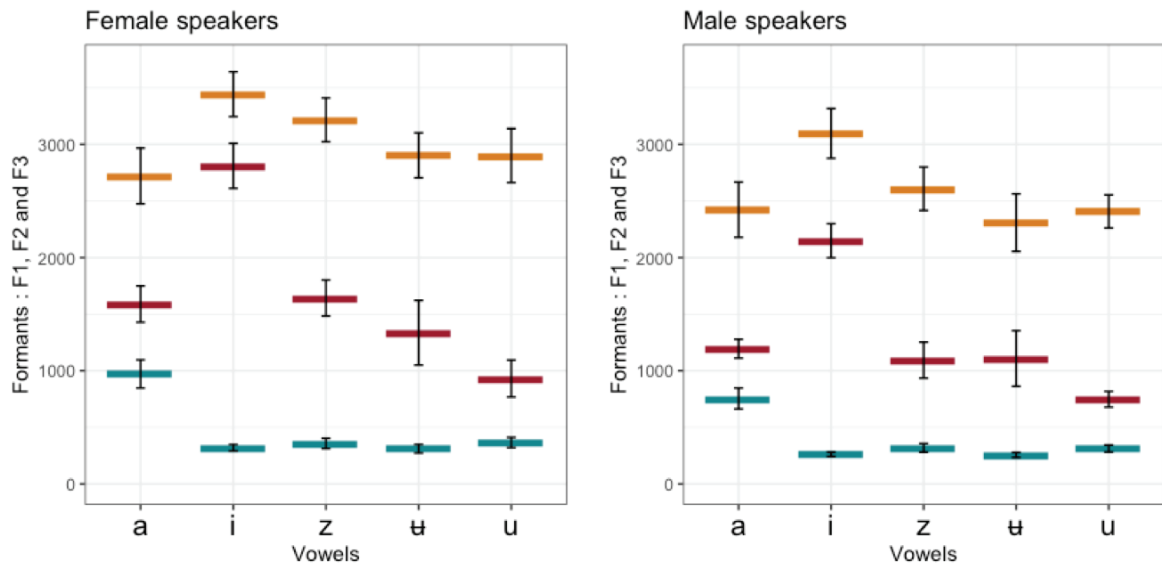


Figure 6 Structure des valeurs des formants de [i u a ʌ z] du CJ. Les barres horizontales épaisses représentent respectivement F1, F2 et F3 pour chaque segment ; les barres d'erreur représentent l'écart-type de chaque formant.

Nous avons effectué des tests statistiques sur les valeurs formantiques des segments [z u ʌ]. Nous avons effectué des tests one-way ANOVA sur les valeurs F1, F2, F3 respectivement, puis nous avons utilisé les tests post-hoc Student-Newman-Keuls et TukeyHSD pour faire ressortir le schéma interne des trois segments. Les résultats sont présentés dans la Table 4. Ils montrent que [u] et [z] présentent des valeurs F1 significativement similaires pour tous les locuteurs, et que [u] et [z] ont des valeurs F1 plus élevées que [ʌ]. Ils confirment également que pour les hommes, les valeurs F2 de [ʌ] et [z] ne sont pas significativement différentes. La similarité de la structure des formants entre [z] et [ʌ] est intéressante dans la mesure où elle peut entraîner une ressemblance perceptive entre les deux catégories. Comme nous le verrons plus loin, la présence du bruit de friction sur [z] pourrait être interprétée comme un attribut amélioratif permettant de maximiser la distance perceptive entre les catégories [z] et [ʌ].

Nous avons comparé nos données aux données obtenues dans plusieurs études sur les langues chinoises, afin de vérifier si les voyelles apicales de ces langues partagent la même structure formantique. Comme nous pouvons le voir dans la Table 5, les structures formantiques de tous les [z] sont pratiquement identiques dans les différentes variétés. Il existe également une similitude entre la voyelle apicale [z] et la consonne [z] mesurée en anglais et en polonais. Sur la base de cette similitude qualitative, nous soutenons qu'il existe une base phonétique pour identifier les voyelles apicales dans les langues chinoises comme un même segment utilisant le même symbole.

Table 4 Résultats statistiques des tests de One-way ANOVA, les tests post-hoc Student-Newman-Keuls (SNK) et TukeyHSD sur les valeurs formantiques de [z u ʊ] en CJ. FS désigne les locuteurs féminins et MS les locuteurs masculins ; les tests post-hoc SNK sont présentés avec la hiérarchie des valeurs moyennes des formants (Hz).

		one-way ANOVA	SNK	TukeyHSD	
				Pair	<i>p</i>
FS	F1	$F(2,630)=89.12, p=0$	[u]366 = [z]358 > [ʊ]311	z-ʊ	<0.001
				z-u	=0.14
				u-ʊ	<0.001
FS	F2	$F(2,630)=625.2, p=0$	[z]1643 > [ʊ]1336 > [u]932	z-ʊ	=0
				z-u	=0
				u-ʊ	=0
FS	F3	$F(2,630)=172, p=0$	[z]3217 > [ʊ]2904 = [u]2901	z-ʊ	<0.001
				z-u	<0.001
				u-ʊ	=0.99
MS	F1	$F(2,616)=239.4, p=0$	[z]319 = [u]313 > [ʊ]256	z-ʊ	<0.001
				z-u	=0.19
				u-ʊ	<0.001
MS	F2	$F(2,616)=244.5, p=0$	[ʊ]1108 = [z]1094 > [u]748	z-ʊ	=0.69
				z-u	<0.001
				u-ʊ	<0.001
MS	F3	$F(2,616)=128.7, p=0$	[z]2608 > [u]2408 > [ʊ]2309	z-ʊ	<0.001
				z-u	<0.001
				u-ʊ	<0.001

Table 5 Valeurs moyennes des formants de différentes variantes de la voyelle apicale [z] dans les langues chinoises, comparées à la consonne [z] en anglais-américain et en polonais. Les points d’interrogation indiquent un sexe de locuteur inconnu. Les valeurs de notre étude actuelle sont en gras. CS signifie chinois standard, CJ signifie chinois de Jixi, et CSZ signifie chinois de Suzhou.

		F1	F2	F3	Langue	
Voyelle apicale	?	389	1232	2692	CS	Svantesson 1984
		320	1380	3140		
		300	1500	3140	CS	Howie 1976
		340	1320	3280		
		397	1296	2923	CS	Zee 2001
	M	344	1179	2741	CSZ	Ling 2009
		416	1190	2932	CS	Lee-Kim 2014
		374	1373	–	CS	Shi <i>et al.</i> 2015
		319	1094	2608	CJ	Present study
		376	1680	3501	CS	Zee 2001
		378	1405	3388	CSZ	Ling 2009
	F	515	1396	3272	CS	Lee-Kim 2014
		475	1581	–	CS	Shi <i>et al.</i> 2015
		357	1643	3217	CJ	Present study
Conso nne [z]	?	–	1570	2720	An-US	Jassem 1965
		–	1770	2870	Polonais	

2.3.3 HNR de [i z]

Comme nous l’avons montré dans la section 2.3.1, il existe du bruit de friction abondant sur les voyelles apicales dans CJ. Afin de quantifier le bruit de friction sur tous les segments vocaliques, nous avons adopté des mesures du rapport harmonique/bruit (HNR) et du taux de passage par zéro (ZCR) ; deux méthodes généralement utilisées lorsqu’il faut tenir compte à la fois de la friction et du voisement (voir Fuchs, Toda & Żygis 2010).

Le HNR est défini comme le rapport entre les composantes harmoniques et le bruit. En effet, plus la composante de bruit du signal est importante, plus le rapport est faible. Faytak (2015) a mesuré les valeurs HNR de [i z] en CS de manière dynamique ; les valeurs HNR ont été calculées sur la durée totale et présentées comme des variables dans le temps. Nous avons suivi la même méthode et obtenu les résultats présentés dans la Figure 7.

La différence est évidente lorsque l’on compare les valeurs HNR de [z] aux valeurs de [i]. Nous nous attendons à observer un faible HNR pour [z], reflétant à nouveau son signal

fricatif. Nos résultats montrent en effet que [z] a un HNR plus faible que [i]. Pour [i], le HNR augmente immédiatement après le début, et se maintient à un niveau élevé pendant toute la durée avant la partie descendante. Le HNR de [z] présente un schéma différent : il augmente progressivement jusqu'à atteindre son niveau le plus élevé dans la seconde moitié de sa durée totale, puis il diminue rapidement⁴. La tendance générale est que [i] a des valeurs HNR plus élevées que [z] pendant toute la durée de ces segments (les valeurs moyennes des deux segments, également indiquées dans la Figure 7, confirment cette tendance).

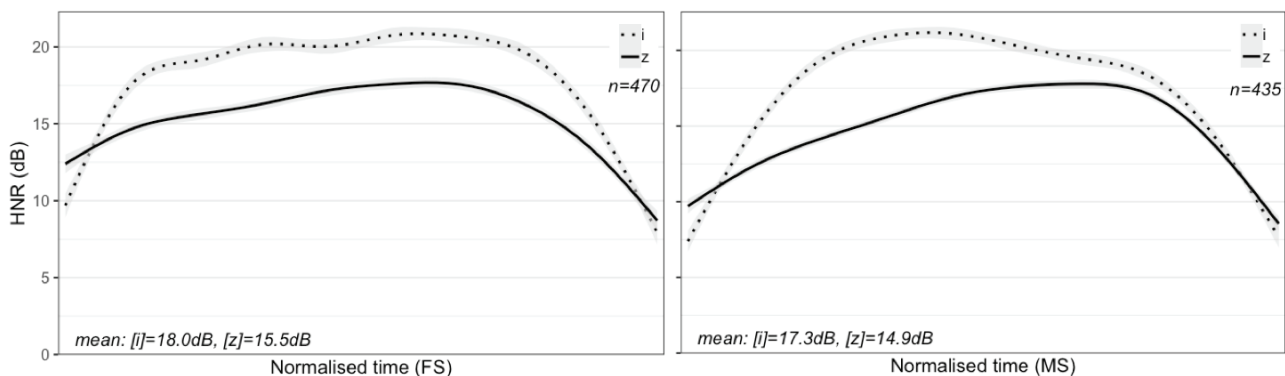


Figure 7 Rapport harmonique/bruit de [i z] en CJ. Les courbes ont été générées avec la méthode de lissage loess. L'axe des x représente le temps normalisé des segments vocaux et l'axe des y représente les valeurs HNR. Les locuteurs féminins à gauche et les locuteurs masculins à droite.

2.3.4 Taux de passage par zéro de tous les noyaux de syllabes

Bien que la mesure HNR puisse refléter correctement la différence de présence de bruit de friction entre [z] et [i], elle n'est pas optimale pour les données du CJ. La raison principale est que la partie initiale de [z] est beaucoup trop fricative et que les valeurs HNR obtenues pour cette partie ne sont souvent pas fiables. La mesure du ZCR est considérée comme une simple mesure de l'intensité du bruit de friction (Shosted 2006). Elle peut être appliquée aux bruits de frictions (Ito & Donaldson 1971), aux bruits de frictions nasalisées (Bombien 2006), ou aux voyelles aspirées (Gordeeva & Scobbie 2010). Nous considérons que cette mesure est plus adaptée dans le cas de la voyelle apicale CJ car elle permet une comparaison directe entre tous les noyaux de syllabes (supposés de nature phonétique différente) et permet de se focaliser sur le bruit de friction. Elle est également plus adaptée puisque la ZCR est pratiquement indépendante du volume du locuteur et apparemment moins dépendante du locuteur que l'analyse spectrale (Ito & Donaldson 1971).

Le ZCR est défini par le nombre de fois où le signal passe par la valeur zéro dans un intervalle de temps donné. Comme pour notre mesure HNR, nous présentons le ZCR comme une variable dans le temps. Nous nous attendons à observer un ZCR élevé lorsqu'il y a plus

⁴ La partie descendante des deux segments [i z] est probablement le résultat de la coarticulation. La consonne suivante est [ç] dans la phrase porteuse, ce qui devrait expliquer la chute rapide des valeurs HNR à la fin des deux segments [i z], et devrait également expliquer la phase ascendante des courbes ZCR dans les sections suivantes.

de bruit de friction (c'est-à-dire un signal non périodique) et un ZCR faible lorsqu'il y a moins de bruit de friction (c'est-à-dire un signal périodique).

Le schéma général correspond à notre attente. Le ZCR de tous les segments du noyau de la syllabe est illustré dans la Figure 8. Comme le montre clairement cette figure, [z] se comporte différemment des autres voyelles : il commence avec un ZCR très élevé, correspondant au bruit de friction observé au début du segment. La diminution du ZCR pendant [z] illustre la disparition graduelle du bruit de friction. Là encore, par rapport aux voyelles [a i u ʊ], la présence d'un bruit de friction sur [z] plaide en faveur d'une analyse de consonne fricative plutôt que d'une analyse de voyelle.

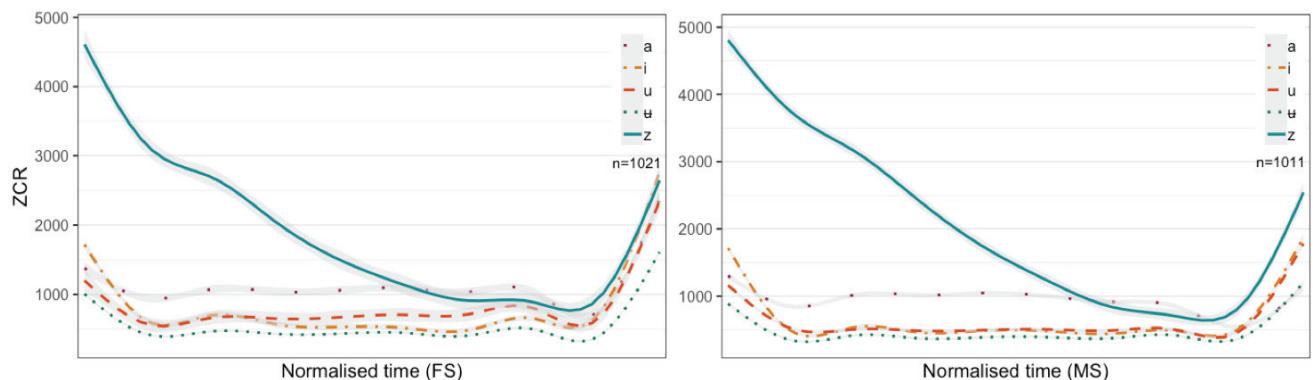


Figure 8 Taux de passage à zéro (ZCR) de [a i u ʊ z] en CJ. Les courbes ont été générées avec la méthode de lissage loess. L'axe des x représente le temps normalisé des segments vocaliques et l'axe des y représente les temps de passage à zéro par seconde. Les locutrices à gauche et les locuteurs à droite.

Puisque le [z] dans CJ peut être précédé par des sibilantes coronales [s ts ts^h], ainsi que par des consonnes labiales [p p^h m] et coronales nasales [n], il est nécessaire d'examiner la relation entre la présence de bruit de friction et la nature de la consonne précédente. Les résultats montrant cette relation sont présentés dans la Figure 9.

