

## **À propos de formants des voyelles : approche acoustique et géolinguistique**

**Fathi Salem Terfas**  
**Université de Tripoli – Libye**

### **1. Introduction**

Chez plusieurs phonéticiens et certains physiiciens la phonétique acoustique porte sur les caractéristiques acoustiques des voyelles dans plusieurs langues et dialectes. Conformément à la définition de Martin (2008) sur les caractéristiques acoustiques des voyelles, l'analyse acoustique est l'une de branche de la phonétique qui a pour objet d'étudier les sons de la parole produits par le conduit vocal humain. Dans son côté, la domaine de la phonétique acoustique s'intéresse les sons de la parole dans l'aspect physique en explicitant les caractéristiques qui rendent compte de leur usage dans le système linguistique. Dans le présent article nous présenterons le concept d'espace acoustique des voyelles, et pour cela, prendrons appui sur les travaux de la littérature consacrée à ce domaine. Premièrement, nous essayerons de passer en revue certains travaux ayant porté principalement sur l'analyse acoustique des voyelles dans différentes langues. Finalement, nous conclusion cet article par certains étude en arabe standard et dialectal.

### **2. Les voyelles et l'analyse acoustique**

Commençant par la première étude dans ce domaine qui est menée par Delattre (1948). Cet auteur s'est intéressé à l'étude des formants des voyelles françaises. Mais cette étude a été remise en question par d'autres, en particulier celles de (Calliope, 1989) qui recommande de ne plus utiliser les données obtenues par Delattre. Nous trouvons également les mêmes critiques chez (Durand, 1985) qui remarque l'absence de F3 dans les travaux du même Delattre. Cette absence ou cette faible amplitude ayant pour conséquence de rendre l'estimation de F3 difficile. Ainsi, une partie de l'étude de (Fant, 1960) est consacrée principalement à l'analyse acoustique des voyelles, Fant expliquant que : La voyelle est un son syllabique produit

sans aucune occlusion dans le conduit vocalique. Ainsi, elle est déterminée par des résonances supraglotiques : F1, F2 et F3. Ces caractéristiques acoustiques différentes d'une voyelle à l'autre au niveau perceptif.

Généralement les voyelles sont présentées, sur le plan acoustique, par la répartition des fréquences centrales de leurs formants. Durand (1985) a examiné les voyelles françaises en s'appuyant sur un corpus de lectures effectuées par deux locuteurs masculins. Les segments vocaliques à deux lexèmes apparurent alors en position accentuée [cv et cvc cv] en contexte de consonnes occlusives utilisées en langue française. Dans une étude collective faite par Mantakas et *al* (1987), la structure spectrale des voyelles françaises /i, y, e, et E / dans les cas où celles-ci sont précédées des consonnes /s/, /z/ H/ et /j/. Ces voyelles ont été prononcées par trois locuteurs et deux locutrices, placées en syllabe ouverte finale. Les cinq premiers formants ont alors été extraits. Et, au final, les résultats indiquent un abaissement de [F2] et de [F3], ou un abaissement de [F3] sans modification de [F2] entre /i/ et /y/ et chute de [F2] pour /E/ et /e/.

Par ailleurs, on trouve dans (Calliope, 1989) une explication extensive des structures acoustiques des voyelles en français. Selon lui, la structure acoustique des voyelles correspondrait à des bandes de fréquences où les harmoniques se caractériseraient par une intensité, ce fait étant appelé formant. Généralement, chaque voyelle possède plusieurs formants [F1, F2, F3, F4, etc.]. Mais, de manière fréquente, l'analyse de l'espace acoustique des voyelles s'appuie principalement sur l'analyse des deux premiers formants [F1, F2], les valeurs moyennes de ces formants variant selon plusieurs facteurs : phonème, langue, sexe, contexte linguistique. Ces formants sont classés par ordre de fréquence croissante. Ainsi, Jaquim et *al* (2010) expliquent que le premier formant est celui dont la fréquence est la plus grave, alors que le deuxième formant a une fréquence immédiatement supérieure à celle du premier. Parallèlement, plusieurs phonéticiens et d'autres observateurs mettent l'accent sur les structures acoustiques des voyelles et sur leurs zones de fréquence.

Autre étude de référence portant sur le triangle acoustique des voyelles orales françaises, Delattre (1966) montre que le triangle vocalique a un sens physiologique. D'une manière générale, celui-ci a deux axes : un axe vertical qui indique le degré d'ouverture des mâchoires et un axe horizontal qui montre le degré d'antériorité du point d'articulation.

