



**HAL**  
open science

# Étude des consonnes fricatives et affriquées du mandarin par ultrasons

Ming Xiu

► **To cite this version:**

Ming Xiu. Étude des consonnes fricatives et affriquées du mandarin par ultrasons. Sciences de l'Homme et Société. 2013. dumas-00841420

**HAL Id: dumas-00841420**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00841420>**

Submitted on 4 Jul 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Étude des consonnes fricatives et affriquées  
du mandarin par ultrasons**

中文普通話擦音和塞擦音的  
超聲波成像檢驗

**Nom : XIU 修**

**Prénom : Ming 明**

**UFR LLASIC**

---

**Mémoire de stage de master 1 recherche – Mention Sciences du langage**

**碩士一年級論文 – 語言科學**

**Spécialité : Langage, parole, variations, surdité**

**Sous la direction de : Didier DEMOLIN**

**Préparé au sein du Laboratoire GIPSA-lab, CNRS UMR 5216**

**dans l'Ecole Doctorale Langues, Littératures et Sciences Humaines**

**Année universitaire 2012 – 2013**

## Remerciements

*Je souhaite ici remercier mon maître de stage, Didier Demolin, pour m'avoir offert cette chance de faire un stage avec lui, pour m'avoir proposé un sujet qui m'intéresse, m'avoir donné la chance de découvrir le monde de la recherche en phonétique.*

*Pendant le stage et particulièrement dans les démarches administratives, j'ai rencontré de nombreuses difficultés comme étudiant étranger. Didier Demolin était toujours à mes côtés. Il m'a encouragé. Il m'a aidé, pour les expériences et pour la rédaction du mémoire.*

*Merci à Nathalie Vallée, qui m'a donné des conseils et des aides pour mon mémoire.*

*Ensuite Mme Rossato, m'a donné les conseils nécessaires pour que je puisse continuer à travailler alors que j'étais dans la difficulté pour obtenir l'autorisation de faire ce stage.*

*J'aimerais remercier Christophe Savariaux, Ingénieur, qui m'a aidé pour manipuler les outils de traitement audio-visuel, qui m'a aidé aux traitements des données, à la mise en place des équipements, qui m'a offert des supports techniques.*

*Merci à Hélène Gherardi, qui m'a encouragé et dans aidé pour les démarches administratives. Merci aux membres du gipsa-lab de m'avoir accueilli, « ouvert la porte du lab » dans tous les sens du terme, et m'avoir soutenu tout le temps. Pendant le stage, je n'avais pas de poste de travail, ils m'ont permis toujours d'utiliser leurs ressources pour que je puisse achever ce que j'avais commencé.*

*Merci à LIU Chunyi 劉春祎, ma copine, qui est aussi mon sujet pour le travail d'ultrasons. Merci à ton soutien quotidien, même s'il a été exprimé avec juste un « bon courage ».*

*Merci 媽媽爸爸 [ma'ma'pa'pa qui sont loin de moi. Je sais que vous aimez toujours que je vous appelle comme ça (il existe plusieurs appellations en mandarin). Pendant l'entretien au concours pour entrer à la fac en Chine, l'examinatrice m'avait demandé mon souhait. Je lui avais répondu que je voulais que mes parents soient fiers de moi. Je voudrais vous dire que ce souhaite n'a jamais été oublié, jamais changé.*




## Déclaration anti-plagiat

Document à scanner après signature  
et à joindre au mémoire électronique

### DECLARATION

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

NOM : ...*XIU*..... PRENOM : ...*Ming*.....

DATE : ...*29/04/2013*..... SIGNATURE : 

# Table des matières

Résumé -----	5
1. Introduction -----	6
1.1. Le mandarin, un terme difficile à définir -----	6
1.2. Origine des consonnes rétroflexes du chinois -----	8
2. Etat de la question -----	11
2.1. Les consonnes fricatives, affriquées et rétroflexes du mandarin -----	11
2.1.1. Rétroflexe ou non-rétroflexe ? -----	11
2.1.2. Justification d'utilisation du pinyin au lieu de l'API dans cette étude -----	20
3. Méthodologie -----	23
3.1. Matériel -----	23
3.2 Logociel -----	24
3.1.3. Les Ultrasons et les rayons X -----	23
3.3. Données du travail -----	25
3.4. Les sujets -----	27
4. Résultats -----	30
4.1. Séquences d'ultrasons enregistrées à partir des 3 paires minimales -----	30
4.1.1. Paire minimale – 1 -----	30
4.1.2. Paire minimale – 2 -----	31
4.1.3. Paire minimale – 3 -----	32
4.2. Deux consonnes affriquées -----	33
4.3. Interprétation des contours -----	34
5. Perspective -----	35
5.1. L'électropalatographie et la palatogramme statiques -----	35
5.2. Les études d'EPG en Chine -----	24
Conclusion -----	37
Bibliographie -----	38

## Résumé

Le chinois possède des consonnes rétroflexes qui n'existent que dans environ 11 % des langues du monde (Maddieson 1984). Par rapport à d'autres langues (kanadda de l'Inde et namtrik de Colombie) qui possèdent aussi ces consonnes, nous pouvons nous demander si elles sont produites avec des stratégies articulatoires similaires ou différentes. Beaucoup de chercheurs ont essayé de mettre en lumière cette problématique, par exemple Ladefoged & Wu (1984). Les limites techniques de ces études et les données acquises n'ont jusqu'à présent pas encore permis de résoudre cette question.

Notre étude vise à expliquer cette problématique avec des techniques plus modernes et plus précises. Ladefoged & Wu (1984) ont travaillé sur les consonnes fricatives et les affriquées du mandarin. La technique qu'ils ont utilisée était la palatographie statique parce que l'électropalatographie n'existait pas encore à cette époque. Pour leur étude, ils ont utilisé la photographie rayon X, mais pas la cinéradiographie. Pour obtenir les contours, il fallait donc que le sujet maintienne les différentes étapes de la production pour réaliser des recherches photographiques de la production. Il était donc très difficile d'obtenir des données précises sur les différentes phases de l'articulation des rétroflexes du mandarin.

Au lieu de la palatographie traditionnelle statique et des rayons X, nous allons appliquer l'électropalatographie (EPG) qui permet d'obtenir des indices sur les contacts langue-palais et les ultrasons qui permettent d'avoir des images du contour de la langue. Les deux techniques permettent de suivre l'évolution temporelle des mouvements de la langue et de ses différentes parties (apex, dorsum, racine). La technique des ultrasons existe depuis longtemps en Chine, mais elle sert au domaine médical et n'est pas encore implémentée dans le domaine d'étude de la phonétique.

Mot clés : mandarin, affriquées, fricatives, rétroflexes, ultrasons, électropalatographie.

# 1.Introduction

## 1.1 Le mandarin, un terme difficile à définir

Le chinois appelé aussi langue des Han (汉语 *han4'yu3*) ne désigne pas une seule langue, mais un ensemble de langues/dialectes qui sont parlés en Chine continentale et aussi à Macao, Hongkong, Taïwan, Singapour, Malaisie, et dans beaucoup d'autres pays du sud-est asiatique, qui utilisent des langues/dialectes qui issus du chinois archaïques. Ce dernier couvre la période allant du 17e siècle av. J. -C. au 10e siècle ap. J. -C.

En chine continentale, il existe sept principaux dialectes, selon l'appellation officielle ils sont : le mandarin, le wu, le hakka, le min, le yue (cantonais), le xiang, le gan, auxquels s'ajoutent de nombreux autres dialectes non-classifiés. Après l'unification de l'empire Qin (221 av. J. -C. – 207 av. J. -C.), le roi a unifié l'écriture chinoise (figure 1). Toute la Chine utilise le même système et les mêmes caractères pour écrire. Grâce à cela, les locuteurs de dialectes différents peuvent communiquer en se basant sur une même écriture.

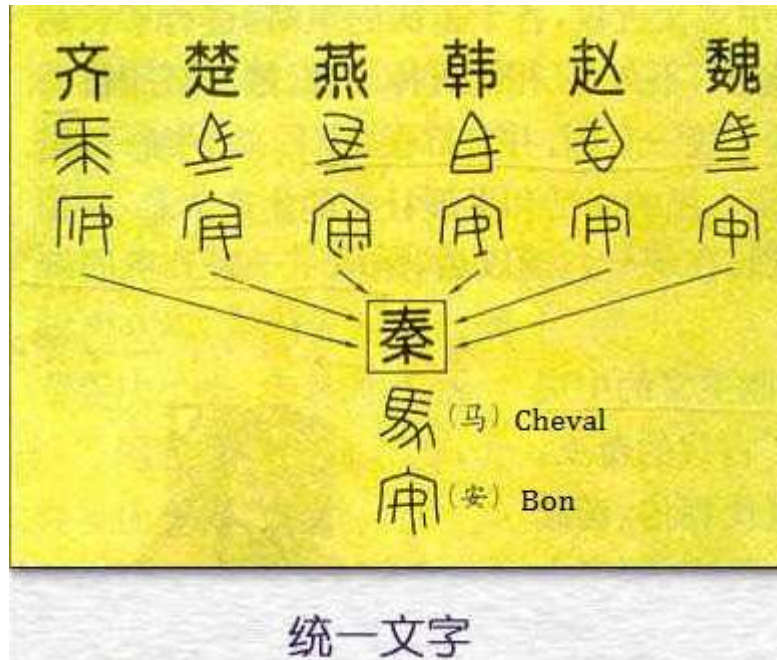


Figure 1 : Unification du mot « cheval » et du mot « bon » pendant le dynastie Qin. – 中学历史教学世界 (Site officiel scolaire de la pédagogie d'histoire en Chine)

Le terme mandarin est souvent confondu avec la langue du nord. Selon l'appellation officielle, le terme mandarin correspond à l'un des sept dialectes principaux. Mais le mandarin est comme l'italien standard, le toscan sans ses traits régionaux ou marqués qu'il n'y a presque personne qui le prend pour la langue maternelle. Donc le mandarin n'est pas un dialecte. Il vaut mieux de catégoriser les sept principaux dialectes comme : la langue-du-nord, le wu, le hakka, le min, le yue (cantonais), le xiang, le gan, Le mandarin est une langue qui s'est constituée dans cette région avec les parlers de plusieurs peuples du nord de la Chine. C'est ce qui explique que les 2 termes sont souvent confondus.

Le mandarin (官话 *guan1'hua4*) est aussi nommé la langue normale (普通话 [pu3'tong1'hua4]), la langue nationale (国语 *guo2'yu3*), ou han yu (汉语 *han2'yu3*) parfois même appelé 'le pékinois' (北京话 *bei3'jing1'hua4*) par certains locuteurs, bien que le mandarin et le pékinois soient en fait deux choses différentes. Nous allons en parler dans la suite.

Dans l'histoire de la Chine, pour des raisons politiques de centralisation et pour que les gens de régions différentes aient la possibilité de communiquer entre eux et pas seulement au niveau de l'écriture, chaque dynastie a proposé sa propre version officielle de prononciation. Cette norme de prononciation a été appelée le mandarin. Le mandarin dont nous parlons aujourd'hui est le mandarin moderne qui est basé sur le dialecte pékinois et la langue-du-nord, sans les prononciations et les accents régionaux comme l'italien standard.

Le mandarin est souvent confondu avec le pékinois ou la langue du nord, comme nous l'avons vu dans la classification des sept dialectes. Il est mieux de parler de langue du nord au lieu de mandarin. Il faut savoir que, la langue du nord n'est dans ce cas pas une langue spécifique qui vient du nord mais un terme qui regroupe un ensemble des dialectes. Le pékinois a beaucoup de phonèmes spéciaux et beaucoup de sons que le mandarin n'a pas. Par exemple, par rapport au pékinois, le mandarin n'a pas ou ne prononce pas souvent la voyelle rhotacisée /ɤ/, *er* en pinyin (Ladefoged & Wu 1984) en fin de syllabe. La voyelle /ɤ/ est un son très courant dans la langue parlée à Pékin et au nord de la Chine.

Dans le peuple, le mandarin n'a jamais été appelé par son nom officiel, comme le français en France ou en anglais en Angleterre, mais il est désigné comme la langue nationale (国语 *guo2'yu3*), par un mot qui vient du Japonais. Le terme mandarin n'est utilisé que dans les documents gouvernementaux, il est loin de la vie quotidienne du peuple. A la fin du 19e siècle, qui correspond à la fin de la dynastie Qing, sous influence de la restauration de Meiji du Japon (où les



japonais appellaient leur langue commune la langue nationale (国语), le gouvernement de Qing a employé le terme mandarin pour désigner la langue nationale (国语). En 1919, le gouvernement Qing a mis en place la solution de la langue nationale unifiée qui stipule que le chinois basé sur la prononciation pékinoise remplace le mandchou. Mais le dynastie Qing n'a pas survécu longtemps après cette entreprise. Le terme langue nationale (国语) (appelé mandarin en français) a été admis par le gouvernement de la République de Chine qui l'a encore affiné.

