

## Le délai d'établissement du voisement des consonnes occlusives sourdes de l'arabe tunisien

*Voice Onset Time for unvoiced consonant in Tunisian Arabic*

**Nadia SLAMA**

**Ecole Supérieure des Sciences et Techniques de La Santé de  
Tunis, Université Tunis-El-manar  
nadia.slama@esstst.utm.tn  
slamanadia2@yahoo.fr**

**Reçu:** 01/ 12/ 2020; **Accepté:** 15/ 12/ 2020, **Publié:** 31/ 12/ 2020

---

### Résumé

Notre travail a pour objet l'étude du délai d'établissement du voisement des consonnes occlusives sourdes du dialecte tunisien en comparaison avec les résultats obtenus dans les autres langues. Nos résultats indiquent que la bilabiale est réalisée avec un temps d'aspiration plus long qui résulte un V.O.T plus long et parfois dépassant 35 ms (seuil à partir duquel la consonne est considérée comme aspirée, la bilabiale /p/ est ainsi réalisée comme /p<sup>h</sup>/). Le même constat concerne la consonne palatale sourde /k/ suivie de la voyelle /u/, son V.O.T est supérieur à 40 ms, dans ce cas la consonne est ainsi transformée en sourde aspirée et réalisée comme /k<sup>h</sup>/). Les V.O.T des consonnes occlusives sourdes articulées par les tunisiens n'obéissent pas à la règle qui stipulent que le V.O.T augmente au fur et à mesure que le point d'articulation recule ou quand la voyelle qui suit est plus ouverte.

**Mots clés :** Aspirée - bilabial- consonnes sourdes–non-aspirée- palatale- V.O.T- voyelle

## Abstract

Our study aims to study the voice onset time of voiceless stops in the Tunisian dialect in comparison with the results obtained in other languages. Our results indicate that the bilabial is performed with a longer aspiration time which results in a longer VOT and sometimes exceeding 35 ms (threshold from which the consonant is considered as aspirated), the bilabial / p / is thus performed as / ph /. It was the same observation for the palatal stop / k / followed by the vowel / u /, its V.O.T is greater than 40 ms, in this case the consonant is thus transformed into un-aspirated and produced as / kh /.

The V.O.T of voiceless stop articulated by Tunisians do not obey the rule that the V.O.T increases as the point of articulation moves back or when the vowel that follows is more open.

**Keywords:** Aspirated-bilabial - palatal –unaspirated- voiceless stops - V.O.T- vowel.

## 1. Introduction

Le Délai d'Établissement du Voisement (D.E.V) ou « Voice Onset Time » (V.O.T) fait référence à l'intervalle de temps qui s'écoule entre le relâchement de l'occlusion supra-glottique de la consonne et le début des pulsations périodiques glottiques correspondant à la réalisation de la voyelle, c'est-à-dire, en d'autres termes, le délai entre le début du bruit qui marque le relâchement de l'occlusion (début de l'explosion) et le début des vibrations quasi-régulières des plis vocaux. Le V.O.T est souvent extrait dans la séquence (consonne + voyelle) en position initiale de mot.

C'est la longueur de cet intervalle du temps qui sépare, entre autres indices, les deux catégories phonémiques sourde/sonore. Cependant, dans la parole rapide, cette opposition est moins forte. Il y a un certain chevauchement entre les V.O.T des occlusives sourdes et des occlusives sonores.

## 2. Comment mesurer le V.O.T ?

Pour les consonnes occlusives, le V.O.T est mesuré à partir d'un point de référence acoustique fixe : le relâchement de la consonne. Ainsi, le V.O.T est défini comme l'intervalle entre ce point et le début du signal glottique voisé. Il traduit la coordination entre la mise en place des articulateurs (les lèvres, la langue) et le début de la phonation. L'allongement du V.O.T, en

parole fluente, pourrait témoigner d'une anomalie neuro-motrice.

Le V.O.T peut être positif ou négatif. Il est négatif lorsque la mise en vibration des plis vocaux intervient avant le relâchement de l'occlusion (pré-voisement). Il est positif lorsque cette mise en vibration commence après le relâchement. Il permet de différencier des occlusives voisées caractérisées par un V.O.T négatif des occlusives sourdes caractérisées par un V.O.T positif.

