مفاهيم هامّة في التّحليل الأكوستيكي للأصوات اللّغويّة

Important concepts in the physical analysis of linguistic sounds

صبرينة بوطبّة، رضا زلاقي

[1]جامعة أمحمّد بوقرّة ـ بومرداس ـ الجزائر، S.boutebba@univ-boumerdes.dz

[2]جامعة أمحمّد بوقرّة بومرداس ـ الجزائر، zellagui28@gmail.com

تاريخ الارسال2021/01/26.	تاريخ القبول2021/07/15.	تاريخ النشر2023/04/15.

الملخص	Abstract
اتّسعت ميادين البحث في الأصوات اللّغويّة وتعدّدت مجالاته باختلاف النّظر في أصوات اللّغة؛ فالصّوت من النّاحية الفيزيائيّة تميّزه مجموعة من المحدّدات منها: التّردّد، الشّدّة ، التّواتر... ويتوقّف فهم طبيعة كلّ صوت لغويّ على فهم هذه المحدّدات الأكوستيكيّة الّتي تكشف عنها الأجهزة الصّوتيّة الحديثة والقراء الصّحيحة لمعطياتها من قيم رقميّة ورسومات ذبذبيّة وطيفيّة. ويأتي هذا المقال ليبيّن محدّدات الصّوت اللّغويّ من النّاحية الفيزيائيّة، وكيف تؤثّر وضعيّات أعضاء الجهاز النّطقي على المكوّنات الأكوستيكيّة للصّوت اللّغويّ؟ وكيف يمكن التّعرّف على صفات الصّوت إذا توفّرت معطياته	The areas of research in linguistic sounds have developed and multiplied taking into consideration the sounds of language. However, the sound is physically distinguished by a set of determinants, including : frequency, intensity, rhythm…. Besides, understanding the nature of each linguistic sound depends on these acoustic determinants revealed by modern acoustic devices, in addition to the correct reading of their data from numerical values, oscillatory and spectral graphics. This article dertermines the physical determinants of the linguistic sound, and how do the parts of the speech organ's positions affect the acoustic components of the linguistic sound ? How can the features' sound be recognized if its acoustic data are available?

الأكوستيكيّة؟ وقد توصّلنا من خلال هذا المقال إلى أنّ المؤشّرات الفيزيائيّة للصّوت اللّغويّ هي انعكاس لوضعيات أعضاء الجهاز النّطقيّ، اختلاف مصار الصّوت اللّغوي عامل مفسّر لاختلاف المحدّدات الأكوستيكيّة للصّوت، وضعيّة الأوتار الصّوتيّة وموضع النّطق عاملان هامّان في تحديد صفات الصّوت.		We have concluded through this article that the physical indicators of the linguistic sound are a reflection of the parts of the speech organ's positions. Furthermore, the difference in the sources of the linguistic sound is an explanatory factor for that in the acoustic determinants of the sound. Morever, the position of the vocal chords and the place of articulation are important factors in determining the characteristics of the sound.
كلمات مفتاحية: صوت لغويّ؛ أوتار صوتيّة؛ رنين؛ تردّد؛ شدّة؛ تواتر.		**Keywords**: linguistic sound, vocal chords, resonance, frequency, intensity, rhythm

المؤلف المرسل: صبرينة بوطبّة، **الإيميل**: boutebbasabrina2018@gmail.com

1. مقدمة:

تتألّف اللّغة من أصوات تجتمع لتعبّر عن الأشياء الحسيّة والأفكار المجرّدة، وتنقسم الأصوات اللّغويّة إلى قسمين: الأصوات الصّامتة أو السّاكنة والأصوات المصوّتة أو الصّائتة، ويعتمد دراسة الأصوات اللّغويّة على دراسة تشكّل الأصوات وطرائق تحقّقها والأعضاء المتدخّلة في إنجازها وكيفيّة تدخّلها، أي على المعرفة الدّقيقة بأعضاء النّطق وعلى الفهم العلميّ لعمليّة التّصويت؛ فالأصوات اللّغويّة الّتي تسمعها الأذن البشريّة وتدركها يجمعها التّمايز والتشابه في آن واحد، ومردّ هذا التّشابه والتّمايز من النّاحية الفيزيائيّة جملة من المحدّدات والعوامل الفيزيائيّة الّتي تكشف عنها أجهزة وآلات علم الأصوات الفيزيائيّ الخاصّة بالكشف والتّحليل، فما مختلف الأجهزة الّتي يستعان بها في التّحليل الطّيفيّ لأصوات الكلام؟ كيف نميّز بين الأصوات اللّغويّة الصّامتة والصّائتة من النّاحيّة الفيزيائيّة؟ وما الفروق الأكوستيكيّة بين الصّوامت

والصّوائت؟ وكيف نستطيع معرفة وضعيّات أعضاء النّطق المتدخّلة في تشكيل الصّوت اللّغويّ من خلال المكوّنات والمحدّدات الفيزيائيّة للصّوت؟

2. الصّوت:

1.2مفهوم الصّوت:

عرف الصّوت عدّة تحديدات نذكر منها:" **الصّوت طاقة يحسّ بها الإنسان نتيجة لاهتزاز الأجسام المحدثة لها وانتقال هذه الاهتزازات ـ عبر وسط ناقل ـ الهواء ـ غالبا ـ إلى أذن السّامع ومنها إلى جهازه الإدراكيّ في المخّ**"[1]، وقد جاء في كتاب مبادئ في اللّسانيّات أنّ الصّوت" **اضطراب طبيعيّ خارجيّ يعرض لجميع الأجسام وخاصّة الهواء، وهذا الاضطراب من جنس وصنف الظّواهر الاهتزازيّة والتّموّجيّة وهو حركة جسم في اتّجاهين هو تموّج ينتشر في الهواء أو في غيره من المواد القابلة للاهتزاز**"[2].