Le terme langue normale (普通话) que nous utilisons en Chine aujourd'hui est apparu à la fin de la dynastie Qing, mais il a pas été généralisé à cette époque-là. En 1956, le terme langue normale (普通话) a été pris comme nom standard par le gouvernement de la République populaire de Chine. Le mot 普通 [pu3'tong1] a les sens de : commun, normal, général, répandu. Le terme 普通话 [pu3'tong1'hua4] respecte mieux les autres nations qui vivent en Chine. Le chinois, en fait la langue des Han, est nommé 汉语 [han2'yu3]. En Chine, il existe 56 nations différentes qui parlent des langues différentes. A cause de l'unification culturelle, la plupart de ces langues ont soit disparu ou sont en danger. Les dynasties Yuan (1271 - 1368) et Qing (1644 - 1912) ont existé à des époques où les mongols et les mandchous dominaient la Chine. Ces peuples ont commencé à utiliser le chinois après qu'ils aient conquis et traversé la grande muraille. Le chinois reste toujours la langue de référence.

## 1.2 Origine des consonnes rétroflexes du chinois

En phonétique articulatoire, une consonne rétroflexe désigne une consonne réalisée avec la pointe de la langue qui s'incurve vers l'arrière et dont le lieu d'articulation se situe au niveau du palais. Ces sons existent notamment dans les langues indo-aryennes, dans les langues dravidiennes, comme le kanadda en Inde, en namtrik de Colombie et en mandarin. Il n'y a pas beaucoup de langues du monde qui possèdent ces consonnes.

Le chinois a traversé plusieurs époques entre le proto-mandarin et le mandarin moderne. En chinois archaïque, les phonèmes rétroflexes n'existaient pas. Mais dans le chinois médiéval sont apparues des consonnes similaires aux rétroflexes.

En Mandarin moderne, il existe trois consonnes rétroflexes sourdes, une fricative et deux affriquées /ʂh/, /tʂ/, /tʂh/ en API. Les consonnes rétroflexes viennent des bannermans<sup>1</sup> de Mandchourie qui apprenaient le chinois sous la dynastie Qing. Les bannermans parlaient le

---

1 Le système des huit bannières (en mandchou : jakūn gūsa, en chinois : 八旗 baqí) était la structure administrative mandchoue. Instauré par Nurhachi après son unification des tribus mandchoues, chaque famille mandchoue était associée à une des huit bannières. Chaque bannière correspond à une branche de la noblesse.

mandchou comme langue maternelle (table 1), c'est une langue altaïque. A l'origine, les trois consonnes rétroflexes étaient trois consonnes prononcées avec la pointe de la langue par les chinois. Les mandchous qui ont conquis la grande muraille, ont amenés leurs sons rétroflexes en Chine.

Pour des raisons politiques, un système d'éducation a été créé par les dominateurs Qing. Ils ont établi des académies d'orthoépie, Zheng'yin'shu'yuan 正音书院, pour standardiser la langue. Ce sont les enseignants bannermans mandchous qui enseignaient alors la langue chinoise. Ils ont introduit leurs prononciations et l'accent régional dans la généralisation du chinois. Les trois consonnes rétroflexes qui impliquent une élévation et une rétraction de la pointe de la langue vers l'arrière s'écrivent *zh, ch, sh* en pinyin<sup>2</sup> et sont transcrites /tʂ/, /tʂʰ/, /ʂʰ/ en API .

Todo consonants		Sibe consonants		Todo vowels		Sibe vowels	
ba 𐰆	tsa 𐰇	ka 𐰏	gaa 𐰑	e 𐰢	e 𐰣		
pa 𐰇	ya 𐰏	ga 𐰑	haa 𐰒	i 𐰤	i 𐰥		
qa 𐰇	wa 𐰏	ha 𐰑	tsa 𐰒	o 𐰦	iy 𐰧		
ga 𐰏	ka 𐰑	pa 𐰒	za 𐰓	u 𐰨	ue 𐰩		
ma 𐰑	gaa 𐰒	sha 𐰓	raa 𐰔	oe 𐰪	u 𐰫		
ta 𐰓	haa 𐰔	ta 𐰕	cha 𐰖	ue 𐰬	ang 𐰭		
da 𐰕	jia 𐰖	da 𐰗	zha 𐰘	ang 𐰮			
cha 𐰖	nia 𐰗	ja 𐰘	Manchu consonants		Manchu vowels		
ja 𐰘	dza 𐰙	fa 𐰚	ka 𐰛	ra 𐰜	fa 𐰝	zha 𐰞	i 𐰟

Table 1 : Système phonologique du mandchoue.

Pour certains chercheurs les trois consonnes rétroflexes sont apparues pendant le dynastie Yuan où les Mongols dominaient la Chine. Pour la même raison, ils amenèrent ces consonnes rétroflexes en chinois. Parce que les Mongols parlent une langue d'origine altaïque, ils ont une façon très similaire aux Mandchous de réaliser ces trois consonnes avec élévation de la langue vers l'arrière. Quel que soit le point de vue, nous pouvons être sûr que ce n'est pas un phénomène de la langue de la nation Han.

La voyelle rhotacisée est encore plus rare. Il y a moins de 3% des langues dans le monde où elles existent (Maddieson 1984). La voyelle rétroflexe du mandarin *er* en pinyin est transcrite /ə/, en API, par Ladefoged & Wu (1984). Nous utiliserons plutôt le pinyin dans ce mémoire que API. Comme Ladefoged & Wu le précisent dans leur article sur les lieux d'articulation des consonnes

<sup>2</sup> Le pinyin est un système de transcription des phonèmes du mandarin en écriture latine. Ce système est appliqué dans presque tous les documents du domaine phonétique en Chine.

fricatives et affriquées du pékinois, l'API a été créée par des européens qui ne faisaient pas la différence entre certains lieux d'articulation. Si l'API avait été fondée par les mandchous ou par les mongols, ce tableau aurait été différent. Ceci vient du fait que les frontières entre les catégories de l'API ne peuvent pas toujours être clairement délimitées.

En Chine, les habitants du nord prononcent plus de phonèmes rétroflexes que les habitants du sud. Peut-être à cause de l'influence des langues altaïques. Jusqu'à aujourd'hui, il y a deux façons de réaliser les trois consonnes rétroflexes du mandarin. Normalement, au nord, les gens prononcent les rétroflexes, plus au sud, les gens prononcent moins de rétroflexes. Dans une ville comme Pékin, une partie des locuteurs les réalise avec la pointe de la langue dirigée vers le haut et l'arrière. C'est-à-dire comme une consonne rétroflexe pleine. Une autre partie de locuteurs les produisent avec la partie antérieure de la langue relevée, nous pouvons dire dans ce cas qu'il s'agit d'une quasi-rétroflexe. Au niveau de la perception, pour les chinois natifs, il n'y a aucune différence entre les deux, bien que certains chefs du département éducatif du gouvernement clament que les quasi-rétroflexes (consonne avec élévation de la langue) ne sont pas nettes. La pratique montre que l'exigence pour tous les étudiants de réaliser les trois consonnes avec la pointe de la langue dirigée vers le haut et l'arrière, a été catastrophique. Le cours du chinois devenait ridicule.

Par conséquent, au cours de la dernière décennie, les méthodes scolaires n'ont plus parlé de consonne rétroflexe (卷舌音 *juan3'she2'yin1*) mais ont appliqué le terme consonne avec la langue relevée (翘舌音 *qiao4'she2'yin1*). Les deux termes ne sont pas distingués dans les traductions en français ou en anglais. Aujourd'hui, bien que les rétroflexes gardent leur nom la plupart des gens les réalisent avec langue relevée et de moins en moins avec la pointe de la langue dirigée vers le haut et l'arrière. Les non-rétroflexes sont plus faciles à réaliser avec une vitesse d'articulation est plus rapide que les rétroflexes.

Nous avons donc deux façons de réaliser ces trois consonnes sans aucune différence nette au niveau de la perception.

Selon une enquête de Meng qui a eu lieu en 2000, sur 33 journalistes de stations de télévision officielles gouvernementales et 24 étudiants natifs pékinois venant de quartiers différents de Pékin, à la question : Quelle est la bonne façon, selon vous, de prononcer les trois consonnes : *zh, ch, sh* (Pinyin : /tʂ/, /tʂʰ/, /ʂʰ/ en API) ? seulement quelques uns ont répondu : 'avec la pointe de la langue dirigée vers le haut et l'arrière de l'arrière du palais dur'. La plupart ont répondu : 'le dos de la langue touche la partie la plus antérieure du palais dur'.

Sur la figure n°2, nous pouvons voir qu'avec les méthodes différentes, les définitions de ce terme sont différentes. Sans aucun doute, il y a une grande divergence même dans le même système éducatif. Dans les départements de recherche, les controverses ne se sont jamais arrêtées.



Figure 2: Différentes illustrations pour montrer la position de la langue dans la production des consonnes rétroflexes du mandarin dans le site pédagogique (gauche) : « Happy Learning Chinese », une méthodes (milieu): « Les difficultés phonétiques » d'Open University of China et une article (droite) « *zh, ch, sh* dans l'enseignement de chinois langue étrangère » de l'université de Nankai.

## 2. Etat de la question

### 2.1 Les consonnes fricatives, affriquées et rétroflexes du mandarin

#### 2.1.1 Rétroflexe ou non-rétroflexe ?

Les recherches sur les trois consonnes rétroflexes ont commencé à partir des années 1920. Différents points de vue coexistent depuis. Selon Qian (1920), les trois consonnes chinoises sont identiques à /tʃ/, /tʃʰ/, /ʃ/ de l'anglais. Selon Karlgren (1994), ce sont des consonnes produites avec la pointe de la langue contre le palais dur. Il faut avoir des symboles spéciaux pour les décrire. Selon la description de Chao (1948, 1968), ce genre de consonne est apical post-alvéolaire. Pour les produire, il faut toucher ou approcher le palais dur avec la partie inférieure de la langue en la relevant ou en la courbant vers l'arrière. Il les transcrit avec les symboles API /tʂ/, /tʂʰ/, /ʂʰ/.

La plupart des recherches sur les rétroflexes du mandarin concerne soit la pédagogie de la

langue, soit le domaine de la géolinguistique ou encore la linguistique historique.

Gong (2011) et son professeur à l'université chinoise de Hong Kong ont fait une recherche sur les trois consonnes rétroflexes /tʂ/, /tʂʰ/, /ʂ/ (transcrites plus loin comme *zh*, *ch*, *sh* en pinyin) dans les phénomènes d'absence d'accent étranger et au niveau de la perception.

Gong et son professeur ont fait une comparaison entre les consonnes rétroflexes, post-alvéolaires et alvéolo-palatales en mandarin et en anglais (table 2).

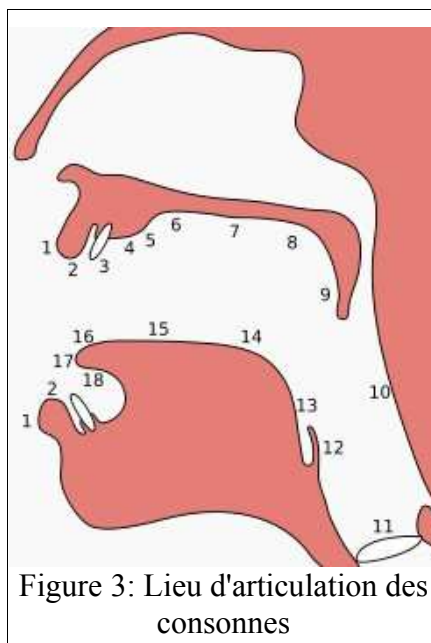
En API	卷舌 (Retroflex)	齶后 (Post-alveolar)	齶-腭 (Alveolo-palatal)
Mandarin	[tʂ], [tʂʰ], [ʂ]		[tɕ], [tɕʰ], [ɕ]
Anglais	[dɹ], [tɹ], [ʃɹ]	[dʒ], [tʃ], [ʃ]	

Table 2 : Comparaison entre les consonnes rétroflexes, post-alvéolaire, alvéolo-palatal en mandarin et en anglais par Gong

Nous pouvons voir que les consonnes rétroflexes *zh*, *ch*, *sh* correspondent aux trois groupes consonnantaux en anglais. Selon eux, les trois consonnes /dʒ/, /tʃ/, /ʃɹ/ en anglais sont entre les trois rétroflexes /tʂ/, /tʂʰ/, /ʂ/ et les trois consonnes alvéo-palatales *j*, *q*, *x* en pinyin, [tɕ, tɕʰ, ɕ en API. Donc *zh*, *ch*, *sh* ne sont pas les consonnes rétroflexes traditionnelles, mais des consonnes réalisées en touchant ou en approchant le dessous de la pointe de la langue avec les alvéoles (Lee & Zee, 2003 ; Lin, 2007). Gong (2011) dit que bien que Lin et Lee & Zee continuent à utiliser le terme rétroflexe aucun d'entre eux ne pense que ce sont des consonnes vraiment rétroflexes. Gong (2011) a aussi dit que d'après Ladefoged & Maddieson (1996), *zh*, *ch*, *sh* ne sont pas des consonnes articulées avec la pointe de la langue (cf. point 17 de la figure 3), mais avec la lame de la langue, il s'agit donc d'une consonne laminaire.