### 3. Les facteurs agissant sur le V.O.T

Le V.O.T des consonnes occlusives à l'initiale de mot a été mesuré par Klatt (1975), les résultats ont indiqué que le V.O.T change principalement en fonction du mode du fonctionnement laryngé de la consonne (sourde/sonore), mais aussi du lieu d'articulation de la consonne occlusive (plus le lieu de l'articulation de la consonne recule, plus le V.O.T est long) et en fonction de l'identité de la voyelle qui suit. Il est plus élevé pour les voyelles fermées et moins élevé pour les voyelles ouvertes.

Le V.O.T est plus long devant les consonnes sonantes /m-n/ et les voyelles hautes que devant les voyelles moyennes et basses. La durée du V.O.T varie d'une manière similaire de telle sorte que l'intervalle restant de l'aspiration dans /p, t, k/ ait, à peu près, la même durée dans des environnements phonétiques comparables. Les variations du V.O.T sont expliquées en termes de mécanismes articulatoires, de contraintes de perception, et de règles phonologiques.

“To explain these regularities, production strategies and perceptual cues to a voicing decision for English plosives are considered. Variations in VOT are explained in terms of articulatory mechanisms, perceptual constraints, and phonological rules. Some VOT data obtained from a connected discourse were also analyzed and organized into a set of rules for predicting voice onset time in any sentence context”.(Klatt, 1975)

TABLE I. Summary of VOT (ms) in unaspirated stops reported by Lisker &amp; Abramson (1964)

	Dutch	Puerto Rican Spanish	Hungarian	Cantonese	Eastern Armenian	Korean	Tamil
/p/	10	4	2	9	3	18	12
/t/	15	9	16	14	15	25	8
/k/	25	29	29	34	30	47	24

Tableau 1: Variation du V.O.T selon le lieu de l'articulation de la consonne dans différentes langues (Lisker et Abramson (1964).

“There is an abduction-adduction cycle of the vocal cords for voiceless stops which is longer in duration than the closure and has a constant time course, anchored to the onset of closure (p. 621)”.

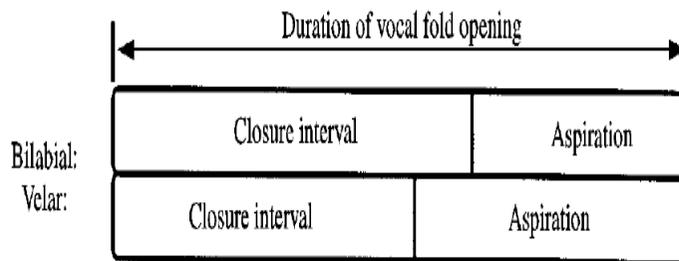


Figure 1: Représentation schématique des durées de fermeture et d'aspiration pour les consonnes occlusives bilabiale et vélaire selon Maddieson (1997a).

L'examen détaillé de la parole rapide a permis de découvrir les facteurs contextuels qui sont responsables de ce chevauchement – entre le temps de fermeture et le temps de l'aspiration - dont l'accent lexical et sa position dans la phrase ou le lieu de l'articulation de la consonne et le type de voyelle qui la suit (Lisker et al., 1977).

#### 4. Les valeurs du V.O.T selon les langues

Le V.O.T varie en fonction du lieu d'articulation de la consonne. A un lieu d'articulation particulier peut-il y avoir des différences entre les langues ?

Dans leur étude comportant des enregistrements comparables de plusieurs locuteurs de 18 langues, Cho et al. (1999) ont trouvé que pour la plupart des langues (18 langues étudiées), mais pas toutes, des variations dues au lieu d'articulation peuvent être décrites par des règles phonétiques, universellement applicables. La variation large entre les langues est prévisible car les degrés d'aspiration des occlusives sourdes diffèrent entre les langues.

Certaines langues, cependant, ont des mesures du V.O.T qui sont nettement différentes des valeurs généralement observées.

Haag (1979), a examiné le V.O.T des consonnes occlusives en allemand et son rapport avec le lieu de l'articulation dans des environnements phonétiques variés. Les résultats sont comme suit: des valeurs toujours plus basses pour les alvéolaires avec une sensibilité particulière du V.O.T des bilabiales, en fonction des variables environnementales comme la position de la consonne dans l'énoncé ainsi que l'accent. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pour les occlusives vélares et ne sont obtenues qu'en position initiale et en dedans, avant l'accent.

