

# Analyse Articulaire des phonèmes Arabes [d] et [d̥] Basée sur l'Articulographe AG100

*Khaled Baazi, Mhania Guerti*

## المُلخَص

غالباً ما تتعت اللغة العربية بأنها لغة الضاد؛ لأنّ هذا الصّوت لا وجود له إلاّ في اللغة العربية، وهو مع ذلك صعب النّطق، والناطقون باللّغة العربيّة الفصحى اليوم، نطقهم يخالف ما وصفه النّحاة العرب القدامى.

يهدف هذا العمل إلى إزالة الغموض الكائن في نطق الصوتين المفخّمين : الضاد والضّاء. وقد استعملت مدوّنة تضم المقاطع الآتية : [صامت/ صائت]، [صامت]، [صائت]، [الضاد، الضّاء]، [ـ، ـ، ـ].

جرى تحليل هذه المدوّنة باستخدام جهاز «Articulograph AG100» لتحديد الخصائص التلظئية اللازمة للتعرف على صوت الضاد مقارنة بالضّاء. النتائج المتحصّل عليها جاءت مماثلة لتلك التي قرّرها سيبيويه، وأقرّها حديثاً عبد الرّحمن الحاج صالح في النّظرية الخليليّة الحديثة، حيث وُصف هذان الصّوتان على المستوى الفيزيولوجي بأنّهما يتميّزان بتلفظ إزدواجي : أحدهما أمامي والآخر خلفي، أين يتحرك جذع اللسان إلى الورا، باتجاه الجدار الخلفي محدثاً تقعراً في اللسان.

**الكلمات المفاتيح :** اللغة العربية الفصحى، الأصوات المفخّمة، الضاد، الضّاء، تحليل فيزيولوجي، Articulograph AG100.

# Analyse Articulaire des phonèmes Arabes [d̤] et [d̥] Basée sur l'Articulographe AG100

Khaled Baazi<sup>1,2</sup>, Mhania Guerti<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Centre de Recherche Scientifique et Technique pour le Développement  
de la Langue Arabe (CRSTDLA), Alger, Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire Signal et Communications Ecole Nationale Polytechnique,  
Alger, Algérie.

kh-baz@hotmail.fr mhania.guerti@enp.edu.dz

## Résumé

La langue arabe est souvent appelée la langue du [d̤ad]. Ce dernier phonème existe uniquement en Arabe et d'ailleurs, il est considéré comme étant difficile à prononcer. Cependant, le phonème [d̤] utilisé par des sujets parlants l'Arabe Standard (AS) n'est pas celui décrit par les Anciens Grammaticiens Arabes.

Le but de ce travail est d'enlever l'ambiguïté qui existe dans la prononciation des deux Consonnes Emphatiques arabes (CE) [d̤] et [d̥]. Pour cela, nous avons élaboré un corpus comprenant des séquences [CV], [C] [d̤, d̥] et [V] [a, u, i]. Ce corpus a été analysé à l'aide de l'articulographe AG100 afin de déterminer les caractéristiques articulatoires nécessaires pour identifier [d̤] par rapport au [d̥].

Les résultats que nous avons obtenus sont similaires à ceux proposés par Sibawayh et A. Hadj Salah qui spéculent que: Ces deux consonnes emphatiques sont caractérisées, au niveau articulatoire, par une double articulation : une antérieure et une autre postérieure. Dans ce dernier cas, la racine de la langue est reportée en arrière vers la paroi pharyngale

postérieure et un creusement de la langue est observé [9].

**Mots clés:** Arabe Standard, consonnes emphatiques, analyse articulatoire, Articulographe AG100.

## 1. Introduction

Le phonème [d̤] semblait sans équivalent dans les langues de l'antiquité, à tel point que la langue arabe a été qualifiée de langue du **Ḍād**.

Cependant, les arabophones ne savent pas que le son qu'ils utilisent pour la prononciation classique de [d̤] n'est pas celle décrite par les Anciens Linguistes Arabes. Certains disent alors "ولا الظالين" [walāḏālīn] (ni ceux qui sont sous l'ombre) à la place de "ولا الضالين" (ni ceux qui ont encouru ta colère) [walāḏālīn] qui est une grande erreur car cela change complètement le sens. Aucune explication satisfaisante n'a été fournie pour expliquer ce changement dans la prononciation de ce phonème, sauf ce qu'on considère comme la difficulté à produire ce son particulier.