*Figure 3 : Lieux d'articulation : 1, 2 haut : consonne labiale (1 haut : exo-labial ; 2 haut : endo-labial) ; 3 : dental ; 4 : alvéolaire ; 5 : post-alvéolaire ; 6 : pré-palatal ; 7 : palatal ; 8 : vélaire ; 9 : uvulaire ; 10 : pharyngal ; 11 : glottal. • Points constricteurs : 11 : glottal ; 12 : épiglottal ; 13, 14, 15 : Consonne dorsale (13, 14 : postéro-dorsal ; 15 : antéro-dorsal) ; 16, 17, 18 : consonne coronale (16 : laminal ; 17 : apical ; 18 : sub-laminal)*

; 1, 2 bas : labial (1 bas : consonne dento-labiale ; 2 bas : consonne bilabiale).



Le mémoire de Gong fait beaucoup de comparaisons au niveau du lieu d'articulation et du geste lingual. Les informations et les données sont basées sur des descriptions impressionnistes de différentes sources bibliographiques. Il y a très peu de figures montrant la position de la langue lors de l'articulation des consonnes cibles. Le but de sa recherche est de comparer la différence de perception entre les sujets chinois natifs, par rapport aux prononciations avec un accent étranger, en substituant *zh*, *ch*, *sh* en chinois par des phonèmes en anglais.

La recherche de Gong est ancrée dans la recherche en pédagogie du chinois langue étrangère. La problématique des sources citées par Gong est située les trois consonnes rétroflexes comme une difficulté dans l'enseignement du chinois. Les expériences et les analyses sont cependant intéressantes. Plus spécialement le résultat de ces recherches peut nous donner une inspiration qui correspond à ce que Ladefoged & Wu (1984) postulaient: '*What matter more, as in many sounds, is the shape of the vocal tract as a whole*'.

Les travaux de Gong cherchent à répondre à deux questions : (i) est-ce que les locuteurs natifs chinois peuvent accepter la substitution de *zh*, *ch*, *sh* par les phonèmes similaires de l'anglais, prononcés par des locuteurs anglais ; (ii) est-ce que les locuteurs natifs chinois peuvent avoir le même niveau de perception quand les phonèmes anglais sont substitués par *zh*, *ch*, *sh* devant les voyelles /i u e a/. Leur hypothèse est que les locuteurs natifs chinois peuvent accepter cette substitution. Selon les voyelles qui suivent les consonnes, il y aurait quelques différences de perception, mais au total, il y aurait peu de problèmes d'identification.

Dans l'expérience qu'ils ont fait, ils ont pris 4 locuteurs américains de Caroline du Nord, de l'Utah, et de l'Illinois. 22 auditeurs natifs chinois venant de régions différentes et parlent des dialectes/variétés différents ont participé à ces expériences.

Les 4 locuteurs ont lu un corpus. Les auditeurs devaient donner une évaluation en 5 niveaux : (1) Ce n'est pas du mandarin, ce n'est pas le caractère affiché ; (2) c'est le caractère affiché, mais il/elle a très mal prononcé ; (3) c'est acceptable, mais son accent est très marqué. (4) C'est bien prononcé, mais il y a une impression inexplicable qu'il s'agit d'un locuteur non natif/native ; (5) c'est du mandarin standard.

Nous pouvons voir les résultats obtenus lors de deux passations de cette expérience (table 3 et 4). Les notes affichées sont des notes moyennes.

Sujet	i	u	e	a
002	4.591	<b>4.295</b>	4.409	4.545
003	<b>3.955</b>	4.068	4.409	4.182
004	2.818	<b>2.591</b>	3.455	3.636
005	4.091	<b>2.727</b>	3.750	3.477
En moyenne	3.803	<b>3.674</b>	3.871	3.917

Table 3 : Premiers résultats de l'expérience en moyenne d'une évaluation sur une échelle de 5 niveaux (1 passation)

Sujet	i	u	e	a
002	4.727	<b>4.261</b>	4.341	4.636
003	<b>4.045</b>	4.114	4.364	4.068
004	2.727	<b>2.545</b>	3.284	3.636
005	3.682	<b>2.591</b>	3.659	3.466
En moyenne	3.746	<b>3.648</b>	3.765	3.892

Table 4 : Seconds résultats de l'expérience en moyenne d'une évaluation sur une échelle 5 niveaux (2 passation)

Les résultats de Gong montrent que les locuteurs natifs chinois peuvent très bien identifier comme les trois rétroflexes *zh*, *ch*, *sh* les substitution par les consonnes anglais prononcés par des

locuteurs étrangers. Cette substitution peut être acceptée par des chinois natifs. Bien que les niveaux de perception de *zh*, *ch*, *sh* prononcés par les locuteurs anglais soient différents devant certaines voyelles. L'identification devant [u] est plus faible à cause de la palatalisation de la consonne. Devant [a] la perception est maximale. Devant [i], il ressort une impression exagérée de rétroflexion. Par ailleurs, la durée d'une consonne a une influence sur sa perception. La durée dont nous parlons est calculée comme la proportion entre la consonne et la voyelle dans une syllabe. Les durées que les locuteurs natifs chinois identifient pour *zh*, *ch*, *sh* dans les syllabes sont : 12 % à 16 % de la durée totale pour [zh] ; 18 % -24 % pour [ch] ; 30 % à 35 %, [sh].

Le travail de Gong (2011) montre que les locuteurs anglais utilisent des phonèmes similaires de leur langue maternelle pour compenser les phonèmes du mandarin qu'ils n'arrivent pas à bien prononcer. [ʃ] est beaucoup utilisé par les locuteurs qui parlent anglais ou cantonais pour prononcer le son [ɕ] du mandarin transcrit *x* en pinyin. La substitution de [ɕ] par [ʃ] apparaît souvent parmi les apprenants qui viennent de Canton, Fujian et Hong Kong. Par contre beaucoup de difficultés de production sont causées par les difficultés de perception. Les locuteurs de Canton ou de Hong Kong ont des difficultés à distinguer certains phonèmes du mandarin, bien qu'ils partagent le même système d'écriture.

Lieu d'articulation		affriquées		fricatives	
		non-aspi.	aspi.	non-voisées	voisées
Apico-dental	ch	z	c	s	
	jp	non v	つ		す
		v.	ず		
Apico-alvéolaire	ch	zh	ch	sh	r
	jp				
Apico-post-alvéolaire	ch				
	jp	non v	ち		し
		v.	じ		
Lamino-alvéolaire	ch	j	q	x	
	jp				

Table 5 : Comparaison entre les phonèmes chinois avec les phonèmes japonais.

La table montre les quatre lieux d'articulation : apico-dental, apico-alvéolaire, apico-post-alvéolaire et laminal-alvéolaire. Les consonnes sont groupées en deux groupes : affriquées et fricatives. Pour chaque groupe, il y a deux sous-groupes : non-aspirées ; aspirées sourdes et sonores.

Xie (2010) a fait une recherche sur l'acquisition des consonnes rétroflexes en mandarin parmi des élèves japonais en Chine continentale. Comme dans la recherche de Gong, Xie a analysé



la perception et la production : *zh, ch, sh, j, q, x* par les locuteurs étrangers et la tendance de substituer les phonèmes du mandarin par des phonèmes inhérents dans leur propre langue. Sauf pour la perception dans la recherche de Xie, les sujets visés sont des locuteurs étrangers mais pas les locuteurs natifs chinois.

Elle a fait aussi une comparaison entre les phonèmes chinois et les phonèmes japonais. Cette fois-ci ce ne sont plus les rétroflexes qui sont l'objet de l'étude, comme pour Gong à Hong Kong, mais les consonne affriquées (table 5).

Zheng (2006) a analysé les particularités phonétiques des consonnes rétroflexes par rapport aux non-rétroflexes, en production et en perception en mandarin. Sa recherche vise à collectionner les données de spectrogramme des consonnes rétroflexes pour découvrir les différences avec les non-rétroflexes et aussi pour servir aux recherches comme la reconnaissance automatique de la parole. Elle a notamment travaillé sur des données acoustiques (figure 4), sur l'analyse de spectrogrammes. Elle a également examiné les aspects de la coarticulation de ces consonnes et la comparaison de la production des rétroflexes devant différentes voyelles.

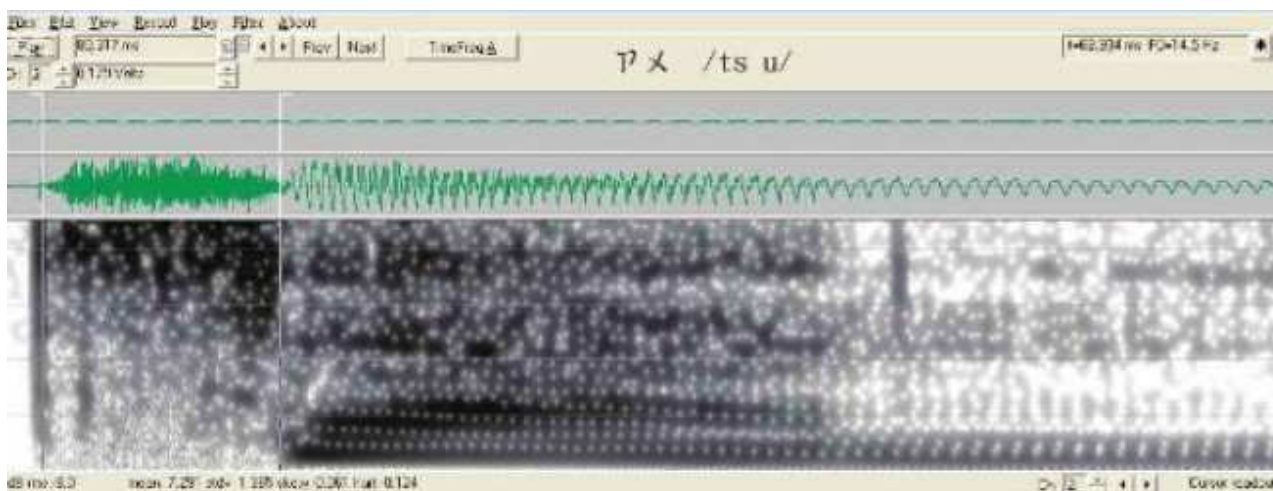


Figure 4 : Signal et spectrogramme de la syllabe *zu*

Les résultats montrent les tendances différentes pour les consonnes qu'elle désigne comme : non-rétroflexes, faiblement rétroflexes, modérément rétroflexes, et plus rétroflexes. Ces différences sont établies sur différents moments spectraux. Comme tous les travaux consacrés à ces sons la recherche de Zheng essaie de découvrir leurs traits en production et en perception.

Dans la recherche de Zheng, elle a utilisé le Merriam-Webster et le TLPA (Taiwanese Language Phonetic Alphabet) au lieu du pinyin ou de l'API.

Zhang (2011), dans un article de géolinguistique sur la cooccurrence géographique et la covariation des sons rétroflexes, montre qu'un son rétroflexe est produit par un recourbement vers l'arrière et une élévation de la langue. En termes de traits acoustiques, si un son rétroflexe est une sonante ou une voyelle, la fréquence du troisième formant décroît. Il montre aussi la différence de prononciation entre le nord et le sud de la Chine. Il donne aussi les cartes d'isoglosses et des cartes de répartition des différentes prononciations des rétroflexes. La figure 5 montre les isoglosses des différentes prononciations des rétroflexes et la figure 6 est la carte de la répartition de la voyelle *er* qui est un suffixe à la fin de certains mots.



Figure 5 : Isoglosses des différentes prononciations des rétroflexes. La ligne noire est isoglosse de consonne rétroflexe et la ligne verte est isoglosse de voyelle rétroflexe.



Figure 6 : Répartition de la voyelle [ɚ], en Chine.

Lee (2003) du laboratoire de phonétique de l'université de Hong Kong a fait une étude sur l'articulation des consonnes coronales du dialecte de Beijing dans laquelle il a utilisé la technique des palatogrammes statiques. Lee (2003) a produit un schéma pour comparer la prononciation de deux locuteurs de Pékin comme le montre la table 6. Cette étude assume que le *x* (API /ç/) du pinyin est à l'origine de la consonne /ʃ/ en mandarin.