ويعرّف عند كمال بشر بأنّه" **أثر سمعيّ يصدر طواعية واختيارا عن تلك الأعضاء المسمّاة تجاوزا أعضاء النّطق**"[3] ، وقد ورد في تعريف آخر لخولة طالب الإبراهيمي بأنّ الصّوت" **هو كلّ ما تدركه حاسّة السّمع مهما كان نوعه**"[4].

وبالنّظر إلى التّحديدات السّابقة يمكن أن نرجع علّة تباينها إلى اختلاف زاوية النّظر الّتي انطلق منها باحث دون آخر؛ فالتّحديدان الأوّلان هما تحديدان فيزيائيّان نظروا إلى الصّوت في صورته الماديّة المحصورة بين فم المتكلّم وأذن السّامع، فأصل الصّوت عند الفيزيائيّين هو أوّلا وقبل كلّ شيء تذبذب واضطراب في مصدر الصّوت، هذا الاضطراب قد تتنوّع قنواته وأوساطه من غازيّ أو سائل أو صلب، ثمّ إنّ هذه الاهتزازات والتّذبذبات تأخذ هيئات وأشكالا عند الانتشار؛ فإذا كنت في وسط غازيّ كانت سلسلة من تضاغطات وتخلخلات متتالية في الهواء.

هذا فيما تعلّق بالتّحديدين: الأوّل والثّاني، أمّا التّحديدان: الثّالث والرّابع فهما تحديدان سمعيّان لتركيزهما على المصدر المستقبل لهذه الذّبذبات وهو الأذن، والمركز العصبيّ المسؤول عن تحليلها وإدراكها والمتمثّل في الدّماغ.

لكن ما يمكن أن يؤخذ على هذا التّحديد أنّ غياب العضو الحسّاس المتمثّل في الأذن يعني انعدام الصّوت، بمعنى آخر عدم وجود أذن يعني غياب الصّوت، وهذا غير صحيح فهناك أصوات عديدة تنتشر أمواجها في الهواء لكن الأذن البشريّة يتعذّر عليها التقاطها لأنّها لا تندرج ضمن ما يسمّى بعتبة السّمع فـ" **لا تثار الأذن لتؤدّي إلى إحساس سمعيّ إلّا بتحقّق شرطين اثنين هما: أوّلا : أن تكون تردّدات الأصوات واقعة ضمن مدى التّردّدات السّمعيّة الّتي تدركها الأذن وهو المدى الّذي يتراوح تقريبا من (20–20000 ذ/ث)، ثانيا: أن تكون الأذن واقعة في مجال الطّاقة الصّوتيّة المسموعة أي قوّة إسماع الأصوات((sonority)**"[5].

فعلى الشّرط الأوّل ـ حتّى وإن كانت الأذن قريبة من مصدر الصّوت ولكن تردّد الصّوت كان أقلّ من 20 ذ/ث فإنّه يستحيل تحويلها إلى أصوات مسموعة.

وعلى الشّرط الثّاني ـ إن لم تكن المسافة الفاصلة بين الأذن ومصدر الصّوت ضمن مجال الطّاقة الصّوتيّة المسموعة، فإنّه يستحيل في هذا الحالة كذلك أن تتحوّل الأمواج الصّوتيّة إلى أصوات مسموعة بالنّسبة للسّامع خارج مجال الطّاقة الصّوتيّة، حتّى وإن كان تردّد الصّوت ضمن مجال الطّاقة الصّوتيّة (المجال المذكور سابقا)؛ ذلك أنّ معدّل انسياب الطّاقة الصّوتيّة يقلّ كلّما زادت المسافة بين مصدر الصّوت والأذن فالعلاقة بينهما تتناسب بشكل عكسيّ لا طرديّ.

فمجال تردّد الصّوت والمسافة الّتي تبعد عنها الأذن عن مصدر الصّوت عاملان رئيسان في تحويل الأمواج الصّوتيّة النّاتجة عن اهتزاز مصدر الصّوت إلى أصوات مسموعة، فإذا انعدم هذان الشّرطان فنحن أمام صوت وليس أمام مصدر للصّوت بالنّسبة للأذن البشريّة فـ" **لا تعدّ المادّة المهتزّة الّتي تسبّب تذبذبا في جزيئات الوسط الملامس للأذن مصدرا للصّوت ما لم تدرك الأذن ذلك التّذبذب لتؤدّي**

إلى إحساس سمعيّ ؛ ذلك أنّ من الأمور الواجب توافرها لحدوث السّمع أن يكون التّردّد الّذي تولّده المادّة المهتزّة ضمن مدى التّردّدات السّمعيّة الّتي تدركها الأذن وهو المدى الّذي يتراوح تقريبا بين(20–20000 ذ/ث"[6]، وهو ما تمّ الإشارة إليه سابقا.

وإذا كان التّعريفان: الأوّل والثّاني قد ألما بالجانب المادّيّ للصّوت، والتّعريف الثّالث والرّابع قد ألما بالجانب السّمعيّ النّفسيّ، فإنّ التّحديد الّذي قدّمه الباحث "خلدون أبو الهيجاء " تحديد جامع لخصائص الصّوت من مختلف زواياه وأبعاده، وهذا واضح جليّ من خلال التّحديد الّذي قدّمه، يقول في هذا الصّدد: " **الصّوت هو الإدراك السّمعيّ النّاتج من تذبذب جزيئات الوسط الملامس للأذن بسبب مادّة مهتزّة"**[7].