La complexité du mécanisme de production vocale est due à plusieurs paramètres qui peuvent agir simu-

Itanément dans ce processus. Toute variation articulatoire des signaux de la parole provoquera certainement des conséquences d'ordre acoustique. Pour cela, l'analyse articulatoire de ces sons s'avère utile.

L'objectif de ce travail est de présenter l'intérêt de l'analyse articulatoire pour l'étude du phonème [d̤] en AS. Il s'agit de trouver les caractéristiques nécessaires et suffisantes pour l'identifier par rapport au phonème [d̥]. C'est pourquoi il faudra dégager des observations.

## 2. Description articulatoire du [d̤] selon les Anciens Grammairiens Arabes

La description du [d̤] a fait l'objet de multiples controverses des linguistes pour longtemps concernant les mouvements et les positions des organes articulatoires lors de sa prononciation. Certains linguistes modernes croient que [d̤] décrit par les linguistes anciens ne sert pas à l'heure actuelle.

La plus ancienne mention de ce phonème est celle donnée par Al-Khalil Ben Ahmad dans son livre, [al 'ayn]. Au huitième siècle, le célèbre Grammairien Sibawayh, décrit l'articulation de ce phonème dans son livre, al-Kitāb et précise son lieu d'articulation comme :

" *entre la première partie antérieure de la langue avec la paroi intérieure des molaires supérieures qui sont à ses côtés* " [1]. Il ajoute que l'air passe à travers les côtés de la langue et que le son est prononcé du côté droit, alors que Ibn Yaʿt̤s̤, dans son livre Sarh al-Mufaṣṣal, ajoute que le son peut être prononcé soit du côté droit ou gauche de la cavité buccale.

Sibawayh fournit plus de détails sur la production du [d̤]. Il le classe comme

étant [mağhur], [riḥwa] fricative, et [mutbaqa] et emphatiques. Ainsi, nous pouvons déduire que, comme il a été décrit dans les anciens livres arabes, ce son est une consonne latérale emphatique correspondant à une fricative voisée (Figure 1).

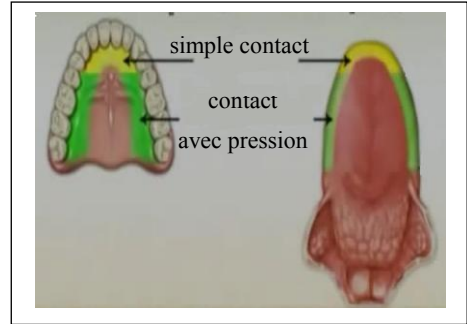


Figure 1: Articulazione del fonema [d̤].

Le fait que le lieu d'articulation du [d̤] en AS est unique et sa prononciation est très difficile pour la plupart des locuteurs arabes, ces derniers ont eu recours à le substituer par le phonème [d̥] qui se rapproche le plus de sa prononciation et dont la réalisation est plus facile.

Les deux consonnes à savoir, l'occlusive alvéodentale voisée et la fricative voisée interdentale, sont articulées dans la partie antérieure de la cavité buccale, la racine de la langue est reportée en arrière contre la paroi pharyngale postérieure, le volume du pharynx est rétréci et un creusement de la langue est observé. Le lieu d'articulation du [d̤] est l'un des bords de la langue à droite ou gauche avec la paroi intérieure des molaires supérieures et celui du [d̥] est le bout de la langue (l'apex) avec les alvéoles derrière les dents supérieures. Les deux phonèmes ont cinq caractéristiques communes: [alğahr], [alraḥāwa], [alisti'ālāʾ], [alitbāq] et [aliṣmāt]. Toutefois, le phonème [d̤] en a une en plus qui est [alistiṭāla]. Lors de sa

prononciation, le son se prolonge sur le bord de la langue entière et l'air sort après la compression du bord de la langue avec ce qui suit des molaires supérieures.

### 3. Description de l'Articulographe AG100

L'articulographe électromagnétique permet de déterminer, avec une bonne résolution temporelle, un petit nombre de points cutanés auxquels sont attachées de petites bobines réceptrices du champ électromagnétique calibré émis par trois grosses bobines de référence.

