

QUELQUES RECHERCHES SUR L'INFLUENCE DU BRUIT ENVERS L'ARTICULATION DES VOIX TELEPHONIQUES

YOSHIYUKI OCHIAI

Département électrotechnique

(Reçu le 30 avril 1949)

Avant-propos

Dans les expériences sur l'influence du bruit envers l'articulation des voix téléphoniques, il y a beaucoup de sources qui suscitent des déviations aux résultats. Il est très important d'éviter la déviation dans les expériences. A cet effet, nous prenons les précautions suivantes.*

1. L'équipage d'articulation doit être bien accoutumé au système des sons qui se présentent dans les cartes d'articulation.
2. Pour éviter la déviation due à l'effet d'exercice, l'équipage doit avoir la condition du "plateau" en psychologique.
3. Puis l'équipage doit être accoutumé au bruit.
4. Il faut enfin éviter ce qu'on appelle « effet dû à l'hystérésis psychologique »
5. Afin que le bruit ait une pulsation sinusoïdale à mono-fréquence, la source du bruit doit être choisie avec des soins particuliers, en employant les filtres passe-bas.

En appliquant ce qui précède avec les soins susindiqués, nous pouvons supprimer toute la déviation.

Ce traité, contenant 15 figures et 3 tableaux, est composé des articles suivants:

- Interférence due au bruit à mono-fréquence.
- Bruit constant et voix variable.
- Raison constante de la voix au bruit.
- Facteur d'étude au bruit.
- Influence des bruits composés.
- Résumé.
- Référence.

Interférence due au bruit à mono-fréquence

La Fig. 1 montre la relation entre l'articulation et la fréquence du bruit ayant pour paramètre le volume du bruit (qui est mesuré par la tension électrique du bruit aux

* Yoshiyuki Ochiai; Sur l'observation et les mesures subjectives concernant la distorsion des sons vocaux japonais en communication téléphonique. (Thèse de Doctorat à l'Université de Tohoku 1943)

bornes d'un circuit téléphonique).

D'après cette figure on peut observer clairement comment l'articulation des voix est troublée par le bruit. L'allure de l'interférence dépend en premier lieu de la magnitude du bruit. Les positions des fréquences du bruit donnant le plus violent trouble à la voix se meuvent d'autant plus clairement que le bruit s'élève. Cette relation est montrée dans la Fig. 2.

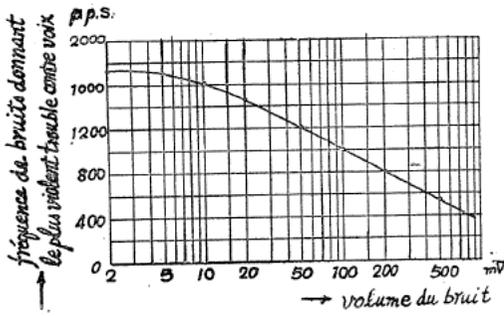


Fig. 2.

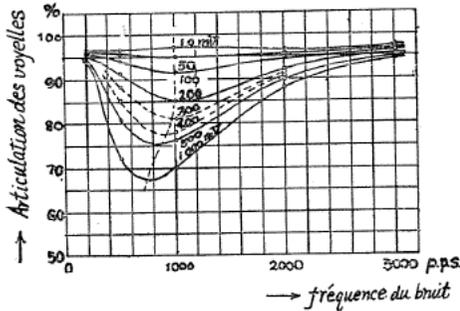


Fig. 3.

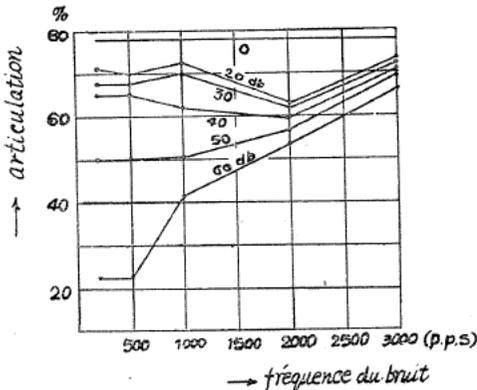


Fig. 4.