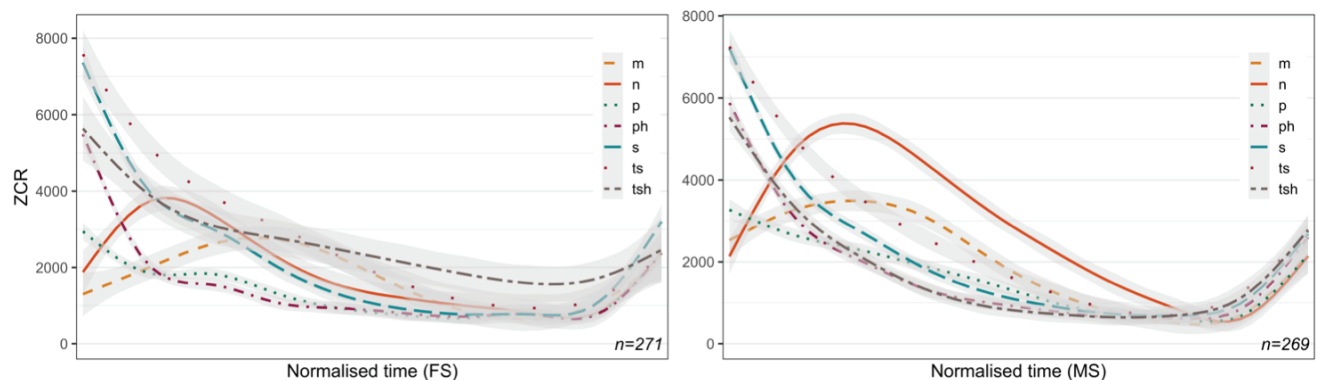


Figure 9 ZCR de [z] dans différents contextes consonantiques en CJ. Les courbes ont été générées avec la méthode de lissage loess, l'axe des x représente le temps normalisé des segments [z] et l'axe des y représente les temps de passage par zéro par seconde, les locutrices à gauche et les locuteurs à droite.

Selon la Figure 8, le ZCR de [i ʌ u] devrait être inférieur à 1000 fois par seconde, et celui de [a] devrait être d'environ 1000 fois par seconde. Si nous adoptons 1000 fois par seconde comme seuil et que nous le comparons à la Figure 9, tous les segments [z] de la Figure 9 ont un taux de ZCR supérieur au seuil, quelle que soit la consonne précédente, pendant la première moitié de la durée totale.

Il est intéressant de noter que le ZCR des segments [z] après les attaques [m n] se comporte de manière différente : il commence à un niveau bas et atteint un niveau assez élevé avant la phase finale de chute. Le ZCR inférieur au point de départ peut s'expliquer par la nasalité de la consonne précédente. Les consonnes nasales nécessitent une cavité nasale ouverte qui empêche une pression intra-orale élevée. Après la libération de la consonne nasale, la cavité nasale se ferme et la pression intra-orale augmente progressivement. Cette fermeture progressive de la cavité nasale entraîne une augmentation graduelle de la pression intra-orale, ce qui conduit à l'apparition du bruit de friction, représenté par l'augmentation de la ZCR. Ce comportement confirme à nouveau que le bruit de friction existe sur la première moitié des segments [z] même lorsqu'il est précédé de consonnes nasales. La différence entre [z] précédé de [m] et [z] précédé de [n] pourrait s'expliquer par la constriction alvéolaire impliquée dans les deux sons [n z], mais pas dans [m], ce qui suggère que la constriction alvéolaire a été obtenue plus tard et qu'elle a été moins étroite après le début de [m].

2.4 Résumé de l'étude acoustique

En résumé, les données acoustiques examinées montrent que la voyelle apicale du CJ peut présenter une structure formantique plus ou moins claire. Les résultats montrent que [z] est qualitativement différent de [i], mais possède un F1 similaire à [u] et un F2 similaire à [ʌ]. L'examen visuel des signaux acoustiques et des spectrogrammes montre également que [z] présente un bruit de friction, qui est une propriété des consonnes. En effet, la grande majorité des segments [z] produits dans notre étude contiennent du bruit de friction au moins sur la première moitié de leur durée. Il est intéressant de noter que la nature de la consonne précédente, qu'elle soit labiale ou coronale, orale ou nasale, ne montre pas d'effet important sur la quantité de bruit de friction observée. Cela suggère que la présence de ce bruit est une propriété inhérente à [z], et ne peut être attribuée à la coarticulation des consonnes précédentes. Les résultats du HNR, qui montrent que [z] a les valeurs les plus faibles, en particulier dans la première moitié du segment, fournissent des preuves supplémentaires que ce segment contient beaucoup plus de bruit que [i ʌ]. Les résultats de la mesure ZCR pointent dans la même direction. Ils mettent en évidence la différence entre [z], d'une part, qui présente les caractéristiques d'une fricative, et les voyelles « réelles », d'autre part. Dans la section suivante, les caractéristiques articulatoires de [z] sont examinées sur la base d'une étude d'imagerie ultrasonique de la langue. Les résultats seront discutés en relation avec nos résultats acoustiques.

3 Expérience II : une étude d'imagerie ultrasonique de la langue

3.1 Acquisition et analyse des données

Les données ultrasoniques ont été acquises un an après les données acoustiques, dans la même salle insonorisée. Sept des dix locuteurs enregistrés pour l'expérience acoustique (les locutrices FS1, FS3, FS5 et les locuteurs MS1, MS2, MS3, MS5) ont participé à l'acquisition des données. La liste de mots utilisée est une version plus courte de la liste de mots présentée à la section 2.2 (voir annexe 1), afin de réduire le temps d'enregistrement. Chaque mot a été répété trois fois pour les enregistrements mi-sagittaux et trois fois pour les enregistrements coronaux, ce qui a donné un total de 1218 syllabes cibles ([z] : 462, [i] : 168, [u] : 168, [a] : 126, [ʌ] : 294).

Toutes les données d'ultrason ont été enregistrées avec *Ultrasound Stabilisation Headset* (Articulate Instruments Ltd. 2008) et le logiciel *Articulate Assistant Advanced* (AAA, V217.03) (Articulate Instruments Ltd. 2012). Les locuteurs ont été assis dans un fauteuil confortable ; le casque a ensuite été ajusté aux spécificités morphologiques de chaque intervenant de manière à ce qu'il ne bouge pas pendant l'enregistrement et ne provoque pas non plus de sensation d'inconfort trop importante. Les données ultrasoniques en plan mi-sagittal ont été enregistrées en premier lieu et les données ultrasoniques en plan coronal en second lieu, avec une pause entre les deux sessions au cours de laquelle le casque a été retiré de la tête du locuteur.

La procédure d'enregistrement ultrasonique mi-sagittal est simple, le casque d'enregistrement maintient la sonde échographique dans le plan mi-sagittal et la sonde est dirigée vers l'avant de la langue afin d'avoir la meilleure image de la pointe de la langue. L'enregistrement coronal a été obtenu en tournant la sonde d'un angle de 90° et en la pointant sur la partie antérieure de la langue. La direction de la sonde à ultrasons n'a pas été contrôlée comme dans Stone et al. (1988, 1992), la raison principale étant que le casque d'enregistrement ne fournissait pas une base perpendiculaire. La sonde a été dirigée vers la partie antérieure de la langue et ajustée de manière à ce que le rainurage médial de la consonne [s] soit facilement observable, comme le montre Stone (1992).

La sonde utilisée pour l'acquisition des données avait un champ de vision de 92° ; la profondeur a été ajustée pour avoir une vue maximale de la langue, ce qui a entraîné des fréquences d'images différentes pour les femmes et les hommes (82,1 images/seconde pour les femmes et 81,5 images/seconde pour les hommes). Les données ultrasoniques ont été segmentées en AAA manuellement en utilisant l'audio correspondant et tracées manuellement à l'aide de l'algorithme de traçage intégré (Articulate Instruments Ltd. 2012).

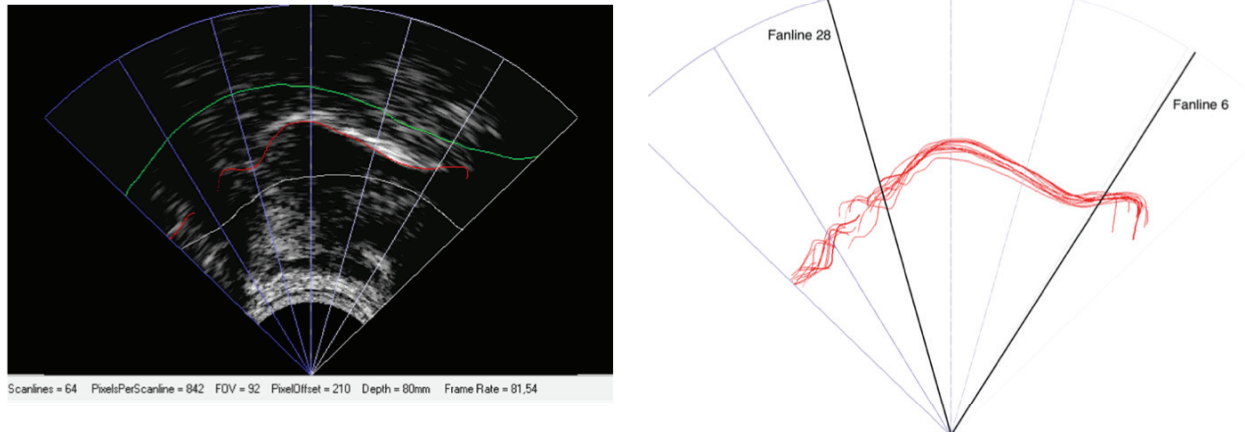


Figure 11 L'image de gauche montre une image ultrasonique en plan mi-sagittal la plus proche du milieu d'une voyelle apicale [z] en syllabe [pz³¹], produite par FS3. L'image de droite présente des traces de langue en plan mi-sagittal de l'image du milieu le plus proche de 11 noyaux [z]. Les noyaux [z] proviennent des syllabes [pz³¹ pz²¹³ p^hz³⁵ p^hz²¹³ mz²¹³ nz³³ nz²¹³ tsz²¹³ ts^hz²¹³ sz²¹³ sz³⁵] produites par FS3, présentées dans l'espace de travail du logiciel AAA (Articulate Instruments Ltd., 2012). La fanline 6 et la fanline 28 sont dessinées pour montrer la zone des données considérées comme fiables. La pointe de la langue est à droite et la racine de la langue à gauche.

Les contours de la langue ont été extraits en coordonnées x/y avec l'image la plus proche du milieu, puis analysés à l'aide de *smoothing-spline analysis of variance* (SS ANOVA) dans l'environnement R avec le *Package gss* (Gu 2014). Dans l'analyse SS ANOVA des formes mi-sagittales de la langue, nous n'avons conservé que les données du dos de la langue à la pointe de la langue (c'est-à-dire de l'ombre de l'hyoïde à l'ombre de la mandibule) où le tracé du contour de la langue est considéré comme fiable, comme le montre la Figure 11.

Dans l'analyse SS ANOVA des formes coronales de la langue, il n'y a pas de référence anatomique pour définir une zone fiable du traçage, et les latéraux réels de la langue sont difficiles à déterminer. Nous considérons que la zone située à la jonction de toutes les traces de tous les noyaux de syllabes (par exemple entre la fanline 14 et la fanline 27 de la Figure 12) est fiable. Cette zone de jonction peut être considérée comme l'endroit où les formes de langue de [i u ə a z] passent toutes. Il est logique de comparer les traces dans cette zone car c'est la seule façon possible de généraliser une comparaison entre les noyaux des syllabes. Les traces palatales ont été obtenues pour chaque locuteur en faisant une moyenne de six observations réalisées lorsqu'il leur a été demandé de boire une gorgée d'eau. Les enregistrements du MS1 ont été exclus de l'analyse pour des raisons techniques.

Les contours de langue sont analysés non seulement pour la voyelle apicale [z], mais aussi pour les voyelles [i u ə] et la consonne d'attaque [s]. Comme on suppose que [z] est homorganique des attaques sibilantes [s ts ts^h] en SC, et comme dans nos données acoustiques [z] a du bruit de friction abondant, il a été nécessaire de comparer [z] avec [s] afin de faire ressortir les similitudes et les différences articulatoires entre ces deux segments.

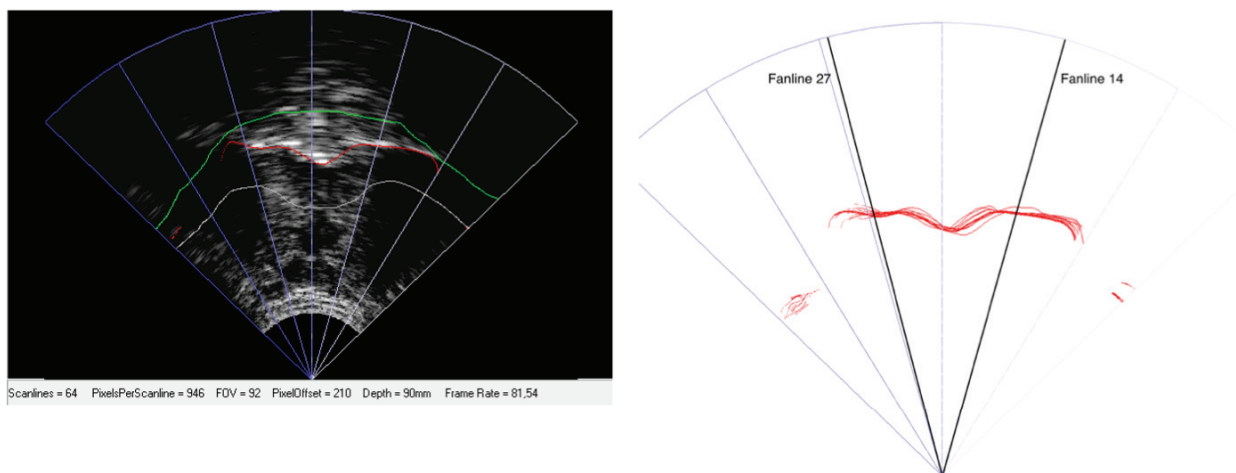


Figure 12 L'image de gauche montre une image ultrasonique coronale la plus proche du milieu d'une voyelle apicale [z] en syllabe [pz³¹], produite par FS3. L'image de droite présente les traces de langue sur le plan coronal de l'image le plus proche du milieu de 11 noyaux [z]. Les noyaux [z] proviennent des syllabes [pz³¹ pz²¹³ p^hz³⁵ p^hz²¹³ mz²¹³ nz³³ nz²¹³ tsz²¹³ ts^hz²¹³ sz²¹³ sz³⁵] produites par FS3, présentées dans l'espace de travail du logiciel AAA (Articulate Instruments Ltd., 2012). La fanline 14 et la fanline 27 sont dessinées pour montrer la zone des données considérées comme fiables.

