

ETUDE EXPERIMENTALE SUR LA DUREE VOCALIQUE

YOSHIYUKI OCHIAI et RYO-ICHI MORI

Section Electrotechnique

(Reçu le 31 mai 1958)

Avant-Propos

C'est une chose bien connue que le trait de spectrale caractéristique sert comme base des connaissances du phonème vocalique. La caractéristique trouvée sur la durée vocalique peut être considérée comme une piste quelconque pour l'audition du phonème. Cette petite étude sur la durée vocalique est faite pour exposer le résultat d'une expérience préliminaire, au sujet de la langue française, ayant pour objet dernier de déterminer la relation entre la durée mesurable physiquement et la perception de durée, c'est-à-dire, d'obtenir avec évidence la relation entre la durée objective et la durée subjective.

Considérations Fondamentales

Les phonétistes expérimentaux avaient déjà conclu que la quantité perçue n'a qu'une base psychologique et qu'elle est déterminée, non seulement par la durée objective, mais aussi par la hauteur musicale, l'intensité et le nombre des composants ou la qualité d'harmoniques. Quant à la hauteur musicale, il est prouvé que le caractère mélodique peut jouer un rôle important pour distinguer la voyelle longue de la brève: Il va sans dire qu'on s'en rapporte à une base psychologique pour étudier ce sujet des voyelles longues et brèves. Suivant le Prof. Mte Durand, la voyelle longue est habituellement prononcée avec le ton nettement descendant et la voyelle brève avec le ton un peu montant. Plus en détail: les oppositions de genre grammatical en français, souvent accompagnées d'oppositions de durée de la voyelle accentuée, sont alors accompagnées aussi et même surtout de différences de tons. Chez tous les sujets d'expériences étudiés, les durées des deux "a" de *grand/grande* n'étaient pas nécessairement différentes, ou bien la longue du féminin n'excédait que de peu la brève du masculin. Ce qui différençait, chez tous les sujets, les deux quantités vocaliques, c'est que la brève était dite sur un ton uni ou légèrement montant alors que la longue était dite sur un ton nettement descendant. La même différence se montrait dans toute son étude entre les voyelles, selon qu'elles semblaient longues ou brèves; les différences musicales entre le commencement et la fin étaient naturellement variables suivant les sujets parlants, mais présentaient toutefois une assez grande uniformité: la brève s'élevait de 1/2 ton à un ton, la longue s'abaissait d'un peu moins d'une octave.

C'est donc que la discussion expérimentale sur la durée vocalique ne devrait pas être faite seulement au cas où un phénomène change sa durée uniquement pour son intérêt, mais on devrait l'étudier au cas où les autres éléments que la durée (par exemple: hauteur musicale, intensité, distribution d'harmoniques), ont des relations avec le phénomène. La structure d'harmoniques des voyelles est rendue visible à l'aide des équipements analyseurs, surtout le "sonagraph" par

lequel on peut plus facilement observer ce qui change de temps en temps.

Comme résultat d'une de ses expériences fondamentales faites dans le "Haskins Laboratories," New York, P. Denes dénonçait dans le rapport "Mechanical Speech Recognizer" que la transition entre consonnes sonore et sourde peut avoir lieu quand la durée de la consonne est prolongée ou abrégée physiquement et que ce phénomène de transition n'a pas de rapport avec le nombre ou la qualité des harmoniques. Il semble que cette expérience nous donne une suggestion utile pour déterminer notre point de vue d'investigation sur l'effet de la durée vocalique envers la perception d'un caractère linguistique, c'est-à-dire, la reconnaissance de phonème. Pour cette expérience, deux mots monosyllabiques appariés ont été choisis; ils consistent chacun en un phonème vocalique identique avec cette différence que le phonème consonantal final est composé de la sonore ou de la sourde. La diction de ces mots est faite différemment suivant toutes les combinaisons possibles sur la durée de la voyelle et de la consonne: quatre durées différentes de voyelle et cinq durées différentes de consonne. Les mots synthétisés de cette manière ont été enregistrés et présentés à un groupe composé de 33 auditeurs à qui était demandé un jugement sur la perception de la consonne, c'est-à-dire, sur ce que la consonne finale avait été entendue comme sonore ou sourde. Le résultat de cette expérience montre à l'évidence que la durée relative de la voyelle et de la consonne semble pouvoir nous donner une piste pour la reconnaissance de la nature de la consonne.