S'agissant de la fréquence des trois voyelles /i, u, a/, les chercheurs (Fant, 1980 ; Stevens, 2002) ont présenté la variation des fréquences pour les trois voyelles en précisant les causes d'élévation et d'abaissement de la fréquence. Par exemple, la voyelle /i/ a un F1 plus bas, à cause de l'étroitesse de la cavité orale. Tandis que l'augmentation de fréquence de F2 de cette voyelle est liée au resserrement de la cavité dans sa partie antérieure. Pour la production de la voyelle /u/, le corps de la langue se place dans la partie postérieure du conduit vocal. Ainsi, la fréquence de son F2 est relativement faible, tandis que celle de son F1 est basse comme /i/. Cette diminution en fréquence de F2 est liée à un phénomène concernant la cavité dans sa partie arrière. Pour la voyelle /a/, les auteurs relèvent que la fréquence de F1 est plus élevée, justifiée en cela par un resserrement du pharynx à l'endroit de la cavité orale :

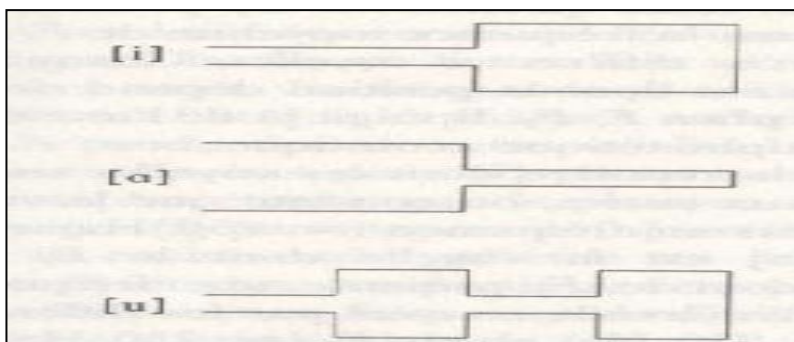


Figure 1 : Forme schématique du conduit vocal pour les voyelles [i, A u]

Plusieurs études ont mis en évidence l'importance des formants vocaux. Les structures formantiques laissent apparaître une forte centration sur les deux premiers formants [F1 et F2]. Nombre de phonéticiens indiquent que les deux premiers formants sont suffisants pour caractériser le timbre spécifique de la voyelle, permettant ainsi de discriminer les voyelles entre elles. Les deux premiers formants offrent, en effet, une bonne discrimination en contexte consonantique. À cet égard, Delattre (1958) indique que les deux premiers formants suffisent à bien caractériser le timbre des voyelles, y compris les voyelles nasales. Nous savons que le plus souvent, seuls les deux premiers formants sont considérés comme pertinents, car ils semblent permettre une identification satisfaisante des

voyelles. Le premier formant a d'ailleurs été décrit comme capable de permettre l'identification des voyelles postérieures. Sur le rôle de F3, Delattre (1958 : 245) indique que : les voyelles humaines sont souvent identifiées par trois formants. Autrement dit, dans la parole humaine, F3 joue un rôle dans l'identification de certaines voyelles, voire de toutes les voyelles qui ont un F2 et un F3 assez rapprochés. Ce sont en général les voyelles antérieures.

Bøe et Larreur (1974), quant à eux, ont montré que la fréquence laryngienne de plusieurs langues était comparable entre /a/ d'une part, et entre /i/ et /u/ d'autre part. À titre d'exemple, les différences entre /i/ et /u/ sont de 14 à 16%. Sur le rôle crucial du troisième formant de la voyelle, Malmberg (2002) indique que le F3 joue un rôle considérable dans l'identification des voyelles (*l'acuité du timbre*). Il permet en particulier de reconnaître les voyelles antérieures et contribue à la perception des voyelles individuelles, comme dans certaines cas avec les voyelles /i/ et /y/. Au niveau de la perception, il y a une relative équivalence entre deux formants proches, et il est possible de définir un seul formant ayant une fréquence moyenne entre les deux. De même, F2 et F3 sont rapprochés dans le cas des voyelles antérieures. À titre d'exemple, prenons la variation du formant F3 dans la voyelle /i/ et dans la voyelle /a/ qui n'est pas semblable. Les valeurs de F3 de /i/ après /k/ sont plus élevées que celles du F3 de /a/ après /k/.