فبقوله: "هو الإدراك السّمعيّ" إقرار بالجانب السّمعيّ النّفسيّ، ويقصد بذلك الصّوت المحصور في عتبة الإسماع، وبقوله: "الملامس للأذن" دلّ على الحدّ الأدنى من المسافة الّتي ينبغي أن تكون فيها الأذن لتتحسّس الذّبذبات الصّوتيّة، وبقوله: "النّاتج من تذبذب جزيئات الهواء" إقرار بالحالة الفيزيائيّة، فدلّ بذلك على أنّ الأذن وبالتّحديد غشاء الطّبل إنّما يتحسّس الصّوت من خلال الذّبذبات الّتي تنتشر في وسط الهواء فتتأثّر بذلك التّذبذب، ويظهر ذاك التّأثّر في ترجمة الطّاقة الصّوتيّة إلى صوت مسموع، وبقوله: "بسبب مادّة مهتزّة" دلّ ذلك على مصدر الصّوت؛ إذ إنّ الذّبذبات المنتشرة في الهواء ما هي إلّا لاهتزاز مصدر الصّوت.

هذا فيما تعلّق بالصّوت في شكله العام، وطالما أنّ ديدن البحث وشغله الشّاغل رصد المفاهيم الخاصّة بالتّحليل الفيزيائيّ للأصوات اللّغويّة، حرى بنا الوقوف عند التّعريف الاصطلاحي للصّوت اللّغويّ.

2.2. مفهوم الصّوت اللّغوي:

يقول خلدون أبو الهيجاء في تعريفه للصّوت اللّغويّ:" **الصّوت اللّغويّ إدراك سمعيّ ناتج من تذبذب جزيئات الهواء الملامس للأذن بسبب حركات الجهاز النّطقيّ"**[8]، وهذا التّحديد لا يختلف عن تحديده السّابق الذّكر إلّا في تحديد أكثر للوسط ولمصدر الصّوت؛ فالهواء يمثّل الوسط الّذي تنتشر فيه الأمواج

الصّوتيّة، وهو وسط له القدرة على نقل الطّاقة الصّوتيّة الاهتزازيّة إلى الأذن على شكل أمواج تشكّلت بفعل تذبذب جزيئات الوسط الغازيّ، أمّا حركات الجهاز النّطقيّ فهي تمثّل مصدر الصّوت الّتي حملت تلك الجزيئات على التّذبذب نتيجة أثر القوّة الخارجيّة عليها.

والحقيقة أنّ الحركة الاهتزازيّة لمصدر الصّوت قد تتّخذ صورا وأشكالا؛ فقد تكون منتظمة كما قد تكون غير منتظمة، ثمّ إنّ الاهتزاز نفسه قذ يكون بسيطا كما قد يكون مركّبا " **وعليه فإنّ الحركة الاهتزازيّة لمصدر الصّوت يمكن أن تكون من النّاحية العقليّة واحدة من الأنواع الثّلاثة: الأوّل: حركة منتظمة بسيطة (simple periodic motion) فتهتزّ ذرّات مصدر الصّوت جميعا اهتزازا دوريّا في الوقت نفسه**"[9]؛ فصفة الدّوريّة الّتي تميّز التّردّد هي الّتي تكسب الحركة طابع الانتظام، وتأثير الطّاقة المسبّبة للاهتزاز في ذرّات المادّة المهتزّة في آن واحد هو ما يكسب الحركة طابع البساطة.

و" **الثّاني: حركة منتظمة مركّبة(complesc periodic motion) فتهتزّ ذرّات مصدر الصّوت جميعا اهتزازا دوريّا في أوقات متباينة**"[10]؛ فكونها منتظمة راجع إلى التّعليل السّابق، وكونها مركّبة مردّه تأثير الطّاقة المسبّبة للاهتزاز الّذي لم يكن في آن واحد بل في أزمنة مختلفة.

و" **الثّالث: حركة منتظمة مركّبة(complesc aperiodic motion) فتهتزّ ذرّات مصدر الصّوت جميعا اهتزازا غير دوريّ في أوقات متباينة**"[11]؛ فطريقة الاهتزاز يتحكّم فيها عامل التّردّد، أمّا نوع الاهتزاز فيتحكّم فيه زمن تأثير الطّاقة الصّوتيّة، يقول خلدون أبو الهيجاء في هذا الصّدد:" **أمّا كون طريقة الاهتزاز منتظمة أو غير منتظمة، فيتوقّف على التّردّد الطّبيعيّ(natural frequency) للمادّة المهتزّة، فإذا كان لها تردّد طبيعيّ واحد كانت طريقة الاهتزاز منتظمة، وإذا كانت لها تردّدات طبيعيّة عدّة، فقد تكون طريقة الاهتزاز منتظمة وقد تكون غير منتظمة**"[12]، هذا فيما تعلّق بنوع الحركة، وفيما تعلّق بطبيعة الاهتزاز فإنّه" **إذا أثّرت الطّاقة المسبّبة للاهتزاز في ذرّات المادّة المهتزّة جميعها في الوقت نفسه كان الاهتزاز بسيطا، وإذا أثّرت الطّاقة المسبّبة**

للاهتزاز في ذرّات المادّة المهتزّة جميعها في أوقات متباينة كان الاهتزاز مركّبا"[13] ، والمادّة المهتزّة الّتي تؤدّي إلى تشكيل الأصوات اللّغويّة بصفة خاصّة هي حركات أعضاء الجهاز النّطقي.