Lee (2003) cite l'étude de Ladefoged & Wu (1984) : *'sh does not have the tip of the tongue curled up and backwards but the upper surface of the tip of the tongue forming a constriction at about the center of the alveolar ridge'*. Les résultats de son propre travail montrent que : *'the*

*syllable-initial fricative sh, the constriction channel is in the back part of the alveolar ridge. The lingual contacts are on both sides of the tongue, tapering off along the edges toward the center of the apex. The articulatory contact pattern suggests that the tip of the tongue is curled upward and backward during sh. Since the underside of the tongue is not involved, the curling gesture is to a lesser extent than that of a typical sub-apical retroflex'.*

	Speaker 1	Speaker 2
'd'	apico-laminal denti-alveolar [t]	apico-laminal denti-alveolar [t]
's'	laminal alveolar [s̺]	laminal alveolar [s̺]
'z'	laminal alveolar [t̺s̺]	laminal denti-alveolar [t̺s̺]
'sh'	apical postalveolar [ʃ]	apical postalveolar [ʃ]
'zh'	apical postalveolar [tʃ]	apical postalveolar [tʃ]
'r'	apical postalveolar [ɹ]	apical pre-palatal [ɹ]
'x'	anterodorsal post- alveolar [ç]	anterodorsal alveolo- postalveolar [ç]
'j'	anterodorsal post- alveolar [tʃ]	anterodorsal alveolo- postalveolar [tʃ]

Table 6 : Comparaison de la prononciation de deux locuteurs par Lee

L'étude la plus systématique sur les rétroflexes est celle de Ladefoged & Wu (1984), elle est consacrée à l'étude des lieux d'articulation des fricatives et des affriquées en pékinois. Dans leur article ils discutent de la controverse sur les rétroflexes qu'ils appellent des '*so-called retroflexed*'. Selon leurs resultat, il n'y a pas d'élévation et de rétraction de la pointe de la langue vers l'arrière, ils ont aussi observé que les locuteurs ont produit les rétroflexes avec la partie supérieure de la surface de la pointe de la langue.

Ladefoged & Wu (1984) ont recueilli 3 types données : palatogrammes statiques, rayon X et données acoustiques. Les données par rayons X de la figure 7 confirment que la zone de contact est différente entre les lamino-alvéolaires et les apico-post-alvéolaires chez les trois sujets. Nous pouvons voir que la pointe de la langue est dirigée vers le haut mais pas vers l'arrière du palais dur. Les palatogrammes (figure 8) le prouvent par la forme de la zone de contact.

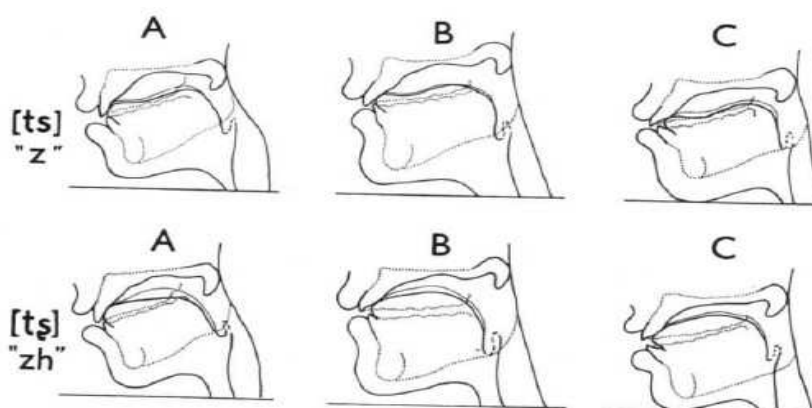


Figure 7 : Contours de langue lors de la production des consonnes /tʂ/, /tʂʰ/ obtenus par rayons X. ABC désigne les contours des trois sujets.

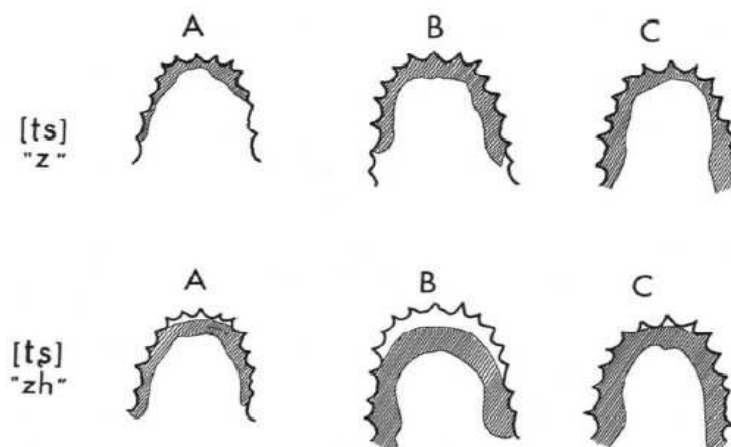


Figure 8 : Palatogrammes des consonnes /tʂ/, /tʂʰ/ produits par les trois sujets (ABC).

Dans notre travail de master, nous allons étudier et analyser la position de la langue pour les fricatives et affriquées rétroflexes et non-rétroflexes du mandarin avec la technique de l'électropalatographie (EPG). Nous utiliserons aussi la technique des ultrasons qui permet d'avoir des images du contour de la langue comme le montre la figure 9. L'électropalatographie et ses applications ont commencé dans les années 1960. En Chine, les travaux et les recherches dans le domaine de l'électropalatographie ont commencé plus récemment. Les projets et les travaux qui ont eu lieu en Chine dans ce domaine sont très généraux. Les documents trouvés montrent que les travaux ont commencé en 2010. Ces études ont pour l'instant peu de résultats publiés. Le seul sujet qui abordé concerne surtout les phénomènes de coarticulation.

Nous proposons une recherche originale sur le mandarin avec les techniques d'EPG et

d'ultrasons.

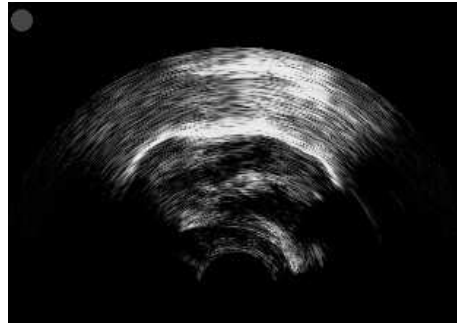


Figure 9 : Image d'ultrason montrant le contour de la langue. L'apex est situé à droite la racine de la langue à gauche

### 2.1.2 Justification de l'utilisation du pinyin au lieu de l'API dans cette étude

Le pinyin et l'API sont deux systèmes pour représenter les sons de la parole. Le pinyin n'existe que pour le mandarin, il ne peut même pas représenter le cantonais ou les autres variétés du mandarin. Ladefoged et Wu Zongji (1984) soulignent que les frontières entre les lieux d'articulation de l'API ne sont pas clairement définies. Les phonèmes du mandarin ne sont pas tous présentés par l'API. Par exemple, l'API a été fondé par des européens qui parlaient des langues qui ne faisaient pas de distinction entre les occlusives dentales et alvéolaires. S'il avait été fondé par des aborigènes australiens, on aurait pu avoir un tableau différent. Même en reconnaissant que les frontières entre les catégories adjacentes ne peuvent pas toujours être définies clairement, les consonnes sont habituellement décrites en termes de lieux et de mode d'articulation spécifiques. Quelques problèmes majeurs apparaissent avec les fricatives, pour lesquelles il y a de subtiles différences entre les langues dans l'emploi des symboles phonétiques. Les valeurs de ces symboles ne sont pas toujours claires. L'objet de l'étude de Ladefoged et Wu (1984) était d'éclairer cette question. Nous nous alignons dans cette perspective avec des techniques différentes et des dialectes chinois différents.

La voyelle rhotacisée du mandarin transcrite *er* en pinyin correspond à / $\text{ə}$ / en API. Lee a avancé que le *x* du pinyin correspond à /*f*/ en mandarin. Ladefoged et Wu Zongji (1984) l'ont

symbolisé comme /ɕ/ dans leur étude.

Nous pouvons donc voir que l'API nécessite de faire des distinctions assez subtiles pour tenir compte du système phonétique chinois. Le but de notre étude est de mettre en lumière les caractéristiques et les catégories de certains phonèmes du mandarin.

Table 7 : Correspondance entre les symboles pinyin et ceux de l'API

### Consonnes

Pinyin	API	Pinyin	API	Pinyin	API
<i>b</i>	/p/	<i>g</i>	/k/	<i>s</i>	/s/
<i>p</i>	/p <sup>h</sup> /	<i>k</i>	/k <sup>h</sup> /	<i>zh</i>	/tʂ/
<i>m</i>	/m/	<i>h</i>	/x/	<i>ch</i>	/tʂ <sup>h</sup> /
<i>f</i>	/f/	<i>j</i>	/tʂ/	<i>sh</i>	/ʂ <sup>h</sup> /
<i>d</i>	/t/	<i>q</i>	/tʂ <sup>h</sup> /	<i>r</i>	/zʅ/
<i>t</i>	/t <sup>h</sup> /	<i>x</i>	/ɕ/	<i>y</i>	/j/
<i>n</i>	/n/	<i>z</i>	/ts/	<i>w</i>	/w/
<i>l</i>	/l/	<i>c</i>	/ts <sup>h</sup> /	<i>v</i>	/v/

### Voyelles

Pinyin	API	Pinyin	API	Pinyin	API
<i>a</i>	/a/	<i>e</i>	/ɤ/	<i>u</i>	/u/
<i>o</i>	/o/	<i>i</i>	/i/	<i>ü</i>	/y/

### Diphthongues et triphthongues

Pinyin	API	Pinyin	API	Pinyin	API
--------	-----	--------	-----	--------	-----

<i>ai</i>	/ai/	<i>ing</i>	/iŋ/	<i>uai</i>	/uai/
<i>ei</i>	/ei/	<i>ia</i>	/ia/	<i>ui (uei)</i>	/uei/
<i>ao</i>	/au/	<i>iao</i>	/iau/	<i>uan</i>	/uan/
<i>ou</i>	/ou/	<i>ian</i>	/iæn/	<i>uang</i>	/uɑŋ/
<i>an</i>	/an/	<i>iang</i>	/iaŋ/	<i>un (uen)</i>	/uən/
<i>en</i>	/ən/	<i>ie</i>	/iɛ/	<i>ueng</i>	/uəŋ/
<i>in</i>	/in/	<i>iong</i>	/yŋ/	<i>üe</i>	/yɛ/
<i>ang</i>	/ɑŋ/	<i>iou</i>	/iou/	<i>üan</i>	/yæŋ/
<i>eng</i>	/əŋ/	<i>ua</i>	/ua/	<i>ün</i>	/yn/
<i>ong</i>	/uŋ/	<i>uo</i>	/uo/	<i>ng</i>	/ŋ/

### **3. Méthodologie du travail**

#### **3.1 Matériel**

##### **Les ultrasons et les rayons X**

Avant l'utilisation des données d'ultrasons en linguistique et dans la parole, il fallait utiliser les rayons X, pour avoir des résultats similaires. Avec cette méthode, on faisait avaler aux sujets une chaîne sur laquelle était placées des pastilles de plomb. Une autre façon est d'enduire la langue de barium. Wu Zongji a appliqué cette deuxième technique dans ses expériences. La qualité des images de rayons X est beaucoup moins bonne que celle de des ultrasons. Les données sont souvent des photographies et non des vidéos.

L'échographie est une technique qui permet de visualiser les images en vidéo. Cette technique est beaucoup utilisée en médecine, en exploration vétérinaire, en industrie, et dans d'autres recherches scientifiques. C'est une technique qui permet d'observer des phénomènes dans des environnements invisibles à l'oeil humain. Cette situation s'applique à l'intérieur du corps humain. Au début, les ultrasons n'ont pas été appliqués dans le domaine de la médecine, mais à la détection des sous-marins pendant la deuxième guerre mondiale. Puis, l'Américain Wild (1949) l'a utilisé pour des pathologies du cerveau, du cœur et du sein dans les années 50.

La technique consiste à appliquer une sonde contre la peau près de la partie du corps à observer. Cette sonde contient un émetteur d'ultrasons et un récepteur d'écho. Elle projète des ultrasons qui traversent la peau, les tissus et arrivent sur l'organe observé. Les ondes ultrasonores émises ont une fréquence de 3 MHz à 10 MHz. Les ondes, d'amplitudes différentes, sont réfléchies par les organes et retournent par le récepteur. Après être recueillies par récepteur, elles seront analysées par un système informatique selon les temps de retours différents des ondes réfléchies. Les ondes se propagent à la vitesse de 800 m/s dans le corps humain. L'ordinateur retransmet des données (images ou vidéo) sur un terminal, qui sont enregistrées en temps réel.

Les structures molles font des petits échos. Les structures solides comme os, renvoient beaucoup d'échos. Donc normalement les images sont en trois teintes : gris, noir et blanc. La couleur grise représente les ondes réfléchies d'amplitudes intermédiaires. Le couleur noir représente les ondes réfléchies de plus faibles amplitudes. Le blanc représente les ondes réfléchies de plus grandes amplitudes. (figure 15)



### 3.2 Logiciel

L'enregistrement des données de ce travail ont été faite à 80 images par seconde. Pour chaque mot, nous avons enregistré simultanément les images ultrasons en synchronisation avec le son en posant l'émetteur d'ultrasons sous le menton du sujet avec le microphone à côté. Les contours de la langue ont été extraits avec le logiciel AAA® qui est développé par Alan Wrench au Queen Margaret Collège d'Edinburgh. Ce logiciel affiche et suit le mouvement de la langue dans la séquence d'ultrason enregistrée. Il permet aussi de visualiser le spectrogramme et traiter les données d'EPG en temps réel. (figure 10).