Dans un même sens, un grand nombre d'études ont mis en évidence l'existence de différences acoustiques des formants des voyelles dans plusieurs langues et dialectes. Les travaux acoustiques les plus importants à ce jour, se sont fondés sur des langues à grande diffusion comme l'anglais ou le français et aussi l'espagnole. Plusieurs chercheurs ont par ailleurs travaillé sur les systèmes vocaliques dans plusieurs langues, en particulier sur leurs caractéristiques spectrales. Des informations importantes sur les fréquences des voyelles orales françaises ont été fournies dans l'étude de (Delattre, 1966). Grâce à ces travaux, nous pouvons observer le tableau synoptique des formants, que donne une analyse spectrale des voyelles orales françaises. Un rapide survol des données fournies par Delattre nous renseigne sur le fait que les fréquences des premiers formants ont été nivelées en fonction des degrés d'aperture.

voyelles	F1 (Hz)	F2 (Hz)
/i/	240	2500
/e/	350	2200
/ɛ/	510	1950
/y/	240	1850
/E/	350	1600
/F/	510	1400
/a/	725	1300
/A/	650	1200
/O/	510	1000
/o/	350	865
/u/	240	750

Tableau 1 : Valeurs moyennes de F1 et F2 de /i, u, a/ de français  
(Emprunté à Delattre, 1966, p.238)

Dans une autre étude portant sur les voyelles orales françaises entre les productions des locuteurs féminins et masculins. La fréquence fondamentale moyenne est communément considérée comme la différence majeure entre ces deux types de voix. Gendrot et Adda-Decker (2004) se sont appuyés sur une liste de corpus d'émission de radio (*France inter*). La segmentation a été faite par un aligneur automatique. Ils ont relevé des fréquences centrales des trois premiers formants [F1, F2 et F3], et obtenu les valeurs suivantes :

voyelles	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3(Hz)	
	15 Hommes	15 Femmes	15 Hommes	15 Femmes	15 Hommes	15 Femmes
/i/	309	347	2004	2365	2784	3128
/y/	335	370	1803	2063	2424	2746
/u/	371	403	1104	1152	2470	2742
/e/	370	423	1848	2176	2545	2861
/E/	383	419	1474	1693	2404	2687
/O/	396	438	1040	1140	2476	2790
/ɛ/	437	525	1716	2016	2491	2801
/F/	398	435	1441	1642	2441	2714
/O/	456	527	1203	1346	2419	2742
/a/	556	684	1443	1677	2437	2732

Tableau 2 : Valeurs moyennes des fréquences centrales (en Hertz) de 3 formants des voyelles orales français (Emprunté à Gendrot et Adda-Decker (2004, p.11)

voyelles	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3(Hz)
/i/	320	2179	2954
/y/	353	1934	2225
/u/	281	841	#
/e/	413	2109	2667
/E/	473	1618	2405
/O/	459	940	2285
/ε/	514	1890	2479
/F/	568	1593	2397
/O/	592	1227	2449
/a/	808	1399	2468
/A/	774	1412	2527

Tableau 3 : Valeurs moyennes des fréquences centrales (en Hertz) des trois premiers formants des voyelles orales français en contexte des consonnes occlusives (Emprunté à Durand, 1985, 104)

Par ailleurs, une autre étude portant sur la particularité de la langue japonaise a été conduite par (Keating et Hufflan, 1984). Ces auteurs se sont penchés sur la variation des cinq voyelles brèves japonaises /i, u, a, O, e/ dans un large contexte. Pour ce travail, ils ont opté pour deux types de matériaux, en veillant à constituer trois séries de mots contrastant les cinq voyelles brèves dans différents contextes phonétiques. De là, ils ont mesuré les deux premiers formants au milieu de la voyelle. De cette expérience, nous n'avons retenu que les résultats sur les trois voyelles extrêmes /i, u, a/.

Comme nous venons de le voir dans les travaux cités ci-dessus, les valeurs des fréquences des trois premiers formants [F1, F2 et F3] varient non seulement d'une langue à l'autre mais aussi dans le cadre de la même langue. Dans le cas du français, les trois études susmentionnées ont montré une fluctuation générale au niveau des fréquences des voyelles. Cela signifie que les valeurs de F1 pour les voyelles /i/ et /u/, sont caractérisées par les mêmes fréquences, alors qu'une élévation importante se constate, pouvant entraîner une forte divergence entre les voyelles /i/ et /u/.