3. حركات أعضاء النّطق:

تتمّ عمليّات التّصويت بتدخّل مختلف" **أعضاء النّطق، بدءا بعمليّة التّنفّس وجهازها، فمنطقة الحنجرة وأجزائها، مرورا بمناطق الممرّ الصّوتيّ وأعضائه**"[14]، فممّا هو معلوم أنّ تيّار الهواء الرّئويّ الخارج " **وبالتّحديد هواء الزّفير هو التّيّار الرّئيس المستغلّ في إنتاج الأصوات اللّغويّة مع تدخّل أعضاء النّطق المسؤولة عن تحديد حجم حجرة الرّنين وشكلها الخاصّة بصوت لغويّ دون آخر، " ونتيجة لهذا التّشكيل الفيزيولوجيّ يحدث الرّنين resonance الّذي يعدّ أهمّ مكوّن فيزيائيّ في تحديد صفات الأصوات اللّغويّة وخصائصها، فالرّنين هو أساس التّوافقيّات harmonnics الّتي تتحدّد بها مكوّنات formants طيف الكلام speech spectrum** "[15]

إنّ الّذي يحوّل الهواء من تيّار هوائيّ غير قادر على تحريك جزيئات الهواء الملامسة للأذن إلى عمود هوائيّ قادر على تحريك جزيئات الهواء الملامسة للأذن لتحوّله إلى صوت مسموع بعد اندفاع الهواء من الرّئتين هما: مصادر الصّوت اللّغويّ والرّنين.

1.3. مصادر الصّوت اللّغويّ:

تتمثّل مصادر الصّوت اللّغويّ فيأحد من هذه الأعضاء " **أوّلا: موضع النّطق، ثانيا: الوتران الصّوتيّان وموضع النّطق، ثالثا: الوتران الصّوتيّان"**[16].

1.1.3.موضع النطق:

إذا كان موضع النّطق هو العامل في تحويل تيّار الهواء الّذي لا تهتزّ جزيئاته بالقدر الكافي بحيث يولّد طاقة من شأنها تحريض الأذن على تحويله إلى صوت مسموع، فهذا يعني أنّ الوترين الصّوتيين في وضع الهمس، فالتّيّار الهوائيّ يمرّ من خلال الحنجرة دون أن يحدث تذبذبا في الأوتار الصّوتيّة ليستمرّ في الاندفاع في القناة الصّوتيّة إلى أن يصل إلى موضع النّطق الخاصّ بالصّوت المراد إخراجه فيتعرّض الصّوت

إلى تعديلات معيّنة " **وهذه التّعديلات هي: الغلق أو التّضييق أو كلاهما: الأمر الّذي يحوّل تيّار الهواء إلى عمود هوائيّ مهتزّ يولّد قدرا كافيا من الطّاقة الّتي تستطيع الأذن أن تترجمها على صوت مسموع**"[17] ، فإذا اعترض التّيّار الهوائيّ غلق تام نتج عنه وقف مؤقّت للهواء يتحوّل أثناءها إلى عمود هوائيّ مهتزّ نتيجة اصطدامه بموضع النّطق وأعضاء النّطق المتلبّسة به وجدران القناة الصّوتيّة.

أمّا إذا اعترض التّيّار الهوائيّ تضييق، فإنّه ينتج عن هذا التّضييق احتكاك تيّار الهواء بموضع النّطق وأعضاء النّطق المتلبّسة به وجدران القناة الصّوتيّة.

والحالة الأخيرة من التّعديل تتمثّل في الغلق والتّضييق؛ حيث" **يتعرّض تيّار الهواء لوقف ذي وقت أقلّ بكثير من الوقف الّذي يتعرّض له عندما يكون التّعديل في القناة الصّوتيّة هو الغلق، ويتعرّض ـ تقريبا في الوقت نفسه ـ لاحتكاك ذي وقت أقلّ بكثير من وقت الاحتكاك الّذي يتعرّض له عندما يكون التّعديل في القناة الصّوتيّة هو التّضييق**"[18].

وفيما تعلّق بنوع الحركة وطريقة الاهتزاز في أيّ من هذه التّعديلات الّتي تطرأ على القناة الصّوتيّة بفعل حركات أعضاء النّطق" **إنّما هي حركة غير منتظمة؛ ذلك أنّ جزيئات عمود الهواء في القناة الصّوتيّة تهتزّ جميعها اهتزازا غير دوريّ في أوقات متباينة**" [19]؛ فالاهتزاز غير الدّوريّ يحصل نتيجة اصطدام جزيئات التّيّار الهوائيّ بموضع النّطق وأعضاء النّطق المتلبّسة به وجدران القناة الصّوتيّة، أمّا كونها مركّبة فهذا راجع إلى حصول الاصطدام في أوقات مختلفة متباينة، وقد سبق الحديث عن هذا في نوع الحركة وطبيعة الاهتزاز.

2.1.3. الوتران الصّوتيّان وموضع النّطق:

إذا كان مصدر الصّوت يمثّله الوتران الصّوتيّان وموضع النّطق فإنّ تفصيله على النّحو التّالي:

أوّلا: إذا كان للوترين الصّوتيين دخل في تحويل تيّار الهواء إلى عمود هوائيّ مهتزّ يولّد طاقة تستطيع الأذن أن تترجمها إلى صوت مسموع، فهذا يعني أنّنا أمام الأصوات المجهورة، وإذا كان نوع التّعديل الّذي تتعرّض له القناة الصّوتيّة في موضع من المواضع، فإنّ تيّار الهواء سيعرض لوقف مؤقّت ليتحوّل إلى عمود

هوائيّ" **يزداد ضغطه ما استمرّ الغلق، فإذا أبرئ عمود الهواء المهتزّ المضغوط فجأة سمعنا صوتا انفجاريّا مجهورا"**[20]، فهو يشبه الحالة الأولى من مصدر الصّوت حينما يمثّله موضع النّطق، يضاف إليه تذبذب الأوتار الصّوتيّة.