L'articulographe AG100 dont nous disposons nous a permis l'acquisition de 5 points dans le plan médiosagittal, avec une résolution spatiale de l'ordre du millimètre. Cet outil est complémentaire à la cinéradiographie, car il peut fournir un grand nombre de données à des fréquences d'échantillonnage élevées, mais ne permet pas une description précise de la géométrie des divers articulateurs [2]. L'utilisation la plus courante de l'articulographe concerne la mesure dans le plan sagittal des mouvements de la mandibule, de la langue et parfois du velum (Figure 2).

L'utilisation de l'Articulographe AG100 dans le cadre de notre étude articuloire de ces deux phonèmes, nous a permis d'avoir une bonne description, à l'aide de divers paramètres tels que les positions des organes, les vitesses et les accélérations suivant les axes des abscisses et celui des ordonnées. En outre, les parcours de la langue et de la lèvre inférieure, correspondants au son faisant l'objet d'étude, peuvent être visualisés au moment voulu [3].

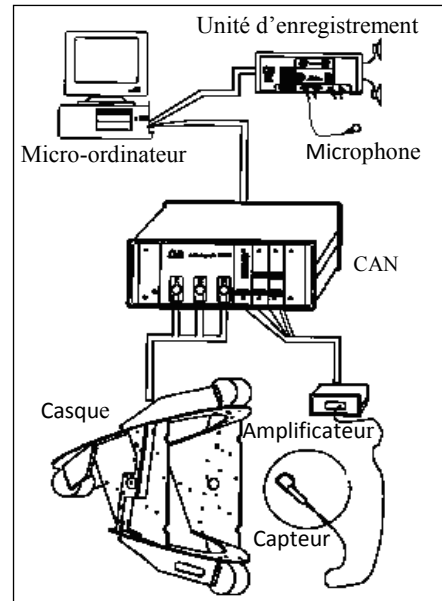


Figure 2 : Casque et unité analogique de l'AG 100

### 4. Méthodologie du travail

L'AG100 doit être mis en marche 24 heures ou plus avant son utilisation pour qu'il soit opérationnel en vue d'atteindre une température stable afin d'éviter l'obtention de résultats erronés. L'étape suivante consiste à calibrer le système, c'est - à - dire à régler l'offset et la position des capteurs par rapport aux émetteurs [5-6].

Après avoir fixé le casque de manière stable sur la tête du locuteur, nous collons les 5 bobines sur ses articulateurs en s'assurant que celles-ci soient bien dans le plan sagittal, plan dans lequel le champ produit est optimal.

Pour le collage des bobines, de la colle Cyano Veneer (Ref. ACVEN 001) est utilisée. C'est une colle à usage dentaire fabriquée par la société allemande Meyer-Haake.

Concernant notre travail, trois locuteurs adultes ont effectué l'enregistrement du corpus. Nous avons placé cinq capteurs dont deux sont fixes (un sur le nez et l'autre sur la gencive) tandis que les trois autres sont mobiles (Figure 3) :

- le premier sur l'apex (T1) ;
- le deuxième sur le centre de la langue (T2) ;
- le troisième sur le dos de la langue (T3).

L'opération achevée, nous avons enregistré les paires [CV] (Consonne – Voyelle) et visualisé à l'aide de l'articulographe AG100 les différents mouvements de la langue (le dos, le centre et l'apex) correspondants à leurs articulations. Notre corpus est composé des deux consonnes emphatiques [d̥] et [ḍ] combinées avec chacune des trois voyelles brèves de l'AS dans une position isolée.

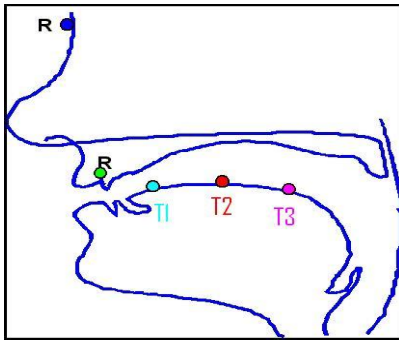


Figure 3 : Emplacements des différents capteurs.