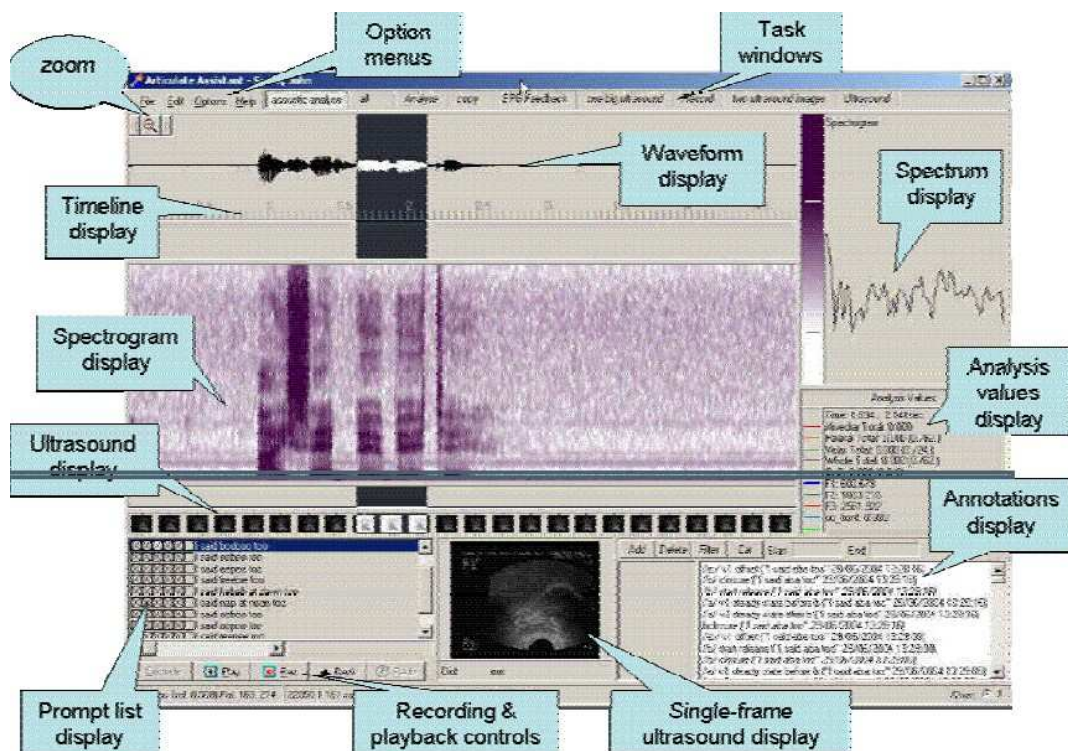


Figure 10 : Illustration de l'interface de l'Advanced Articulate Assistant.

### 3.2 Données du travail

Les phonèmes étudiés dans ce travail sont les suivants : [zh], [ch], [sh], [r], dont le statut phonologique peut être compris à partir de trois groupes de paires minimales: [zh], [ch], [sh vs [z], [c], [s], exemple :

#### Paire 1

*zh* vs *z* : *zhang*4 (账 compte, n) vs *zang*4 (藏 Tibet, n propre)

*zh* vs *z* : *zhang*1 (张 un nom de famille, n propre) vs *zang*1 (脏 sale, adj)

#### Paire 2

*ch* vs *c* : *cheng*2 (成 devenir, v) vs *ceng*2 (层 etage, n)

#### Paire 3

*sh* vs *s* : *shi*1<sup>3</sup> (师 enseignant, n) vs *si*1 (思 penser/pense v/n)

Nous étudierons ensuite, deux consonnes affriquées, une est sourde, l'autre est sourde et aspirée : *j* et *q* ( /tɕ/, /tɕʰ/ en API). Finalement nous examinerons trois consonnes fricatives non-voisées : *f*, *x*<sup>4</sup>, *h* (/f/, /ɕ/, /x/ en API).

Nous avons préparé une liste de mots contenant les phonèmes du mandarin que nous voulons étudier. Trois de ces phonèmes sont repris dans des paires minimales.

#### Les trois paires minimales

##### 1. *z* - *zh* :

滋养 nourrir *zi* 1 'yang 3 - 知道 savoir *zhi* 1 'dao 4

责备 blâmer *ze* 2 'bei 4 - 折断 fracasser *zhe* 2 'duan 4

##### 2. *c* - *ch* :

瑕疵 tache *xia* 2 'ci 1 - 吃饭 manger *chi* 1 'fan 4

3 /i/ devient /i/ après les consonnes /ʃ<sup>h</sup>/ et /ʃ<sup>h</sup>/.

4 /x/ en API est *h* en pinyin, mais pas le *x* en pinyin.

此外 d'ailleurs *ci 3 'wai 4* - 耻笑 se moquer *chi 3 'xiao 4*

3. *s - sh* :

撕坏 déchirer *si 1 'huai 4* - 师表 professeur (Lit.) *shi 1 'biao 3*

死亡 mourir *si 3 'wang 2* – 使用 utiliser *shi 3 'yong 4*

Consonnes affriquées et consonne fricative

*j* : 鸡肉 poulet *ji 1 'rou 4*

脊背 dos *ji 3 'bei 4*

*q* : 气球 ballon *qi 4 'qiu 2*

祈福 faire une prière *qi 3 'fu 2*

*x* : 希望 espoir *xi 1 'wang 4*

洗碗 laver les vaisselles *xi 3 'wan 3*

Voyelles :

*ü* : 于是 donc *yu 2 'shi '4*

捕鱼 pêcher *bu 3 'yu 2*

*o* : 我们 nous *wo 3 'men 2*

佛教 bouddiste *fo 2 'jiao 4*

*a* : 阿姨 tante *a 1 'yi 2*

沙发 canapé *sha 1 'fa 1*

*i* : 依然 encore *yi 1 'ran 2*

遗弃 abandonner *yi 3 'qi 4*

*e* : 鹅肝 le foie gras *e 2 'gan 1*

鳄鱼 crocodile *e 4 'yu 2*

*u* : 图片 image *tu 2 'pian 4*

普通 normal *pu 3 'tong 1*

### 3.3. Les sujets



Figure 11 : Carte des principaux parlars du mandarin et chinois.

Les sujets de cette étude sont tous des locuteurs natifs du chinois. La plupart des locuteurs du mandarin le prononcent avec un accent venant de leurs propres dialectes. Ceci est vrai sein des média, même pour les acteurs les acteurs et les reporters. Il fallait donc chercher des locuteurs venant de la même région pour minimiser les variations.

Nous avons choisi des locuteurs qui viennent de régions où le système phonétique est le même que celui du mandarin. Ce sont les régions du mandarin, nommées les régions de la ‘langue du nord’ (figure 11).

Le premier sujet est originaire de l’ancienne Mandchourie, le sujet n° 1, qui vient de Mudanjiang, Mudan-ula en mandchou. Mudan-ula est situé à l’intérieur de la mandchourie qui est un des territoires situés le plus au nord dans le domaine du mandarin (figure 12). Ce sujet féminin est Han et parle le chinois mandarin comme langue maternelle. Les caractéristiques de sa prononciation ne sont pas dues à l’influence du mandchou, mais parce que les habitats de cette région conservent un accent mandchou qui s’est implanté avant la généralisation et la standardisation du mandarin, sous la dynastie Qing. Elle est importante pour notre travail parce que l’ancienne Mandchourie est l’ensemble de Heilongjiang, Jilin, Liaoning. Dans l’histoire chinoise,

même dans les expressions des personnes âgées, cette région est nommée aussi « hors de bastille », parce que « hors de bastille » signifie la région hors de la grande muraille. En 1644, les mandchous ont conquis la grande muraille et réussi à entrer en Chine. Après, ils ont commencé la domination de la Chine. Au début, cette région, la Mandchourie, était une région sacrée où les Han (les chinois) étaient interdits de séjour. En 1807, le roi de la dynastie Qing a permis aux Hans d'aller en Mandchourie. Une grande migration de Chine<sup>5</sup> vers la Mandchourie a eu lieu. La Mandchourie est ensuite devenue une partie à part entière de la Chine. Dans cette région, les consonnes rétroflexes gardent leurs prononciations les plus anciennes grâce à l'influence du manchou.



Figure 12 : Mudan-ula



Figure 13 : Chengdu

Le sujet 2 est originaire de Chengdu qui est le territoire presque le plus au sud du mandarin. (figure 13). C'est une région où l'influence de l'autorité centrale était moindre qu'ailleurs. Chengdu est nommée aussi 'le pays du ciel' en chinois. Cette ville est loin du contrôle et de la centralisation, grâce aux montagnes, presque impossibles à traverser, qui l'encerclent. Grâce à cela, elle a été loin des guerres et loin des bouleversements. Les envahisseurs extérieurs ne pouvaient pas y entrer. En revanche, les habitants avaient aussi des difficultés à en sortir. La seule façon de sortir de cette région, c'était par les supports en bois fixés sur les falaises qui s'appellent 'zhandao' comme le montre la figure 14. Chaque zhandao mesure environ 250 km de long. C'est la raison pour laquelle, dans cette ville, les habitants conservent mieux la prononciation ancienne de même que dans les provinces encore plus sud.

<sup>5</sup> Le territoire chinois était différent sous la dynastie Qing de ce qu'il est aujourd'hui.



Figure 14 : Zhandao pour sortir la région Sichuan

Par ces raisons, les deux sujets conservent une prononciation propre à leur variété. Les autres sujets de l'étude seront choisis pour répliquer les données prises sur les sujets 1 et 2. En outre, des sujets de régions intermédiaires seront choisis. Nous leur ferons signer une convention du droit à l'image pour les vidéos et les sons enregistrés.

Le sujet 1 est féminin, 23 ans, diplômé de la Licence. Elle parle français et anglais comme les langues étrangères. Elle ne parle pas aucun autre dialecte de chinois bien qu'elle a fait ses études universitaires à Hangzhou, une ville sud-est de la Chine où les habitants parlent le dialecte de wu.

Le sujet 2 est masculin, 28 ans, master en cours. Il parle français, anglais, coréen, japonais comme les langues étrangères. Il parle aussi le dialecte de cantonais. Il a fait ses études universitaires à une ville où les habitants parlent la même dialecte qui est une variété du mandarin que dans sa propre ville natale.

Cette recherche se fait donc en deux phases, Master 1 et Master 2. Pendant le Master 1, la recherche a été plutôt descriptive. Puis en Master 2, nous travaillerons sur les données enregistrées lors de la première phase. Ce sera une recherche sur la perception et la production des phonèmes rétroflexes et non rétroflexes du mandarin, en employant la technique des ultrasons et de l'EPG.

## 4. Résultats

### 4.1 Séquences d'ultrasons enregistrées à partir des 3 paires minimales

#### 4.1.1 Paire minimale 1

Figure 15. Opposition *c – ch* produite par le sujet 1, pour la paire minimale constituée par les mots 此外 (d'ailleurs) *ci* 3 'wai 4 – 耻笑 (se moquer) *chi* 3 'xiao 4