أمّا إذا تعرّض تيّار الهواء إلى تضييق في أحد مواضع القناة الصّوتيّة نتج عنه احتكاك الجزيئات الهوائيّة بموضع النّطق وأعضاء النطق المتلبّسة به وجدران القناة الصّوتيّة، وهي شبيهة بالحالة الثّانية من مصدر الصّوت حينما يمثّله موضع النّطق، يضاف إليه تذبذب الأوتار الصّوتيّة لينشأ عن هذا صوت احتكاكيّ مجهور.

3.1.3. الأوتار الصّوتيّة:

وفيما تعلّق بأشباه الصّوائت أو أنصافها أو الصّوائت في حدّ ذاتها، فإنّ مصدر الصّوت هي الأوتار الصّوتيّة لا غير؛ فطالما أنّ الصّوائت مجهورة فحتما مصدر الصّوت هما الوتران الصّوتيّان، وفي هذه الحالة تكون القناة الصّوتيّة حجرة رنين لا غير؛ حيث يعمل الوتران على تحويل تيّار الهواء الخارج من الرّئتين المارّ بالحنجرة إلى عمود هوائيّ يهتزّ بالقدر الّذي يسمح بتشكيل طاقة يتسنّى للأذن تحويلها إلى صوت مسوع، ويتذبذب الوتران الصّوتيّان بفعل تباين ضغط الهواء تحت الحنجرة وما فوق الحنجرة فـ" **عندما يتقارب الوتران الصّوتيّان بوساطة العضلات المقرّبة ليغلقا فتحة المزمار، تقلّ سرعة تيّار الهواء الرّئويّ الخارج فيزداد ضغطه...وعندما يصبح ضغط الهواء تحت فتحة المزمار وهو الضّغط الّذي يطلق عليه اسم الضّغط تحت الحنجريّ(subglottalic pressure) أقوى من ضغط الهواء فوق فتحة المزمار وهو الضّغط الّذي يطلق عليه اسم الضّغط فوق الحنجريّ(supraglottalic pressure) وكافيا ليتغلّب على مقاومة الوترين الصّوتيينالمقرّبين بوساطة العضلات المقرّبة، فإنّ الوترين يتباعدان بفعل هذا الضّغط ليفتحا فتحة المزمار... فينطلق الهواء بسرعة عبر هذه الفتحة، ويقلّ ضغطه بين الوترين الصّوتيين، وهو الضّغط الّذي يطلق عليه اسم الضّغط ما بين الحنجريّ(Intraglottalic pressure) الأمر الّذي يؤدّي إلى تقارب الوترين الصّوتيين بحركة شفطيّة**

سريعة بسبب مرونتهما ليغلقا فتحة المزمار من جديد"[21]، فيعود ويتجمّع ضغط الهواء تحت الحنجرة مرّة أخرى، هذا الضّغط سيعمل على فتح الوترين الصّوتيين وافتراقهما مرّة أخرى ليندفع الهواء بقوّة، وهو ما يفسّر تذبذب الأوتار الصّوتيّة بشكل متكرّر لتنشأ بذلك صفة صوتيّة تدعى بالجهر.

والفرق بين أشباه الصّوائت وأنصافها طالما أنّها تحدث كلّها بتذبذب الأوتار الصّوتيّة، أنّ القناة الصّوتيّة مع أشباه الصّوائت تتعرّض لغلق في موضع من المواضع وفتح في موضع آخر، أو الغلق والفتح في الموضع نفسه، أمّا مع أنصاف الصّوائت فإنّ القناة تتعرّض لتضييق ليس من شأنه أن يؤدّي إلى احتكاك موضعيّ.

وفي كلّ الأحوال تكون الحركة الاهتزازيّة لعمود الهواء منتظمة مركّبة إذ " **تهتزّ جزيئاته اهتزازا دوريّا بفعل تذبذب الوترين الصّوتيين، هذا من حيث طريقة الاهتزاز، وأمّا من حيث نوع الاهتزاز فإنّ جزيئات عمود الهواء تهتزّ اهتزازا مركّبا، لأنّ تذبذب الوترين الصّوتيين يكون في أوقات متباينة"**[22]، وعدم تذبذب الوترين الصّوتيين هو ما يطلق عليه بالهمس voicellenness ، وإذا كان الجهر نتيجة تذبذب الأوتار الصّوتيّة الّتي تحوّل جزيئات تيّار الهواء الرّئويّ الخارج إلى عمود هوائيّ قادر على تحريك طبلة الأذن ومن ثمّ تحوّل الذّبذبات إلى صوت مسموع، فإنّ الهمس ليس له أيّ دور في تحويل جزيئات تيّار الهواء الرّئويّ الخارج؛ ذلك أنّ مصدر الصّوت السّابق(الوتران الصّوتيّان) لا يتذبذبان، ومنه لا يحدث تحويل لجزيئات الهواء الخارج من الرّئتين إلى جزيئات تهتزّ اهتزازا يولّد طاقة كافية لتترجمها الأذن إلى صوت لغويّ مسموع، فـ" **حال إنتاج الأصوات اللّغويّة المهموسة ليس له(الوتران الصّوتيّان) أيّ دور يذكر في تحويل جزيئات تيّار الهواء الرّئويّ الخارج... وعليه فإنّ الهمس ـ يعني من النّاحية الإدراكيّة عند السّامع ـ انعدام الجهر"**[23]

2.3. الـــرّنـــــيـــــــن:

المقصود من هذه الظّاهرة " **أنّ لكلّ جسم أو تجويف ميلا طبيعيّا للاهتزاز أو لاهتزاز هوائه عند استقباله لتردّد معيّن محدثا تردّدا مساويا له مع تقوية سعته، وتقوم أجزاء الممرّ الصّوتيّ وتجاويفه**

الّتي تعلو الحنجرة بمهمّة الرّنين، أو بمهمّة المصفاة filter الّتي تقوّي بعض التّردّدات وتخمد بعضا حسب الشّكل الّذي تتّخذه ذبذبات الهواء المندفع في جنباته"، فالأوتار الصّوتيّة لها قابليّة الذّبذبة والاهتزاز حين يمرّ عليها هواء الزّفير الصّادر من الرّئتين بفعل ضغط الحجاب الحاجز، وينتج عن ذلك ما يسمّى بالتّردّدات، بعدها تقوم حجر الرّنين الخاصّة ـ والمتمثّلة في تجويف الحلق أو الأنف أو الفم ـ بتقوية بعض التّردّدات وإضعاف البعض الآخر حسب طبيعة الصّوت الّذي سيتشكّل، هذه العمليّة هي الّتي تعرف بظاهرة الرّنين.