3.2 Résultats de l'analyse des données mi-sagittales

3.2.1 Patterns généraux d'articulation sur le plan mi-sagittal

Après un examen visuel approfondi des données ultrasoniques, nous avons pu identifier deux patterns différents de contours de langue sur le plan mi-sagittal pour la voyelle apicale [z]. Nous les avons nommés pattern 1 (FS1, FS3, MS3, MS5) et pattern 2 (FS5 et MS2), et les avons généralisés en ligne lissées présentées dans la Figure 13, avec les voyelles [a i u ʊ] et la consonne [s]. Comme nous pouvons le voir sur la Figure 13, les deux patterns sont très différents en termes de configuration linguale. Le pattern 1 est caractérisé par une pointe de langue légèrement élevée et un dos de langue encore plus élevé, de sorte que le dos de la langue est beaucoup plus haut que la pointe de la langue. Ce pattern correspond à ce qui a été observé dans la voyelle apicale du CS dans des études précédentes (Zhou & Wu 1963, Lee-Kim 2014). Le pattern 2 est caractérisé par une pointe de langue légèrement élevée et un dos de langue plat, le dos de la langue est donc plus bas que la pointe de la langue. Ce schéma n'a pas été observé dans les études des voyelles apicales du SC.

L'observation la plus importante de la Figure 13 est qu'il existe une forte ressemblance entre les contours du noyau [z] et les contours de l'attaque [s]. Cela est vrai pour le pattern 1 et le pattern 2. C'est-à-dire que lorsque [z] a un dos de langue élevé, [s] a également un dos de langue surélevé ; et lorsque [z] a un dos de langue plat, [s] a également un dos de langue plat. Cette forte ressemblance suggère fortement que la voyelle apicale a en effet la même configuration linguale que la consonne fricative [s]. Ces configurations linguales similaires ne peuvent pas être attribuées à l'homorganicité des attaques sibilantes précédentes. En effet, les

contours de [z] de notre étude ont été générés à partir de [pz p^hz mz] en plus des syllabes [nz sz tsz ts^hz], et les contours de [s] ont été générés à partir des syllabes [si su sa s^u sz]. Cela signifie que la ressemblance articulatoire entre [z] et [s] ne peut pas être attribuée à la coarticulation entre les sibilantes coronales et le noyau [z] suivant, comme cela a été avancé pour les voyelles apicales du SC.

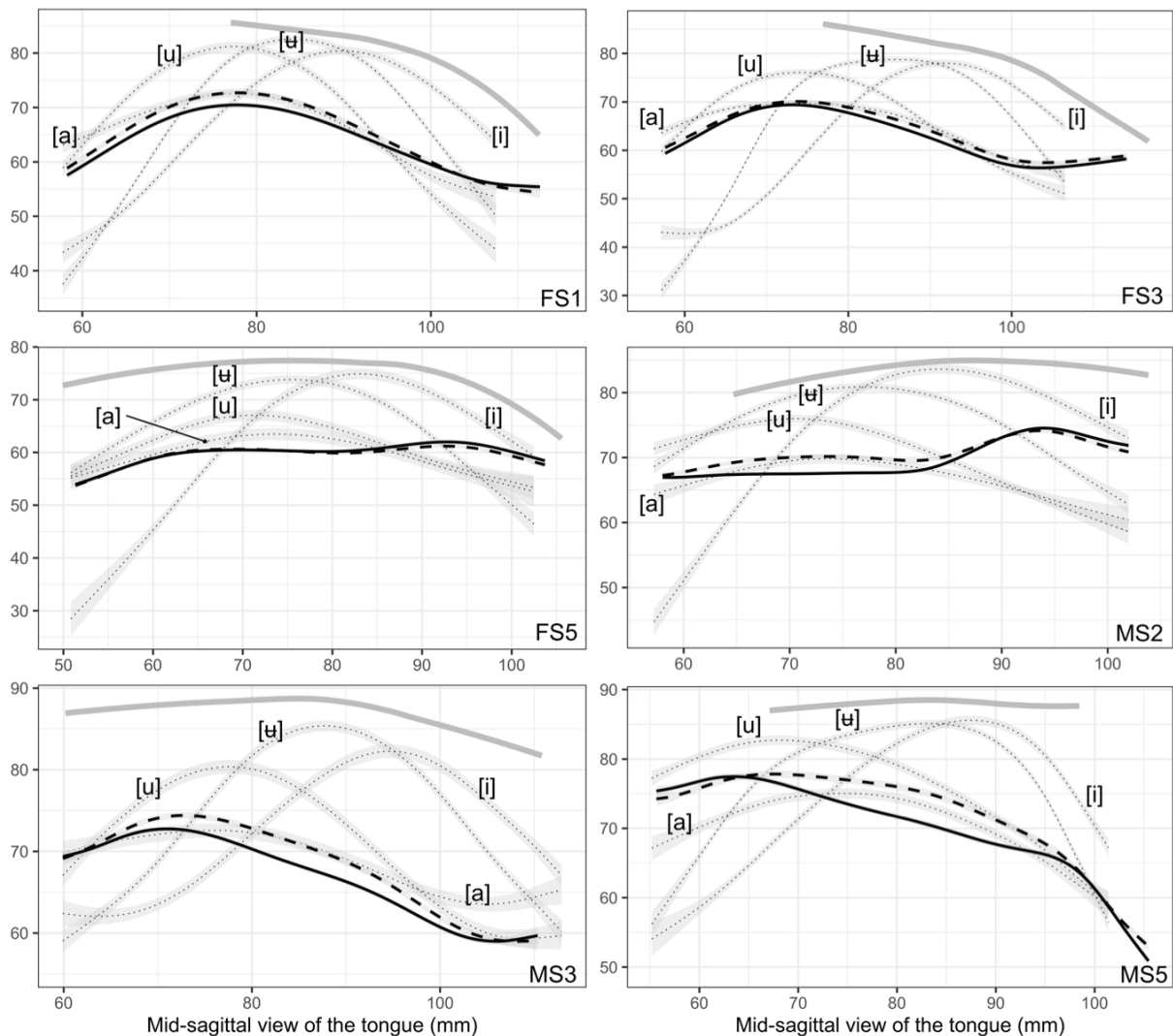


Figure 13 Contours de langue en SS ANOVA issue d’ultrason sur le plan mi-sagittal, extraits en valeurs x/y (mm) sur l’image du milieu ou la plus proche du milieu de chaque segment, la pointe de la langue se trouvant à droite et la racine de la langue à gauche. Les lignes grises pointillées représentent [i u a ɯ], les lignes noires discontinues représentent [s] et les lignes noires pleines [z] ; les lignes grises épaisses représentent les traces des palais ; les zones grises représentent les intervalles de confiance bayésiens à 95%.

Une autre observation importante concerne la légère différence du dos de la langue entre [s] et [z]. À l’exception du FS5, tous les locuteurs semblent avoir un dos de langue plus bas en [z] par rapport à [s]. Comme mentionné dans la section 2.3, la plupart des voyelles apicales [z] ont un bruit de friction sur la première moitié de leur durée, et le bruit de friction diminue à mesure que la structure formantique devient plus claire. La légère baisse du dos de

la langue en [z] observée ici peut être responsable de la diminution du bruit de friction signalée dans notre étude acoustique.

3.2.2 Articulation de la syllabe [sz] sur le plan mi-sagittal

Afin d'étudier plus en détail les similitudes de configuration linguale entre la voyelle apicale [z] et la sibilante [s], nous utilisons les tracés brutes du contour de la langue de la syllabe [sz], obtenues par images ultrasoniques. Deux exemples du pattern 1 et un exemple du pattern 2 sont présentés.

Le premier exemple du pattern 1 est présenté à la Figure 14. Tous les contours mi-sagittaux de [sz³⁵] de FS3 sont obtenus avec AAA (Articulate Instruments Ltd. 2012). La Figure 14-A présente toutes les images de la syllabe. Nous pouvons voir les effets de la coarticulation avec les segments adjacents (dans la phrase porteuse) au début de [s] et à la fin de [z] : le dos de la langue avance de la voyelle [ɔ] dans la phrase porteuse à la position de l'attaque [s], et l'apex de la langue s'élève du noyau [z] à la consonne suivante [ç] dans la phrase porteuse. Pour éliminer les images de coarticulation et obtenir une illustration claire de la forte ressemblance entre l'attaque [s] et le noyau [z], des images allant de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] sont présentées dans la Figure 14-B. Cette figure montre clairement que la langue ne se déplace pas de l'attaque [s] au noyau [z], et que la forme générale de la langue reste pratiquement la même sur les deux segments tout au long de la syllabe [sz³⁵]. Cet exemple donne une illustration directe de la propriété homorganique entre la voyelle apicale [z] et l'attaque sibilante [s].

Un autre exemple du pattern 1 est présenté dans la Figure 15, dans lequel tous les contours de langue d'une syllabe [sz³⁵] de MS3 sont obtenus avec AAA. La Figure 15-A montre tous les tracés de la syllabe, où l'on peut voir l'effet de la coarticulation entre [z] et la consonne suivante [ç] dans la phrase cadre. Dans la Figure 15-B, les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] sont présentées et confirment, ici aussi, que l'apex de la langue ne se déplace pas de manière significative. Le dos de la langue est abaissé de [s] à [z] et la racine de la langue semble être rétractée de [s] à [z]. Cet aspect a également été signalé pour les voyelles apicales du CS (Lee-Kim 2014). En général, le locuteur MS3 présente une plus grande différence au niveau du dos de la langue alors que l'apex de la langue semble être plus stable, comme le montre la Figure 13. Mais la forme générale de la langue ne change pas de l'attaque de la syllabe au noyau [z], nous pouvons toujours revendiquer la propriété homorganique entre [s] et [z].

Un exemple du pattern 2 est présenté dans la Figure 16, dans laquelle nous pouvons voir toutes les images d'ultrason de la syllabe [sz³⁵] de FS5. Comme nous pouvons le voir sur les Figures 16-A et 16-B, le dos de la langue ne bouge pas visiblement pendant la production de la syllabe : il ne se soulève pas comme dans le pattern 1 et la pointe de la langue est plus haut que le dos de la langue. Étant donné que l'apex de la langue, bien qu'élevé, ne se déplace pas de l'attaque de la syllabe [s] au noyau de la syllabe [z], nous pouvons également affirmer que le noyau et l'attaque sont articulés au même lieu d'articulation en utilisant le même geste articulatoire.

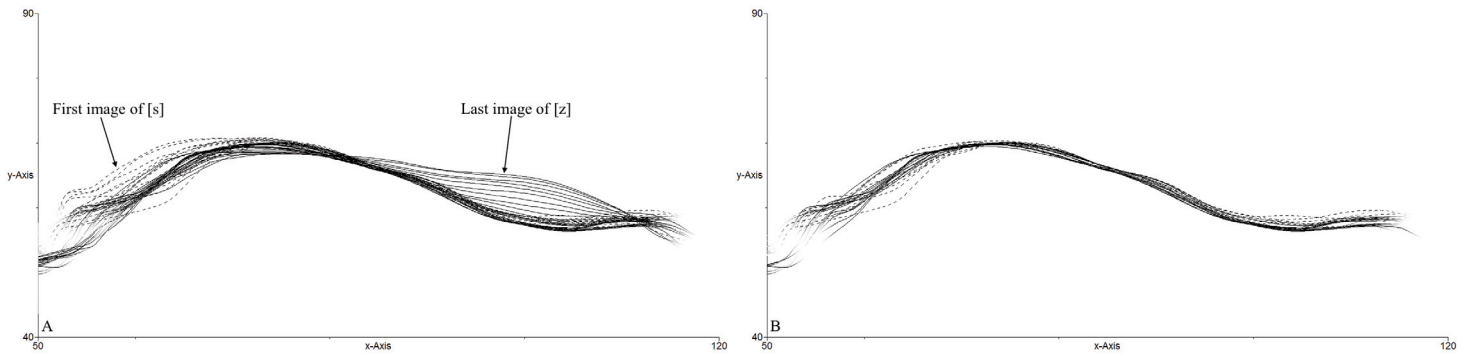


Figure 14 Tracés bruts du contour de la langue sur le plan mi-sagittal de la syllabe [sz³⁵] de FS3. A (image de gauche) contient tous les tracés de la syllabe (15 tracés pour [s] et 27 pour [z]), B (image de droite) contient les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] (8 tracés pour [s] et 14 pour [z]). Les lignes pointillées représentent les tracés de [s], les lignes pleines représentent les tracés de [z].

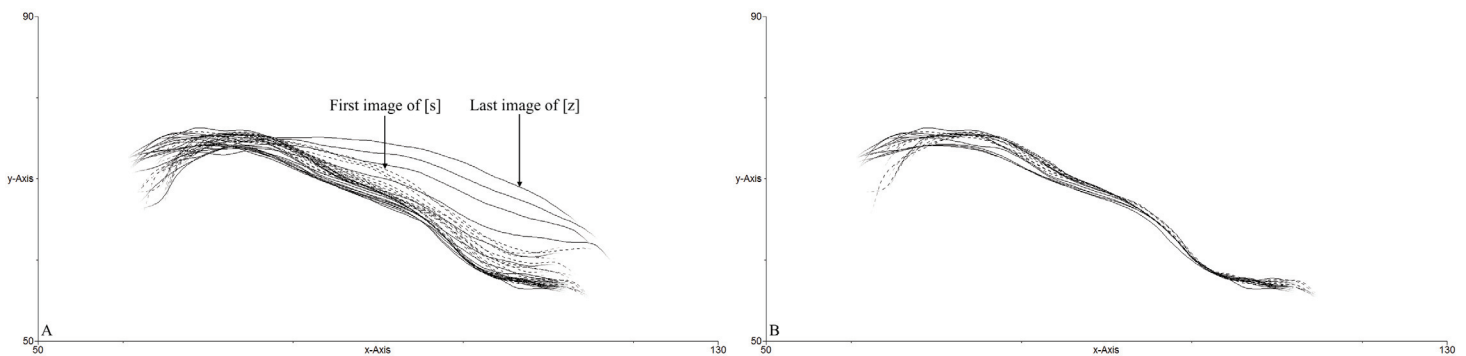


Figure 15 Tracés bruts du contour de la langue sur le plan mi-sagittal de la syllabe [sz³⁵] de MS3. A (image de gauche) contient tous les tracés de la syllabe (22 tracés pour [s] et 18 pour [z]), B (image de droite) contient les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] (11 tracés pour [s] et 9 pour [z]). Les lignes pointillées représentent les tracés de [s], les lignes pleines représentent les tracés de [z].