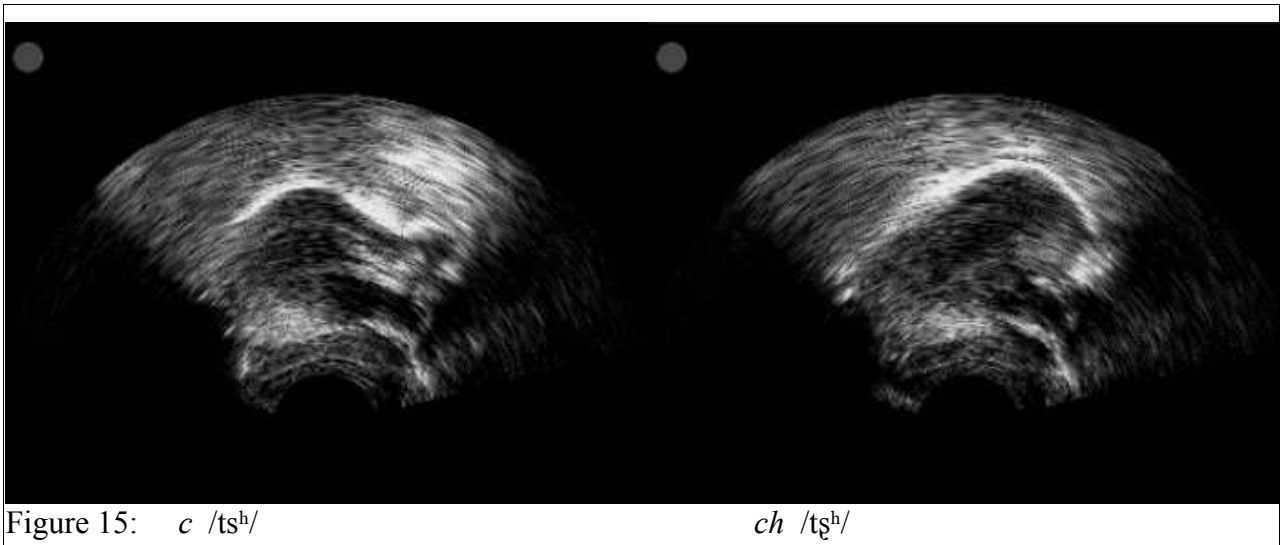
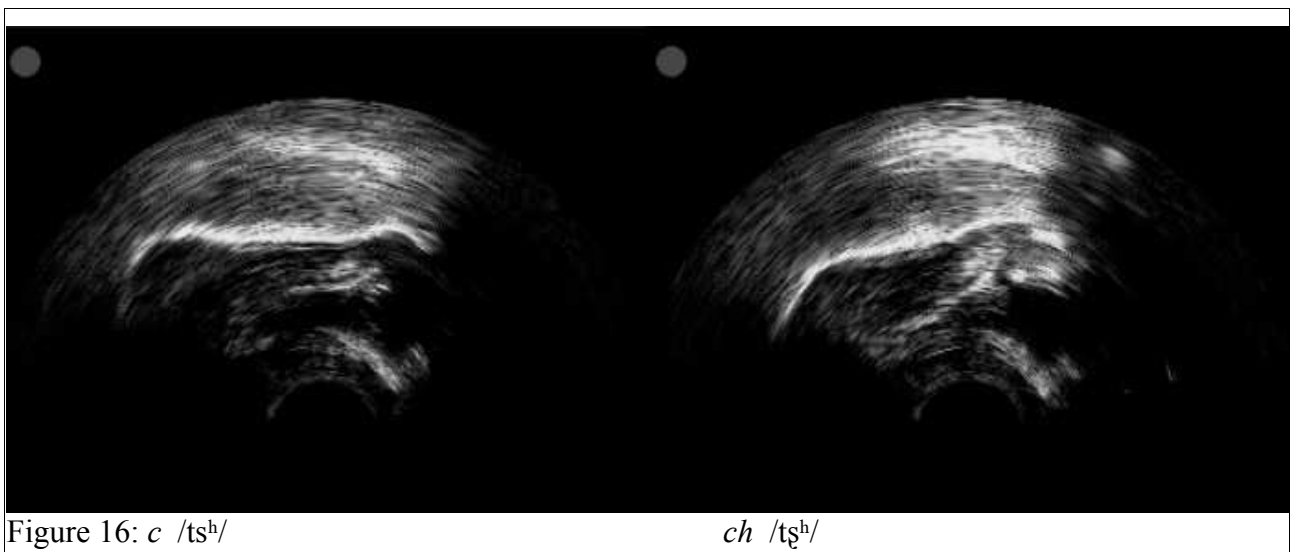


Figure 16. Opposition *c – ch* produite par le sujet 2, pour la paire minimale constituée par les mots 此外 (d'ailleurs) *ci* 3 'wai 4 – 耻笑 (se moquer) *chi* 3 'xiao 4



#### 4.1.2 Paire minimale 2

Figure 17. Opposition  $z - zh$  produite par le sujet 1, pour la paire minimale constituée par les mots 滋养 (nourir)  $zi\ 1\ 'yang\ 3$  – 知道 (savoir)  $zhi\ 1\ 'dao\ 4$

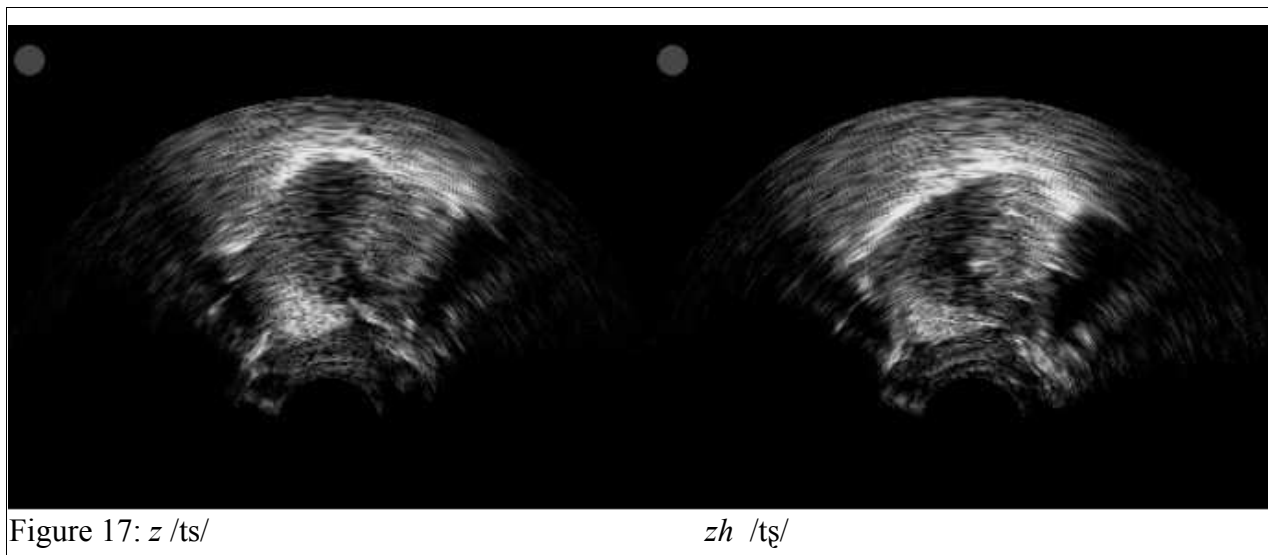
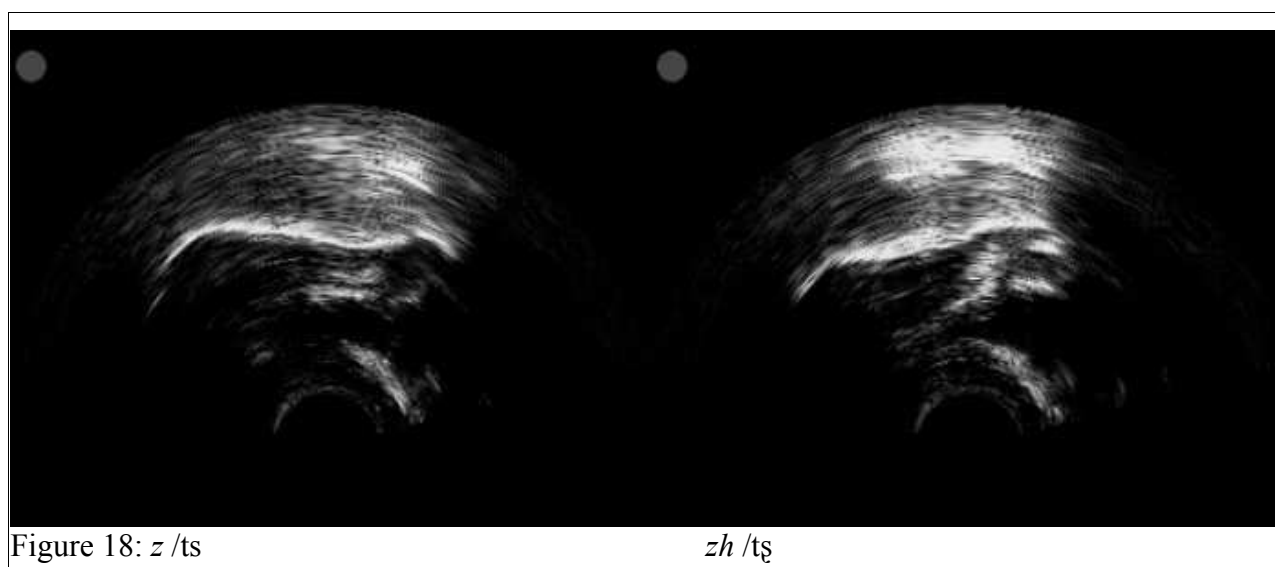


Figure 18. Opposition  $[z - [zh$  produite par le sujet 2, pour la paire minimale constituée par les mots 滋养 (nourir)  $zi\ 1\ 'yang\ 3$  – 知道 (savoir)  $zhi\ 1\ 'dao\ 4$





### 4.1.3 Paire minimale 3

Figure 19. Opposition  $s - sh$  produite par le sujet 1, pour la paire minimale constituée par les mots 撕坏  $si\ 1\ 'huai\ 4$  - 师表  $shi\ 1\ 'biao\ 3$

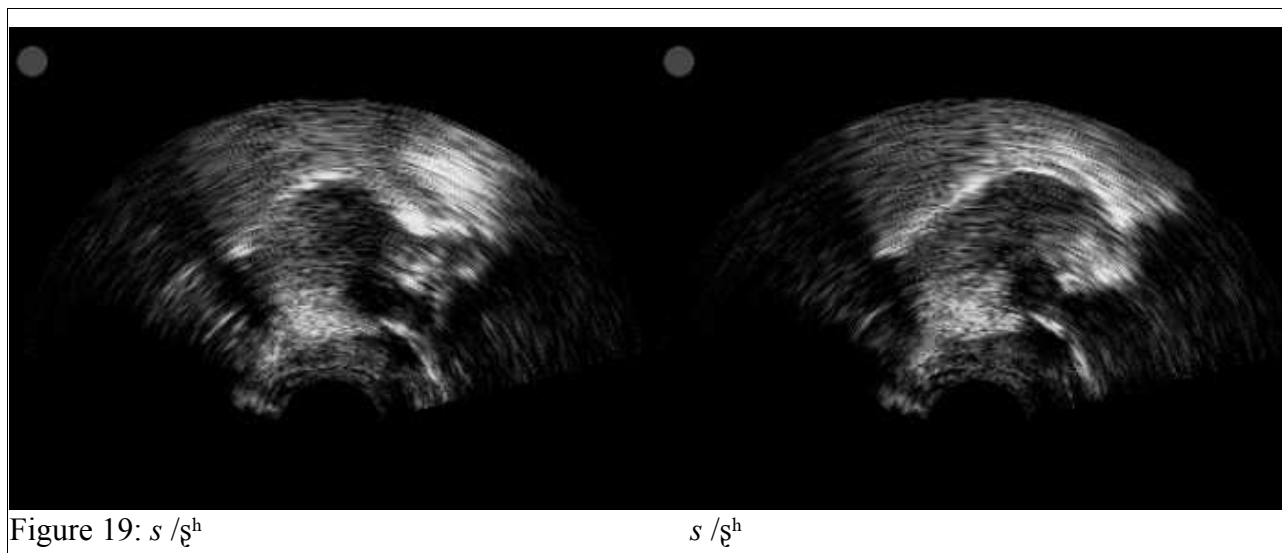
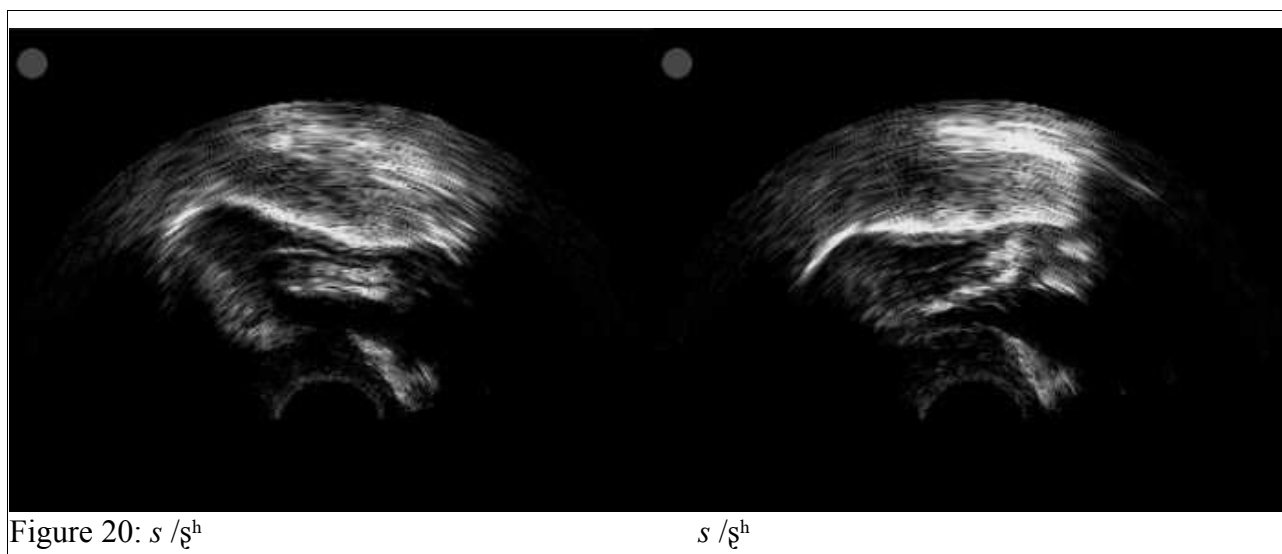


Figure 20. Opposition  $s - sh$  produite par le sujet 1, pour la paire minimale constituée par les mots 撕坏  $si\ 1\ 'huai\ 4$  - 师表  $shi\ 1\ 'biao\ 3$



#### 4.2 Consonnes affriquées, sourde, sourde et aspirée : *j* et *q*

Figure 21. Consonne affriquée sourde *j* produite par les sujets 1 et 2 dans le mot 鸡肉 (poulet) *ji1'rou4*.