En espagnol castillan, Rosner, et al. (2000) ont mesuré le V.O.T des six occlusives castillanes, en position initiale. Ils ont observé des effets significatifs du voisement et du lieu d'articulation de la consonne sur le V.O.T. Ce résultat rappelle des conclusions antérieures sur les dialectes espagnols d'Amérique latine. Le voisement varie avec le lieu et le type de voyelle qui suit la consonne. Les valeurs du V.O.T, dans le contexte espagnol, semblent varier avec le dialecte.

Weismer (1980) rapporte que pour les mots anglais dont la consonne initiale est /p/ ou /k/, l'intervalle entre le début de la fermeture de la consonne à l'apparition du voisement est la même. Basé sur ce résultat et d'autres éléments cités par Weismer, Maddieson (1997a) suggère une autre alternative possible pour analyser V.O.T et le lieu d'articulation.

Les valeurs du V.O.T permettent de distinguer les consonnes aspirées des consonnes non aspirées dans les langues opposant consonnes aspirées et non aspirées (comme en anglais ou en chinois) et de distinguer entre consonnes sourdes et consonnes sonores comme en français.

TABLE IV. Mean VOT (ms) of the stops in 18 languages studied in the UCLA endangered languages project (as of May 1999)

Language	Bilabial	Dental	Alveolar	Retroflex	Velar	Uvular
Aleut (Eastern)			59		75	78
Aleut (Western)			76		95	92
Apache	13		15		31	
Apache (aspirated)			58		80	
Banawá		22			44	
Bowiri	17		18		39	
Chickasaw	13		22		36	
Dahalo	20	15	42		27	
Defaka	18		20		30	
Gaelic	13	22			28	
Gaelic (aspirated)	64	65			73	
Hupa	11	16			44	27
Hupa (aspirated)		82			84	
Jalapa Mazatec			11		23	
Jalapa Mazatec (aspirated)			63		80	
Khonoma Angami	10	9			20	
Khonoma Angami (aspirated)	83	55			91	
Montana Salish	22		24		48	55
Navajo	12		6		45	
Navajo (aspirated)			130		154	
Tlingit			18		28	30
Tlingit (aspirated)		120			128	128
Tsou	11		17		28	
Wari'	19	26			50-58	
Yapese	20	22			56	

Tableau 2 : Valeurs moyennes du V.O.T des consonnes occlusives avec différents lieux d'articulation, dans 18 langues, d'après Cho et Ladefoged (1999).

Ainsi, si le V.O.T est susceptible de varier dans une même langue en fonction de l'origine géographique des locuteurs d'une même langue ou entre les langues. Syrdal (1996), Docherty et al. (2011) et Caramazza et al. (1974), Qu'en est-il du V.O.T des consonnes occlusives sourdes chez des locuteurs tunisiens ?

## 5. Méthodologie

### 5. 1. Le corpus

Rappel sur l'organisation du système phonologique arabe : Langue arabe et dialectes tunisiens

Le système vocalique maximal de l'arabe est triangulaire, constitué de trois voyelles brèves auxquelles s'opposent trois voyelles longues, opposition de quantité. Selon Cohen les dialectes tunisiens ont en effet opéré « une

réduction partielle » de la triade classique /i-a-u/ (Cohen, 1977 : 226). Le système vocalique de l'arabe tunisien a été étudié en détail par Metoui (1989), qui pose quatre timbres vocaliques principaux, tous doublés d'une corrélation de quantité, vu que pour l'arabe tunisien en général, l'opposition de quantité est toujours partie intégrante du système. Les segments vocaliques connaissent tous différentes réalisations phonétiques –tant qualitatives que quantitatives- selon la nature de l'environnement consonantique et la structure syllabique dans laquelle ils apparaissent.

/a-i-u/ se réalisent en général avec des timbres de [a-i-u]. De nombreux linguistes attestent l'existence de timbres de voyelles autres que le trio [a-i-u], avec une aperture moyenne et/ou centrale. La présence de ces allophones est expliquée par l'influence de l'accent, l'environnement phonique dans le mot dont la nature de la consonne adjacente et son lieu d'articulation ainsi que la structure syllabique dont elles font partie. Pour Braham, la voyelle /a/ a différentes réalisations phonétiques, du point de vu degré d'aperture et aussi la position de la langue antérieur-postérieur. Dans les dialectes modernes maghrébins la voyelle ouverte [ɛ] a un équivalent postérieur [a], et la différence entre les deux réalisations est devenue distinctive caractérisant surtout des mots empruntés exemples :