Une autre expérience rapportée par D. B. Fry a été faite aussi dans le "Haskins Laboratories," New York. C'est un essai sur l'influence de certaines pistes physiques sur la perception du patron d'accent prosodique. Les matériaux choisis étaient un groupe de mots anglais dans lesquels un changement de fonction grammaticale du nom au verbe était habituellement associé avec le changement de position de l'accent prosodique, de la première syllabe à la seconde. Dans ce cas, le spectrogramme était employé pour déterminer la proportion de la durée et de l'intensité des voyelles dans ces mots. L'information donnée par le spectrogramme est importante parce qu'elle peut mettre en évidence ce fait que la perception par les auditeurs de l'accent prosodique montre une belle correspondance aux variations en proportion de la durée et de l'intensité. Le résultat des expériences montre aussi que la proportion de la durée et celle de l'intensité sont toutes deux différemment instructives pour juger l'accent prosodique, et que dans les matériaux étudiés la première instruction est plus effective que la seconde.

Au sujet de ces deux expériences faites au "Haskins Laboratories," on doit noter le fait suivant: grâce aux appareils principaux, c'est-à-dire, "sonograph" et "play-back machine" on peut former très facilement les phonèmes des diverses durées que l'on peut entendre. L'expérience sur la durée vocalique est facilitée par l'utilisation de ces sortes d'appareils.

En considérant les résultats des expériences susmentionnées, on est conduit à s'intéresser aux questions suivantes: en certaines circonstances, les connaissances phonétiques peuvent être affectées par des facteurs quelconques que nous ne pouvons découvrir assez clairement lorsque nous considérons ce phénomène isolément et analytiquement. Et nous ne pouvons négliger l'importance de la nature de la durée de transition des phonèmes précédant la voyelle considérée ou des phonèmes lui succédant. Il est naturellement clair que la durée de la voyelle, même celle de la syllabe, est étroitement liée à l'énergie de production des phonèmes conso-

nants. En outre, il semble qu'il y aie diverses conditions jouant des rôles importants dans la formation de la durée de la voyelle considérée. Suivant H. Delacroix, la durée perçue provient, non pas de la durée absolue, mais d'une comparaison entre les divers éléments du mot et de la phrase, d'après la vitesse du débit. De la même façon, T. Chiba a présenté son idée que la durée perçue est en rapport avec la vitesse moyenne du débit, montrant sa correspondance plus ou moins étroite entre l'accent, le nombre de syllabes du groupe étudié et la durée elle-même.

Quoi qu'il en soit, la quantité psychologique est sûrement fondée sur la quantité dépendante de la structure de voix en temps. Il nous semble qu'il y aie une relation entre la durée objective et la durée subjective, et qu'il soit nécessaire de prouver si la loi logarithmique en général peut subsister ou non dans cette relation.

Comme problème de durée vocalique, la structure de voix en temps doit être étudiée plus en détail. Problèmes actuels et urgents provenant de diverses branches dans la communication téléphonique ou radiophonique et qui semblent nous forcer à cette étude. Par exemple, au système "VODAS," il arrive souvent que le début du signal est tellement coupé et perdu qu'on ne l'entend pas. Cette circonstance montre que la performance du système "VODAS" dépend entièrement de la structure du début du signal de la voix.

Procédure d'Expérimentation

Pour examiner approximativement la distribution des durées vocaliques au sujet de la langue française, nous avons utilisé un disque sur lequel est enregistré un drame "La Voix Humaine,"* écrit par J. Cocteau et dicté par Mme Berthe Bovy de la Comédie Française.

Pour obtenir la figure des durées vocaliques des voix dans le disque, nous devons les enregistrer de nouveau sur l'oscillographe habituel. Le montage de tous les appareils employés est: l'audio-amplificateur pour la prise de l'oscillographe possède le circuit de "negative feed-back" et le circuit du filtre passe-haut qui est utilisé pour réduire le bruit de fond du disque.

