

ETUDE DU TRIANGLE VOCALIQUE ARABE TUNISIEN

Nadia SLAMA

Université Tunis El Manar, Tunisie

slamanadia2@yahoo.fr / nadia.slama@esstst.utm.tn

Résumé : L'objet de ce travail est l'étude de l'impact du type de voyelles sur les valeurs formantiques ensuite la comparaison de l'étendu du triangle vocalique du système phonologique tunisien (variété de l'arabe nord-africain) pauvre en voyelles par rapport au triangle vocalique du français riche en voyelles (12 voyelles orales et 4 voyelles nasales). A travers l'étude des deux formants F1 et F2 correspondants aux trois voyelles extrêmes [i-a-u] étudiées en contexte syllabique chez 11 étudiants tunisiens âgés de 19 à 25 ans. Nos résultats confirment l'idée que l'aire du triangle vocalique serait proportionnelle au nombre de voyelles d'une langue et dépend aussi du contexte d'énonciation des voyelles (isolées ou dans les mots) qui résulte de voyelles hypo ou hyper articulées.

Mots clés: arabe tunisien, français, formants F1 et F2, triangle vocalique, voyelles /a-i-u/

Abstract:

The object of this work is the study of the impact of the type of vowels on the formative values then the comparison of the extent of the vocalic triangle of the Tunisian phonological system (variety of North African Arabic) poor in vowels compared to the French triangle vowel with 12 oral vowels and 4 nasal vowels. Through the study of the two formants F1 and F2 corresponding to the three extreme vowels [i-a-u] studied in a syllabic context in 11 Tunisian students aged 19 to 25 years. Our results confirm that the area of the vowel triangle is proportional to the number of vowels in a language and also depends on the vowel utterance context (isolated or in words) that results from hypo or hyper articulate vowels.

Keywords: Tunisian Arabic, French, formants F1 and F2, vocalic triangle, vowels /a-i-u/

Introduction

Le triangle vocalique a trois points extrêmes représentés par les trois voyelles [i], [a], et [u], ce choix est motivé par la théorie quantique de la parole (Stevens, 1989), qui suggère qu'il y a certaines régions de stabilité dans l'espace phonétique, correspondant aux voyelles [i], [a], et [u]. Ces voyelles doivent être,

à peu près, au même endroit, dans toutes les langues, indépendamment de la taille du répertoire de voyelles. Et puisque ces voyelles sont dans des régions stables phonétiquement, il devrait y avoir moins de variabilité intra-catégorie que pour les autres voyelles.

D'ailleurs, ces voyelles représentent les extrêmes du triangle vocalique. Leur étude, rend possible l'exploration des limites de l'espace vocalique maximal dans une langue, puisque leurs productions reflèteraient les capacités articulatoires maximales du locuteur, lors de la réalisation des gestes vocaliques.

Certains auteurs ont étudié l'effet du nombre de voyelles dans une langue, sur la taille de l'espace vocalique. Parmi ces études, celle menée par Meunier et al. (2003), qui ont étudié la dispersion acoustique des voyelles, à la fois dans la production et la perception, dans 3 langues avec différents inventaires vocaliques : anglais avec 11 voyelles, français avec 10 voyelles, et en espagnol avec 5 voyelles. Le corpus a été basé sur les réalisations des voyelles en contexte isolé. Leurs résultats ne soutiennent pas l'hypothèse que la densité des systèmes vocaliques influence la taille de l'espace acoustique, dans la production, mais influence l'espace vocalique, dans la perception.

1. Description articulatoire des trois voyelles [i a u] du triangle vocalique

Les sommets du triangle sont occupés par les trois voyelles [i u a] disposées selon les deux axes : horizontal (les valeurs de F2) et vertical (les valeurs de F1). Le lieu d'articulation de la voyelle dépend des possibilités articulatoires résultant de la somme des résonances des deux principales cavités buccales. Les voyelles se distinguent les unes des autres par :

- La position de la langue dans la cavité buccale qui détermine pour chaque articulation vocalique une forme originale du conduit vocal de la glotte aux incisives ;
- La position des lèvres qui détermine pour chaque articulation vocalique une forme originale de l'orifice du conduit buccal.

De la conjugaison de ces deux formes dépend la qualité acoustique de chaque son vocalique. Les positions extrêmes de la langue dans la cavité buccale correspondent respectivement aux voyelles [i], [u], [a].

La langue est plus haute dans la cavité buccale et plus en avant pour les voyelles [i] et [y] et plus en arrière pour la voyelle [u].