S'agissant à présent des valeurs obtenues pour le japonais, les auteurs ont obtenu des valeurs assez similaires entre tous les locuteurs. Pour le Banawá, les auteurs ont trouvé une différence entre les deux premiers formants pour les trois voyelles.

## **Pertinence des trois premiers formants des voyelles en arabe standard et dialectal**

Nous examinerons ici la Pertinence des trois formants des voyelles de la langue arabe. Pour cela, nous allons synthétiser les résultats de certaines études dont les préoccupations sont proches des nôtres. Ces dernières années, des travaux phonétiques de plus en plus nombreux ont été menés sur la structure formantique des voyelles de l'arabe et ses variétés.

Le premier travail de référence sur l'arabe est celui de (Al-Ani, 1970). Cet auteur fournit la première étude acoustique des voyelles de l'arabe standard contemporain parlé en Irak, en s'appuyant sur un corpus construit autour de séquences CV. Nous résumons les valeurs formantiques obtenues pour les voyelles brèves /i, u, a/ dans le tableau suivant :

V	F1	F2	F3
i	290	2200	2700
u	290	800	2150
a	600	1500	2100

Tableau 4 : Valeurs moyennes de 3 formants de /i, u, a/ de l'arabe

D'autres études sont venues compléter ce travail, comme celle de (Ghazeli, 1979) qui a essayé, à partir d'une analyse phonologique de l'arabe, de traiter du système vocalique de l'arabe littéraire moderne, en se fondant sur deux expériences. Dans la première, il a analysé les voyelles fermées /i/ et /i:/, /u/ et /u:/, en s'intéressant aux mots prononcés par douze locuteurs issus de différents pays (Irak, Jordanie, Égypte, Tunisie, Algérie et Libye). Son objectif consistait à montrer les distinctions entre les voyelles fermées en arabe moderne. La seconde expérience consistait à tester les deux voyelles ouvertes /a:/ et /a/ dans les dialectes orientaux et ceux d'Afrique du Nord, les mots étant prononcés par les mêmes locuteurs. Les moyennes des valeurs formantiques obtenues pour les deux voyelles brèves se présentent comme suit :

		F1 Hz	F2 Hz
/i/	Sin	455	1781
/u/	kun	450	1125

Tableau 5 : Valeurs moyennes de F1, F2 de /i, u/ : Sin et Kun  
(Emprunté à Ghazeli, 1979)

Pour sa part, Belkaid (1984) s'est penché sur le système vocalique de l'arabe littéraire, à partir de mots de deux ou trois syllabes. Sur le plan acoustique, l'auteur a obtenu deux valeurs : les valeurs formantiques moyennes et les valeurs formantiques médianes. À titre indicatif, voici les fréquences obtenues, qui ont été recensées dans le tableau suivant :

V	F1	F2	F3
i	290	1980	2580
u	340	995	2100
a	400	1640	2320

Tableau 6 : Valeurs moyennes de 3 formants de /i, u, a/. (Emprunté à Belkaid, 1984)

Une autre étude comparative entre l'arabe maghrébin et oriental, Barkat (2000) a mené une étude sur le système vocalique de différents parlers arabes maghrébins (en Tunisie, au Maroc et en Algérie), en les comparant aux parlers arabes orientaux (rencontrés en Syrie, au Liban et en Jordanie). En voici les valeurs formantiques :

	v	F1	F2
L'arabe maghrébin	i	429	1840
	u	448	1208
	a	647	1392
L'arabe oriental	i	360	2140
	u	362	994
	a	668	1356

Tableau 7 : Valeurs moyennes de F1 et F2 de /i, u, a/ de l'arabe maghrébin et oriental

### L'étude de formants des voyelles en arabe dialectal

Nous commençant par une étude sur le parler koweïtien conduite par Al-Dossari, (1987). Al-Dossari a examiné la description des valeurs formantiques des voyelles de deux variétés koweïtiennes. L'auteur a fait une comparaison de ses résultats avec d'autres études. Le tableau suivant relève les valeurs formantiques moyennes en Hz, obtenues pour les voyelles brèves :

V	F1	F2	F3
i	270	2260	2842
U	318	1155	2312
a	695	1573	2561

Tableau 8 : Valeurs moyennes de 3 formants de / i, u, a / des variétés koweïtiennes