TABLEAU 1. Valeurs de Durée de chaque Voyelle

	Valeur maximum (en ms)	Valeur minimum (en ms)	Valeur moyenne (en ms)
a	167	42	90
e	158	33	79
i	200	44	93
u	150	67	115
o	175	66	132

* C'est une pièce un peu dramatique composée d'un monologue de femme qui parle par téléphone. Différent de la conversation habituelle au téléphone, c'est un message très passionné, et conséquemment ce monologue donnerait un type de distribution des durées vocaliques dans la conversation la plus vive et émue, et non pas celui qui est trouvé dans un texte calme et froid. Mais notre but dans cette étude n'est pas de différencier particulièrement la distribution des durées dans les messages intellectuels de celle des durées dans les messages affectifs.

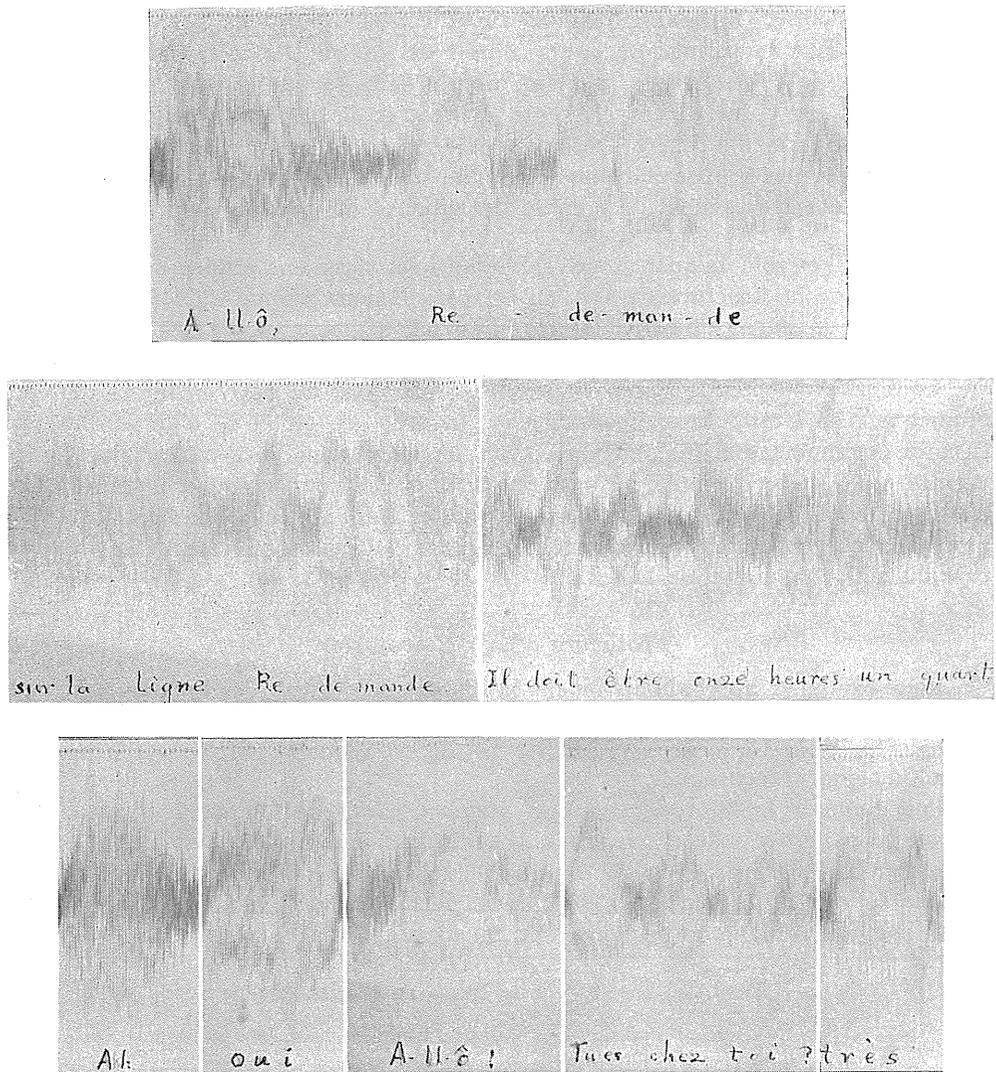


FIG. 1

Des parties des films du Résultat d'Expérimentation sur l'oscillographe sont montrées dans la Fig. 1. L'échelle de temps est graduée 1/120 de sec. par mm. Le Tableau 1 comporte les valeurs de durée mesurées pour chaque voyelle. La distribution des durées pour chaque voyelle est donnée dans la Fig. 2, où la durée est portée en abscisse et le nombre d'observation des voyelles qui correspondent aux durées portées en abscisse est graduée. De cette façon, nous pouvons montrer la distribution de durée en regard des quatre voyelles «a», «e», «i», «o».

Nous allons ensuite montrer dans le Tableau 2 le résultat d'observations sur la durée vocalique quand il s'agit de voyelle longue et de voyelle brève.

Dans ce tableau, nous ne pouvons trouver la différence assez distincte entre chacune des deux. Donc il est douteux que la durée objective puisse être la piste

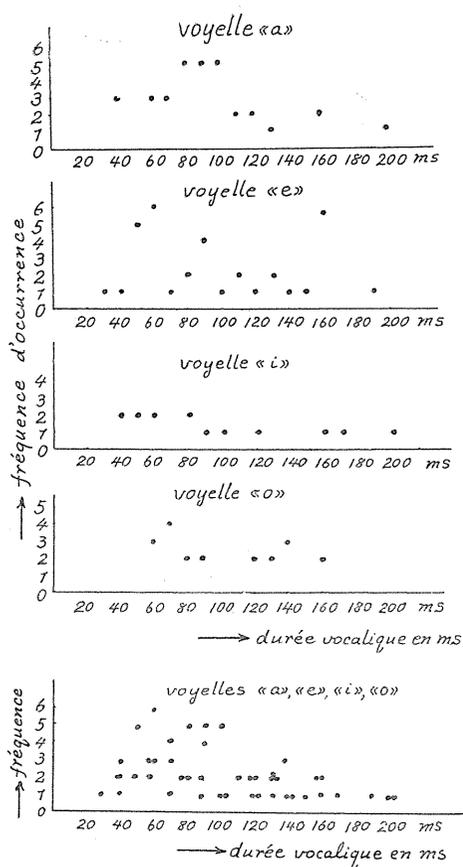


FIG. 2. Distribution de la durée vocalique pour diverses voyelles.