La langue est plus basse dans la cavité buccale pour la voyelle [a].

On définira l'aperture d'une voyelle par rapport au degré plus ou moins écarté de la mâchoire et à l'élévation plus ou moins importante de la langue. Les valeurs de F1 sont proportionnelles au degré d'aperture.

Le type vocalique antérieur ou postérieur est déterminé selon que le lieu d'articulation est vers l'avant ou l'arrière du palais. On parle de voyelle palatale ou antérieure comme [i] ou de voyelle vélaire ou postérieure comme [u]. L'antériorité/postériorité de la langue a des conséquences sur la valeur de F2. Ainsi, plus la langue avance dans la cavité buccale plus F2 augmente.

Cette position des articulateurs a des conséquences acoustiques. Ce qui signifie que les résonateurs des cavités buccales produisent des formants qui sont en partie responsables du timbre de la voyelle.

Donc, dans une série acoustique présentant un point commun F1. On s'aperçoit que la différenciation s'opère par le formant haut F2. Ce dernier s'abaisse quand on va de la voyelle antérieure à la voyelle postérieure. C'est ce formant haut qui fait percevoir pour chaque voyelle la tonalité aiguë ou grave.

2. Le triangle vocalique selon les langues et les variétés de langue

Al-Tamimi et al. (2005) ont étudié l'effet du nombre de voyelles d'une langue sur la taille de son espace vocalique, produites dans le français (FR) et dans les deux variétés ou dialectes arabes, le marocain (MA) et le jordanien (JA). 5 locuteurs par langue (ou dialecte) ont produit une liste des voyelles dans les 3 contextes: les voyelles dans des mots, des syllabes, ou produites isolement. Pour chaque

condition, il y avait 3 contextes consonantiques bilabial, alvéolaire et palatal: / b d k /.

Ils ont conclu qu'il y a un effet de la taille des stocks de voyelles (le nombre de voyelles du système phonologique correspondant) sur la taille des espaces vocaliques acoustiques dans les 3 langues (toutes les voyelles et [i a u]). En ce qui concerne l'effet du contexte (mot ou syllabe isolée) sur les espaces acoustiques, les résultats sont concluants pour MA; les zones sont plus petites dans le contexte du «mot » que dans le contexte «syllabique ou isolé ». Pour JA et FR, l'espace vocalique acoustique dans le contexte isolé est plus grand que dans les 2 autres conditions, mais l'espace vocalique, dans le contexte syllabique, est inférieur à celui dans le mot.

Dans l'ensemble, les résultats confirment l'idée de Lindblom (1998), à savoir quand un locuteur produit des voyelles isolement, il / elle peut hyper-articuler la voyelle afin d'éliminer toute confusion avec d'autres types de voyelles, et que pour les voyelles produites en mots ou en syllabes, le locuteur hypo- articule parce que l'identité des voyelles est déterminée par le contexte.

La voyelle [a] est plus centralisée dans MA que dans JA ou FR, mais il y a une légère différence entre les voyelles, dans les trois langues.

Afin de comparer la variabilité intra-catégorie entre les trois voyelles dans les 3 langues, les zones ont été calculées par type de voyelle, par langue, et par condition (mot, Syllabe et isolement). Les résultats montrent que, d'une façon générale, [i] dans les 3 langues à la plus petite dispersion, le [u] dans MA et FR, a peu de variabilité, mais le phonème [a] a une plus grande variabilité dans les 3 langues. Ainsi, les résultats confirment en partie, les questions abordées par Stevens (1989).

Les résultats corroborent l'hypothèse selon laquelle, la taille de l'inventaire vocalique affecte la taille des espaces vocaliques acoustiques : plus l'inventaire des voyelles est large, plus l'espace vocalique acoustique est grand.

Al-Tamimi et al. (2005), Ont étudié l'effet de la taille des stocks de voyelles sur la taille des espaces vocaliques acoustiques, dans trois langues différentes, dans leurs systèmes de voyelles (MA, JA, et FR). Les résultats montrent que, l'espace vocalique du triangle français (FR) est plus grand que celui de l'arabe Jordanien (JA) ou l'arabe marocain (MA). Les voyelles extrêmes semblent avoir, à peu près, la même position dans les espaces vocaliques acoustiques, à travers les 3 langues, dans deux conditions seulement (en contexte syllabique et isolé, mais pas dans le mot.