[bɛ ] qui indique le futur et [ba] qui désigne un grade militaire en turc

Les trois timbres vocaliques de base sont :

- **La fatha**, c'est un trait au-dessus de la lettre, pour remplacer le 'a' comme dans /ba/ = بَ
- **La kasra**, c'est un trait en-dessous de la lettre, pour remplacer le 'i' comme dans /bi/ = بِ
- **La dhamma**, c'est un signe diacritique<sup>3</sup> au-dessus de la lettre pour remplacer le 'u' comme dans /bu/ = بُ

**Les voyelles brèves apparaissent comme des signes diacritiques et sont facultatives à l'écrit, on écrit généralement les textes, sans ces voyelles. La sélection se fait en fonction du contexte énonciatif.**

La plupart des dialectes arabes ont trois timbres de voyelles /i a u/, toutes susceptibles d'une distinction de longueur comme dans l'arabe littéral, une distinction qui n'est pas toujours réalisée pour l'ensemble des trois voyelles Ghazali, S. et Braham, A. (1992).

Comme toutes les langues afro-asiatiques, la langue arabe est caractérisée par une richesse consonantique, 26 consonnes avec un nombre important de consonnes postérieures [+arrière] (vélaire, uvulaire, pharyngale et glottale).

L'arabe compte quatre consonnes occlusives sourdes décrites par Braham Abdelfattah dans "مدخل في الصوتيات" comme suit : Consonne occlusive bilabiale sourde /p/, occlusive dentale sourde /t/, occlusive dentale pharyngalisée sourde /t̤/, occlusive dorso-palatale sourde /k/, et dorso-uvulaire /q/

## 5.2 Présentation du corpus

**Le corpus :** il est composé de trois mots monosyllabiques et douze bisyllabiques. La première syllabe de chaque mot commence par une consonne occlusive sourde (bilabiale, alvéolaire, palatale ou uvulaire). Ces mots ont été lus par les locuteurs. Chaque consonne est suivie par une des voyelles de l'arabe qui sont au nombre de six : trois voyelles brèves qui correspondent au [a], [i] et [u] et trois voyelles longues qui sont : [a:], [i:] et [u:].

/ka: r/ (bus)	/ti: n/ (figue)	/tu: l/ (longueur)
/ku: ra/ (ballon)	/qa: l/ (a dit)	/ti: r/ (oiseau)
/ki: lu/ (kilo)	/qu: l/ (dis)	/palə/
/tu: t̤/ (mure)	/qi: l/ (est dit)	/pulə/
/tata/ (tante)	/ta: l/ (a durée)	/pilə/

Tableau 3 : La liste des mots du corpus.

Nous avons ajouté les trois derniers mots, car le phonème /p/ qui ne fait pas partie du système phonologique arabe, mais il existe dans le dialecte tunisien, à travers de mots empruntés. Cet ajout a pour but aussi de comparer les résultats concernant le V.O.T de la consonne labiale sourde /p/, obtenus dans d'autres langues.

Nous avons, ainsi, étudié la séquence consonne-voyelle située au début de chaque mot.

[cv] : [pa], [pu], [pi] ; [ka], [ku], [ki] ; [ta], [tu], [ti] ; [t̤a], [t̤u], [t̤i] ; [qa], [qu], [qi]

### 5. 3. Population

La population était composée de 11 locuteurs âgés de 19 à 25 ans, n'ayant aucun trouble ou handicap entraînant des problèmes de communication. L'âge moyen de ce groupe est de 23,6 ans.

### 5. 4. Enregistrement

Les enregistrements ont été faits à l'aide d'un microphone serre-tête AKG C520L, avec une alimentation fantôme, délivrant au micro, un courant électrique, à travers la prise XLR à trois broches, par laquelle passe également le signal audio, relié à un Pc portable. Nous utilisons pour l'enregistrement des données le logiciel Praat (Paul Boersma et David Weenink, 2011), avec une fréquence d'échantillonnage de 44 100Hz.