consonnes plus faibles peuvent continuer leurs mouvements propres et leurs durées conséquemment deviennent plus longues, l'emportant sur l'influence d'assimilation de la consonne subséquente. Mme Durand indiquait dans son livre que la voyelle suivie de la consonne sonore est perçue plus longue que la voyelle suivie de la consonne sourde. D'ailleurs, il est généralement connu que les consonnes «r», «z», «v», allongent les voyelles précédentes. Mais, quoique les voyelles suivies de consonnes sonores peuvent en effet être un peu longues, c'est vraiment insuffisant pour être considéré comme la piste qui distingue la voyelle longue de la voyelle brève. De plus, on doit se rappeler ce fait que le domaine de la distribution de

absolue pour distinguer la voyelle longue de la brève. Il nous semble que la voyelle longue est essentiellement différente de la voyelle brève. Nous ne pouvons les déduire l'une de l'autre.

Nous allons ensuite examiner l'influence des consonnes qui suivent les voyelles. Nous examinerons toutes les voyelles en ce qui concerne les changements de durée par les consonnes subséquentes. Le résultat est montré dans la Fig. 3. Dans cette figure, la durée des voyelles est portée sur l'ordonnée et, sur l'abscisse, sont portées les consonnes qui se rangent dans l'ordre suivant : les occlusives sourdes, les constrictives sourdes, les occlusives sonores, les constrictives sonores, les nasales, la latérale et la vibrante. L'examen de cette figure nous conduira au fait que la voyelle suivie de la consonne vibrante «r» ou de la consonne latérale «l» peut avoir la durée comparativement longue et que la durée des voyelles suivies de consonnes occlusives sourdes est comparativement brève. Il nous semble que les voyelles suivies de consonnes plus puissantes et influentes ne peuvent durer si longuement en conséquence de l'assimilation des phonèmes subséquents ; au contraire, à cause de l'assimilation, les voyelles suivies de