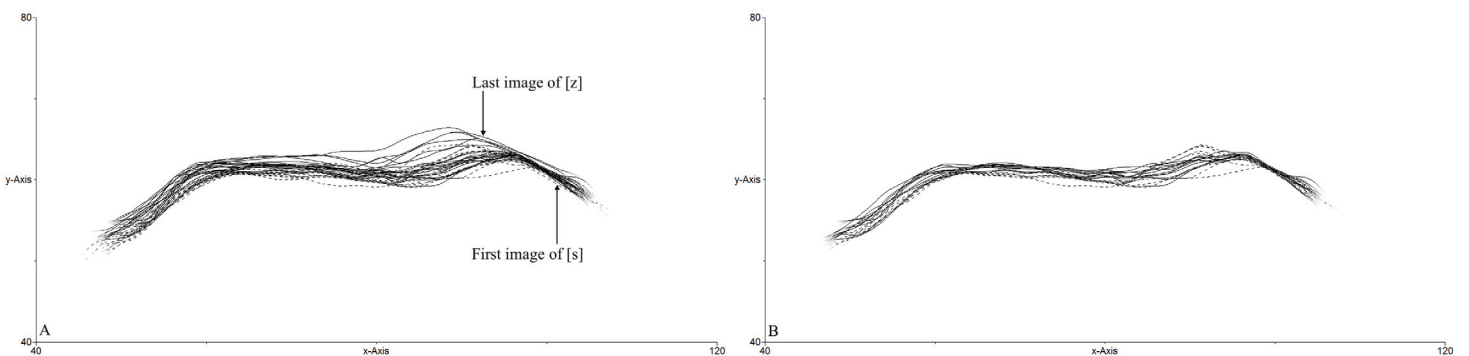


Figure 16 Tracés bruts du contour de la langue sur le plan mi-sagittal de la syllabe [sz³⁵] de FS5. A (image de gauche) contient tous les tracés de la syllabe (16 tracés pour [s] et 23 pour [z]), B (image de droite) contient les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] (8 tracés pour [s] et 12 pour [z]). Les lignes pointillées représentent les tracés de [s], les lignes pleines représentent les tracés de [z].

3.2.3 Voyelle apicale [z] précédée par les attaques labiales et les attaques coronales sur le plan mi-sagittal

Par rapport aux voyelles apicales du SC, qui ne peuvent être précédées que de sibilantes coronales [s ts ts^h], la voyelle apicale du CJ [z] peut être précédée non seulement de sibilantes coronales [s ts ts^h] mais aussi de consonnes coronales nasales [n] et labiales [p p^h m]. Dans la section précédente, il est montré que l'apex de la langue ne se déplace pas de manière significative de [s] à [z] dans la syllabe [sz], donc la voyelle apicale [z] est homorganique de l'attaque sibilant [s]. Mais nous ne pouvons prétendre à un tel caractère homorganique lorsque la voyelle apicale est précédée d'une attaque labiale.

La Figure 17 présente les lignes lissées de la voyelle apicale [z] précédée de différentes consonnes, la ligne pointillée représente [z] précédée de consonnes coronales [s ts ts^h n] et les lignes pleines représentent celles précédées de consonnes labiales [p p^h m]. Nous pouvons voir que le contour général de la langue [z] reste stable, sans influence significative des consonnes précédentes. C'est-à-dire que la forme mi-sagittale de la langue de [z] est constante, qu'elle soit précédée des consonnes labiales ou coronales. Cela prouve clairement que la forme de la langue (qui ressemble à celle du [s]) est inhérente au segment [z]. Cette observation peut être mise en parallèle avec ce que nous avons observé dans la section 2.3, où du bruit de friction visible sur les voyelles apicales ont été observé pour toutes les attaques, quel que soit leur lieu d'articulation.

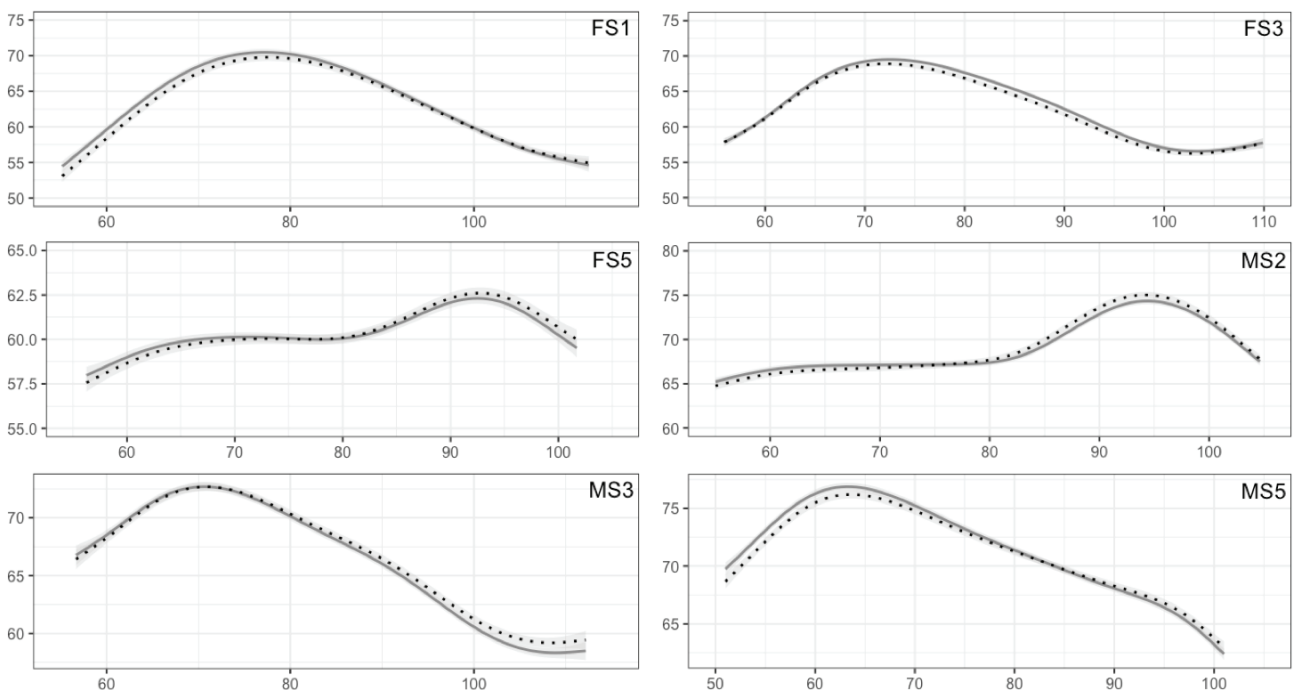


Figure 17 SS ANOVA des contours de langue sur le plan mi-sagittal extraits en valeurs X/Y (mm) sur l'image du milieu ou la plus proche du milieu de la voyelle apicale [z]. Les lignes pointillées représentent [z] précédé par les consonnes coronales, les lignes pleines représentent [z] précédé des consonnes labiales ; les zones grises représentent les intervalles de confiance bayésiens à 95%.

3.3 Résultats de l'analyse des données coronale

3.3.1 Pattern général d'articulation coronale de la voyelle apicale [z]

Dans cette section, nous examinons les contours de langue de la voyelle apicale [z] sur le plan coronal, en la comparant à la consonne [s] et aux voyelles [i a u æ]. Nous nous attendons à ce que la forme de langue présente une forte ressemblance entre [s] et [z] sur le plan coronal, et que les segments [z] aient une rainure médiane semblable à celle des consonnes [s] (Stone 1992).

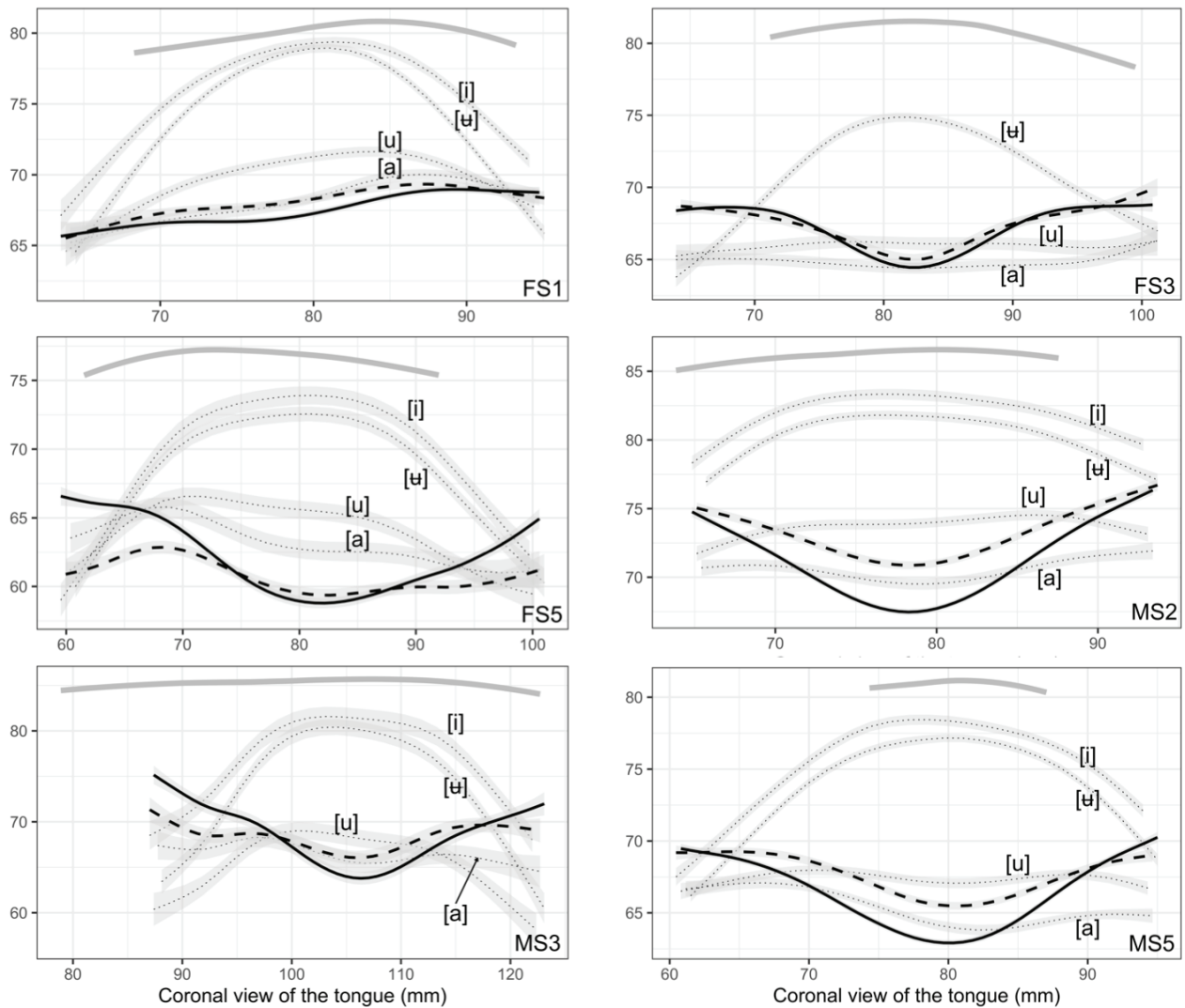


Figure 18 SS ANOVA des contours de langue sur le plan coronal extraits en valeurs X/Y (mm) à l'image du milieu ou la plus proche du milieu de chaque segment. Les lignes grises pointillées représentent [i u a æ], les lignes noires discontinues représentent [s] et les lignes noires pleines [z] ; les lignes grises épaisses représentent les palais ; les zones grises représentent les intervalles de confiance bayésiens à 95 %. La voyelle [i] n'est pas tracée pour FS3.

Comme le montre la Figure 18, les contours de langue de [z] sont, comme prévu, similaires à celles de [s] et très différents des contours de [i a u ʌ]⁵. À l'exception du FS1, une forme linguale à rainures médianes pour [z] est observée pour tous les locuteurs : les parties latérales de la langue sont élevées et la partie médiane de la langue est rainurée. La conséquence est que la partie médiane de la langue est beaucoup plus basse que les parties latérales. Cette forme de langue à rainures médianes ressemble beaucoup à celle observée pour la consonne [s]. Cette forme de langue à rainures médianes indique la présence d'un passage d'air rétréci pour les consonnes [s] et [z]. Il est à noter que Faytak et Lin (2015) ont également observé une forme de langue à rainures médianes similaire dans la consonne [s] et les voyelles apicales du SC.

Une différence intéressante est observée lorsque l'on compare les contours de [s] et [z]. Pour MS2, MS3, MS5, les contours de [s] présentent un passage d'air plus étroit que [z]. En d'autres termes, les contours coronaux de [z] ont un rainuré médian plus profond que [s] et un élargissement du passage d'air pendant la syllabe [sz] peut être observé. Cet élargissement du passage d'air pourrait être responsable de la diminution du bruit de friction dans [z].

L'élargissement du passage d'air est moins significatif dans les FS3 et FS5, et la rainure médiane de la langue ne montre pas de différences significatives entre [s] et [z]. (Rappelons que FS3 et FS5 présentent également des différences plus faibles sur le plan mi-sagittal).

La FS1 utilise une stratégie articulatoire différente par rapport aux autres locuteurs. Ses productions ne présentent pas une forme de langue à rainures médianes, ni pour [s] ni pour [z]. Il est intéressant de noter que les deux contours présentent toujours une forte ressemblance.

Une autre observation importante de la Figure 18 est que les voyelles [u a] de MS2 et MS5 ont également une forme de langue légèrement rainurée, ce qui est également signalé par Stone et al. (1988) et Stone & Lele (1992). Cependant, le rainurage médian dans [u a] n'est pas observé pour tous les locuteurs et la profondeur du rainurage n'est pas comparable aux segments [s z]. Les parties latérales de la langue dans [u a] ne sont pas élevées, le rainurage médian observé dans [u a] ne doit pas être considéré comme un geste de fricative, mais plutôt comme le rainurage naturel de la langue.

3.3.2 Articulation de la syllabe [sz] sur le plan coronal

Dans la section précédente, nous avons montré que [z] a la même forme de langue à rainure médiane que [s], bien que la rainure médiane puisse être plus profonde en [z] qu'en [s]. Deux exemples sont choisis pour illustrer la variabilité articulatoire telle que présentée dans les Figures 19 et 20.

⁵ Nous aimerions attirer l'attention du lecteur sur la différence intéressante entre les voyelles [i ʌ] et [u], puisque ces voyelles diffèrent dans la dimension antéro-postérieure. La Figure 18 montre que tous les locuteurs ont une langue très convexe pour [i] et [ʌ], tandis que [u] est beaucoup plus faible. Ces formes correspondent à la vue antérieure de la langue rapportée dans Stone et al. (1988), et prouvent donc que la vue d'ultrason coronale est obtenue à la partie antérieure de la langue, et non au dos ou à la racine de la langue. Si la vue coronale de la langue était obtenue à une partie plus postérieure de la langue, nous verrions un contour de langue plus élevé pour la voyelle postérieure [u].

La Figure 19-A donne un exemple de la syllabe [sz] produite par MS2, où l'on peut voir que la langue passe par une phase descendante et une phase ascendante en raison des effets de coarticulation des consonnes adjacentes. Dans la Figure 19-B, nous pouvons voir des tracés coronaux de langue de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z]. Il est clair que la langue continue le geste de rainurage médiane lorsqu'elle atteint la cible de [s], et de [s] à [z], le passage d'air s'approfondit.

Dans la Figure 20, cependant, la forme à rainure médiane est plus stable. La Figure 20-A, avec beaucoup moins de mouvements de la langue que la Figure 19-A, montre que la langue atteint la cible consonantique de [s] et reste stable jusqu'à la fin du noyau de la syllabe [z]. Dans la Figure 20-B, nous pouvons également voir que de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z], la langue ne se déplace pas de façon observable. En général, la forme de la langue à rainures médiane est toujours présente malgré les différences spécifiques du locuteur dues aux effets de coarticulation.