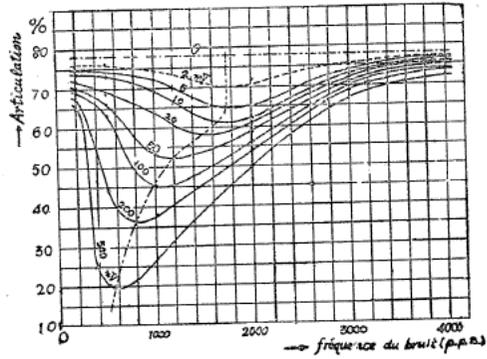


Fig. 1.

L'existence permanente de certaines fréquences du bruit qui abaissent le plus clairement l'articulation provient de la caractéristique électro-acoustique des lignes téléphoniques. Le fait que la fréquence de l'interférence maximum se met à se déplacer vers la basse position avec l'augmentation du bruit est due à ce que l'effet d'enveloppement en sens acoustique se développe un peu rapidement. Par exemple, les allures de l'articulation des voyelles ont le même déplacement de la fréquence qui aura lieu en retard comme le démontre la Fig. 3. Ce fait montre sans doute que les voyelles sont très fortes contre l'effet d'enveloppement du bruit.

Si nous prenons comme indicateur du volume du bruit le niveau de sensation au lieu de la tension aux bornes, nous obtiendrons cette fois l'allure de l'articulation de la Fig. 4.

Lorsque le niveau de sensation du bruit est relativement petit, l'articulation est troublée d'une façon un peu plus violente à l'endroit de fréquence 2000 p.p.s. (périodes par seconde) du bruit. Mais le niveau du bruit dépasse celui des voyelles (en moyenne), l'inter-

férence du bruit qui se trouve au-dessous de 1000 p.p.s. devient également violent, c'est-à-dire, quant aux grands niveaux du bruit, il n'y a pas de points maxima d'interférence.

En observant les phénomènes de déformations qui se produisent dans les voix par suite de l'influence des distorsions de tous les genres (par exemple, affaiblissement de la ligne, filtrage par les filtres passe-bas et passe-haut, bruit de la ligne, amplification excessive etc). On peut en déduire comme ceci : les sons-consonnes deviennent inarticulaires, principalement par l'effet d'enveloppement du bruit et les sons-voyelles deviennent vagues notamment par la déformation des timbres voyelles, puisque ceux-

là s'affaiblissent de plus en plus et deviennent enfin difficiles à bien entendre et que ceux-ci déforment trop ses timbres pour les distinguer clairement. Les sons-voyelles sont pourtant en général plus forts que ceux de consonnes contre le bruit. La Fig. 5 montre l'articulation des voyelles (A) et celle des consonnes (B) séparément, comme les deux composants de l'articulation des sons simples (C). D'après la construction des sons simples (tchoku-on en japonais) C-V (consonne-voyelle) l'articulation des sons japonais est comme ceci :

$$\begin{aligned} \text{l'articulation des sons simples} \\ = \text{l'articulation des voyelles} \times \text{l'articulation des consonnes} \end{aligned}$$

Si l'on peut mettre, pour les bruits qui paraissent ordinairement aux lignes,

$$\text{l'articulation des voyelles} = 0,95 \cong 1$$

il devient en japonais

$$\text{l'articulation des sons simples} \cong \text{l'articulation des consonnes}$$

Pour l'articulation syllabique dans les pays européens, d'après leur construction C-V-C, on obtient :

$$\begin{aligned} \text{l'articulation syllabique} \\ = \text{l'articulation des voyelles} \times (\text{l'articulation des consonnes})^2 \\ \cong (\text{l'articulation des consonnes})^2 \end{aligned}$$

En considérant l'effet d'interférence du bruit, on peut donc à peu près négliger l'effet de déformation du timbre de voyelle.

Bruit constant et voix variable

Si la puissance du bruit est toujours maintenue constante, et celle de la voix est ajustée convenablement, nous pouvons obtenir une autre caractéristique d'articulation. Dans ce cas, on a appliqué quatre bruits de fréquence 200 p.p.s., 500 p.p.s., 1000 p.p.s.