Dans une autre étude portant sur les variétés de l'arabe, Newman et *al* (2002) ont réalisé un travail sur l'espace vocalique de l'arabe du Caire, en termes de longueur des voyelles. Ces auteurs ont analysé une récitation coranique de 30 minutes par *Shaykh Muhammad Sadiq al-Minshawi*. Conjointement à cela, ils ont examiné les voyelles d'un passage de la traduction en arabe de la *North Wind and the Sun' passage*<sup>1</sup>, lu par un locuteur originaire du Caire. Le tableau suivant montre des résultats plus détaillés de cette étude :

	récitation coranique		arabe du Caire	
	F1	F2	F1	F2
i	440	1770	375	1575
u	480	1170	360	912
a	616	1460	683	1435

Tableau 9 : Valeurs moyennes de F1 et F2 de /i, u, a/ d'une récitation coranique et d'un passage de « la bais et le soleil » en arabe du Caire

À ce stade, nous pouvons conclure cette sous-section de toutes les études consacrées aux valeurs fréquentielles des voyelles en arabe dialectal, par la présentation du travail d>Allatif (2008) sur l'arabe syrien. L'un des objectifs de sa recherche fut de trouver les valeurs des deux premiers formants des 6 voyelles cardinales, dans des conditions normales d'émission d'une parole prononcée par 3 locuteurs masculins natifs de la ville de Mayadine. Les items étudiés l'ont été à travers les mots monosyllabiques suivants :

- la voyelle /i/ était inscrite dans le mot Zir,
- la voyelle /u/ était inscrite dans le mot Zur,
- la voyelle /a/ était inscrite dans le mot Zar.

En nous concentrant sur les trois voyelles brèves [i, u, a], on peut résumer ainsi les valeurs des premiers formants issus de cette expérience dans le tableau ci-dessous :

V	F1	F2
i	431	1549
u	436	1040
a	548	1295

Tableau 10 : Valeurs moyennes de F1 et F2 de /i, u, a/ de l'arabe Syrien (Emprunté à Allatif, 2008)

<sup>1</sup> La baie et le soleil.

Dans ce stade, plusieurs études menées dans le contexte de la pharyngalisation<sup>2</sup> en arabe standard et dialectal. Ici, nous essayons de passer en revue certains travaux mettant en opposition les consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées, soit du point de vue descriptif ou bien acoustique.

Cohen (1969 : 60), dans ses travaux sur l'emphase de la langue arabe, développe la description classique menée par les grammairiens arabes en ce qui concerne la classification de l'emphase. Cette notion d'emphase peut ainsi se catégoriser en trois termes : */itbāq/* : application et adaptation de la langue au palais, */istiʔla/* : élévation de la langue vers le palais et */tafxim/* : épaisseur. À ce propos, Cohen précise tout de même que l'emphase se présente en langue arabe sous un aspect plus complexe.

De manière générale, l'arabe et ses variétés dialectales se caractérisent par une opposition phonologique privilégiée, qui met en contraste des consonnes dentales ou dento-alvéolaires plates avec des consonnes pharyngalisées. De plus, l'arabe standard moderne a 4 consonnes pharyngalisées, alors que, dans l'arabe dialectal, le nombre de ces types de consonnes est fluctuant ; certains dialectes en possèdent un peu plus ou un peu moins, comme nous avons pu le voir dans ALT. Marçais (1948) fait une analyse avec un écran radioscopique et il montre que: L'emphase comporte une extension de l'avant vers l'arrière, avec un affaissement du milieu du dos, donc l'élargissement de la cavité palatovélaire. Troubetzkoy (1969), traduit par (Cantineau, 1986 :147), avait étudié le contraste entre les consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées en expliquant la nature des consonnes emphatiques. Il note que les consonnes emphatiques arabes correspondent à un renflement de la racine de la langue en provoquant un déplacement du larynx. Selon lui, le contraste entre les consonnes emphatiques et non-emphatiques se trouve en quatre points : apicales, gutturales, sifflantes et laryngales. Par ailleurs, plusieurs études abordent les consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées dans les dialectes de la langue arabe. Jakobson (1957) a fait une étude sur les emphatiques (*Mufaxxama*) du dialecte druze du nord de la Palestine et propose une classification du système consonantique de ce dialecte. De son côté, Davis (1995) observe presque les mêmes traits dans ce dialecte. Tandis que Martinet (1959 : 93) a décrit l'opposition entre les consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées en arabe contemporain comme phénomène dominant le système consonantique.