### 5. 5. Extraction des valeurs acoustiques (V.O.T)

A partir du fichier son, les syllabes cibles sont extraites des mots, segmentées et étiquetées manuellement. Le V.O.T fait référence à l'intervalle de temps entre le début des pulsations périodiques glottiques et la détente de l'occlusion supra-glottique (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La consonne occlusive est réalisée en trois temps : fermeture, tenue et relâchement. Le V.O.T, dans une séquence du type consonne-voyelle, est défini comme le temps qui s'écoule du relâchement R, au début de la mise en vibration des plis vocaux.

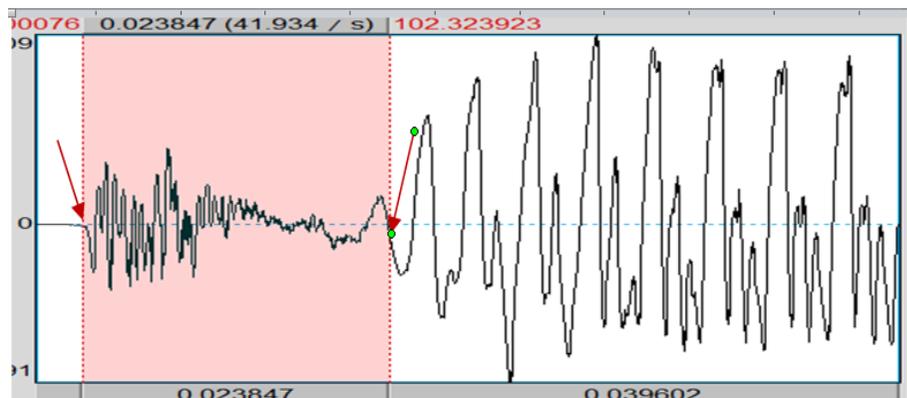


Figure 2: V.O.T (voice onset time ou délai d'établissement du voisement correspondant à /k/ dans la séquence /ka/.

## 5. 6. Résultats sur le V.O.T

Variation en fonction du lieu d'articulation de la consonne :

- **Consonne suivie de la voyelle /a/ :**

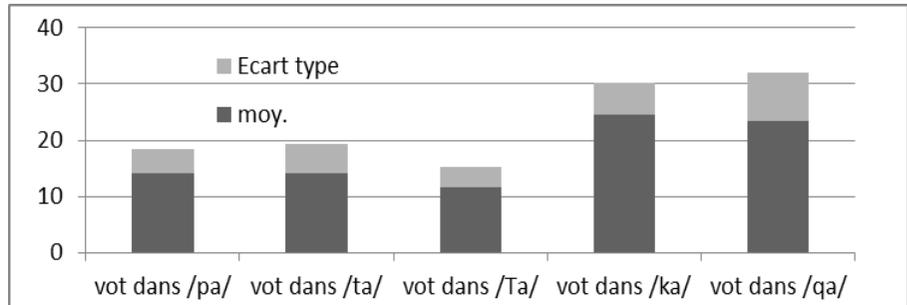


Figure 3: V.O.T en sec. des séquences [c-a],

Nos résultats pour les consonnes suivies de la voyelle [a], le V.O.T n'augmente pas au fur et à mesure que le point d'articulation recule dans le conduit vocalique. Le V.O.T de la palatale emphatisée [t̤] est nettement inférieur à celui de la labiale sourde [p] et le V.O.T de la vélaire est plus faible du V.O.T de la palatale, ces résultats contredisent l'idée retenue que le V.O.T, varie selon le lieu d'articulation de la consonne et du type de voyelle qui la suit, Klatt (1977) ; Lisker et al.(1964) ; Haag (1979).

- **Consonne suivie de la voyelle /i/ :**

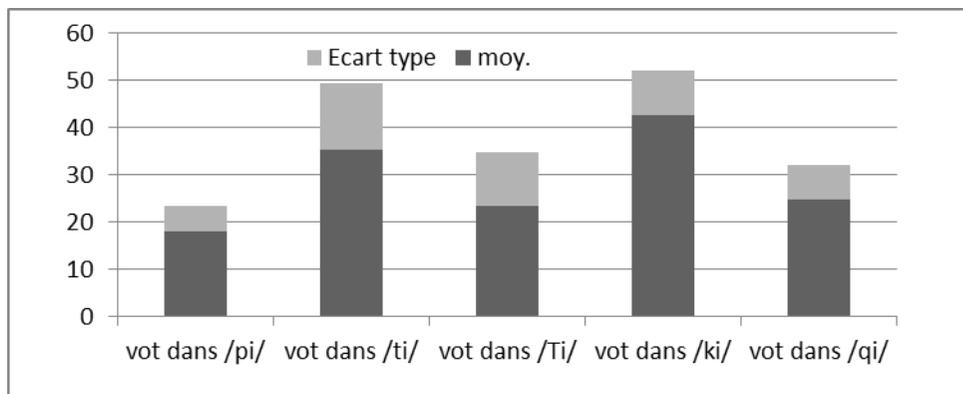


Figure 4: V.O.T en sec. des séquences, [c-i]