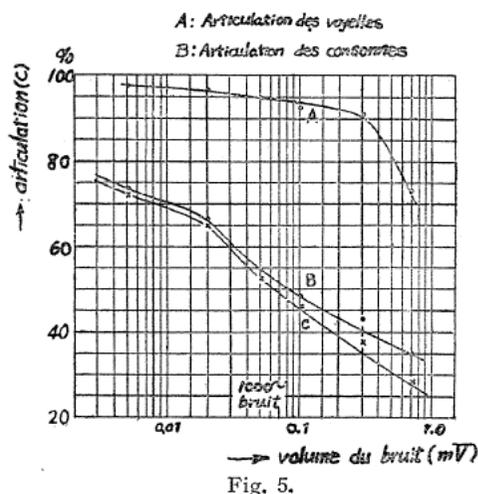


Fig. 5.

et 2000 p.p.s. Les résultats en sont indiqués dans la Fig. 6, où les allures sont très extraordinaires. Les quatre courbes que représentent les relations entre l'articulation et l'affaiblissement de la ligne sont toutes parallèles à la courbe "A" qui donne la relation entre l'affaiblissement et l'articulation dans le cas où il n'y a pas de bruit.

Il importe que l'on puisse obtenir des caractéristiques de l'articulation avec bruit de celle de l'articulation sans bruit, par la transition parallèle qui est la méthode la plus simple. D'après ce fait-là, on peut estimer l'effet du bruit par un affaiblissement équivalent qui est indépendant des niveaux de transmission. La distance horizontale entre les deux courbes parallèles peut être donc désignée « affaiblissement équivalent » ou « niveau équivalent. » Considérant ce fait dans la surface d'ouïe, le degré d'érosion envers la surface des voix par l'effet local du bruit peut être couvert par celui qui est dû à l'ascension uniforme du seuil d'audibilité. L'affaiblissement équivalent du bruit ainsi défini est tout différent de l'affaiblissement du niveau de sensation: celui-ci est la quantité du bruit qui montre sa hauteur sur le seuil d'audibilité, lorsque le bruit se trouve tout seul, tandis que celui-là est la quantité relative qui représente le degré d'interférence du bruit envers la voix lorsque la voix et le bruit se trouvent en même temps.

Si nous prenons l'affaiblissement équivalent comme indicateur du volume du bruit, nous pouvons obtenir la plus simple allure de l'articulation contre le bruit.

Le rapport de la perte de l'articulation avec l'affaiblissement équivalent est présenté par une ligne droite approchée comme le montre la Fig. 7.

On peut, d'ailleurs, obtenir les valeurs des affaiblissements équivalents suivant la courbe de la Fig. 7, comme il est marqué dans le tableau suivant:

L'affaiblissement du niveau de sensation est en général plus grand que l'affaiblissement équivalent.

Raison constante de la
voix au bruit

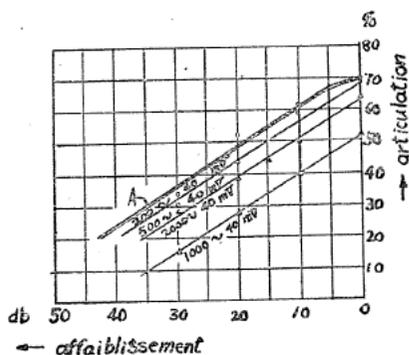


Fig. 6.

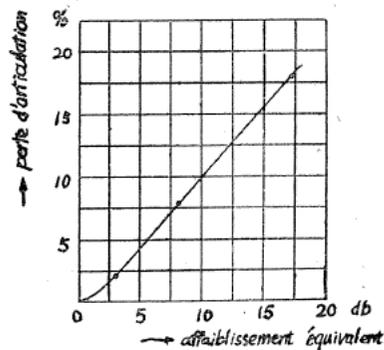


Fig. 7.