يعدّ الهواء الوسط المادّيّ الّذي ينتشر فيه الصّوت اللّغويّ وهو يصل مصدر الصّوت (الجهاز النّطقي) بمستقبل الصّوت(الجهاز السّمعيّ)؛ وذلك لما يمتاز به من جزيئات لها قابليّة التّضاغط والتّخلخل " **فإذا تضاغطت زاد الضّغط الهوائيّ على ضغط الهواء الجوّيّ العاديّ وعرف باسم الضّغط الإيجابيّ، وإذا تخلخلت قلّ الضّغط الهوائيّ عن ضغط الهواء الجوّي العاديّ وعرف باسم الضّغط السّلبيّ**"[24]،هذه التّضاغطات والتّخلخلات تحدث سلسلة من الذّبذبات الصّوتيّة في جزيئات الهواء هذه السّلسلة تشكّل ما يعرف بالأمواج الصّوتيّة.

4. الموجة الصّوتيّة:

1.4 مفهوم الموجة الصّوتيّة:

يقصد بالموجة الصّوتيّة " **مجموعة من الذّبذبات الصّوتيّة المتعاقبة (التّضاغطات والتّخلخلات) الّتي تنتج إحداها من الأخرى**"[25].وتمتاز الموجة الصّوتيّة بمجموعة من الخواصّ والمحدّدات أهمّها: التّردّد، الشّدّة، شكل الموجة.

2.4. الخصائص الفيزيائيّة للموجة الصّوتيّة:

من خصائص الصّوت الفيزيائيّة نذكر:

1.2.4. تردّد الموجة الصّوتيّة (wave frequency):

ممّا هو معلوم أنّ الهواء مجموعة أو خليط من الغازات المكوّنة من مجموعة جزيئات، وعندما يهتزّ مصدر الصّوت نتيّجة أثر قوّة خارجيّة فإنّه يحمل جزيئات الهواء على الحركة والتّذبذب و" **يطلق على تحرّك الجزيء من موضع اتّزانه(وضع الثّبات) إلى أقصى نقطة في اتّجاه ما، فعودته إلى موضع اتّزانه فتحرّكه إلى أقصى نقطة في اتّجاه مقابل للاتّجاه الأوّل فعودته إلى موضع اتّزانه اسم الذّبذبة الصّوتيّة، وعندما يتابع جزيء الهواء حركته بعد ذلك، فإنّه يكون قد بدأ ذبذبة جديدة**"[26].

وعلاقة التّردّد بما قيل سابقا هو أنّه " **عدد الدّورات الكاملة في الثّانية الواحدة، أو هو عدد الذّبذبات الصّوتيّة الّتي ينجزها جزيء الهواء بسبب اهتزاز مصدر الصّوت في وحدة الزّمن**"، أمّا فيما تعلّق بوحدة قياسه فـ" **هي الذّبذبة في الثّانية(ذ/ث) وتساوي الهرتس، ويتراوح مدى التّردد الّذي تدركه الأذن بين (20–20000 ذبذبة/ ثانية)**"[27].

ويمثّل تحرّك الجزيء من موضع اتّزانه إلى أقصى نقطة وهي الذّروة، ثمّ عودته إلى موضع اتّزانه، وعودة تحرّكه في اتّجاه مقابل إلى أقصى نقطة(الذّروة)، ثمّ عودته إلى موضع اتّزانه موضع الثّبات طول الموجة الصّوتيّة الّتي هي عبارة عن " **المسافة الّتي تقطعها الموجة الصّوتيّة في الزّمن اللّازم لإتمام ذبذبة صوتيّة واحدة، أو هو المسافة بين أيّ نقطتين متتاليتين في وسط متذبذب بحيث تكونان واقعتين في الطّور الذّبذبيّ نفسه**" [28].

ومن مميّزات الموجة الصّوتيّة كذلك الشّدّة Intensity

2.2.4. الشّدة الصّوتيّة أو الطّاقة(Energy):

بفضل عامل الشّدّة تستطيع الأذن أن تميّز بين صوت خافت وصوت عال"**فـطاقة الصّوت أو شدّته هي مقدار القوّة الّتي تسبّب حدوث الذّبذبة، وهي الّتي تعطي الصّوت عند إدراكه صفة الضّعف أو القوّة**"[29]، وتتحكّم في مقدار الشّدّة الصّوتيّة مجموعة من المؤثّرات أهمّها:

" **أوّلا: مقدار القوّة الّتي حملت مصدر الصّوت على الاهتزاز**"[30]؛ فالشّدّة الّتي يبلغها صوت ما تتناسب طرديّا مع مقدار القوّة المطبّقة على مصدر الصّوت؛ فإذا زادت القوّة الّتي حملت مصدر الصّوت

على الاهتزاز، زادت بطبيعة الحال شدّته الصّوتيّة، وإذا انخفضت القوّة المطبّقة على مصدر الصّوت ليهتزّ، قلّت شدّة الأمواج الصّوتيّة المشكّلة.