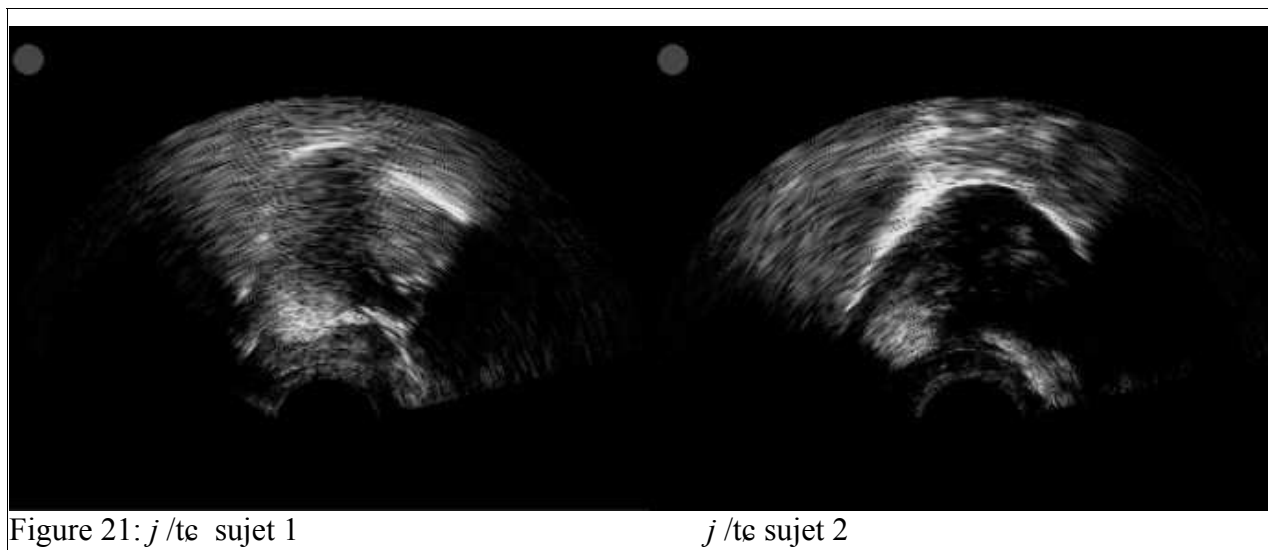
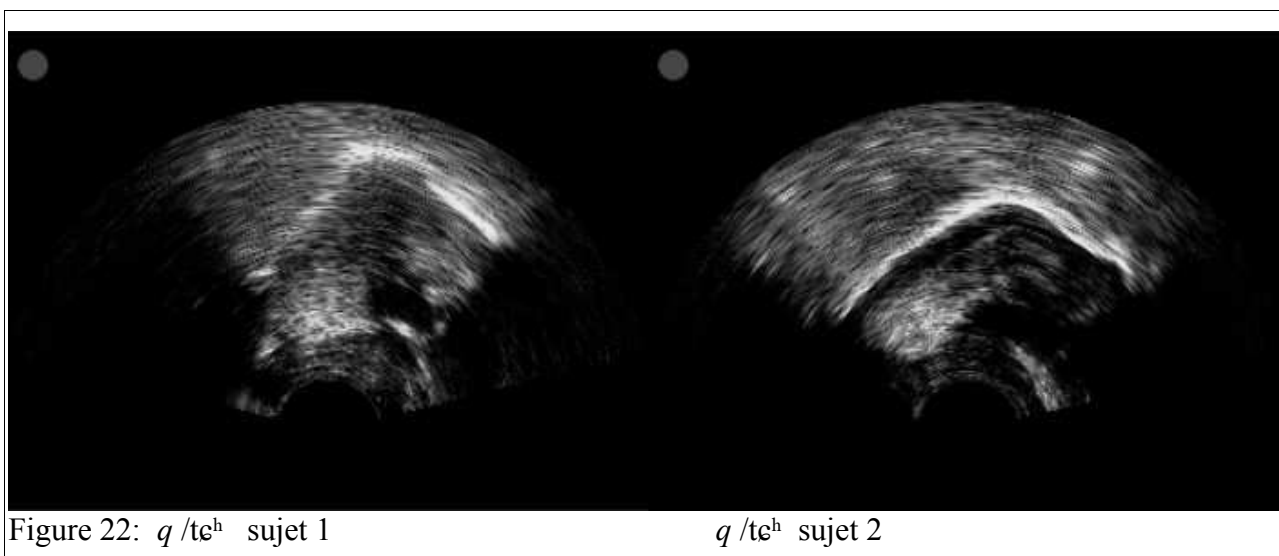


Figure 22. Consonnes affriquée sourde aspirée *q* produite par les sujets 1 et 2 dans le mot 祈福 (faire une prière) *qi3'fu2*.



### 4.3 Interprétation des contours

L'interprétation des données qui est présentée est une première approche. Elle a été faite en l'absence d'outils pour mesurer et comparer quantitativement les contours.

Les images des figures (15 à 20), destinées à illustrer le contraste entre les consonnes rétroflexes et non rétroflexes ont été sélectionnés à partir des films avi résultant des enregistrements. Les images donnent la position de la langue au moment de la constriction maximale. Les images ont été enregistrées à 80 images secondes avec le système Terrason du laboratoire. Les six figures (15 à 20)) montrent que les deux sujets ont des stratégies articulatoires différentes mais cohérentes entre elles. Le sujet 1, féminin, de Mandchourie, produit la consonne alvéolaire affriquée et aspirée /tʂʰ/ (Figure 15) avec la pointe de la langue légèrement relevée et avec les dos de la langue vers l'arrière. Il en va de même pour la consonne alvéolaire affriquée /tʂ/ et pour la consonne fricative alvéolaire /s/. Les consonnes rétroflexes en opposition /tʂʰ/, /tʂ/ et /ʂʰ/, sont produites avec la lame de la langue relevée et rétractée vers l'arrière. La constriction est située au niveau de la lame de la langue. La partie postérieure de la langue est étirée vers l'avant. Le sujet 2, masculin, de Chengdu, produit la consonne alvéolaire affriquée et aspirée /tʂʰ/ avec la pointe de la langue légèrement relevée. Le corps de la langue est aplati et la partie postérieure légèrement relevée. La même stratégie est à l'œuvre pour les consonnes /tʂ/ et /s/ avec toutefois une élévation plus importante de la partie postérieure de la langue pour les consonnes fricative /s/. Les consonnes rétroflexes en opposition /tʂʰ/, /tʂ/ et /ʂʰ/, sont produites avec la lame et la pointe de la langue relevées et rétractées vers l'arrière. La constriction est située sur la partie correspondant à la pointe de la langue. La partie postérieure de la langue est étirée vers l'avant. Pour les deux sujets, les consonnes rétroflexes ne sont pas produites avec la partie sub-apicale ou sub-laminale. Il est à remarquer que les rétroflexes sont aussi produites avec une cavité qui est plus importante à l'arrière de la constriction que celle des non rétroflexes.

Ces données confirment les observations de Ladefoged et Wu (1984) qui constataient que la pointe de la langue n'est pas relevée et retournée vers l'arrière et que les articulateurs impliqués sont la partie supérieure de la surface de la pointe de la langue. Les données de notre travail suggèrent que la lame de la langue est aussi impliquée. Les données présentées par Ladefoged & Wu (1984) peuvent être comparées à celles que nous avons obtenues en ultrasons pour le sujet 2. En effet, le contour de la langue est assez similaire dans les deux cas, comme on peut le constater lorsqu'on compare les contours présentés aux figures 7 et 18 qui illustrent la réalisation de *z* /tʂ/ et *zh* /tʂʰ/.

## 5. Perspective

### 5.1. L'électropalatographie et les palatogrammes statiques.



Figure 23 : Dispositif permettant de la photographier l'empreinte de la langue sur le palais.

Avant l'invention de l'EPG, pour étudier des contacts et les interactions langue/palais lors de la production de parole, plusieurs moyens ont été utilisés. La principale technique est la palatographie statique qui consiste à placer une substance colorée mais non toxique sur la langue. Le contact de la langue avec le palais, laissera une empreinte de la substance sur celui-ci. Un miroir est alors introduit dans la bouche pour photographier la zone de contact (figure 23). De nos jours la langue est badigeonnée avec un mélange d'huile d'olive et de charbon médicinal.



Figure 24 : Palais artificiel  
(Système de Reading)

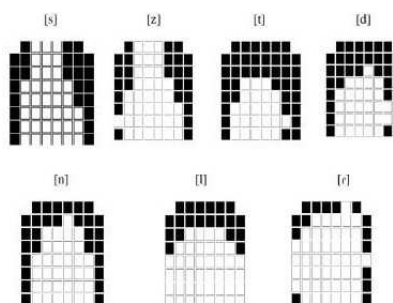


Figure 25 : Données  
d'électropalatographie

En 1930, Schilling a proposé d'observer le contact langue/palais avec un circuit électronique. En 1964, Kydd et Belt à l'Université de Washington ont dessiné le premier prototype de l'EPG. Dans un palais artificiel recouvert d'électrodes de contact, on introduit un courant très faible qui permet de visualiser le contact de la langue avec le palais artificiel (figure 24).

L'avantage de l'électropalatographie est que l'on peut évaluer l'évolution des contacts de la langue et du palais dans le temps. La palatographie statique traditionnelle ne permet d'étudier qu'un seul contact trace maximale entre la langue et le palais. L'électropalatographie permet donc d'enregistrer les données de contact langue/palais dynamiquement et en temps réel. L'acquisition des données se fait directement sur un ordinateur. L'électropalatographie a une meilleure résolution temporelle et est plus précise que les moyens traditionnels (figure 25<sup>6</sup>).

Les documents des figures 26 et 27 montrent les différences entre un palais traditionnel et les données obtenues par EPG.



Figure 26. Empreinte de la langue photographiée sur le palais.

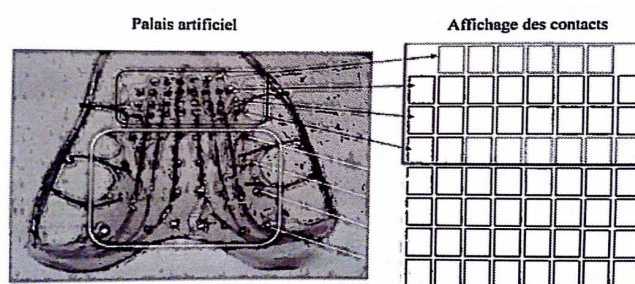


Figure 27. Palais artificiel et localisation des contacts.

Pour l'EPG, la qualité de la prise d'empreintes est très importante. Elle doit représenter avec une très grande fidélité les détails de la cavité palatine et aussi les dents. Elle se réalise avec de la résine acrylique ou par façonnage thermoplastique d'une plaque d'acrylate.

Il existe quatre modèles de pseudo-palais qui sont fabriqués par les sociétés différentes. Le système Paletter® et le système Logometer® par la société KAY® et LogoMetrix® aux États-unis, le système Rio® au Japon, et le système EPG3® en Angleterre (figure 28). Dans la seconde partie de ce travail, nous utiliserons le système EPG3® pour enregistrer le contact langue/palais.

<sup>6</sup> Résultat de l'étude de Marisa de Sousa, Viana Jesus, Cesar Reis *Phonetic description of alveolar phones using electropalatography*.

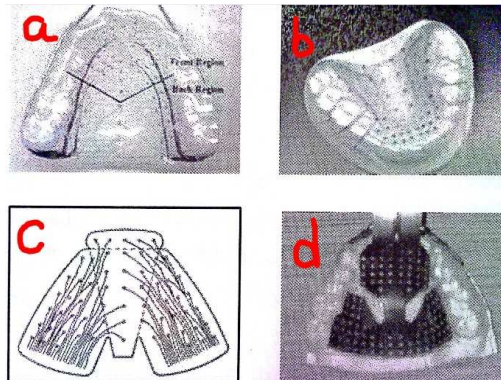


Figure 28. Palais artificiels et répartition des électrodes

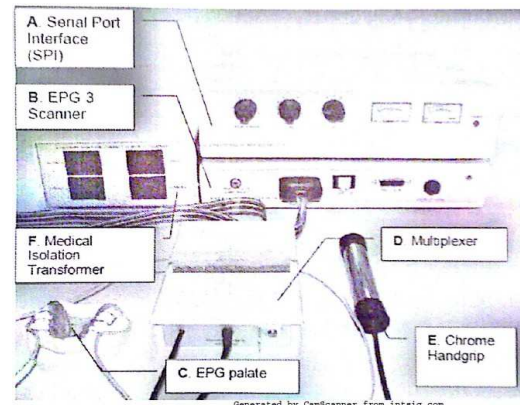


Figure 29. Interface du système EPG 3

Le système d'EPG3 contient six parties (figure 29) : A : un Port d'interface de série ; B : le scanner EPG3 ; C : un palais artificiel ; D : un multiplexeur ; E : une prise à main en chrome ; F : un transformateur médical pour l'isolation. Le multiplexeur connecte le port de série avec le scanner, le palais artificiel et la prise à main en chrome. Un courant électrique faible part de la prise à main rentre dans le multiplexeur à travers les électrodes qui sont touchées par la langue sur le palais artificiel et entre ensuite dans le scanner pour boucler le circuit.