Nous avons utilisé le logiciel EMALYSE, fourni avec l'articulographe AG100, qui fait l'analyse et l'évaluation du mouvement et des données acoustiques enregistrées et permet ainsi d'afficher diverses fenêtres concernant :

- le signal acoustique ;
- les positions  $x$  et  $y$  des sondes dans un plan  $(x, y)$  ;

- les positions  $x$  des sondes en fonction du temps ;
- les positions  $y$  des sondes en fonction du temps ;
- les valeurs numériques des différents paramètres de la position actuelle du curseur.

La manière la plus efficace est de déplacer le curseur dans la fenêtre acoustique.

Dans le plan :

- $(x, t)$  un déplacement vers le haut représente un recul de la langue, tandis qu'un déplacement vers le bas représente une avancée ;
- $(y, t)$  un déplacement vers le haut représente une montée, un abaissement est représenté par un déplacement de la langue vers le bas.

## 5. Etude des deux consonnes [d̥] et [ḍ] en contextes vocaliques [a], [i] et [u]

Après avoir fait les enregistrements des deux consonnes emphatiques [d̥] et [ḍ] dans les trois contextes vocaliques [a], [i] et [u], nous avons relevé les valeurs des positions des trois parties de la langue à savoir : le dos, le centre et l'apex dans trois moments durant la réalisation de chaque séquence [CV] :

- $t_1$  : début de la réalisation d'une paire ;
- $t_2$  : moment de la transition [ CV]
- $t_3$  : fin de la réalisation de la paire.

### 5.1. Contexte vocalique [a]

D'après les profils de la figure 4, nous avons remarqué (Table 1) :

- le dos de la langue subit un mouvement vers l'arrière de 11.57 et 10.03

mm et vers le bas de 7.68 et 9.19 mm respectivement pour [ḍa] et [ḍa].

- un recul du centre de la langue de 7.04 et 5.32 mm et un déplacement dans les deux sens, à savoir vers le bas de 2.01 et 0.42 mm ensuite vers le haut de 1.7 et 1.67 mm respectivement pour [ḍa] et [ḍa].

- un recul de l'apex de 6.88 et 2.13 mm respectivement pour [ḍa] et [ḍa], accompagné d'une montée de 4.91 mm pour [ḍa] et d'un déplacement vers le bas de 2.51 mm suivi d'une montée de 3.33 mm pour [ḍa].

Phonèmes	Ti	Position selon X (mm)			Position selon Y (mm)		
		X(t <sub>1</sub> )	X(t <sub>2</sub> )	X(t <sub>3</sub> )	Y(t <sub>1</sub> )	Y(t <sub>2</sub> )	Y(t <sub>3</sub> )
[ḍ]	T1	119.52	121.53	126.40	169.27	166.76	170.09
	T2	090.74	092.36	097.78	162.54	160.53	162.23
	T3	073.10	073.43	084.67	151.27	150.04	143.59
[ḍ]	T1	122.26	122.53	124.39	170.60	171.61	175.51
	T2	090.07	091.10	095.39	162.52	162.10	163.77
	T3	074.33	075.17	084.36	153.12	150.87	143.93

Table .1 Positions des capteurs dans le plan (x,y) pour les séquences [ḍa] et [ḍa]