3. Rappel sur l'organisation du système phonologique arabe :

Le système vocalique maximal de l'arabe est triangulaire, constitué de trois voyelles brèves auxquelles s'opposent trois voyelles longues, opposition de quantité. L'arabe compte, uniquement, des voyelles orales.

/a-i-u/ se réalisent en général avec des timbres de [a-i-u]. De nombreux linguistes attestent l'existence de timbres de voyelles [ø,œ,ə,ɔ,ɛ,o..] 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.

Les voyelles brèves apparaissent à l'écrit comme des signes diacritiques et sont facultatives à l'écrit, on écrit généralement les textes, sans ces voyelles et c'est en fonction du contexte énonciatif que se fait le choix de la voyelle.

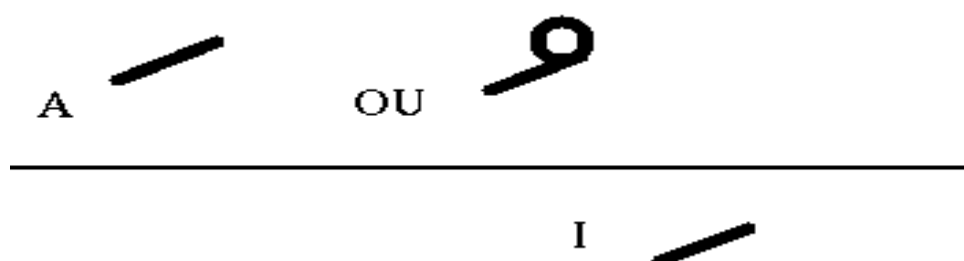


Figure 1: Représentation du timbre des trois voyelles de l'arabe

4. Classification des voyelles de l'arabe de point de vue articulatoire

Selon Braham (Sans Date de Publication :SDP) , dans sa description des voyelles de l'arabe (p.112), de point de vue articulatoire reprend que dans la littérature arabes les traits : fermé/ ouvert, ont été utilisés pour décrire les voyelles de l'arabe. Ainsi, les phonèmes /u/ et /i/ dans la langue arabe sont des voyelles hautes et le phonème /a/ est bas avec une ouverture maximale. La langue peut avoir des positions antérieure, postérieure ou intermédiaire, haute ou basse. Ce qui manquait à la description de Braham A., c'est les conséquences acoustiques et les valeurs formantiques correspondant aux trois voyelles.

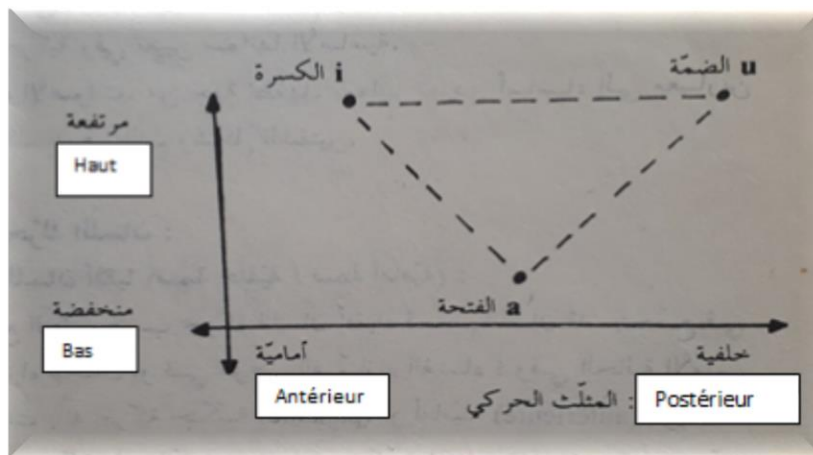


Figure 2 : Le triangle vocalique représenté par Braham A. (SDP, p 112).

5. Analyse des valeurs des trois premiers formants :

Les voyelles sont des phonèmes périodiques à origine vibratoire donc sonore. L'onde sonore traverse le conduit vocalique qui change de configuration entraînant une modification du timbre de la voyelle. Les spectres des voyelles présentent des renforcements d'intensité pour certaines fréquences que l'on appelle des formants. Les formants d'un son vocalique sont donc étroitement liés à la forme du tractus vocal et sont responsables du timbre du son vocalique. Alors que le timbre d'une voyelle est lié aux formants, sa hauteur est liée à la fréquence

fondamentale, c'est-à-dire à la fréquence de vibration des cordes vocales la plus basse et la plus grave.