---

<sup>2</sup> التفخيم

Pour sa part, Lehn (1963) a consacré plusieurs études à l'emphase de l'arabe du Caire. Ferguson (1965) a examiné la nature de la consonne emphatique en langue arabe et il a essayé de la comparer avec les consonnes de l'arabe dialectal. Petráček (1981 :164), quant à lui, a mis l'accent sur la corrélation de l'emphase en langue arabe en se fondant sur une terminologie plus large. Pour cela, il a essayé de mettre en comparaison les phonèmes pharyngalisés de l'arabe standard avec ceux d'une autre variété de la langue arabe.

Au niveau acoustique, les consonnes pharyngalisées montrent un changement important au niveau des trois premiers formants de la voyelle, en l'occurrence une augmentation de F1 et de F3, et un abaissement de F2. Al-Ani, (1970 : 49), dans une partie de son étude sur la langue arabe, indique lui aussi une augmentation importante de F1 et un abaissement de F2 dans l'environnement des consonnes pharyngalisées.

Bonnot (1976) a consacré sa thèse aux consonnes emphatiques de la langue arabe. Il a ainsi fait une étude à partir d'une analyse acoustique des consonnes emphatiques et non-emphatiques /t vs t'/ au contact de la voyelle /a/. Ce faisant, il a montré que, dans ce cas, les valeurs moyennes de F1 et F2 se rapprochaient dans le contexte de consonnes pharyngalisées comparativement aux consonnes non-pharyngalisées.

Znagui (1995), de son côté, a étudié l'arabe standard moderne ASM, à travers des locuteurs arabophones originaires des pays du Maghreb (Tunisie, Algérie, Maroc), appartenant à la même tranche d'âge (25-35 ans) et de sexe masculin. Il a constitué un corpus de voyelles brèves et longues de l'arabe standard en séquence CV. Les trois voyelles brèves étudiées étant /i, u, a/, précédées de 22 consonnes linguales, où C<sub>1</sub> est l'une de 21 consonnes linguales et V<sub>1</sub> l'un des 6 phonèmes voyelles.

Les mesures relevées dans le cadre de cette étude sont celles de la fréquence centrale des formants. À noter que Znagui a observé la même tendance pour F1 et F2 dans l'environnement de consonnes pharyngalisées, c'est-à-dire une augmentation de F1 et un abaissement de F2.

Dans une autre expérience menée sur la question de la pharyngalisation en arabe, Yeou (2001) montre que les deux premiers formants F1 et F2 pourraient discriminer facilement les deux groupes consonantiques (consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées). En ce qui concerne l'importance du F3, il explique, d'après des analyses réalisées, que la valeur de ce formant est moins importante dans la distinction des deux

groupes consonantiques. De leur côté, Jongman et *al* (2011), ont relevé des effets importants également sur F3 dans les productions de douze locuteurs Jordaniens.

Ces mêmes auteurs avaient déjà, en 2007, examiné les effets des consonnes pharyngalisées /d<sup>ɣ</sup>, t<sup>ɣ</sup>, ð<sup>ɣ</sup>, s<sup>ɣ</sup>/ et non-pharyngalisées /d, t, ð, s/ sur les voyelles adjacentes de l'arabe jordanien d'Irbid /i:, i, æ:, æ, u:, u/.

Cette étude explorait les traits acoustiques de l'emphatique, en mesurant un certain nombre d'éléments acoustiques concernant les consonnes emphases et les voyelles adjacentes. Elle portait principalement sur trois types de mots et non-mots (logatomes), ayant trois types de structures syllabiques : monosyllabique, bisyllabique, trisyllabique.

Les stimuli se composent de consonnes dans trois positions (début, milieu et fin de mot). Dans cette étude où les mesures de trois trames ont été prises (Onset, Mid, Offset), les 8 locuteurs ayant participé (4 femmes, 4 hommes) ont tous parlé le dialecte jordanien d'Irbid. Cette étude a confirmé ce qui avait été montré dans la littérature. Plus précisément, elle a prouvé clairement que les voyelles adjacentes aux consonnes pharyngalisées avaient des valeurs de F1 systématiquement plus élevées, alors que les valeurs de F2 étaient plus basses. En ce qui concerne les valeurs de F3, celles-ci sont augmentées si on les compare aux voyelles adjacentes et aux consonnes non-pharyngalisées. Les valeurs de fréquences obtenues dans la structure bisyllabique avec les consonnes pharyngalisées, ont aussi montré des effets très semblables à ceux décrits pour les monosyllabiques.