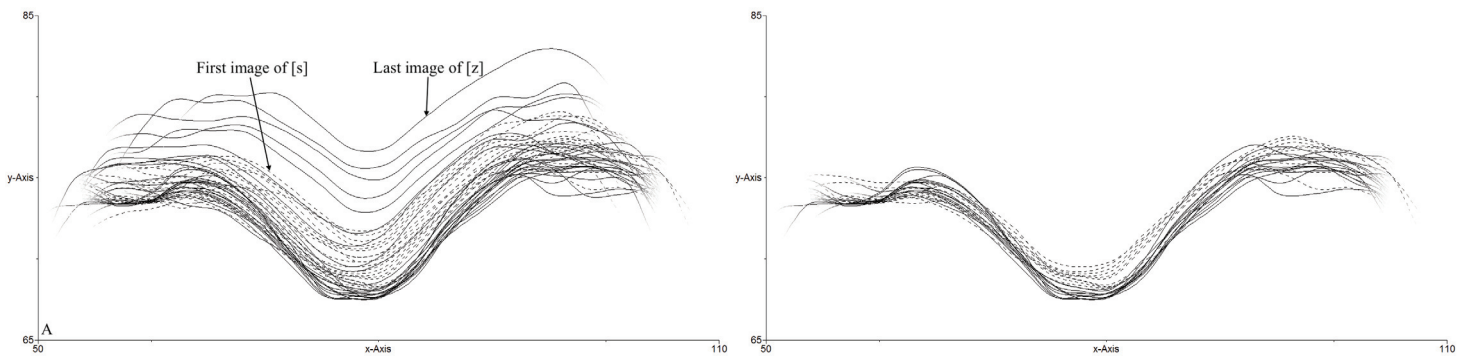


Figure 19 Tracés bruts du contour de langue sur le plan coronal de la syllabe [sz²¹⁴] de MS2. A (image de gauche) contient tous les tracés de la syllabe (20 tracés pour [s] et 26 pour [z]), B (image de droite) contient les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] (10 tracés pour [s] et 13 pour [z]). Les lignes pointillées représentent les tracés de [s], les lignes pleines représentent les tracés de [z].

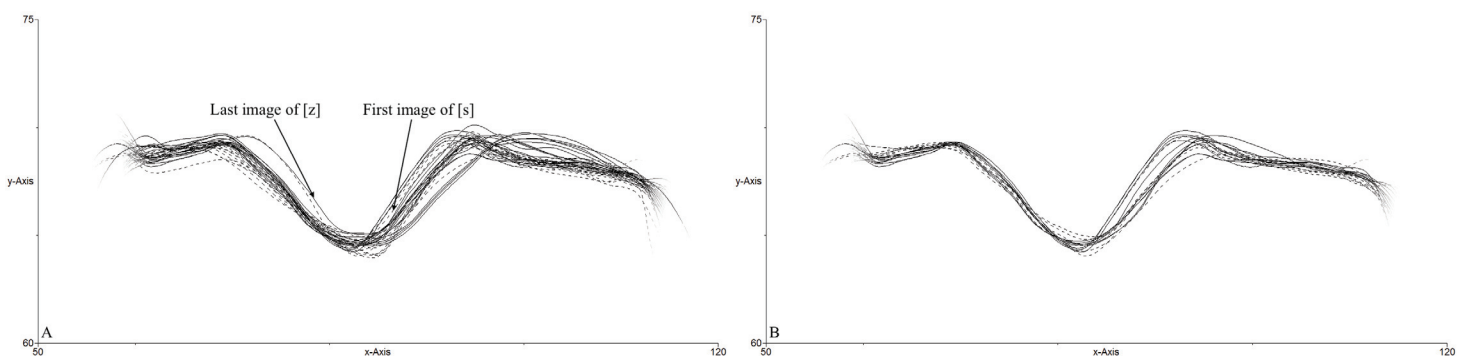


Figure 20 Tracés bruts du contour de langue sur le plan coronal de la syllabe [sz³⁵] de FS3. A (image de gauche) contient tous les tracés de la syllabe (15 tracés pour [s] et 19 pour [z]), B (image de droite) contient les tracés de l'image du milieu de [s] à l'image du milieu de [z] (8 tracés pour [s] et 10 pour [z]). Les lignes pointillées représentent les tracés de [s], les lignes pleines représentent les tracés de [z].

3.3.3 Voyelle apicale [z] précédée par les consonnes d'attaques labiales et les consonnes d'attaques coronales sur le plan coronal

Puisque le [z] du CJ peut être précédé par les consonnes labiales [p p^h m] et coronales nasales [n], nous avons calculé les contours lissés de la voyelle apicale [z] dans différents contextes consonantiques comme le montre la Figure 21. Qu'elle soit précédée par des consonnes labiales (lignes pleines) ou par des consonnes coronales (lignes pointillées), la forme de la langue à rainures médianes est constante, tout comme ce que nous avons observé pour la forme de la langue sur le plan mi-sagittal. Là encore, les segments [z] présentent la même forme de langue à rainures médianes, quel que soit le lieu d'articulation de la consonne précédente. Cela montre clairement que la forme de la langue à rainures médianes doit être considérée comme une propriété inhérente de [z], et non pas comme le résultat d'un effet de coarticulation.

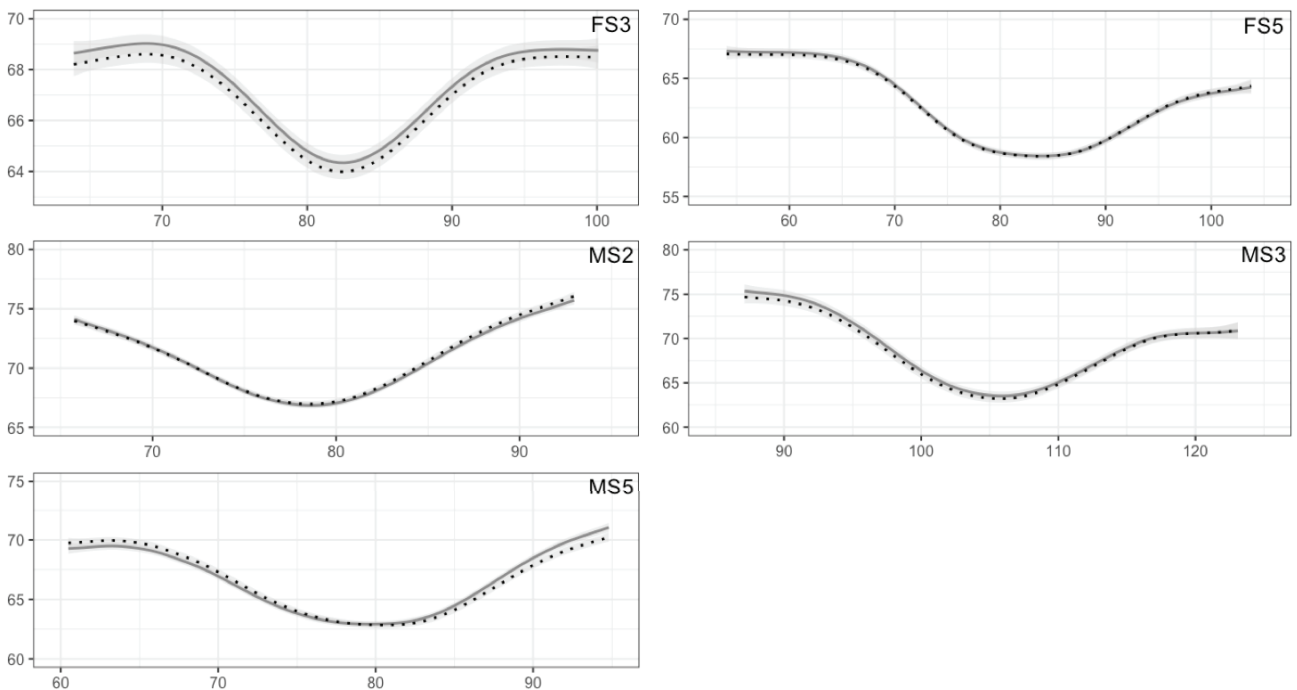


Figure 21 SS ANOVA des contours de langue sur le plan coronal, extrait en valeurs X/Y (mm) sur l'image du milieu ou l'image la plus proche du milieu de la voyelle apicale [z]. Les lignes pointillées représentent [z] précédé par les consonnes coronales, les lignes pleines représentent [z] précédé par les consonnes labiales ; les zones grises représentent les intervalles de confiance bayésien à 95%. La locutrice FS1 n'est pas inclus.

3.4 Résultats articulatoires : les contours de la langue du [z] sur le plan mi-sagittal et coronal suggèrent une analyse de consonne fricative

Les données ultrasoniques présentées dans cette étude montrent que la voyelle apicale [z] et la consonne [s] du CJ ont des formes de langue presque identiques sur les plans mi-sagittal et coronal. Elles montrent également que [z] précédée des consonnes labiales et des consonnes coronales ont les mêmes contours de langue sur le plan mi-sagittal et coronal. C'est une découverte intéressante car elle contraste avec les conclusions précédentes sur les voyelles apicales du SC, dont on a soutenu qu'elles étaient homorganiques des attaques précédentes. Puisque la forme de langue de la voyelle apicale [z] est constante après les consonnes labiales et coronales, nous devons considérer cette forme de langue comme une propriété inhérente aux segments [z] dans CJ. La forme de la langue à rainure médiane sur le plan coronal est une autre preuve solide que ce segment a les propriétés d'une consonne fricative, la forme à rainure médiane étant directement liée au passage d'air étroit nécessaire à la friction.

4 Discussion générale et conclusion

4.1 Discussion sur l'implémentation phonétique de [z]

Dans les sections 2 et 3 de cette étude, nous avons montré que la voyelle apicale [z] du CJ présente les caractéristiques suivantes : (i) elle présente au début du bruit de friction abondant qui se superpose au voisement ; le bruit de friction diminue alors que la structure du formant devient plus claire ; la présence du bruit de friction est confirmée par les valeurs HNR et ZCR ; (ii) la forme de langue mi-sagittale de [z] ressemble à celle d'une fricative alvéolaire ; la nature de la consonne précédente n'affecte pas le geste articulatoire de la langue de la voyelle apicale ; (iii) la forme coronale de la langue de [z] rassemble celle d'une fricative alvéolaire ; la nature de la consonne précédente n'affecte pas la forme de la langue à rainures médianes.

En résumé, les données acoustiques et ultrasoniques montrent que la voyelle apicale [z] du CJ a les caractéristiques d'une consonne fricative alvéolaire. La présence du bruit de friction plaide contre une analyse de voyelle ou de consonne approximante. Et la similitude entre [z] et [s] sur la forme de la langue mi-sagittale et coronale est une preuve évidente de sa nature fricative.

Au contraire, l'analyse phonologique de la section 1.2 montre que la voyelle apicale [z] est le noyau d'une syllabe, l'unité porteuse de ton de la syllabe et est en contraste avec d'autres voyelles, en particulier avec la voyelle [i]. Ce comportement phonologique suggère que la voyelle apicale [z] devrait être analysée comme une voyelle.

En combinant l'analyse phonologique et l'analyse phonétique de notre étude, nous pouvons constater que le comportement phonologique de la voyelle apicale [z] ne correspond pas à son implémentation phonétique. Comme nous l'avons souligné dans la section 1, la

spécification phonologique s'appuie sur une analyse des voyelles tandis que les caractéristiques phonétiques s'appuient sur une analyse des consonnes fricatives. Afin d'expliquer ce « décalage » entre le niveau phonétique et le niveau phonologique, nous proposons d'analyser la voyelle apicale de la CJ comme une consonne fricative syllabique sur le plan phonologique, et nous proposons trois conditions que la voyelle apicale doit remplir simultanément pour expliquer ses implémentations phonétiques variables.

Tout d'abord, la voyelle apicale du CJ doit remplir sa fonction d'unité porteuse de ton, ce qui signifie qu'elle doit être voisée pendant toute la durée.

Deuxièmement, la voyelle apicale du CJ doit être soumise à la contrainte aérodynamique des consonnes fricatives voisées. Ohala (1983) a décrit que « *for the sake of continued voicing, the oral pressure should be low, but for the sake of frication, the oral pressure should be high, that is, the difference between oral pressure and atmospheric pressure should be high enough to cause high air velocity through the consonantal constriction. Meeting both of these requirements simultaneously may be difficult. To the extent that the segment retains voicing it may be less of a fricative, and if it is a good fricative it runs the risk of being devoiced.* ». La voyelle apicale du CJ, qui doit être obligatoirement voisée pendant toute la durée, devrait compromettre un fort bruit de friction. Ainsi, elle perd progressivement son bruit de friction et devient « *less of a fricative* ». En d'autres mots, le bruit de friction diminue tandis que la structure formantiques devient plus claire ; ainsi, les segments [z] semblent être une consonne fricative au début et deviennent une approximante du même lieu d'articulation (comme décrit dans Lee-Kim 2014) lorsque le bruit de friction disparaît.

Troisièmement, la voyelle apicale du CJ doit se différencier de la voyelle centrale fermée [ɯ]. Comme la voyelle centrale fermée [ɯ] a une structure formantique similaire à celle de la voyelle apicale, le bruit de friction au début de la voyelle apicale pourrait être un indice perceptif important.

Pour satisfaire à ces trois conditions, la voyelle apicale du CJ ne peut avoir que l'implémentation phonétique que nous avons observée dans nos données : une consonne fricative qui perd progressivement le bruit de friction et devient plus comme une consonne approximante.

En outre, la voyelle apicale n'est pas la seule consonne syllabique dans CJ, les consonnes [m n v] peuvent également se trouver à la position noyau de la syllabe, être des unités porteuses de ton, et contraster avec les voyelles (y compris la voyelle apicale). L'existence de [z] syllabique ne viole pas les règles phonotactiques de CJ.

Les quatre différentes analyses (voyelle apicale, voyelle fricative, consonne fricative, consonne approximante) des voyelles apicales dans les langues chinoises ont été un sujet controversé. L'étude actuelle de la voyelle apicale du CJ propose une explication pour les différentes implémentations phonétiques de ce segment dans les langues chinoises.

Tout d'abord, il est avancé que l'implémentation phonétique de la voyelle apicale en CS pourrait être une consonne approximante (Zee & Lee 2001, Lee-Kim 2014) ou une consonne fricative (Hou 2009, Faytak 2015, Faytak & Lin 2015, Faytak 2018). Ces deux analyses

pourraient être considérées comme une seule dans notre proposition. CS n’a pas de voyelle centrale fermée dans son inventaire phonémique, donc la voyelle apicale n’a pas besoin de se différencier d’une voyelle qui pourrait avoir une structure de formant similaire. En outre, la voyelle apicale en CS est une unité porteuse de ton qui implique le voisement sur toute sa durée. Par conséquent, le bruit de friction pourrait être « négligé » en raison de la contrainte aérodynamique (Ohala 1983), et l’implémentation phonétique est par conséquent une approximante, transcrit comme [ɹ] par Lee et Zee (2003) ou [ɹ̥] par Lee-Kim (2014). Dans les cas de CJ, CSZ (chinois de Suzhou), CH (chinois de Hefei), il y a toujours une voyelle centrale fermée ou une voyelle postérieure fermée dans l’inventaire phonémique : dans CJ il y a [ʉ], dans CSZ il y a [ə] (Ling 2009), et dans CH il y a [ʊ] (Hou 2009, Wan 2014). La Table 4 présente une comparaison des valeurs des formants entre les voyelles concernées et les voyelles apicales du CSZ et du CH, en plus de notre étude acoustique présentée dans la section 2.3.