Tableau I.

espèces de bruits	affaiblissement équivalent	affaiblissement du niveau de sensation
200 p.p.s., 40 mV	0.5 db	5 db
500 p.p.s., 40 mV	4.0 db	18 db
1000 p.p.s., 40 mV	20.0 db	28 db
2000 p.p.s., 40 mV	10.0 db	22 db

Si l'on maintient constant le rapport de la puissance des voix avec celle des bruits, on

peut obtenir l'allure de l'articulation à l'égard du niveau de transmission. Ces courbes ont des caractères particuliers (Fig. 8). Suivant l'affaiblissement de la ligne l'articulation se met à augmenter graduellement. Mais lorsque l'affaiblissement s'élève à une certaine valeur, l'articulation atteint le point maximum où il se joint à la courbe "A" qui correspond à la courbe du cas dans lequel il n'y a aucun bruit.

Lorsque l'affaiblissement s'accroît et dépasse ce point-la, l'articulation commence à diminuer en poursuivant parfaitement la courbe "A." L'allure est toujours la même, quelles que soient la période de la pulsation et le volume des bruits. Cette allure s'explique par le fait suivant.

Les voix peuvent échapper à l'influence des bruits à l'endroit où des courbes avec bruit se joignent à celles sans bruit. Par exemple, en cas du bruit de 1000 p.p.s. et de 0.1 Volt, le point de jonction se trouve à 20 db d'affaiblissement, tandis que le niveau moyen de sensation du bruit de 1000 p.p.s. et de 0.1 Volt est originairement 39 db. Si l'on insère 20 db dans la ligne, le niveau vrai sera $39 - 20 = 19$ db. Le bruit ayant encore un niveau de 19 db s'exerce sur la voix comme s'il n'y ait aucun bruit, c'est-à-dire, le bruit parvenu à ces conditions est en apparence nul contre la voix.

Alors on peut en déduire comme ceci : dans ce cas, 20 db, valeur d'affaiblissement de la ligne, représente le «niveau superficiel de sensation» de ce bruit. Le niveau superficiel de sensation est donc une espèce de quantité relative quand les bruits et les voix se trouvent en même temps.

Le niveau de sensation du bruit, quand il se trouve isolément, sans être accompagné des voix, doit être désigné «niveau vrai de sensation». Les niveaux vrais et les niveaux superficiels des trois bruits appliqués dans ces expériences sont :

Tableau II.

espèces de bruits	niveau vrai de sensation	niveau superficiel de sensation	différence entre les deux niveaux
1000 p.p.s., 0.1 V	39 db	20 db	19 db
2000 p.p.s., 0.1 V	31 db	11 db	20 db
500 p.p.s., 0.1 V	29 db	10 db	19 db

Nous voulons indiquer, par ce tableau, que la différence entre les deux niveaux est également d'environ 19 db dans les trois cas. Nous considérons d'une façon habituelle le bruit comme un facteur qui exerce unilatéralement une fonction active envers la voix et la voix comme un élément passif qui subit l'action du bruit. Mais il semble qu'une pareille considération simple ne soit pas correcte. L'effet de l'enveloppement d'ouïe est sans différence pour la voix et pour le bruit.

Entre les trois quantités, c'est-à-dire, le niveau vrai, le niveau équivalent et le ni-

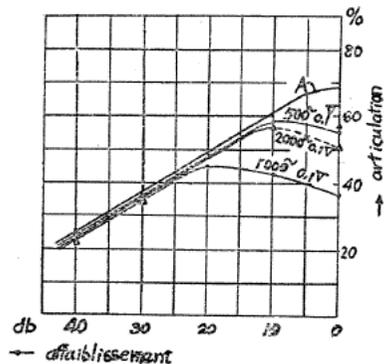


Fig. 8.

veau superficiel il existe une relation suivante :

niveau vrai > niveau équivalent > niveau superficiel

$$\text{c.-à.-d } N_v > N_e > N_s$$

«Facteur d'étude» au bruit

Il s'agit ensuite de la manière dont le bruit est donné à la voix. Du bruit nous prenons deux types: l'un est bruit stationnaire, l'autre celui d'intermittent.

Dans le premier temps de nos expériences, le bruit stationnaire (continu) et le bruit intermittent ont été analogues et semblables pour l'articulation.⁷ Ce résultat est montré dans la Fig. 10.