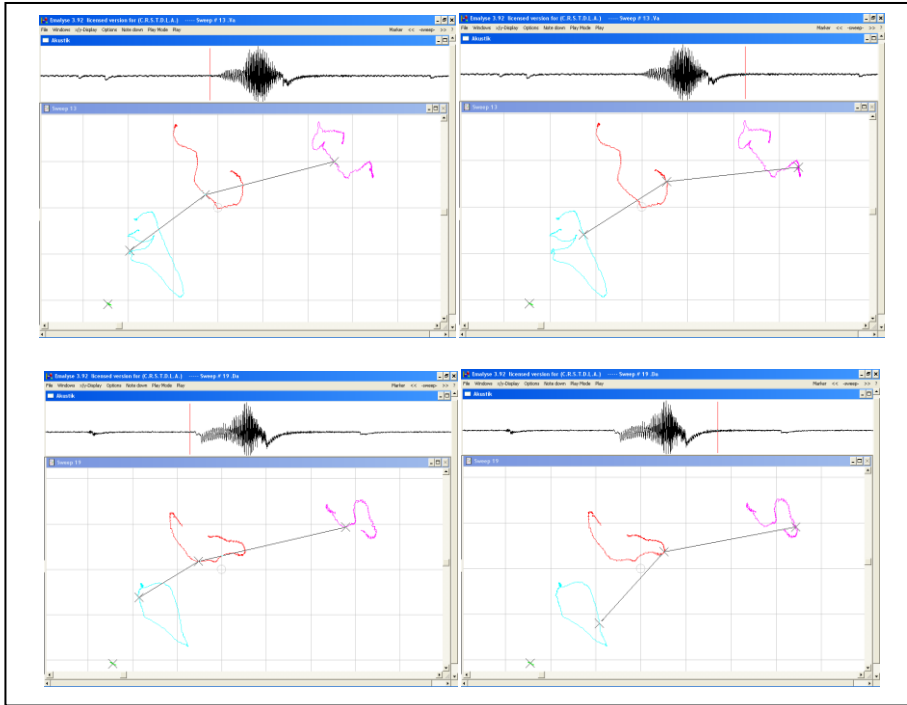


Figure 4 : Représentations des capteurs avant et après la réalisation des paires [d̥a] et [ḍa].

### 5.2. Contexte vocalique [i]

Nous remarquons des profils différents (Figure 5 et Table 2) du mouvement des trois parties étudiées de la langue pour les deux consonnes en contexte vocalique [i] :

Pour le mouvement du dos de la langue:

- [d̥i] un déplacement vers l'avant de 9.3 mm dans les deux sens, vers le haut de 1.85 mm ensuite vers le bas de 1.5 mm ;
- [ḍi] un recul de 2 mm de hauteur 2.81mm suivi d'une avance de 10.49 mm de hauteur 3.63 mm.

Pour le centre de la langue :

- [d̥i] un déplacement vers l'avant respectivement de 6.72 et 9.3 mm accompagné d'une montée de 3.82 et 1.5 mm ;
- [ḍi] un recul de 1.31 et 1.74 mm vers le bas de 1.72 et 1.18 mm suivi d'une avance de 7.61 et 8.84 mm vers le haut de 5.46 et 1.51.
- L'apex est tiré vers l'arrière de 4.71 et 2.33 mm en même temps vers le bas de 2.18 et 7.96 mm respectivement pour [d̥i]et [ḍi].

Phonèmes	Ti	Position selon X (mm)			Position selon Y (mm)		
		X(t <sub>1</sub> )	X(t <sub>2</sub> )	X(t <sub>3</sub> )	Y(t <sub>1</sub> )	Y(t <sub>2</sub> )	Y(t <sub>3</sub> )
[d̥]	T1	117.42	113.76	108.12	172.51	174.36	172.86
	T2	086.97	083.48	077.80	163.38	168.02	170.52
	T3	073.33	075.93	078.04	151.88	150.84	149.70
[d]	T1	116.53	118.54	108.05	170.73	173.54	177.17
	T2	086.99	088.73	079.89	162.79	161.61	169.23
	T3	074.35	075.17	076.68	154.76	152.35	146.80

Table .2 Positions des capteurs dans le plan (x,y) pour les séquences [d̥i] et [di]