" **ثانيا: المساحة السّطحيّة لمصدر الصّوت المهتزّ**"[31]، وهي كذلك تتناسب بشكل طرديّ معه " **فإذا زادت المساحة السّطحيّة لمصدر الصّوت المهتزّ، زادت الشّدّة، وإذا قلّت المساحة السّطحيّة لمصدر الصّوت المهتزّ قلّت الشّدّة**"[32]، وهذا أمر طبيعيّ؛ لأنّ اهتزاز مصدر الصّوت ذي المساحة الكبيرة يتسبّب في تذبذب أكثر في عدد جزيئات الهواء، وكثرة هذا التّذبذب لجزيئات الهواء يولّد طاقة أكبر في وحدة زمنيّة معيّنة.

" **ثالثا: البعد عن مصدر الصّوت المهتزّ**"[33]، وهنا التّناسب سيكون بالفعل عكسيّا، فـ" **شدّة الموجة الصّوتيّة الصّادرة عن اهتزاز مصدر صوتيّ معيّن تضعف كلّما ابتعدنا عن مصدر الصّوت المهتزّ**"[34]؛ ذلك أنّ الطّاقة الصّوتيّة ستتوزّع على مساحة أكبر، ممّا يلزم عنه انخفاض في مقدار الشّدّة، كلّما زاد البعد عن مصدر الصّوت المهتزّ.

3.2.4. شكل الموجة:

المقصود من مصطلح شكل الموجة الصّوتيّة " **السّبب الفيزيائيّ للإحساس السّمعيّ بنوع الصّوت**"[35]، بمعنى آخر تمييزنا بين شخصين انطلاقا من صوتيهما دون رؤيتهما راجع من النّاحية الفيزيائيّة إلى شكل الموجات الّتي يتميّز بها صوت عن آخر، وتختلف شكل الأمواج الصّوتيّة اللّغويّة " **تبعا لاختلاف مصادر الصّوت اللّغويّ الّتي تصدر عنها تلك الموجات، فشكل الموجة النّاتج عن مصدر صوت هو موضع النّطق، يختلف عن شكل موجة من الأمواج النّاتجة عن مصدر صوت هما الوتران الصّوتيّان، وهذا الأخير تختلف شكل موجاته الصّوتيّة عن أمواج صوت لغويّ مصدره موضع النّطق والوتران الصّوتيّان؛ ذلك أنّ التّردّدات النّاجمة عنها مختلفة هي الأخرى، فالتّردّدات النّاتجة عن الوترين الصّوتيين تردّدات توافقيّة، في حين تكون التّردّدات النّاتجة عن موضع النّطق غير توافقيّة، أمّا التّردّدات النّاتجة عن الوترين الصّوتيين وموضع النّطق، فهي مختلطة منها ما هو توافقيّ ومنها ما هو**

عشوائيّ غير توافقيّ،"[36]، فهو يتكوّن من ذبذبات غير منتظمة، ويتمّ تحليله " **بتحديد مجال التّردّدات الّتي تحظى بأكبر قدر من مستوى الشّدّة(الشّدّة المدركة نسبيّا)**[37].

وفي حال كون مصدر الصّوت اللّغويّ هما الوتران الصّوتيّان وموضع النّطق، فإنّ الحركة الاهتزازيّة تكون مختلطة " **ويتمّ تحليله بوساطة: أ- تحديد مجال التّردّدات الّتي تحظى بأكبر قدر من مستوى الشّدّة، ب - تمييز التّردّدات الّتي تحظى بأكبر قدر من مستوى الشّدّة أهي التّوافقيّة أم غير التّوافقيّة (العشوائيّة)"**[38].

أمّا إذا كان مصدر الصّوت اللّغويّ هما الوتران الصّوتيان، فإنّ الحركة الاهتزازيّة تكون منتظمة بطبيعة الحال مركّبة، فتكوّن موجة توافقيّة مركّبة " **ويتمّ تحليله عن طريق: أ- تحديد قيم التّردّدات التّوافقيّة الدّاخلة في تكوين الموجة التّوافقيّة المركّبة. ب - تحديد مستوى الشّدّة لكلّ تردّد من التّردّدات التّوافقيّة"**[39].

وباختصار إذا كان مصدر الصّوت اللّغويّ موضع النّطق، فإنّ نوع موجة الصّوت اللّغويّ غير توافقيّة مركّبة، أمّا الأصوات اللّغويّة النّاتجة فهي بالضّرورة أصوات مهموسة، فقط قد تكون انفجارية مهموسة أو احتكاكيّة مهموسة أو مركّبة مهموسة، وتزداد غلبة التّردّدات التّوافقيّة لهذا النّوع من الأصوات الصّادرة عن المصدر السّابق وبالتّالي تزداد شدّة موجة الصّوت اللّغويّ كلّما صغرت القناة الصّوتيّة.

أمّا إذا كان مصدر الصّوت اللّغويّ موضع النّطق والوتران الصّوتيّان، فإنّ نوع الموجة مختلطة (توافقيّة وغير توافقيّة) مركّبة، والأصوات اللّغويّة النّاتجة حتما تكون كلّها مجهورة وتختلف فقط من انفجاريّة مجهورة، أو احتكاكيّة مجهورة أو مركّبة مجهورة " **وتزداد غلبة تردّد الأساس والتّردّدات التّوافقيّة المصاحبة له، وتقلّ التّردّدات العشوائيّة، ومن ثمّ تزداد شدّة موجة الصّوت اللّغويّ كلّما كبرت القناة الصّوتيّة"**[40].