Quelques temps après quand les personnels d'articulation étaient parfaitement accoutumés au bruit continu, nous avons effectué les mêmes expériences comparées dont le résultat était tout différent de celui qui a été obtenu dans le premier temps. Dans ce cas, l'articulation pour le bruit continu est meilleure que celle pour le bruit intermittent comme la Fig. 11 montre. On peut en interpréter comme ceci: l'effet d'étude au bruit continu est inutile au bruit intermittent. Nous pouvons l'expliquer d'une façon plus détaillée. L'effet d'étude au bruit continu n'est utile que pour les voyelles; il est en effet inutile pour les consonnes. Pour se rendre compte de ce phénomène, on doit distinguer «l'ouïe d'erreur» et «l'ouïe difficile.» Dans l'interférence du bruit, nous pouvons avoir trois phénomènes différents: l'ouïe d'erreur, l'ouïe difficile et la dispersion d'attention. Dans le premier temps où l'on n'est pas encore accoutumé au bruit, on éprouve la même dispersion d'attention pour le bruit continu ainsi que pour le bruit intermittent. Par l'effet d'exercice qu'on acquiert peu à peu, on peut concentrer l'attention à la voix malgré le bruit continu qui se présente simultanément. Cependant quant au

bruit intermittent la question est différente. Pour un nouveau bruit produit brusquement après quelques instants du repos, il est vraisemblablement impossible de n'y

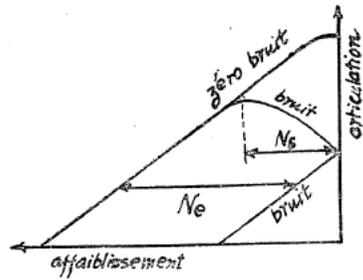
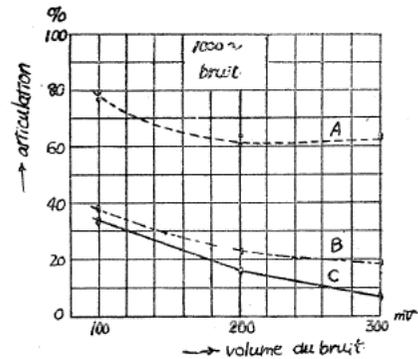
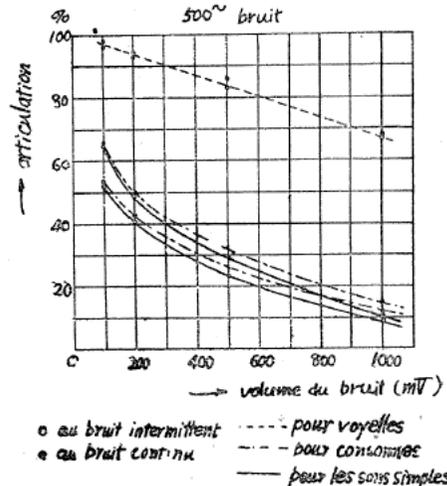


Fig. 9.



- au bruit intermittent
- au bruit continu
- A: pour voyelles
- B: pour consonnes
- C: pour les sons simples

Fig. 10.



- au bruit intermittent
- au bruit continu
- pour voyelles
- pour consonnes
- pour les sons simples

Fig. 11.

pas faire attention. Au moment où la concentration d'attention est devenue faible, les sons consonnes se présentent qui sont déjà trop faibles pour les bien entendre. Alors l'articulation des consonnes s'abaisse nécessairement.

Influence des bruits composés

Des bruits électriques et des bruits acoustiques que nous rencontrons en pratique ne sont pas de nature simple, mais ordinairement complexes. Par exemple, il faut prendre tout d'abord dans nos expériences le cas où le bruit est composé des deux sons sinusôïdaux. Nous choisissons les combinaisons des deux sons dont chacun a la même influence sur l'articulation des sons simples.

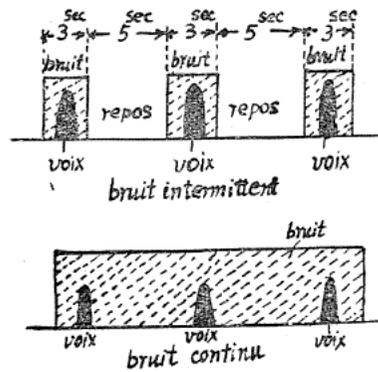


Fig. 12.