La configuration des cavités bucco-pharyngales étant différente pour chaque voyelle, chacune d'elle va être caractérisée par des valeurs de formants différentes. Ainsi, la modification de la configuration du tractus buccal engendre la modulation de sa forme et donc de la taille ou le volume des cavités, qui va occasionner des valeurs spécifiques de formants correspondant à la forme que prend le tractus vocal pour chaque voyelle.

La taille d'un résonateur affecte sa fréquence : plus la taille du résonateur est importante, plus sa fréquence est basse. Les valeurs formantiques dépendent, en partie, de la taille et de la configuration des cavités de résonance, durant la production des voyelles.

Le premier formant (F1) est déterminé par le degré d'aperture de la mandibule (et de la hauteur de la langue), et aussi par la configuration des lèvres. Une voyelle ouverte (ou basse), est caractérisée par une grande aperture de la mandibule associée à un abaissement de la langue entraînant ainsi un rétrécissement de la cavité pharyngale). Quant à une voyelle fermée (ou haute), elle est caractérisée par une aperture très réduite de la mandibule et la langue en position haute (engendrant un agrandissement de la cavité pharyngale). Ainsi, les voyelles ouvertes sont caractérisées par un F1 élevé, tandis que les voyelles fermées ont un F1 bas (pour /a/ F1 est au tour de 700Hz et pour la voyelle /i/ situé vers 300 Hz (Tableau 1).

Le deuxième formant (F2) varie en fonction de la position, avant ou arrière, de la langue, et aussi en fonction de la position étirée ou arrondie des lèvres, lorsque la langue est en position postérieure.

Le troisième formant (F3) est lié à la position étirée ou arrondie des lèvres, F3 est plus élevé pour les voyelles étirées.

6. Méthode et corpus

6.1. Méthode

Les enregistrements des locuteurs ont été réalisés auprès de 11 étudiants tunisiens âgés de 19 à 25 ans parfaitement fluents, n'ayant aucun trouble de la communication ni de l'articulation. Nous avons utilisé pour l'enregistrement des données le logiciel Praat (Paul Boeresma et David Weenink, 2011), avec une fréquence d'échantillonnage de 44 100Hz.

6.2. Corpus

Le corpus 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). 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:].

7. Résultats

Tableau1: les valeurs des trois premiers formants F1, F2 et F3 en Hz, pour les voyelles /a-i-u/ obtenues chez les 11 locuteurs tunisiens (LC).

		F1(Hz)	F2(Hz)	F3(Hz)
Voyelles fermées	/i/	298	2361	3069
	/u/	366	1056	2923
Voyelle ouverte	/a/	606	1225	2742

Le tableau 1 regroupe les valeurs obtenues des trois premiers formants F1, F2, et F3. Les deux premiers nous renseignent sur la position des articulateurs (la langue en particulier) lors de la réalisation de chacune des trois voyelles [i-a-u].

7.1. Analyse des résultats :

Les tableaux 1,2 et 3, affichent les valeurs de F1, F2 et F3 obtenues auprès de la population tunisienne confrontées à ceux publiées par Gendrot et Adda-Decker (2005). Pour ces valeurs extraites en contexte, nous avons jugé pertinent de les comparées aussi aux résultats de Tubach (1989) retenus de voyelles produites isolément.

Pour la voyelle [i] :

Tableau 2 : les valeurs des trois premiers formants de la voyelle [i]

Voyelle	Moyenne de F1 (Hz)			Moyenne de F2(Hz)			Moyenne de F3 (Hz)		
	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT
/i/	306	348	298	2456	2365	2361	3389	3130	3069

Les valeurs des trois formants F1, F2 et F3 recueillis auprès de notre population (LT), sont très proches des valeurs obtenues par Gendrot et Adda-Decker (2005). F1 de [i] est plus faible chez la population tunisienne, ce qui signifie que la réalisation de /i/ se fait avec une ouverture plus faible que celle du [i] français. Quant au second formant, a la même valeur que F2 que le [i] français, ce qui se traduit sur le plan articulatoire par une position similaire de la langue chez les deux populations.

- La voyelle [a] :

Tableau 3 : Les valeurs des trois premiers formants de la voyelle [a]

Voyelle	Moyenne de F1(Hz)			Moyenne de F2(Hz)			Moyenne de F3(Hz)		
	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT
[a]	788	685	606	1503	1677	1225	2737	2735	2742

Pour la voyelle /a/, on remarque que :

La valeur de F1 de la voyelle [a] de l'arabe tunisien, est inférieure aux valeurs obtenues par Tubach (1989) et celles de Gendrot et Adda-Decker (2005), ce qui se traduit sur le plan articulatoire par une réalisation avec une ouverture inférieure donc plus « fermée » que la voyelle /a/ du français.