Les V.O.T des consonnes suivies de la voyelle [i], pour les consonnes /p-t-k/, les résultats sont conformes aux conclusions de Klatt (1977) Lisker et al.(1964) ; Haag (1979), Mais pour la consonne palatale emphatisée [t̪] et la vélaire, le résultat est inattendu et on constate un V.O.T plus bas que la consonne palatale sourde [t].

- **Consonne suivie de la voyelle /u/ :**

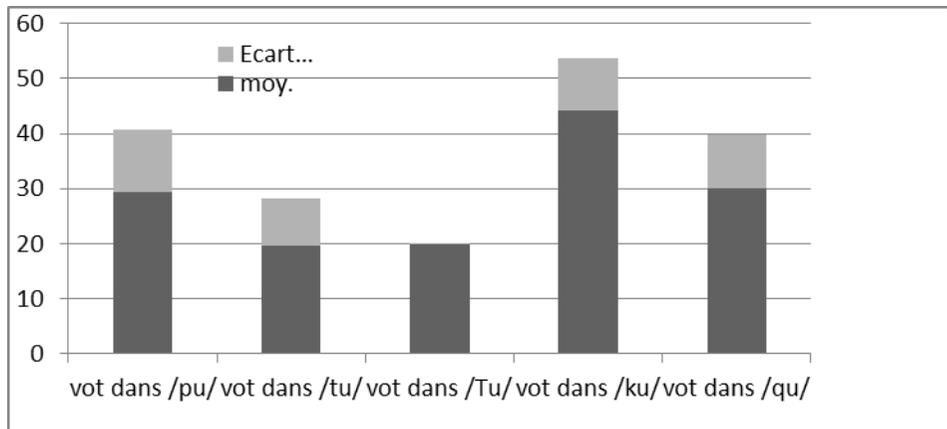


Figure 5: V.O.T en sec. des séquences [c-u],

Dans les différentes langues étudiées, le V.O.T de la bilabiale est inférieur à 22 ms, Lisker et Abramson (1964) et Cho et Ladefoged (1999). Nos résultats indiquent que la bilabiale est réalisée avec un temps d'aspiration plus long qui résulte un V.O.T plus long et parfois dépassant 35 ms (seuil à partir duquel la consonne est considérée comme aspirée), la bilabiale /p/ est ainsi réalisée comme /p<sup>h</sup>/. Le même constat concernant la consonne palatale sourde /k/ suivie de la voyelle /u/, son V.O.T est supérieur à 35 ms voire supérieur à 40 ms. La consonne est réalisée comme /k<sup>h</sup>/, Slama (2016).

Les V.O.T des consonnes occlusives sourdes n'obéissent pas à la règle ou aux conclusions de Klatt(1977), Lisker et Abramson (1964) ou de Haag (1979) qui stipule que le V.O.T augmente au fur et à mesure que le point d'articulation recule.

## Conclusion

La valeur moyenne du V.O.T peut dans certain contexte dépasser 35ms, ce qui pose la question sur l'éventuelle transformation de consonnes initialement occlusives sourdes non aspirées.

Pour le V.O.T de /t/ et /t̤/ qui sont deux phonèmes apico-dentaux. Le /t̤/ étant pharyngalisé par rapport à /t/ abaisse le formant F2 de la voyelle qui suit et élève son premier formant, selon Braham A. nos résultats acoustique montrent que le V.O.T de /t/est supérieur au V.O.T de /t̤/ et ce, quel que soit le type de voyelle qui le suit.

Le V.O.T des consonnes postérieures arabes /k/ et /q/ est nettement supérieur à celui des consonnes plus antérieures /p/ et /t/ (de même pour le phonème alvéolaire pharyngalisé /t̤/) avec un V.O.T de /k/ supérieur à celui de /q/.