En revanche, les auteurs (Al-Masri et Jongman, 2007&2011) ont fait une étude comparative sur les effets des consonnes pharyngalisées et non-pharyngalisées suivies des voyelles en arabe jordanien. Une analyse à laquelle ont participé 5 hommes et 3 femmes. Les résultats préliminaires ont montré des différences significatives entre les fréquences des 3 premiers formants dans les trois trames (Onset, Mid, Offset).

Poursuivant dans le même cadre d'étude, Embarki et *al*, (2011a) ont examiné la coarticulation dans un groupe de consonnes pharyngalisées dans des séquences [VCV] en arabes standard et dialectal, à partir d'un corpus de 24 mots en arabe standard et en arabe dialectal. Ces corpus étaient constitués des consonnes pharyngalisées /t<sup>ɣ</sup>, d<sup>ɣ</sup>, s<sup>ɣ</sup>, ð<sup>ɣ</sup>/, opposées à /t, d, s, ð/, et se prononcent à l'aide des voyelles brèves /i, u, a/. Cette étude a porté sur les fréquences des deux premiers formants [F1 et F2] de

V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub>. Les résultats obtenus montrent que les valeurs moyennes de F1 pour les trois voyelles /i, u, a/ sont plus élevées devant les consonnes pharyngalisées, tandis que les valeurs de F2 sont basses dans le contexte des consonnes pharyngalisées en arabe standard. En revanche, en arabe dialectal, les valeurs fréquentielles de F1 et F2 présentent presque le même aspect que dans l'arabe standard.

Dans une étude sur la pharyngalisation en arabe libyen de Tripoli, Fathi (2014) a fait un analyse des voyelles adjointes des consonnes pharyngalisées et non pharyngalisées d'une façon générale et plus précises chez les femmes et hommes. Il a trouvé une discrimination entre les fréquences des voyelles adjointe des consonnes pharyngalisées et non pharyngalisées et une grande discrimination chez les femmes que les hommes.

Sur le plan formantiques les consonnes pharyngalisées sont précisément marquées par un abaissement des fréquences de F2 des voyelles adjacentes. Cette diminution est causée par un élargissement de la cavité buccale. Par ailleurs, les consonnes pharyngalisées sont également caractérisées par une élévation au niveau des fréquences de F1 pour les voyelles adjacentes aux consonnes pharyngalisées. ces résultats sont conformes aux études de Watson, (2002) qui confirme que les emphatiques orales sont généralement marquées par un abaissement du spectre acoustique caractérisé par un compact approfondi des formants de fréquence supérieure (principalement le F2) en raison d'une cavité buccale élargie, et de F1 en raison d'une cavité pharyngale réduite.

### **Nous concluons**

Ce survol sur les études de l'analyse acoustiques en montrant que les fréquences des trois premiers formants varient en fonction de plusieurs critères/ La variété de langue ; Le sexe du locuteur ; Le contexte linguistique (coarticulation).