Table 4 Comparaison des valeurs formantiques entre les voyelles apicales et les voyelles centrales fermée ou postérieures fermée du CSZ (Ling 2009) et du CH (Wan 2014).

		F1	s.d.	F2	s.d.	F3	s.d.	
CSZ	homme	z	343.9	60.4	1179.3	89.1	2741.0	294.4
		ə	365.0	51.9	1094.2	91.7	2478.9	222.0
	femme	z	377.7	50.0	1404.7	130.3	3387.6	254.0
		ə	428.4	83.5	1196.5	103.7	3103.7	208.0
CH	homme	z	352.5	40.3	1557.8	112.9	—	—
		ʊ	334.6	25.8	1213.9	140.3	—	—
	femme	z	442.9	58.1	1696.4	145.7	—	—
		ʊ	412.1	71.5	1324.4	250.9	—	—

La Table 4 montre que la voyelle apicale [z] et les deux voyelles [ə ʊ] ont une structure formantique similaire dans leurs implémentations phonétiques, ce qui pourrait entraîner une confusion perceptive. Ainsi, les implémentations phonétiques de [z] utilisent le bruit de friction comme indice perceptif, pour se différencier des voyelles proches acoustiquement, ce qui donne un son de type fricatif, transcrit avec les symboles [z] ou [ʒ] dans différentes études (Dell 1994, Wiese 1997, Yu 1999, Duanmu 2007).

Deuxièmement, le dos de la langue élevé observé dans le contour mi-sagittale du CS [z] n’est pas un geste vocalique (cf. C. Cheng 1973), il est soutenu que le dos de la langue élevé est lié à l’articulation des consonnes coronales (Stevens 1986), d’une manière telle que « *a fronted tongue-body presumably provides a favourable posture from which the apico-alveolar constriction can be achieved* ». Nous pouvons voir sur la Figure 22 que le contour mi-sagittal de la langue en [t] pourrait correspondre au contour de la langue du pattern 1 dans la présente

étude et dans d'autres études sur les voyelles apicales du SC (Lee-Kim 2014, Faytak 2015), et la forme de la langue de [t] pourrait correspondre au contour de langue qui a un dos plat et une pointe élevée (c'est-à-dire pattern 2) dans la présente étude. Si l'on considère que la seule différence entre [t] et [t̚] est la forme de la langue, et non le lieu de constriction, on peut affirmer que les différentes formes de langue sont deux stratégies articulatoires pour les consonnes alvéolaires. Cette comparaison soutient aussi fortement que les deux patterns observés avec nos données ultrasoniques sont étroitement liés à une articulation de consonne coronale, et non à une articulation de voyelle.



Figure 22 Versions schématisées de coupes mi-sagittales montrant les positions de la pointe de la langue pour deux consonnes coronales, [t] est alvéolaire-apical. Ces images sont reproduites à partir de la figure 20.4 de Stevens (1986).

Troisièmement, par rapport à l'analyse [ɹ] ou [ɹ̥], l'analyse [z] est plus pratique car elle n'introduit pas un son unique qui n'est vraisemblablement pas testé dans une autre langue (Lee-Kim 2014). De plus, l'implémentation phonétique de [z] peut être une approximante, ce qui est exactement un son qui pourrait être transcrit comme [ɹ] ou [ɹ̥]. Mais utiliser uniquement [ɹ] ou [ɹ̥] exclurait les observations où la voyelle apicale de CS contient du bruit de friction (Trubetzkoy 1969, Yu 1999), sans parler des autres variantes de voyelles apicales où le bruit de friction est plus présent que celles du SC. En utilisant [z], nous pouvons conserver la systématisme établie par le symbole non-IPA [ɹ] dans toutes les langues chinoises. Le symbole [z] est également plus informatif car il peut être directement lié à son implémentation phonétique, c'est-à-dire à la présence de bruits de frictions et à la forme de la langue ressemblant à [s].

4.2 Les unités porteuses de ton dans les langues chinoises et dans CJ

Dans cette section, la discussion s'étend aux consonnes syllabiques en CJ et dans d'autres langues chinoises.

Comme présenté, la voyelle apicale du CJ est mieux analysée comme une consonne fricative syllabique ; son implémentation phonétique varie de fricative à approximante. Cette analyse implique que la consonne fricative est une unité porteuse de ton (UPT) dans CJ.

Il y a quatre UPT consonantiques dans CJ. Elles ne sont pas toutes aussi productives dans la lexis. Il est également évident que [m̩ n̩] sont des nasales et [ʏ z̩] sont des fricatives. Les phones du CJ qui peuvent servir d'UPT sont les voyelles, les consonnes nasales et les fricatives voisées. Une exception semble être la nasale vélaire [ŋ], il n'y a aucun élément lexical qui est réalisé comme une nasale vélaire syllabique dans CJ.

Cette exception pourrait s'expliquer si les interjections sont prises en considération. Par exemple, le noyau d'une syllabe en SC est presque toujours une voyelle, seuls des exemples très marginaux de consonnes syllabiques comme [m̩ n̩] (Duanmu 2007 : 34) peuvent être trouvés. De même, en JHC, [m̩ n̩] peut se présenter sous forme d'interjections, comme [hm̩] « montrer du mépris », [hŋ̩] « montrer du mépris », [ŋ̩] « oui », [ŋ̩ʔ] « montrer du doute », [m̩] « oui », [ŋ̩ʔ] « montrer du doute ». Si l'on prend en considération les interjections, toutes les nasales peuvent être des consonnes syllabiques dans CJ.

Les caractéristiques phonétiques communes à ces segments sont qu'ils sont tous voisés et qu'ils peuvent tous être maintenus pendant une certaine durée. Il semble que ces segments, à savoir les voyelles, les nasals et les fricatives voisées, pourraient être spécifiés comme [+continu, +voix] dans CJ selon les traits phonologiques du SPE (Chomsky & Halle 1968). Par conséquent, les UPT dans JHC sont les segments qui sont spécifiés comme [+continu, +voix].

Cette spécification est simple, et elle est valable pour toutes les langues chinoises consultées. Comme le montre clairement la Table 5, il n'y a que sept consonnes syllabiques possibles dans les langues chinoises : [z̩ z̩ v̩ m̩ n̩ ŋ̩ l̩]. Les sept consonnes peuvent toutes être considérées comme [+continu, +voix] sans exception.

Il est intéressant de voir que la consonne syllabique [v̩] est parfois décrite comme une approximante syllabique [v̩]. Cette notation hésitante entre [v̩] et [v̩] est identique à ce qui a été observé dans la littérature pour la voyelle apicale [z̩]. Il existe la même notation en duo [z̩ ɹ̩] dans la littérature pour la voyelle apicale. Le compromis décrit entre le bruit de friction et la voix dans la voyelle apicale pourrait également être appliqué dans le cas de [v̩ v̩], où [v̩] correspondrait à une implémentation phonétique de type fricative et [v̩] à une implémentation approximante. Sous un autre angle, l'existence de la syllabe [v̩] dans d'autres langues chinoises, notamment dans les langues chinoises du groupe Hui, soutient l'analyse de la voyelle apicale de CJ comme une consonne fricative syllabique. Les syllabiques [z̩ v̩] sont donc deux sons syllabiques obstruantes communes dans les langues chinoises.

Table 5 Consonnes syllabiques dans les langues chinoises, les interjections sont incluses lorsque la description est disponible. Le mot « chinois » est omis dans les noms des langues chinoises consultées, l’abréviation HFZ signifie « Hànyǔ Fāngyīn Zìhuì » *Dictionnaire phonétique des dialectes chinois* (Beijing Daxue Zhongguo Yuyan Wenxue Xi & Yuyanxue Jiaoyanshi 1989). Les symboles [z ẓ zʷ] correspondent aux symboles traditionnels des voyelles apicales [ɿ ʅ ʉ].

Langues chinoises	Consonnes syllabiques		Références
	Lexical	Interjection	
Jixi-Hui	z v m n	ŋ	Zhao (2003), l’étude présente
Shexian-Hui	z v m n	–	Hirata (1998)
Tunxi-Hui	z v m n	–	Hirata (1998)
Xiuning-Hui	z m n	–	Hirata (1998)
Yixian-Hui	z zʷ m n	–	Hirata (1998)
Qimen-Hui	z m n ŋ	–	Hirata (1998)
Wuyuan-Hui	z v m n	–	Hirata (1998)
Standard	z ẓ	m n ŋ	Duanmu (2007)
Hefei-Mandarin	z ẓ m	–	Wu (1995)
Wuhan-Mandarin	z m n	–	HFZ
Tianjin-Mandarin	z ẓ	–	Li <i>et al.</i> , (2019)
Chengdu- Mandarin	z v	–	HFZ
Yangzhou-Wu	z m	–	HFZ
Suzhou-Wu	z zʷ l m n ŋ	–	Yuan (1983), HFZ
Wenzhou-Wu	z m ŋ	–	HFZ
Shanghai-Wu	z v m ŋ	–	Zhu (1995: 21, 2004), Chen & Gussenhoven (2015)
Xiangxiang- Xiang	z m n ŋ	–	Zeng (2019)
Changsha-Xiang	z m n	–	Yuan (1983), HFZ
Shuangfeng- Xiang	z ẓ m n	–	HFZ
Nanchang-Gan	z m n ŋ	–	HFZ
Meijiang-Hakka	z v (v) m ŋ	–	Yuan (1983), HFZ, Lee & Zee (2009)
Guangzhou-Yue	m ŋ	–	Yuan (1983), HFZ
Xiamen-Min	m ŋ	–	Yuan (1983), HFZ
Chaozhou-Min	z m ŋ	–	HFZ
Fuzhou-Min	m n ŋ	–	Yuan (1983), HFZ

4.3 Voyelle apicale : un exemple de la complexité des systèmes phonétique et phonologique

Comme nous l'avons expliqué, la forme phonétique de la voyelle apicale du CJ est une consonne fricative voisée. Cette fricative voisée peut être réalisée, en raison de contraintes phonétiques et phonologiques, avec plus ou moins de bruit de friction ou même sans bruit de friction. Les différences gestuelles et aérodynamiques entre une réalisation de type fricative et une réalisation de type approximante sont si subtiles que les locuteurs peuvent ne pas être conscients de ces ajustements. Il en résulte que les données permettent d'observer à la fois des implémentations phonétiques de type fricatif et de type approximante. Dans la majorité des cas, on observe une réalisation « hybride » : une partie fricative au début et une partie approximante qui la suit. Cette réalisation typique est un argument fort en faveur de la proximité phonétique entre une fricative voisée et une approximante du même lieu d'articulation.

En adoptant le continuum voyelle-consonne et les arguments ci-dessus, il est clair que la fricative voisée peut fonctionner comme un noyau de syllabe puisqu'elle est extrêmement proche d'une consonne approximante sur les caractéristiques phonétiques. Ce continuum est présenté dans la Figure 23. Le rectangle représente tous les sons de la parole de toutes les langues, le gradient de couleur représente le continuum allant des sons les plus vocaliques aux sons les plus consonantiques, en passant par le milieu où se trouvent, entre autres, les sonantes [n m] et [l r]. Chaque langue contient dans son système phonologique une certaine quantité de sons qui peuvent servir de noyau de syllabe, représenté par les ellipses.

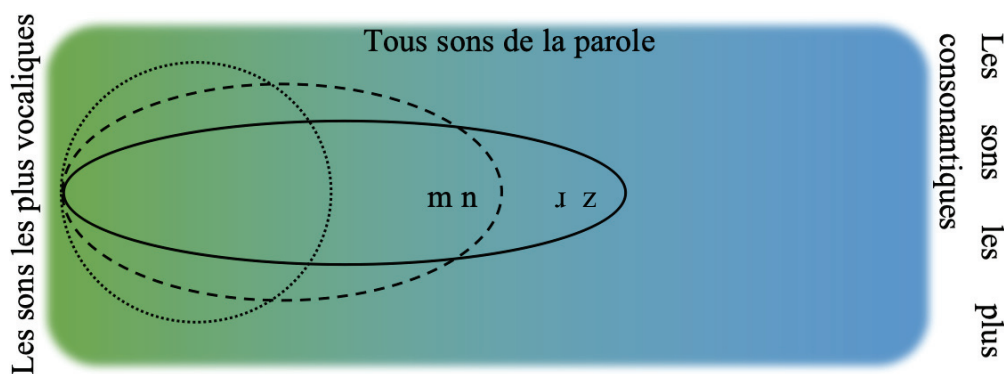


Figure 23 Représentation schématique du continuum voyelle-consonne. Le rectangle représente tous les sons de la parole possibles, le gradient de couleur représente le continuum des sons les plus vocaliques aux sons les plus consonantiques. L'ellipse pointillée représente les noyaux du français ; l'ellipse discontinue représente celle de l'anglais ; l'ellipse pleine représente celle du JHC. La position des symboles phonétiques n'est qu'informatrice.

Inutile de préciser que les différentes langues ont des inventaires nucléiques différents. Les noyaux du français sont uniquement constitués de voyelles « réelles » (c'est-à-dire les

sons les plus vocaliques du français), les autres sons (comme les sons latéraux et nasals) ne peuvent pas apparaître en position noyau dans une syllabe du français (Carvalho et al. 2010 : 154). Cela peut être compris comme le fait que le français a la contrainte phonotactique suivante : seuls les sons les plus vocaliques peuvent apparaître en tant que noyau d'une syllabe. Ce n'est pas le cas en anglais, où toutes les voyelles « réelles », les liquides [l r] et les nasales [n m] peuvent apparaître en position noyau d'une syllabe (Ladefoged & Johnson 2011 : 74). La différence entre l'ellipse française et l'ellipse anglaise peut être comprise comme le fait que l'ellipse anglaise s'étend un peu plus loin dans le milieu des sons moins vocaliques. Elle ne soutient pas nécessairement que l'inventaire nucléique anglais est plus grand que celui du français, elle soutient seulement que l'anglais permet des sons moins vocaliques en position noyau.

Suivant la même logique, l'ellipse du CJ dans la Figure 23 va encore plus loin dans la zone intermédiaire, où se trouvent les fricatives voisées [z] et leurs équivalents homorganiques approximantes, tel que [ɹ]. Là encore, elle ne prétend pas que le CJ possède un inventaire nucléique plus grand, mais seulement que cette langue permet à tous les continuants voisés (c'est-à-dire les voyelles, les sonantes et [z v]) d'apparaître en position du noyau.