En EPG, il y a deux types de circuits, les circuits temporels et les circuits de détection de signal. Le circuit temporel sert à contrôler la durée du temps à scanner et les électrodes par le multiplexeur. Le circuit de détection du signal sert à la perception, à l'analyse et à la transmission des signaux. Le signal sera amplifié par le multiplexeur puis envoyé au scanner. Le circuit de détection du signal envoie le format du signal à un moment donné, puis le compare avec le seuil par défaut. Nous allons fois à la recueillir trois types de données: l'EPG, le signal acoustique et des données d'ultrason. Les trois types de données seront traitées avec les logiciels fournis par le fabricant de l'EPG3 (Articulate instruments).

Nous utiliserons en même temps l'appareil d'ultrasons pour enregistrer la position et la posture de la langue dans le processus d'articulation. En regroupant les deux techniques (EPG et ultrasons) nous obtenons des images du contour de la langue et du palais dur.

## 5.2. Les études d'EPG en Chine

Des travaux l'EPG existent en Chine dans différents domaines, en linguistique, en pathologie de la parole et en médecine. Les principales études sont brièvement citées.

Hu, Shi et Yu (2010) ont fait une étude qui cherche à comprendre les raisons et les caractéristiques des difficultés phonétiques au niveau de la production de la parole. Bao et Zheng (2011) ont fait une étude qui vise à créer une base de données d'EPG en mandarin, pour étudier les variations de la prononciation. Zheng (2006) a quand à lui publié une étude d'orthophonie en se basant sur la technique de l'EPG. Li et Zheng (2006) dans un travail sur sur les variations consonantiques du mandarin ont étudié les phénomènes de coarticulation et les influences de la séquence VCV en mandarin. Wang, Li et Zheng (2010) ont créé une plate-forme pour traiter les données d'EPG sous environnement MATLAB. Une autre étude de Li et Zheng (1997) a fait une étude qui vise à minimiser la taille des données d'EPG recueillies dans les enregistrements.

## **Conclusion**

Les résultats préliminaires de ce travail montrent que les consonnes rétroflexes du mandarin varient de manière importante d'une région à l'autre. Les données confirment les observations antérieures qui montrent que la partie sublinguale n'est pas impliquée dans l'articulation des rétroflexes. Les données doivent être confirmées avec plus de sujets et seront aussi traitées avec un éléctrophlatographe dans la suite de cette recherche.



## Bibliographie

Andre, C., Legou, T. & Marchal, A. (2008) *Traitements automatiques de palatogrammes (Palatographie directe)*. Aix en Provence : Laboratoire Parole et Langage.

Bao, H. & Zheng, Y. (2011). Etude de l'EPG de Mandarin. *Journal of school of Chinese language and culture*, Vol. 2011-3, 1 – 8

Chao Y. R. (赵元任) (1948). *Mandarin primer*. Cambridge : Harvard University Press

Chao Y. R. (赵元任) (1968). *A grammar of spoken Chinese*. Berkeley : University of California Press

Cheng, C. (1973). *A Synchronic Phonology of Mandarin Chinese*. Paris : Mouton.

Demolin, D. (2012). *Cours universitaire de phonétique/phonologie*. Grenoble : Université Stendhale, Sciences du langage, LPVS.

Gong, W. (2011). *Recherches de la perception de zh, ch, sh, de Mandarin et d'enseignement*. (Université chinoise de Hongkong). Répéré le 3 Mai 2013 à [http://www.cuhk.edu.hk/lin/new/doc/ma\\_papers/macla/Gong%20Wei\\_2010-11.pdf](http://www.cuhk.edu.hk/lin/new/doc/ma_papers/macla/Gong%20Wei_2010-11.pdf)

Hardcastle, W.-J. & Gibbon, F. (1997). Electropalatography and its clinical application. Dans A. Martin, J. B & B. Chris, C (dir), *Instrumental clinical phonetics* (pp. 149 – 193). Oxford : Blackwell.

Jeng, J. (2006). The acoustic spectral characteristics of retroflexed fricatives and affricates in Taiwan Mandarin. *人文研究学报*, Vol 40 no°1, 28 – 48

Kubler, C., (2006) *NFLC Guide for Basic Chinese Language Programs (2nd ed.)*. Ohio :National Foreign Language Resource Center, The Ohio State University.

Ladefoged, P. & WU, Z (1984). Place of articulation : An investigation of Pekingese fricatives and affricates. *Journal of Phonetics* 12, 267-278

Lawson, E. (2012). Using Ultrasound Tongue Imaging in Sociophonetic Research. Edinburgh : Speech and Language Science Department Queen Margaret University College.

Ladefoged, P. & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Cambridge : Blackwell.

Lee, W. & Zee, E. (2003). Standard Chinese (Beijing). *Journal of the International Phonetic Association*, Vol.33/1, 109-112

Lin, Y. H. (2007). *The sounds of Chinese*. Cambridge. Cambridge University Press.

- Maddieson, I. (2004). *Patterns of sounds*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Ma, Liang. (2008). *La coarticulation en français et en chinois: étude expérimentale et modélisation* (Thèse de doctorat non publiée). Université Aix-Marseille I, spécialité Cognition, Langage, Education, Marseille
- Marchal, A. (2009). L'électropalatographie : questions de méthodologie, données et nouveaux développements. Dans Marchal. Directeur, *L'imagerie médicale pour l'étude de la parole ; Traité IC2, série Cognition et traitement de l'information* (pp. 87 – pp.123). London : HERMÈS / LAVOISIER
- Marchal, A. (1988). *La palatographie*. Paris : Edition du CNRS.
- Marisa, de Sousa., Viana, J. & Cesar, R. (2012) Phonetic description of alveolar phones using electropalatography. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*. On-line version- J. Soc. Bras. Fonoaudiol. vol.24 no.3 São Paulo 2012
- Nguyen, N., Marchal, A. & Content, A. (1996). Modeling tongue-palate contact patterns in the production of speech. *Journal of phonetics*, 24. Indiana : Elsevier.
- Scobbie, J. (2011). Sound and ultrasound in Scotland seeing what people can & can't hear. Grenoble : Gipsa-lab.
- Stevens, K.N. (1989). On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, 17, 3-45.
- Stone, M., Epstein, M. & Iskarous, K. Functional segments in tongue movement. *Clinical linguistics and phonetics*, 18(6-8), 507-521.
- Svantesson, J. (1986). Acoustic analysis of Chinese fricatives and affricates. *Journal of Chinese Linguistics*, 14(1), 53-70
- Treille, A. (2012). Le son de tes lèvres : corrélats électrophysiologiques de la perception audio-haptique de la parole. (Université Stendhal, Grenoble).
- Wang, j. (2006) Language Contact and Buddhist Chinese. *Journal of Anyang Institute of Technology*. Vol. 3, 91 – 94
- Wang, Y. & Fang Y. (2000). *Recherche de la langue chinoise médiéval*. Pékin : 商务印书馆
- Xie, X. (2010). A Study on Japanese Learner's Acquisition Process of Mandarin Balade-palatal Intials. *Journal of Jilin teachers institute of engineering and technology*, Vol. 26 No.7, 23 – 27
- Xu, Y. (1997). Contextual Tonal Variation in Mandarin. *Journal of Phonetics*, 25(1), 61-83.
- Zerling, J.-P. (1993). Les contraintes en production de la parole. *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg*, 23, 177-181.
- Zhang, W. (2011). The Geographical Co-occurrence and Co-variantion of Retroflex Sounds in Chinese Dialects. *Studies in Language and Linguistics*, Vol. 31 No.4, 80 – 91

Zhang, J., Lu, S., & Qi, S. (1982). A cluster analysis of the perceptual features of Chinese speech sounds. *Journal of Chinese Linguistics*. Vol. 10, 190-206.

## Références en chinois

高本汉 (1994). 中国音韵学研究. 赵元任, 罗常培, 李方桂译. 北京: 商务印书馆.

鲁健骥 (1984). 中介语理论与外国人学习汉语的语音偏误分析. *语言教学与研究*. Vol.3. 44-56.

罗杰瑞 (1995). 汉语概说. 张惠英译. 北京: 语文出版社.

吕必松 (2007). 汉语和汉语作为第二语言教学 (第1版). 北京市: 北京大学出版社

倪彦, 王晓葵 (1992). 英语国家学生学习汉语语音难点分析. *汉语学习*. 2. 47-50.

吴宗济, 林茂灿 (1989). 实验语音学概要. 高等教育出版社.

赵元任 (2002). 官话字母译音法. 赵元任语言学论文集. 北京: 商务印书馆.

冯隆 (1985). 北京话语流中声韵调的时长. 载林焘, 王理嘉主编, 北京语音实验录. 北京: 北京大学出版社.

冯胜利 (1997) 汉语的韵律、词法与句法. 北京: 北京大学出版社。

冯胜利 (1998) 论汉语的自然音步. *中国语文* Vol. 1, 40 - 47

王洪君 (1999) 汉语非线性语音学. 北京: 北京大学出版社

Li, y. (2008). EPG. 语音乐律研究报告

李俭, 郑玉玲 (2006) 汉语普通话辅音的发音变化——基于 EPG 的实证分析 《浙江工商大学学报》2006 年第5 期

## Sites internet consultés

卷舌音进入北京. (2010) Dans Blog sina. Répéré le 2 Mars 2013 à [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_44fbb8920100i7o2.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_44fbb8920100i7o2.html)

汉语. Dans le *wikipédia*. Répéré le 30 Mars 2013 à <http://zh.wikipedia.org/wiki>

阿尔泰语系. Dans le *wikipédia*. Répéré le 6 Mars 2013 à <http://zh.wikipedia.org/wiki>

上古汉语. Dans le *wikipédia*. Répéré le 6 Avril 2013 à <http://zh.wikipedia.org/wiki>

Proto-mandarin. Dans le *wikipédia*. Répéré le 25 Avril 2013 à <http://fr.wikipedia.org/wiki>

发音部位. Dans le *wikipédia*. Répéré le 25 Avril 2013 à <http://zh.wikipedia.org/wiki>

Huit Bannières Dans le *wikipédia*. Répéré le 28 Avril 2013 à <http://fr.wikipedia.org/wiki>

Principe de l'exploration par échographie. Dans *le rchimede.wifeo*. Répéré le 30 Avril 2013 à <http://archimede.wifeo.com/documents/TP-echographie.pdf>

L'échographie est une technique permettant d'observer l'intérieur du corps humain. Dans le Portail Blogs Pédagogiques de l'académie de poitiers. Répéré le 5 Mai 2013 à <http://blogpeda.ac-poitiers.fr/scp-lvh/files/2011/03/P5C.pdf>

Echographie. Dans *le wikipédia*. Répéré le 5 Avril 2013 à <http://fr.wikipedia.org/wiki>

Rayon X. Dans le FONDATION POUR LA RECHERCHE MÉDICALE. Répéré le 5 Avril 2013 à <http://www.frm.org/dossiers-4.html>

### **Données d'imagerie**

<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E6%8D%B2%E8%88%8C%E9%9F%B3>

<http://baike.soso.com/h7539021.htm>

<http://lunwen.1kejian.com/jiaoyulilun/59635.html>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Point\\_d'articulation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Point_d'articulation)

[http://ling.cass.cn/yuyin/product/product\\_1.htm](http://ling.cass.cn/yuyin/product/product_1.htm)

<http://www.qmu.ac.uk/casl/DownSyndrome/EPG.htm>

[http://www.picstopin.com/58/description-palato-alveolar-fricative/http:%7C%7Cwww\\*azlifa\\*com%7Cwp-content%7Cuploads%7C2006%7C07%7Cvoiced-palato-alveolar-fric1\\*jpg/](http://www.picstopin.com/58/description-palato-alveolar-fricative/http:%7C%7Cwww*azlifa*com%7Cwp-content%7Cuploads%7C2006%7C07%7Cvoiced-palato-alveolar-fric1*jpg/)

<http://www.basesproduced.com/441/palatography/>

<http://baike.baidu.com/picview/380447/380447/0/d478a8003fb97894e950cdfa.html#albumindex=0&picindex=1>

<http://www.allroadsleadtochina.com/2008/03/01/chengdu-investment-news-march-1-2008/>

<http://trialx.com/i/2011/05/25/pictures-and-other-geographical-data-about-mudanjiang-china/>

<http://www.itravelqq.com/2010/1231/98712.html>

<http://baike.baidu.com/view/4591.htm>

<http://www.lsjxsj.com/kczy/ShowArticle.asp?ArticleID=2535>

[http://imnews.imbc.com/mpeople/rptcolumn/rptcol13/1178053\\_7064.html](http://imnews.imbc.com/mpeople/rptcolumn/rptcol13/1178053_7064.html)