## Bibliographie

- Al dossari, Ahmad (1994). Description phonétique et phonologique de deux variétés arabes koweïtiennes. Thèse, université de Grenoble3
- Al-ani, Salman (1970). Arabic phonology, Mouton.
- Barakat, Mélissa (2000). Détermination d'indices acoustiques robustes pour l'identification automatique des parlars arabes. Thèse, université de Lyon
- Belkaid, Yamina (1984). Les voyelles de l'arabe littéraire moderne analyse spectrographique, *Travaux de l'institut de Strasbourg*, n° 16, pp. 217-240.
- Bin-muqbil, Musaed (2006). Phonetic and phonological aspects of Arabic emphatics and gutturals, thèse, university of wisconsin-madison.
- Boë, Louis Jean et Larreur, Danièle (1974). Les caractéristiques intrinsèques de la fréquence laryngienne: production, réalisation et perception, *5<sup>e</sup> journée d'étude du groupe communication parlée*. Orsay, pp.19-28.
- Bonnot, Jean. François (1976). Contribution à l'étude des consonnes emphatiques de l'arabe à partir de méthodes expérimentales. Thèse, Université de Strasbourg.
- Calliope (France) (1989). La Parole et son traitement automatique, [sous la dir.] J.P. Tubach ; préf. de Gunnar Fant Masson, Paris, Milan, Barcelone, Mexico.
- Cohen, David (1969). Sur le statut phonologique de l'emphase en arabe, *Word*, vol. 25, n° 1-2-3. PP. 59-69.
- Delattre, Pierre (1958). Les indices acoustiques de la parole : premier rapport, *phonetica*, n° 2, PP.108-118.
- Delattre, Pierre (1966). Les indices acoustiques de la parole, *studies french and comparative phonetics*.
- Durand, Pierre (1985). Variabilité acoustique et invariance en français : consonnes occlusives et voyelles, CNRS, Paris
- Embarki, Mohamed Ouni, Slim, Yeou, Mohamed, Guillemot, Christian & Al-Maqtari, Sallal (2011b). Acoustic and electromagnetic articulo-graphic study of pharyngealisation: Coarticulatory effects as an index of stylistic and regional variation in Arabic, Hassan Z, M et Heselwood, B (éds), *instrumental studies in Arabic Phonetics*, John Benjamins Publishing Company

- Fant, Gunnar (1960). Acoustic theory of speech production: with calculations based on X-ray studies of Russian articulations, Mouton
- Fant, Gunnar (1980). The relation between area functions and the acoustic signal, *Phonetica*, n°37, P. 55-86, ZWIRNER.
- Fathi, Terfas (2014), Variabilité socio-acoustique : les hommes et les femmes face à la pharyngalisation, SWIP 3 - Swiss Workshop In Prosody
- Gendrot, Cédric & Adda-Decker, Martine (2004). Analyses formantiques automatiques de voyelles orales: évidence de la réduction vocalique en langues française et allemande, *MIDL*, 29-30 novembre 2004, Paris
- Ghazeli, Salem (1979). Du statut des voyelles en arabe, *Analyse-théories, études arabes n° 2-3*, pp. 199-219
- Ghazeli, Salem (1981). La coarticulation de l'emphase en arabe, *Arabica*, T. 28, Fasc. 2/3, Numéro Spécial Double: Études de Linguistique Arabe (Jun. -Sep), PP. 251-277.
- Jongman, Allard, Herd, Wendy., Al-Masri Mohammad (2007). Acoustic correlates of emphasis in Arabic, *ICPhSI Saarbrücken, 6-10 août*, pp. 913-917.
- Jongman, Allard, Herd, Wendy, Al-Masri Mohammad., Sereno Joan, et Combest, Sonja (2011). Acoustics and perception of emphasis in urban Jordanian Arabic, *journal of phonetics*, vol. 39, pp. 85-95.
- Keating, Patricia et Huffman, Marie, (1984). Vowel variation in Japanese, *Phonetica*, n°41, p. 1-207, ZWIRNER
- Lehn, Walter (1963). Emphasis in Cairo, *in Language*, n° 39, pp. 29-39.
- Malmberg, Bertil (2002). La phonétique, PUF, 19 éditions.
- Marçais, Philipe (1948). L'articulation de l'emphase dans un parler arabe maghrébin, *Annales de l'institut d'études orientales*, vol. VII, pp. 5-28.
- Martinet, André (2008). Éléments de linguistique générale, Armand Colin, Paris, (5<sup>e</sup> édition)
- Newman Daniel et Verhoeve Jo (2002). Frequency analysis of Arabic vowels in Connected Speech, *Antwerp papers in linguistics*, n°100. pp. 77-86.
- Stevens, Kenneth, (2000). Acoustic Phonetics, press Paperback edition.
- Troubetzkoy Marchal, Alain (2007). La production de la Parole, Lavoisier, Paris, France.
- Troubetzkoy, Nikolai (1969). [Trad, par Cantineau. J, 1986]. Principes de phonologie, Klincksieck, Paris.

- Watson, Janet (2002). *The Phonology and Morphology of Arabic*, Oxford university press.
- Yeou, Mohamed (2001). Pharyngealization in Arabic : Modelling, acoustic analysis, airflow and perception, *Revue de La Faculté des Lettres El Jadida*, V6, pp.51-70.
- Znagui, Imad (1995). Études phonétique et perceptive des voyelles de l'arabe moderne d'après des locuteurs maghrébines, thèse, université de Paris III.