Un point commun évident est que les trois ellipses comprennent les sons les plus vocaliques de l'inventaire phonémique de chaque langue. Ce point a été avancé par Greenberg (1962), il soutient que l'existence d'un noyau de type continuant fricatif implique l'existence d'un noyau de type continuant sans friction, et l'existence d'un noyau de type continuant sans friction implique l'existence d'un « vrai » noyau vocalique (selon ses termes, les « *vocoids* »). En d'autres mots, l'inventaire nucléique phonologique doit toujours contenir les sons les plus vocaliques de l'inventaire phonémique d'une certaine langue, c'est le cas, a priori, de toutes les langues. Cet inventaire nucléique peut s'étendre au milieu des sons les moins vocaliques, et même plus loin aux sons plus consonantiques, et même plus loin encore aux sons les plus consonantiques. Un inventaire nucléique d'une langue ne peut jamais être formé uniquement avec les sons les plus vocaliques et les sons les plus consonantiques mais sans les sons de type intermédiaires.

Selon cette analyse, l'inventaire nucléique du JHC n'est qu'un pas de plus (par rapport à l'anglais, par exemple) dans les sons plus consonantiques, atteignant les fricatives voisées [v z]. L'exemple le plus extrême de la langue berbère (Dell & Elmedlaoui, 1988 ; Ridouane, 2008) a un inventaire nucléique étendu aux sons les plus consonantiques, mais les sons les plus vocaliques et les sons de la zone intermédiaires de cette langue peuvent tous apparaître en tant que noyau. Elle ne viole donc pas la proposition de Greenberg (1962) et les arguments présentés ci-dessus.

La voyelle apicale du CJ est un exemple de la complexité des systèmes phonétiques et phonologiques. D'une part, elle touche à la question la plus fondamentale de ce qu'est une voyelle et de ce qu'est une consonne. D'autre part, elle montre la malléabilité entre la catégorisation phonologique et son implémentation phonétique. L'étude actuelle ne donne pas une image complète du segment voyelle apicale ; il reste encore beaucoup à faire pour parvenir à une compréhension complète de la complexité évoquée ci-dessus.

5 References

- Articulate Instruments Ltd. 2008. *Ultrasound Stabilisation Headset User's Manual: Revision*
Articulate Instruments Ltd. 2008. *Ultrasound Stabilisation Headset User's Manual: Revision 1.5*. Edinburgh, UK: Articulate Instruments Ltd.
- Articulate Instruments Ltd. 2012. *Articulate Assistant Advanced User Guide: Version 2.14*.
Edinburgh, UK: Articulate Instruments Ltd.
- Baron, Stephen. 1974. On the tip of many tongues: Apical vowels across Sino-Tibetan. *7th International Conference on Sino-Tibetan Language and Linguistic Studies*. Atlanta, US.
- Beijing Daxue Zhongguo Yuyan Wenxue Xi & Yuyanxue Jiaoyanshi. 1989. Hànyǔ Fāngyīn Zìhuì [Phonetic Dictionary of Chinese Dialects], 2nd edn. Beijing: Wenzī Gaige Chubānshe.
- Bell, Alan. 1978. Syllabic consonants. In Joseph Greenberg (eds.), *Universals of human language*, vol. 2, 153–201.
- Bell, Alan. 1978. Syllabic consonants. *Universals of human language* 2, 153–201.
- Björsten, Sven & Olle Engstrand. 1999. Swedish ‘damped’ /i/ and /y/: experimental and typological observations. *14th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XIV)*, San Francisco, USA.
- Boersma, Paul & David Weenink. 2018. PRAAT: Doing phonetics by computer. Version 6.0.43, <http://www.praat.org> (accessed November 2018).
- Bombien, Lasse. 2006. Voicing alterations in Icelandic sonorants: a photoglottographic and acoustic analysis. *Arbeitsberichte des Instituts für Phonetik und digitale Sprachverarbeitung der Universität Kiel (AIPUK)* 37, 63–82.
- Chan, S. T. H. 1970. Natural sex reversal in vertebrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 259(828), 59–71.
- Chao, Yuen-Ren. 1930. A system of tone letters. *Le Maître phonétique* 45, 24–27.
- Chao, Yuen-Ren. 1961. *Mandarin primer: An intensive course in spoken Chinese*. Oxford: Harvard University Press.
- Chao, Yuen-Ren. 1968. *A grammar of spoken Chinese*. Berkeley, CA: University of California
- Chao, Yuen-Ren. 1980. *Yǔyán Wèntí* [On Languages], 2nd edn. Beijing: Shangwu Yinshuguan.
- Chen, Yiya & Carlos Gussenhoven. 2015. Shanghai Chinese. *Journal of the International Phonetic Association*, 45(3), 321–337.
- Cheng, Chinchuan. 1973. *A synchronic phonology of Mandarin Chinese*. The Hague: Mouton.

- Cheng, Robert L. 1966. Mandarin phonological structure. *Journal of Linguistics* 2(2), 135–262.
- Chitoran, Ioana & Abigail Cohn. 2009. Complexity in phonetics and phonology: gradience, categoriality, and naturalness. *Approaches to phonological complexity* 16, 21–46.
- Clements, George N. 1992. Phonological primes: Features or gestures?. *Phonetica* 49(3-4), 181–193.
- Clements, George N., & Hume, Elizabeth V. 1995. The internal organization of speech sounds. In John A. Goldsmith (eds.), *The handbook of phonological theory*, 245–317. Oxford: Blackwell.
- Cohn, Abigail C. 1993. Nasalisation in English: phonology or phonetics. *Phonology* 10(1), 43–81.
- Connell, Bruce. 2007. Mambila fricative vowels and Bantu spirantisation. *Africana Linguistica* 13(1), 7–31.
- Connell, Bruce. 2017. Language history and language contact in the Mambiloid region of Cameroon. In Klaus Beyer and Raija Kramer (eds.), *Language Change under Multilingual Conditions: Case studies from Africa*, 111–129. Cologne: Rüdiger Köppe.
- Davidson, Lisa. 2006. Comparing tongue shapes from ultrasound imaging using smoothing spline analysis of variance. *Journal of the Acoustical Society of America* 120(1), 407–415.
- De Carvalho, Joaquim Brandão, Noël Nguyen & Sophie Wauquier. 2010. *Comprendre la phonologie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Dede, Keith. 2006. Standard Chinese and the Xining dialect: The rise of an interdialectal standard. *Journal of Asian Pacific Communication* 16(2), 319–334.
- Dell, François & Mohamed Elmedlaoui. 1988. Syllabic consonants in Berber: Some new evidence. *Journal of African Languages and Linguistics* 10(1), 1–17.
- Dell, François. 1994. Consonnes à prolongement syllabique en Chine. *Cahiers de linguistique – Asie orientale* 23(1), 87–94.
- Dellaporta, Stephen L. & Alejandro Calderon-Urrea. 1993. Sex determination in flowering plants. *The Plant Cell* 5(10), 1241–1251.
- Demolin, Didier. 2008. The search for primitives in phonology and the explanation of sound patterns: The contribution of fieldwork studies. *Laboratory Phonology* 7 4(1), 455–513.
- Duanmu, San. 2007. *The phonology of standard Chinese*, 2nd edn. New York: Oxford University Press.
- Duanmu, San. 2011. Chinese syllable structure. In Marc van Oostendorp, Colin J. Ewen, Elizabeth Hume & Keren Rice (eds.), *The Blackwell companion to phonology*, vol. 1, 2754–2777.

- Durkheim, Émile & Marcel Mauss. 1903. De quelques formes primitives de classification : Contribution à l'étude des représentations collectives. *Année Sociologique 1901–1902*. 1–72.
- Engstrand, Olle. 1990. Swedish. *Journal of the International Phonetic Association* 20(1), 42–44.
- Fant Gunnar. 1973. Stops in CV syllables. In *Speech Sounds and Features*, 110–139. Cambridge, MA: MIT Press.
- Faytak, Matthew & Susan S. Lin. 2015. Articulatory variability and fricative noise in apical vowels. *18th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVIII)*, Glasgow, UK.
- Faytak, Matthew. 2015. Temporal organization of frication in fricativized vowels. *Journal of the Acoustical Society of America* 137(4), 2380.
- Faytak, Matthew. 2018. *Articulatory uniformity through articulatory reuse: insights from an ultrasound study of Sūzhōu Chinese*, PhD dissertation. University of California, Berkeley.
- Fu, Maoji. 1956. Běijīng huà de yīnwèi hé pīnyīn zìmǔ [Phonemes and Pinyin symbols in the Beijing speech]. *Zhongguo yuwen* 5, 3–12.
- Fuchs, Susanne, Martine Toda & Marzena Żygis. 2010. *Turbulent sounds: An interdisciplinary guide*. Vol. 21. Berlin & New York: Walter de Gruyter.
- Fujimoto, Masako & Shigeo Shinohara. 2018. Articulation of ‘central’ vowel of the Ikema dialect of Miyako Ryukyuan. *32nd General Meeting of the PSJ*, Okinawa, Japan.
- Gong, Xun. 2016. A phonological history of Amdo Tibetan rhymes. *Bulletin of the School of Oriental and African Studies* 79, 347–374.
- Gordeeva, Olga & James Scobbie. 2010. Preaspiration as a correlate of word-final voice in Scottish English fricatives. In Fuchs, Susanne, Martine Toda & Marzena Żygis (eds.), *Turbulent sounds: An interdisciplinary guide*, vol. 21, 167–207. Berlin & New York: Walter de Gruyter.
- Gordeeva, Olga & James Scobbie. 2010. Preaspiration as a correlate of word-final voice in Scottish English fricatives. In Fuchs, Susanne, Martine Toda & Marzena Żygis (eds.), *Turbulent sounds: An interdisciplinary guide* vol. 21, 167–207. Berlin & New York: Walter de Gruyter.
- Grammont, Maurice. 1946. *Traité de phonétique*. Paris: Librairie Delagrave.
- Greenberg, Joseph H. 1962. Is the Vowel–Consonant Dichotomy Universal? *Word* 18(1-3), 73–81.
- Gu, Chong. 2014. Smoothing Spline ANOVA Models: R Package gss. *Journal of Statistical Software* 58(5), 1–25.
- Haig, David. 2004. The inexorable rise of gender and the decline of sex: Social change in academic titles, 1945–2001. *Archives of sexual behavior* 33(2), 87–96.

- Hartman, Lawton M. 1944. The segmental phonemes of the Peiping dialect. *Language* 20(1), 28–42.
- Hayashi, Yuka. 2010. Ikema (Miyako Ryukyuan). In Thomas Pellard & Michinori Shimoji (eds.), *An introduction to Ryukyuan languages*, 167–188. Tōkyō: Research Institute for Languages, Cultures of Asia & Africa.
- Hirata, Shoji. 1998. *Huīzhōu fāngyán yánjiū* [Study on Huizhou dialects]. Tokyo: Kohbun Press.
- Ho, Aichen. T. 1976. The acoustic variation of Mandarin tones. *Phonetica* 33(5), 353–367.
- Hockett, Charles F. 1947. Peiping phonology. *Journal of the American Oriental Society* 67(4), 253–267.
- Hou, Chao. 2009. Héfēi fāngyán dài cāyúányīn de shíyàn yánjiū [An experimental study on [ɿ] in Hefei Dialect]. *Journal of School of Chinese Language and Culture (Nanjing Normal University)* 1, 172–177.
- Howie, John M. 1976. *Acoustical studies of Mandarin vowels and tones*. New York: Cambridge University Press.
- Hu, Fang. 2007. Lùn Níngbō fāngyán hé Sūzhōu fāngyán qiángāo yuányīn de qūbié tèzhēng — Jiāntán gāoyuányīn jìxù gāohuà xiànxàng [On the distinctive features of the high front vowels in Ningbo and Suzhou Wu dialects with reference to sound changes of high vowels]. *Zhongguo Yuwen* 5, 455–465.
- IPA. 1912. The Principles of the International Phonetic Association. *The Maître Phonétique supplement* sept.–oct. 1–40.
- IPA. 2010. The Principles of the International Phonetic Association (1949). *Journal of the International Phonetic Association* 40(3), 299–358.
- Ito, Mabo R & Donaldson, Robert W. 1971. Zero-crossing measurements for analysis and recognition of speech sounds. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics* 19(3), 235–242.
- Jacques, Guillaume & Alexis Michaud. 2011. Approaching the historical phonology of three highly eroded Sino-Tibetan languages: Naxi, Na and Laze. *Diachronica* 28(4), 468–498.
- Jakobson, Roman & Linda R. Waugh. 2002. *The sound shape of language*, 3rd edn. Berlin & New York: Mouton de Gruyter.
- Jassem, Wiktor. 1965. The formants of fricative consonants. *Language and Speech* 8(1). 1–16.
- Karlgren, Bernard. 1915. *Études sur la phonologie chinoise*. Uppsala: K. W. Appelberg.
- Kong, Huifang, Shengyi Wu & Mingxing Li. 2019. Héfēi Huà Shéjiān Yuányīn de Mócā Xīngzhì jí Gǎnzhī Zēngqiáng Lǐlùn Jiědú [The Frication Property of Apical Vowels in Hefei Chinese and Its Perceptual Enhancement Account]. *Yuyan Yanjiu* 39(1), 23–33.

- Koonin, Eugene V. & Petro Starokadomskyy. 2016. Are viruses alive? The replicator paradigm sheds decisive light on an old but misguided question. *Studies in history and philosophy of science part C: Studies in history and philosophy of biological and biomedical sciences* 59, 125–134.
- Kratochvíl, Paul. 1968. *The Chinese Language Today: features of an emerging standard*. London: Hutchinson & Co LTD.
- Kutsch Lojenga, Constance. 1989. The secret behind vowelless syllables in Lendu. *Journal of African Languages and Linguistics* 11(2), 115–126.
- Ladefoged, Peter & Ian Maddieson. 1996. *The sounds of the world's languages*. Oxford & Malden, MA: Blackwell.
- Ladefoged, Peter & Keith Johnson. 2011. *A course in phonetics*, 6th edn. Boston, MA: Wadsworth.
- Ladefoged, Peter, and Sandra Ferrari Disner. 2012. *Vowels and consonants*, 3rd edn. Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd.
- Lee-Kim, Sang-Im. 2014. Revisiting Mandarin ‘apical vowels’: An articulatory and acoustic study. *Journal of the International Phonetic Association* 44(3), 261–282.
- Lee, Wai-Sum & Eric Zee. 2003. Standard Chinese (Beijing). *Journal of the International Phonetic Association* 33(1), 109–112.
- Lee, Wai-Sum. 2005. The articulatory and acoustical characteristics of the “apical vowels” in Beijing Mandarin. *The Journal of the Acoustical Society of America* 118(3), 2027.
- Li, Qian, Yiya Chen & Ziyu Xiong. 2019. Tianjin Mandarin. *Journal of the International Phonetic Association* 49(1), 109–128. <https://doi.org/10.1017/s0025100317000287>
- Li, Rong, Zhenghui Xiong & Zhenxing Zhang. 1987. *The Language Atlas of China*. Hong Kong: Longman.
- Lin, Yen-Hwei. 2007. *The Sounds of Chinese with Audio CD*. Vol. 1. New York, NY: Cambridge University Press.
- Ling, Feng. 2009. *A phonetic study of the vowel system in Suzhou Chinese*. PhD dissertation. City University of Hong Kong, Hongkong.
- López-García, Purificación. 2012. The place of viruses in biology in light of the metabolism-versus-replication-first debate. *History and philosophy of the life sciences* 34(3), 391–406.
- Luo, Changpei. 1936. Jìxī fāngyīn Shùlùè [Brief introduction to Jixi dialect]. Reprint, In Gao Gengsheng & Sun Hongkai (eds.), Luó Chángpéi Wénjí vol 9 [The collected linguistic works of Luo Changpei vol 9], 175–204. Jinan: Shandong jiaoyu chubanshe, 2008.
- Michaud, Alexis. 2008. Phonemic and tonal analysis of Yongning Na. *Cahiers de linguistique – Asie Orientale* 37(2), 159–196.