La valeur de F2 est inférieure à celle obtenue pour le /a/ de la langue française, ce qui signifie que le /a/ de l'arabe est articulé avec la langue plus en avant donc plus antérieur.

F3 de /a/ est proche des valeurs de Tubach (1989) et de Gendrot et al.(2005)

- **La voyelle [u] :**

Tableau 4 : les valeurs des trois premiers formants de la voyelle [u]

Voyelle	Moyenne de F1(Hz)			Moyenne de F2(Hz)			Moyenne de F3(Hz)		
	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT
[u]	311	404	366	804	779	1056	2485	2742	2923

Pour la voyelle /u/, on remarque que : la valeur de F1, produite par les locuteurs tunisiens, est située entre les valeurs obtenues par Tubach (1989) et celles de Gendrot et Adda-Decker (2005), correspondant à la voyelle /u/ du français.

Quant à la valeur de F2, elle est nettement supérieure à celles obtenus pour le /u/ de la langue française, ce qui signifie que le /u/ de l'arabe est articulé avec la langue plus en avant donc plus antérieur.

F3 de /a/ est supérieure aux valeurs de Tubach (1989) et de Gendrot et al.(2005), sur le plan articulatoire se résultat signifie que le phonème /u/ de l'arabe est plus étiré donc moins arrondi que le /u/ du français.

7.2. Synthèse des résultats et conséquences sur le triangle vocalique

Les résultats obtenus sont regroupés avec les valeurs publiées par Tubach (1989) obtenues par l'analyse formantique des voyelles orales du français en

contexte isolé (hyper articulés) par des apprenants du français langue étrangère (FLE) et les données de Gendrot et Adda-Decker obtenues après l’analyse des voyelles en contexte.

Tableau 5 :Récapitulatif des valeurs recueillies auprès de 11 Locuteurs de Contrôle Tunisiens (LCT) âgés entre 19 et 25 ans avec ceux de Tubach (1989)(TUB) et de Gendrot et Adda-Decker (2005) (G&A) :

Voyelle	Moyenne de F1			Moyenne de F2			Moyenne de F3		
	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT	TUB	G&A	LT
/i/	306	348	298	2456	2365	2361	3389	3130	3069
/u/	311	404	366	804	779	1056	2485	2742	2923
/a/	788	685	606	1503	1677	1225	2737	2735	2742

Le triangle vocalique chez les locuteurs tunisiens

La comparaison des deux triangles vocaliques correspondant aux résultats recueillis auprès de notre population tunisienne et celui de Gendrot et Adda-Decker (2005) montre une réduction de l’aire du triangle confirmant ainsi les conclusions de Meunier et al. (2003). Cette réduction résulte de la diminution de l’aperture lors de la production de la voyelle [a], plus centrée chez les locuteurs tunisiens. Aussi, la voyelle [u] est réalisée avec un point d’articulation plus antérieur.