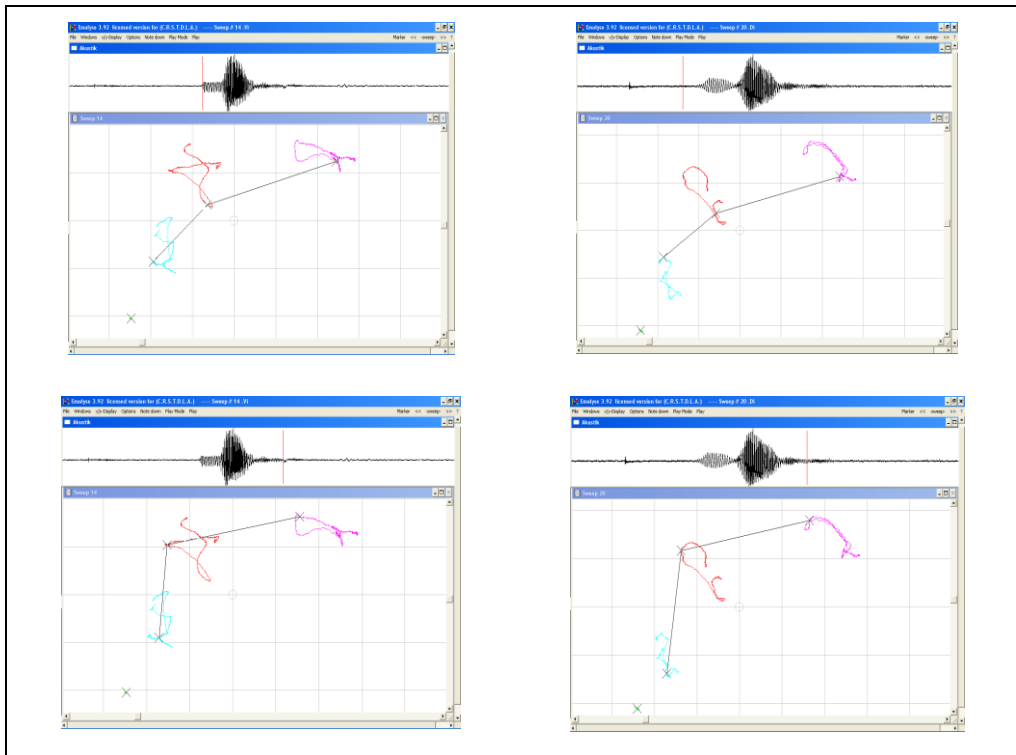


Figure 5: Représentations des capteurs avant et après durant les réalisations des paires [d̥i] et [di].



### 5.3. Contexte vocalique [u]

D'après les résultats obtenus, nous remarquons (Table 3 et Figure 6) :

- Le dos de la langue se porte en arrière de 17.36 et 19.07 mm respectivement pour [ḍu] et [d̥u], ce mouvement est accompagné d'une légère baisse de 0.5 et 1.87 mm suivi d'une montée de 0.92 et 2.56 mm pour [ḍu] et [d̥u].

- un recul du centre de la langue de 7.27 et 14.37 mm en effectuant un déplacement vers le bas de 2.51 et 1.64 mm ensuite vers le haut de 8.4 et 11.03 mm respectivement pour [ḍu] et [d̥u].

- un recul de l'apex de 1.74 et 952 mm respectivement pour [ḍu], et [d̥u], accompagné d'une montée de 6.87 mm pour [ḍu] et d'un déplacement vers le bas de 1.84 mm suivi d'une montée de 8.71 mm pour [ḍu].

Phonèmes	Ti	Position selon X (mm)			Position selon Y (mm)		
		X(t <sub>1</sub> )	X(t <sub>2</sub> )	X(t <sub>3</sub> )	Y(t <sub>1</sub> )	Y(t <sub>2</sub> )	Y(t <sub>3</sub> )
[ḍ]	T1	116.87	118.33	118.61	174.35	172.51	181.22
	T2	088.24	090.11	095.51	164.73	162.22	170.62
	T3	073.41	073.77	090.77	151.89	151.84	152.81
[d̥]	T1	120.65	121.33	130.17	171.36	173.35	181.05
	T2	086.55	090.39	100.92	165.02	163.38	174.41
	T3	073.99	074.20	093.06	155.52	153.65	156.21

Table 3. Positions des capteurs dans le plan (x,y) pour les séquences [ḍu] et [d̥u]