وبخصوص التّردّدات الّتي مصدرها الوتران الصّوتيّان، فإنّها تقوّى بالرّنين، سواء صغرت القناة الصّوتيّة أو طالت، فقط " **إذا طالت أو اتّسعت القناة الصّوتيّة، فإنّ التّردّدات التّوافقيّة السّفلى هي الّتي تحظى**

بأكبر تردّد، أمّا إذا ضاقت أو قصرت القناة الصّوتيّة، فإنّ التّردّدات التّوافقيّة العليا هي الّتي تحظى بأكبر قدر من التّردّد"[41].

وبالتّالي ستحظى الأولى بأكبر قدر من مستوى الشّدّ في تردّداتها التّوافقيّة السّفلى، وستحظى الثّانية بأكبر قدر من مستوى الشّدّ في تردّداتها العليا.

4.2.4البواني الصّوتيّة:

المقصود بالبواني الصّوتيّة" **الطّابع الصّوتيّ الخاص بتجاويف جهاز النّطق الّتي تتحكّم في نوعيّة الصّوتن تعبّر تلك البواني عن تردّد الرّنّات الّتي تتطابق مع مجرى الصّوت وتختلف حسب حجم التّجويف ووضعيّة اللّسان، الشّفتين اللّهاة"**[42]؛ فلكلّ صوت بوان وهي تمثّل في جهاز المطاف بشرائط سوداء والعلاقة بينها وبين شدّة الصّوت علاقة طرديّة؛ فكلّما ارتفعت شدّة الصّوت كلّما زادت درجة السّواد في البواني.

5.خـــــــاتـــــــمـــــــــة:

يمكن أن نجمل كلّ ما سبق في النّقاط التّالية:

- تختلف الأصوات اللّغويّة من حيث مصادرها.

- هناك أصوات مصدرها الأوتار الصّوتيّة وهناك أصوات مصدرها موضع النّطق وهناك أصوات مصدرها موضع النّطق والأوتار الصّوتيّة.

- إذا كان مصدر الصّوت موضع النّطق، فإنّ نوع الموجة المتشكّلة غير توافقيّة مركّبة والصّوت النّاتج صامت مهموس، أو بمعنى آخر إذا كان نوع الموجة غير توافقيّة مركّبة فإنّنا أمام صامت مهموس.

- إذا كان مصدر الصّوت هما الوتران الصّوتيّان وموضع النّطق فإنّ نوع موجة الصّوت اللّغويّ تكون مختلطة(توافقيّة وغير توافقيّة) والصّوت المتشكّل بالضّرورة صامت مجهور، بمعنى آخر إذا كان نوع الموجة مختلطة توافقيّة وغير توافقيّة فإنّا أمام صامت مجهور

– إذا كان مصدر الصّوت هما الوتران الصّوتيّان فإنّ موجة الصّوت اللّغويّ توافقيّة مركّبة والأصوات النّاتجة بالضّرورة هي صوائت أو أشباهها أو أنصافها أي: إذا كان نوع موجة الصّوت اللّغويّ توافقيّة مركّبة فإنّنا أمام صائت.

وسنرفق هذا المقال النّظريّ ـ إن شاء اللّه ـبمقال آخر تطبيقيّ؛ نوضّح فيه كيفيّة تحليل الأصوات اللّغويّة والتّعرّف على خصائصها الأكوستيكيّة بالاستعانة ببرنامج التّحليل الحاسبويّ المتمثّل في الـ"PRAAT"

الهوامش:

[1]علّام عبد العزيز، محمودعبد الله ربيع ،2009، علم الصّوتيّات، مكتبة الرّشد،الرّياض ، ص135.

[2] الإبراهيمي خولة طالب ،2006، مبادئ في اللّسانيّات، دار القصبة،الجزائر، ط2، ص41.

[3]بشر كمال،2000، علم الأصوات، دار غريب، القاهرة ، ص82

[4]الإبراهيمي خولة طالب ،2006، مبادئ في اللّسانيّات، دار القصبة،الجزائر، ط2،ص42

[5]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص9

[6]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص9.

[7]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص14/13

[8]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص14

[9]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص21.

[10]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص20

[11]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص21

[12]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص19

[13]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص19

[14] نادر جمعة عثمان حنفية، التّحليل النّطقيّ والفيزيائيّ للأصوات المفخّمة في العربيّة، رسالة دكتوراه، كليّة الدّراسات العليا، الأردن، 2008، ص16

[15]نادر جمعة عثمان حنفية،2008، التّحليل النّطقيّ والفيزيائيّ للأصوات المفخّمة في العربيّة، رسالة دكتوراه، كليّة الدّراسات العليا، الأردن، ص18.

[16]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص38

[17]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،، ص38

[18]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،ص40

[19]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص40

[20]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1، ص41

[21]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،ص45

[22]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،ص9

[23]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،ص51

[24]نادر جمعة عثمان حنفية،2008، التّحليل النّطقيّ والفيزيائيّ للأصوات المفخّمة في العربيّة، رسالة دكتوراه، كليّة الدّراسات العليا، الأردن، ص18

[25]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص78

[26]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص84

[27]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص85

[28]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص85

[29]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص85

[30]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1 ص89/88

[31]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص114

[32]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1 ص115

[33]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص115.

[34]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1 ص116

[35]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص116

[36]أخلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1 ص128

[37]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص128

[38]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص131

[39]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1،ص132

[40]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص120

[41]خلدون أبو الهيجاء ،2006، فيزياء الصّوت اللّغويّ ووضوحه السّمعيّ، عالم الكتب الحديث، عمان، ط1ص137

[42]شوال نصيرة، فرات كمال ،أنماط الاضطرابات النطقيّة لدى عيّنة من الأطفال ذوي صمم متوسّط حاملين لمعينات سمعيّة ـ دراسة صوتيّة فيزيائيّة ـ مجلّة اللّسانيّات، جامعة حسيبة بن بوعلي، الشّلف، ع21،ص76.