- Moreira, David & Purificación López-García. (2009). Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. *Nature Reviews Microbiology* 7(4), 306–311.
- Nespor, Marina, Marcela Peña & Jacques Mehler. 2003. On the different roles of vowels and consonants in speech processing and language acquisition. *Lingue e linguaggio* 2(2), 203-230.
- O'Connor, J. Desmond & John L. M. Trim. 1953. Vowel, consonant, and syllable—a phonological definition. *Word* 9(2), 103–122.
- Ohala, John. J. 1983. The Origin of Sound Patterns in Vocal Tract Constraints. In MacNeilage P.F. (eds), *The Production of Speech*, 189–216. New York, NY: Springer.
- Passy, Paul. 1906. *Petite phonétique comparée*. Leipsic and Berlin: B.G. Teubner, Libraire-Éditeur.
- Pearson, Helen. 2008. ‘Virophage’ suggests viruses are alive. *Nature* 454(7205), 677.
- Pike, Kenneth L. 1971. *Phonetics: A Critical Analysis of Phonetic Theory and a Technic for the Practical Description of Sounds*. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press.
- Pike, Kenneth. L. 1947. *Phonemics. A Technique for Reducing Languages to Writing*. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press.
- Pullum, Geoffrey K. & William A. Ladusaw. 1996. *Phonetic symbol guide (Second Edition)*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Rabiner, Lawrence. R. & Ronald. W. Schafer. 1978. *Digital Processing of Speech Signals*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ridouane Rachid, George N. Clements & Rajesh Khatiwada. 2011. Language-independent bases of distinctive features. In J. A. Goldsmith, E. Hume, L. Wetzels (eds.), *Tones and Features: Phonetic and Phonological Perspectives*, 264–287.
- Ridouane, Rachid. 2008. Syllables without vowels: phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology* 25(2), 321–359.
- Rousselot, Jean-Pierre. 1897. *Principes de Phonétique Expérimentale I*. Paris: Welter.
- Ruggiero, Michael A., Dennis P. Gordon, Thomas M. Orrell, Nicolas Bailly, Thierry Bourgoïn, Richard C. Brusca, Thomas Cavalier-Smith, Michael D. Guiry & Paul M. Kirk. 2015a. A higher level classification of all living organisms. *PloS one* 10(4). 1–60.
- Ruggiero, Michael A., Dennis P. Gordon, Thomas M. Orrell, Nicolas Bailly, Thierry Bourgoïn, Richard C. Brusca, Thomas Cavalier-Smith, Michael D. Guiry, and Paul M. Kirk. 2015b. Correction: a higher level classification of all living organisms. *Plos one* 10(6). 1–54.
- Rybicki, Edward. 1990. The classification of organisms at the edge of life or problems with virus systematics. *South African Journal of Science* 86(4), 182.

- Sapir, Edward. 1921. *Language: An introduction to the study of speech*. Courier Corporation, 2004.
- Saussure, Ferdinand de. 1916. *Cours de linguistique générale*. Lausanne and Paris: Payot.
- Scamardella, Joseph M. 1999. Not plants or animals: a brief history of the origin of Kingdoms Protozoa, Protista and Protoctista. *International Microbiology* 2(4), 207–216.
- Shao, Bowei & Rachid Ridouane. 2018. La « voyelle apicale » en chinois de Jixi : caractéristiques acoustiques et comportement phonologique. *XXXIIe Journées d'Études sur la Parole*, Aix-en-Provence, France, 685–693.
- Shao, Bowei & Rachid Ridouane. 2019. Apical vowel in Jixi-Hui Chinese: an articulatory study. *19th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVIII)*, Melbourne, Australia.
- Shi, Feng, Gang Peng & Yi Liu. 2015. Vowel distribution in isolated and continuous speech: the case of Cantonese and Mandarin. In William S-Y. Wang & Chaofen Sun (eds.), *The Oxford handbook of Chinese linguistics*, 459–473. New York, NY: Oxford University Press.
- Shosted, Ryan K. 2006. *The Aeroacoustics of Nasalized Fricatives*, PhD dissertation. University of California, Berkeley.
- Shosted, Ryan K. 2006. *The aeroacoustics of nasalized fricatives*, PhD dissertation. University of California, Berkeley.
- Stevens K. N. 1998. *Acoustic Phonetics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stevens, Kenneth N., Samuel Jay Keyser & Haruko Kawasaki. 1986. Toward a phonetic and phonological theory of redundant features. In Joseph S. Perkell & Dennis H. Klatt (eds.), *Invariance and variability in speech processes*, 426–449. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stone, Maureen & Subhash Lele. 1992. Representing the tongue surface with curve fits. *Second International Conference on Spoken Language Processing*. Banff, Alberta, Canada.
- Stone, Maureen, Thomas H. Shawker, Thomas L. Talbot & Alan H. Rich. 1988. Cross-sectional tongue shape during the production of vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America* 83(4), 1586—1596.
- Stone, Maureen. 1992. Cross-sectional tongue shape and linguopalatal contact patterns in [s],[ʃ], and [l]. *Journal of phonetics* 20, 253—270.
- Svantesson, Jan-Olof. 1984. Vowels and diphthongs in Standard Chinese. *Working Papers of Lund University, Department of Linguistics* 27, 209–235.
- Svantesson, Jan-Olof. 1986. Acoustic Analysis of Chinese Fricatives and Affricates. *Journal of Chinese Linguistics* 14(1), 53–70.
- Trubetzkoy, Nicolas. S. 1949. *Principes de Phonologie*. Paris: Librairie C. Klincksieck.

- Trubetzkoy, Nicolas. S. 1969. *Principles of phonology*. Berkley and Los Angeles, CA: University of California Press.
- Udry, J. Richard. 1994. The nature of gender. *Demography* 31(4), 561–573.
- Vendryès, Joseph. 1921. *Le langage: introduction linguistique à l'histoire*. Paris: La Renaissance du livre.
- Wan, Liyang. 2014. *Xīpài Hēféi Huà Yuányīn Xìtǒng de Shíyàn Yánjiū* [A acoustic study of the vowel system in New Hefei dialect]. Master thesis. Nanjing Normal University, Nanjing.
- Wang, Shuangcheng. 2006. Qīnghǎi fāngyán yuányīn [i] de shéjiānhuà yīnbiàn [Apicalization sound change of the Qinghai dialects' [i] vowel]. *Zhongguo Yuwen* 4, 359–363.
- Wang, Shuangcheng. 2010. Ānduō zàngyǔ [i] de shéjiānhuà jí qí lèixíngxué yìyì [Sound Change of [i] in Amdo Tibetan and its Typological Meaning]. *Studies in Language and Linguistics* 30(2), 122–127.
- Warner, D. A., and Richard Shine. 2008. The adaptive significance of temperature-dependent sex determination in a reptile. *Nature* 451(7178), 566–568.
- Westerberg, Fabienne. 2016. *An auditory, acoustic, articulatory and sociophonetic study of Swedish Viby-i*. Master thesis. University of Glasgow, Glasgow.
- Westerberg, Fabienne. 2019. Swedish “Viby-i”: Acoustics, Articulation, And Variation. *19th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVIII)*, Melbourne, Australia.
- Wharton, Amy S. 2004. *The sociology of gender: An introduction to theory and research*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Wiberg, U. H. 1983. Sex determination in the European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Cytogenetic and Genome Research* 36(4), 589–598.
- Wiese, Richard. 1997. Underspecification and the description of Chinese vowels. *Studies in Chinese phonology*, 219–249.
- Woese, Carl R., Otto Kandler & Mark L. Wheelis. 1990. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 87(12), 4576–4579.
- Wu, Wei. 1995. Hēféi huà “-i”、 “-y” yīnjié shēngyùnmǔ qiánhuà tàntǎo [Exploration of the fronting of “-i” and “-y” rhymes in the Hefei dialect]. *Yuyan yanjiu* 3, 58–60.
- Ye, Xiangling. 1993. *Sūzhōu fāngyán cídiǎn* [Dictionary of Suzhou Dialect]. Nanjing: Jiangsu jiaoyu chubanshe.
- Yu, Alan. 1999. Aerodynamic constraints on sound change: The case of syllabic sibilants. *Journal of the Acoustical Society of America* 105(2), 1096–1097.
- Yuan, Jiahua. 1960. *Hànyǔ Fāngyán Gàiyào* [A compendium of Chinese dialects]. Beijing: Wenzhi Gaige Chubanshe.

- Yuan, Jiahua. 1983. *Hànyǔ Fāngyán Gàiyào* [A compendium of Chinese dialects], 2nd edn. Beijing: Wenzhi Gaige Chubanshe.
- Zee, Eric & Wai-Sum Lee. 2001. An acoustical analysis of the vowels in Beijing Mandarin. *7th European Conference on Speech Communication and Technology*, Aalborg, Denmark, 643–646.
- Zee, Eric & Wai-Sum Lee. 2007. Vowel typology in Chinese. *16th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS XVI)*, Saarbrücken, Germany, 1429–1432.
- Zhao, Rixin. 1989. Ānhuī Jìxī fāngyán yīnxì tèdiǎn [Phonological characters of Jixi dialect from Anhui Province]. *Fangyan* 2, 125–130.
- Zhao, Rixin. 2003. *Jìxī fāngyán cídiǎn* [Dictionary of Jixi dialect]. Nanjing: Jiangsu jiaoyu chubanshe.
- Zhao, Rixin. 2007. Hànyǔ fāngyán zhōng de [i] > [ɿ] [Sound change of [i] > [ɿ] in Chinese dialects]. *Zhongguo yuwen* 1, 46–54.
- Zhao, Rixin. 2008. Ānhuī shěng de hànyǔ fāngyán [An Introduction of the Chinese dialects in Anhui Province]. *Fangyan* 4, 361–368.
- Zhou, Dianfu & Zongji Wu. 1963. *Pǔtōnghuà fāyīn túpǔ* [Articulatory diagrams of Standard Chinese]. Beijing: Shangwu yinshuguan.
- Zhu, Xiaonong. 1995. *Shanghai tonetics*. PhD dissertation. Australian National University, Canberra.
- Zhu, Xiaonong. 2004. Hànyǔ yuányīn de gāodǐngchūwèi [Sound changes of high vowels in Chinese dialects]. *Zhongguo yuwen* 5, 440–451.

La voyelle apicale en Chinois Jixi-Hui : phonologie et phonétique

Les langues chinoises ont un ensemble de segments appelés « voyelles apicales » (舌尖元音 en chinois). Leur nature exacte est à l'origine d'un débat toujours en cours : S'agit-il de consonnes ou de voyelles ? Les « voyelles apicales » ont été analysées dans des études précédentes comme étant de véritables voyelles, des voyelles fricatives, des fricatives syllabiques, ou des approximantes syllabiques. Cette thèse porte sur la voyelle apicale attestée en chinois Jixi-Hui. J'examine ce segment d'un point de vue phonétique et phonologique et montre qu'il est mieux défini comme une consonne fricative voisée (transcrit /z/).

Phonologiquement, ce segment est un phonème distinct de /i/. Il est exclusivement attesté en position de noyau de syllabe où il constitue une unité porteuse de ton. Il peut apparaître non seulement après les sibilantes coronales /s ts ts^h/, mais aussi les bilabiales /p p^h/ et les nasales /m n/. Phonétiquement, les caractéristiques acoustiques et articulatoires de ce segment sont examinées. Les résultats montrent que /z/ contient dans la majorité des cas un bruit de friction dans sa phase initiale, superposé sur du voisement, avec une structure formantique plus claire apparaissant vers la fin. Les analyses du rapport harmonique/bruit et du taux de passage par zéro confirment cette présence significative du bruit de friction, distinguant clairement ce segment des voyelles. Les généralisations en SS ANOVA des données ultrasoniques montrent que /z/ a une forme de langue presque identique à celle de /s/ sur les plans mi-sagittal et coronal, malgré quelques différences spécifiques à chaque locuteur. Cette forme de langue reste constante dans les contextes consonantiques bilabiales et alvéolaires.

La variabilité dans la façon dont /z/ est phonétiquement implémentée est considérée comme étant la conséquence de deux contraintes en interaction : une contrainte structurelle liée au statut distinctif de /z/ et au rôle qu'il joue dans la structure syllabique, et une contrainte physique liée à l'incompatibilité entre le voisement et le bruit de friction. L'étude souligne également la nécessité de reconnaître les fricatives syllabiques en chinois Jixi-Hui, et probablement aussi dans d'autres langues chinoises.

Mots-clés : Voyelle apicale, Chinois de Jixi, acoustique, ultrason, bruit de friction, fricative syllabique.

The apical vowel in Jixi-Hui Chinese: phonology and phonetics

Chinese languages have a set of segments known as 'apical vowels' (舌尖元音 in Chinese). Their exact nature is still the source of an ongoing debate: Are they consonants or vowels? 'Apical vowels' have been analysed in previous studies as genuine vowels, fricative vowels, syllabic fricatives, or syllabic approximants. This dissertation is concerned with the apical vowel attested in Jixi-Hui Chinese. I examine this segment from phonetic and phonological perspectives and show that it is best defined as a voiced fricative consonant (transcribed /z/).

Phonologically, this segment is a distinct phoneme from /i/. It is exclusively attested in syllable nucleus position where it constitutes a tone-bearing unit. It can appear not only after coronal sibilants /s ts tsh/, but also bilabials /p ph/ and nasals /m n/. Phonetically, the acoustic and articulatory characteristics of this segment are examined. The results show that /z/ contains in the majority of cases frication noise in its initial phase superposed on voicing, and a clearer formant structure appears towards its end. The harmonic-to-noise ratio and zero-crossing rate analyses confirm this significant presence of noise, clearly distinguishing this segment from vowels. The smoothing-spline ANOVA analyses of ultrasound data show that /z/ has a near-identical tongue shape to /s/ on both mid-sagittal and coronal planes despite some speaker-specific differences. This /s/-like tongue shape is constant in bilabial and alveolar consonantal contexts.

The variability in the way /z/ is phonetically implemented is argued to be a consequence of two interacting constraints: a structural one related to the distinctive status of /z/ and the role it plays within syllable structure, and a physical one related to the incompatibility of voicing and frication. The study further argues for the necessity of recognizing syllabic fricatives in Jixi-Hui Chinese and probably also in other Chinese languages.

Key words: Apical vowel, Jixi-Hui Chinese, acoustics, ultrasound, frication noise, syllabic fricative.