Tableau III.

conditions des expériences	1700 p.p.s., 10 mV	1100 p.p.s., 20 mV 2000 p.p.s., 20 mV	700 p.p.s., 50 mV 2200 p.p.s., 50 mV	480 p.p.s., 120 mV 2360 p.p.s., 120 mV	300 p.p.s., 200 mV 2400 p.p.s., 200 mV
rapport de fréquences		1.81	3.1	4.9	8
perte de l'articulation des voyelles	3.2 %	2.4 %	4.7 %	7.9 %	10.2 % 10.8 %
perte de l'articulation des consonnes	38.2 %	40.9 %	50.0 %	61.6 %	57.1 % 60.6 %
perte de l'articulation des sons simples	39.8 %	41.6 %	51.5 %	63.4 %	59.7 % 63.6 %

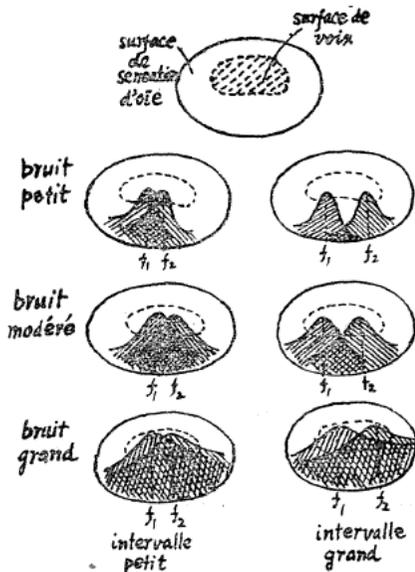


Fig. 14.

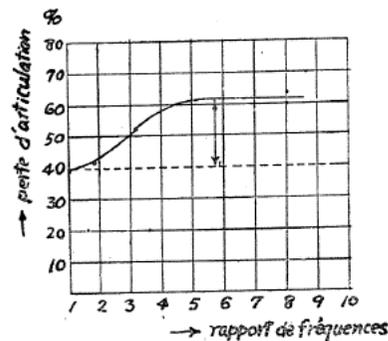


Fig. 13.

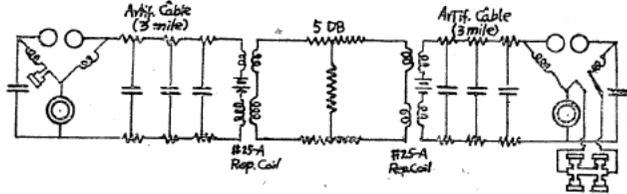
Le résultat de ces expériences est indiqué dans la Fig. 13.

Dans le cas où il y a du bruit à mono-fréquence (1700 p.p.s., 10 mV), la perte de l'articulation est, dans cette épreuve, d'environ 40 %. Comme la perte de l'articu-

lation en cas de non-bruit, est à peu près de 22 %, la perte due au bruit est de $40 - 22 = 18\%$. La perte s'accroît d'abord graduellement avec l'augmentation du rapport des fréquences composés. Mais, quand ce rapport dépasse la valeur de 5, la perte reste presque invariable dont la valeur est d'environ 60 %. A l'endroit saturé de la courbe, il est, de la sommation des pertes, établi pour la première fois une règle suivante :

$$22 + (18 + 18) = 58 \doteq 60$$

Cependant quand le bruit devient trop grand, une pareille règle n'existera plus, quoique l'intervalle de fréquences des deux composants soit agrandi comme le démontre la Fig. 14.



circuit téléphonique employé dans ce expérience

Fig. 15.

Résumé

En observant l'interférence due au bruit à mono-fréquence, on y voit une vallée (un point minimum) dans la relation entre l'articulation et la fréquence de bruits. C'est-à-dire, les positions de fréquence de bruits donnant le plus violent trouble contre la voix se meuvent, elles ne sont jamais fixes comme les recommandations du C.C.I.F. On peut constater ce que les allures d'interférence dépendent clairement des magnitudes du bruit.