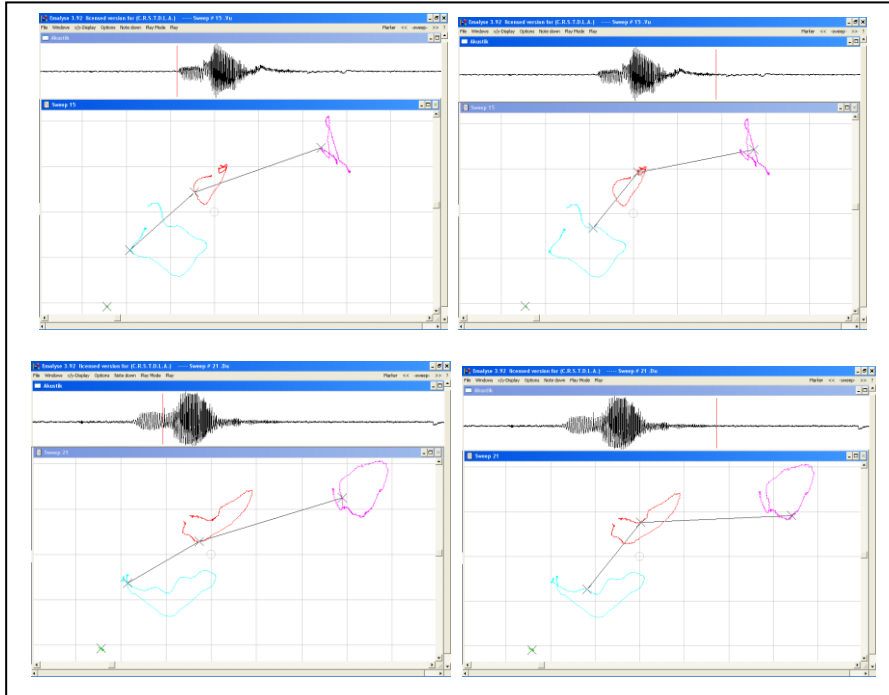


Figure 6 : Représentations des capteurs avant et après la réalisation des paires [dʷ] et [d].

## 6. Discussion

Les phonèmes [dʷ] et [d] dans les trois contextes vocaliques sont différenciés par leurs configurations articulatoires déterminées par la position et la forme que prend la langue.

Des différences significatives se trouvent dans la partie antérieure. Elles consistent en un recul vers le haut du dos de la langue.

En outre, une autre caractéristique des deux sons emphatiques a été observée, il s'agit de la configuration de l'articulateur lingual au niveau vertical : le centre de la langue adopte une position basse.

Ce mouvement lingual est accompagné par une incurvation du dos de la langue

d'où l'appellation [mutbaqa], qui veut dire incurvé.

Cette incurvation est relativement petite en contexte vocalique [i] comparée aux contextes de [a] et [u].

L'apex garde le même aspect au point d'articulation et se trouve en position plus haute pour faciliter le recul de la racine.

## 7. Conclusion

Généralement, ce que nous pouvons remarquer au sujet des propositions suggérées pour comprendre la réalisation du phonème [d] est que presque toutes les descriptions articulatoires faites dans ce sens, traitent cette consonne comme étant complexe et difficile à prononcer.

Du point de vue articulaire, l'enregistrement des sons à l'aide de l'Articulographe AG100 nous a permis d'avoir une bonne description articulaire de ces deux phonèmes, par divers paramètres telles que les positions des organes suivant les axes des abscisses et des ordonnées. En outre, les parcours du dos, du centre de la langue et de l'apex correspondants aux sons faisant l'objet d'étude, ont pu être visualisés lors de leurs réalisations.

Suite à notre analyse articulaire, les différents tracés des mouvements du dos et du centre de la langue, nous avons trouvé des résultats similaires à ceux proposés par Sibawayh et A. Hadj Salah qui spéculent que: Ces deux consonnes emphatiques sont caractérisées, au niveau articulaire, par une double articulation : une antérieure et une autre postérieure. Dans ce dernier cas, la racine de la langue est reportée en arrière vers la paroi pharyngale postérieure et un creusement de la langue est observé.

Lors de la réalisation des deux consonnes, l'utilisation de l'articulographe AG100, nous a permis de confirmer ces résultats tout en apportant quelques éclaircissements quant au comportement du dos, du centre et de l'apex de la langue.

## 8. Références

- [1] Al-Azraqi M., "The Ancient Ḍād in Southwest Saudi Arabia", King Faisal University, Saudi Arabia, 2010.
- [2] <http://www.icp.inpg.fr/ICP/articulographie.fr.html>.  
Hoole, P., "Methodological Considerations in the Use of Electromagnetic Articulatory in Phonetic Research", Proceedings of the ACCOR Workshop on Electromagnetic Articulatory in Phoneyic Research ,31, ISSN0342-782X, Institut fur Phonetik und Sprachliche Kommunikation der Universitat Munchen,1993.

- [3] Hoole, P., "Issues in the acquisition, processing, reduction and parameterization of articulatory data", Munich.  
<http://www.phonetik.uni-muenchen.de>
- [4] <http://www.articulograph.de>
- [5] Hadj-Salah, A., "La notion de syllabe et la théorie cinético-imputationnelle des phonéticiens arabes", Al-Lisaniyyat Revue Algérienne de Linguistique, Vol 1 N°1, pp 63-83, Institut de Linguistique et de Phonétique, Université d'Alger, (Algérie), 1971.