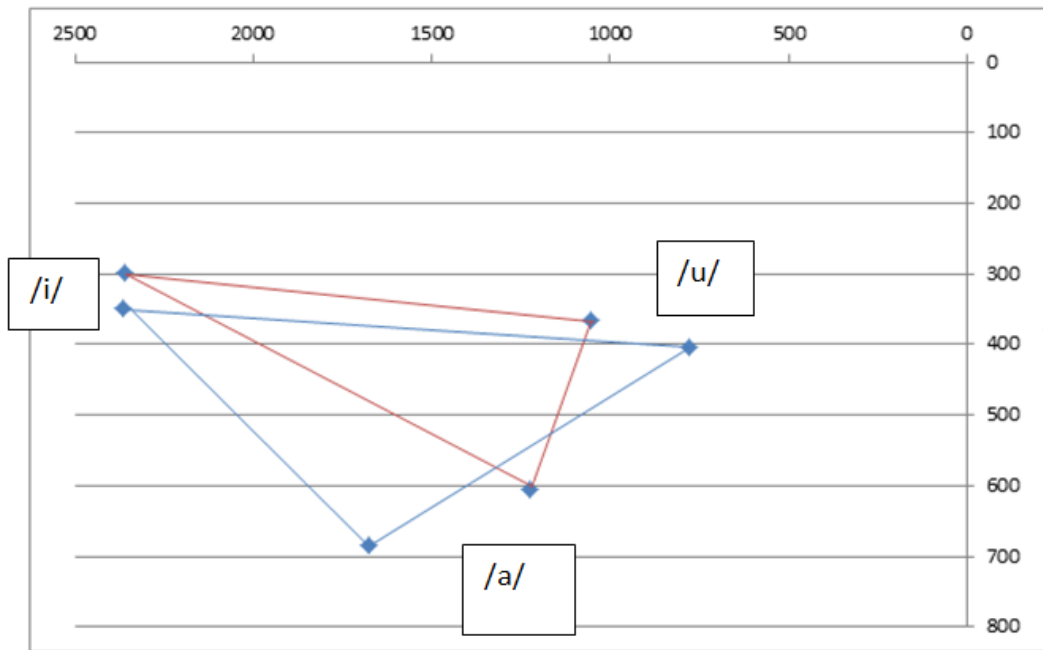


Figure 3 : Le triangle vocalique de l'arabe tunisien (en rouge) et le triangle vocalique français selon Gendrot et Adda-Decker (en bleu)

D'après la figure 3, on constate un décalage du triangle vocalique tunisien vers le haut, ceci se traduit sur le plan articulatoire par des réalisations des trois voyelles avec des positions plus hautes. L'aire du triangle vocalique arabe est plus réduite par rapport à celle de Gendrot et Adda (2005), le phonème /a/ est centralisé chez nos locuteurs tunisiens, /u/ est inchangé. Le F2 de /i/ plus élevé chez les locuteurs français mais, rappelons que le F2 de /i/ en français n'est pas essentiel, les français cherchant à avoir une cavité antérieure minimalement longue, pour obtenir une valeur de F3 maximale lors de la production de /i/ (et non un F2 maximal). Le résultat pour /a/ entraîne un rétrécissement, une réduction de l'aire du triangle vocalique du dialecte arabe tunisien. Nos résultats sont en accord avec Meunier et al. (2003), qui ont conclu en une diminution de l'étendu du triangle vocalique arabe par une centralisation de la voyelle /a/. Les voyelles responsables de la réduction de l'aire du triangle sont /a/ et /i/. La

voyelle /i/ chez les français a une fréquence F1 supérieure, avec une fréquence de F2 inférieure à celles des locuteurs tunisiens.

Conclusion

La notion de triangle vocalique nous renseigne sur les capacités articulatoires extrêmes des locuteurs en relation avec le stock vocalique de chaque langue. Les résultats obtenus ne font que confirmer l'idée que l'aire du triangle vocalique dépend aussi de la richesse d'une langue en voyelles. Ainsi, le dialecte tunisien n'échappe pas à la règle et confirme les conclusions avancées par Meunier et al. (2003) et celle de AL Tamimi et al. (2005), sur l'effet de la taille des stocks de voyelles sur la taille ou l'aire de l'espace vocalique. Aussi, les mêmes remarques à propos de la voyelle [i], qui a la plus petite dispersion et le peu de variabilité de la voyelle postérieure [u]. La principale différence parvient de la voyelle [a], moins basse et plus postérieure que la voyelle [a] du français, conséquence d'une production avec une ouverture du conduit vocalique moins importante et une position de la langue plus postérieure.

Références bibliographiques :

Al-Tamimi, Jalal-Eddin, and Emmanuel Ferragne. "Does vowel space size depend on language vowel inventories? Evidence from two Arabic dialects and French." *Ninth European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005. (pp. 2465-2468).

Boersma, Paul. "Praat: doing phonetics by computer [Computer program]." <http://www.praat.org/> (2011).

Braham Abdelfattah. "مدخل الى الصوتيات", Sans date de publication, p. 112

Gendrot, Cédric, and Martine Adda-Decker. "Impact of duration on F1/F2 formant values of oral vowels: an automatic analysis of large broadcast news corpora in French and German." In *Ninth European Conference on*

Speech Communication and Technology. 2005.

Lindblom, Björn. "An articulatory perspective on the locus equation." *Behavioral and Brain Sciences* 21.2 (1998): 274-275.

Meunier, Christine, Cheryl Frenck-Mestre, Taïssia Lelekov-Boissard, and Martine Le Besnerais. "Production and perception of vowels: does the density of the system play a role?." In *Proceedings of International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, pp. 723-726. Université Autonome de Barcelone, 2003.

Stevens, Kenneth N. "On the quantal nature of speech." *Journal of phonetics* 17.1-2 (1989): 3-45.

Tubach, Jean-Pierre. *La parole et son traitement automatique*. No. 04; TK7882. S65, T8.. 1989.