Si la puissance du bruit est maintenue constante et celle de la voix est ajustée, on obtient des simples caractéristiques, et comme indicateur de la volume du bruit on peut prendre l'affaiblissement équivalent. Si l'on maintient constant le rapport de la puissance des voix avec celle des bruits, on peut obtenir des caractéristiques de l'articulation dont les courbes ont des sommets à l'égard de niveaux de transmission.

On considère d'une façon habituelle le bruit comme un facteur qui exerce une fonction active, mais cependant même le bruit peut être couvert de la voix à contresens.

L'influence du bruit composé sur la voix n'est pas simple. Que l'influence complexe soit obtenue en suivant la règle de la sommation des influences de leurs composants ou qu'elle ne soit pas, cela dépend entièrement de la magnitude du bruit et de l'intervalle de fréquences composés.

A la fin je dois exprimer mes remerciements les plus profonds au professeur H. Nukiyama et au docteur K. Ohashi pour leurs directions à propos de cette recherche.

Référence.

- K. Küpfmüller: Schwachstromtechnik. Leipzig (1931).
 H. F. Mayer: Verständlichkeitsmessungen an Telephonie-Übertragungssystemen. E. N. T. Bd. 4. Ht. 4 (1927).

- W. Janovsky: Über die Hörbarkeit von Verzerrungen. E. N. T. Nov. (1929).
- F. Eisner: Anwendung der Silbenverständlichkeitsmessungen in der Drahtlosen Telephonie. Zs. f. techn. Phys. 10. S. 532 (1929).
- V. Engelhardt und E. Gehrcke: Akustische Untersuchungen, besonders zur Vokaltheorie und Wortbildung. Wissenschaftliche Abhandlungen der Phys.-techn. Reichsanstalt. Bd. XI. Ht. 2 (1928).
- C. A. Hartmann und W. Janovsky: Verständigung in Geräuschvollen Räumen. Zs. f. techn. Physik. 16. S. 580 (1935).
- H. J. v. Braunmühl und W. Weber: Beitrag zur Frage der Sprachübertragung aus Geräuscherfüllten Räumen. E. N. T. 13. S. 414 (1936).
- K. Krüger und W. Willms: Versuche zur Verbesserung von Telephonieanlagen für geräuscherfüllten Räumen. Zs. f. techn. Phys. 16 (1935).
- G. Wurdel: Neue Erkenntnisse über das Fernsprechen in geräuschgestörten Räumen u. a. . . . Vortrag auf der 36 ordentlichen Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Berlin. 11 (1935).
- W. Janovsky: Fernsprechen in Lärm und Wind. E. T. Z. 58. S. 1289 (1937).
- K. A. Mittelstrass: Untersuchungen über das Nebensprechvolumen von Fernsprechleitungen. T. F. T. März. (1937).
- H. Fletcher: Speech and Hearing. New York (1929).
- V. O. Knudsen: Interfering Effect of Tones and Noise upon Speech Reception. Phys. Rev. 26 (1925).
- H. Fletcher and J. C. Steinberg: Articulation Testing Method. B. S. T. J. Oct. (1929).
- J. Collard: The Effect of Noise on the Articulation of a Telephone Circuit. P. O. E. E. 23 (1930).
- J. G. Castner and D. W. Carter: Development in the Application of Articulation. B. S. T. J. July (1933).
- N. Kimura: Intelligibility Test in Telephone Circuit. J. T. T. J. June (1932).
- Y. Ochiai: Telephone Distortion and its Subjective Measurements of Japanese Language. J. T. T. J. Feb. (1935).
- Y. Ochiai and H. Takegoshi: Noise Disturbance and Articulation Characteristics. J. T. T. J. Oct. (1935).
- J. M. Barstow: Measurement of Telephone Noise and Power Wave Shape. E. E. Dec. (1935).
- Y. Ochiai: Dissertation (Tohoku University, Sendai) 1943.
- J. P. Egan and F. M. Wiener: On the Intelligibility of Bands of Speech in Noise. J. A. S. A. Vol. 18. No. 2 (1946).