La valeur moyenne du V.O.T de /p/ suivie de /u/ est non significativement supérieure à celle de /t/ et /t̤/ dans le même contexte vocalique, contrairement aux données de la littérature qui s'accordent sur le fait, que plus la fermeture a lieu vers l'arrière de la cavité buccale, plus le V.O.T est long (Fischer-Jorgensen, 1965) ; ou encore, celle qui conclut que, plus l'aire de contact est étendue plus le V.O.T est important (Stevens et al. 1986), Hardcastle, 1973.

Dans ce cas, on peut reprendre l'idée que chaque langue est dotée de règles phonétiques/phonologiques qui peuvent avoir des conséquences sur le V.O.T, ceci est en accord avec les conclusions de AlShareef (2015), que les locuteurs arabophones ont une durée d'aspiration plus longue pour /t/ et /k/. Le V.O.T varie dans une même langue en fonction de l'origine géographique des locuteurs et entre les langues, les valeurs obtenues ne sont valables que pour la population enregistrée donc locuteurs tunisiens.

## Bibliographie

- AlShareef, S. (2015). "Cross-language analysis of stop closure duration and aspiration in English and Arabic "(PhD dissertation), California State University, Fresno.
- Boersma, Paul (2001). "Praat, a system for doing phonetics by computer". *Glott International* 5:9/10, 341-345.
- Braham Abdelfattah , مدخل في الصوتيات . دار الجنوب
- Caramazza, A., Yeni-Komshian, G., & Zurif, E. B. (1974)." Bilingual switching: The phonological level". *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 28(3), 310.
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). "Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages". *Journal of phonetics*, 27(2), 207-229.
- Docherty, G. J., Watt, D., Llamas, C., Hall, D., & Nycz, J. (2011)."Variation in voice onset time along the Scottish-English border". In *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, Hong Kong, August 2011, 591-4.
- Fischer-lørgensen, E. (1965). Louis Hjelmslev: October 3, 1899—May 30, 1965. *Acta Linguistica Hafniensia, International journal of linguistics* vol.9(1), 3-22.
- Ghazali, S., & Braham, A. (1992). " Voyelles longues et voyelles brèves en arabe standard: organisation temporelle ". *Actes des 19èmes Journées d'Etudes sur la Parole JEP'92, 1924, 1992.*
- Haag, W. K. (1979). "An articulatory experiment on voice onset time in German stop consonants". *Phonetica*, 36(3), 169-181.
- Hardcastle, W. J. (1973). "Some observations on the tense-lax distinction in initial stops in Korean". *Journal of Phonetics*, 1(3), 263-272.
- Klatt, D. H. (1975)."Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters". *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*,18(4), 686-706.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). "A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements". *Word*, 20(3), 384-422.
- Lisker, L., Liberman, A. M., Erickson, D. M., Dechovitz, D., & Mandler, R. (1977)."On pushing the voice-onset-time (VOT) boundary about". *Language and Speech*, 20(3), 209-216.
- Maddieson, I. (1997). "Phonetic Universals". In *'he handbook of phonetic sciences*. (J. Laver & WJ Hardcastle, editors).

- Metoui, M. (1989). "Contribution à la phonétique et phonologie arabe: étude acoustique et articulatoire des voyelles du parler de Tunis" (Vol. 104). Schulz-Kirchner.
- Rosner, B. S., López-Bascuas, L. E., García-Albea, J. E., & Fahey, R. P. (2000). "Voice-onset times for Castilian Spanish initial stops". *Journal of Phonetics*, 28(2), 217-224.
- Slama, N.(2016), "*Mesures comparées des paramètres acoustiques chez des locuteurs bègues et non-bègues tunisiens*". Thèse dirigée par Vaissière J., soutenue 26 Novembre 2016, Sorbonne-Nouvelle, Paris 3.
- SPSS, S. (2007). "for windows". Version 11.5. SPSS, Chicago, IL.
- Stevens, K. N., & Blumstein, S. E. (1978). "Invariant cues for place of articulation in stop consonants". *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(5), 1358-1368.
- Syrdal, A. K. (1996, October). "Acoustic variability in spontaneous conversational speech of American English talkers. *Proceeding of Fourth International Conference on Spoken Language Processing*". *ICSLP 96* (Vol. 1, pp. 438-441).
- Weismer, G. (1980). "Control of the voicing distinction for intervocalic stops and fricatives: Some data and theoretical considerations". *Journal of Phonetics* 8 (4), 427-438.