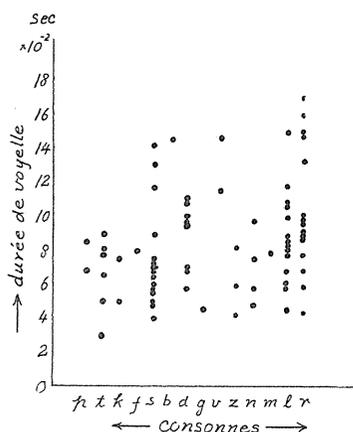


FIG. 3. Influence des diverses consonnes sur la durée des voyelles précédentes.

durée est comparativement restreint et étroit pour les voyelles brèves et celui de la distribution de durée est comparativement étendu et large pour les voyelles longues.

Discussion

D'après Trubetzkoy, on doit penser, de fait, que la distinction entre la voyelle longue et la voyelle brève dépend de la condition concernant le débit et la fin de la voyelle considérée. La durée des transitions des voyelles se présente ainsi à notre considération. Mais il est réellement impossible que nous mesurions avec précision la durée de la partie transitoire entre la voyelle et la consonne sur la prise d'oscillographe. Ce que nous pouvons dans ce cas pour notre dessein, c'est d'essayer d'obtenir la forme d'enveloppe de la voyelle comportant la consonne. La forme d'enveloppe de la voyelle est naturellement propre à la voyelle elle-même, mais elle peut révéler aussi l'influence de la consonne sur la voyelle.

Comme définition de voyelle longue, A. Gemelli indiquait: la voyelle longue est «celle où prévalent les périodes typiques en comparaison des périodes de transformation», et celle qui ne reçoit pas l'influence des phonèmes précédents ou subséquents n'est pas modifiée jusqu'à sa structure.

Nous avons mesuré le temps transitoire et décroissant de la voyelle de la manière suivante: comme "temps de décroissance," nous avons défini et déterminé l'intervalle de temps transitoire que nécessite la voyelle pour qu'elle diminue d'amplitude depuis 90% jusqu'à 10% de son maximum. Le résultat de cette observation est montré dans la Fig. 4, où l'ordonnée représente le temps de décroissance et l'abscisse, les consonnes qui suivent les voyelles.

Au premier coup d'oeil, il est évident qu'il y a une relation de similitude entre Fig. 3 et Fig. 4, en ce qui concerne la forme de distribution de durée. Cette similitude semble intéressante et importante, parce qu'elle montre que les voyelles,

dans la majorité des cas, peuvent avoir plus ou moins la partie de transition de durée et, de plus, que leur durée de transition est plus ou moins proportionnée à la durée entière. Puis, nous pouvons trouver que, d'après la manière de distribution, on peut diviser la durée des voyelles en deux groupes: un groupe de haute distribution et l'autre de basse distribution; le premier correspond à la voyelle

TABLEAU 2. Valeurs de Durée Maximum et Minimum au Sujet de Voyelles Longues et Brèves

	Valeur maximum (en ms)	Valeur minimum (en ms)
á	142	42
ā	167	50
ě	125	33
ē	101	52
ĩ	141	44
ī	200	92
ö	107	67
ō	175	75
ǎ	140	66
œ	168	84

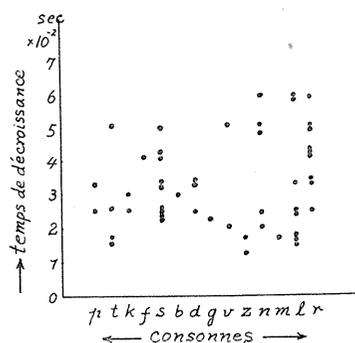


FIG. 4. Distribution du temps de décroissance des voyelles suivies des diverses consonnes.

longue, et le second, à la voyelle brève. Il nous semble d'ailleurs que les voyelles longues ont difficile de subir l'influence de la consonne subséquente. Quant à la voyelle brève, la consonne subséquente est séparée aisément de la voyelle par la coupure rapide et brusque, tandis qu'à la voyelle longue, la consonne subséquente n'est séparée que par la coupure lente et graduelle. En d'autres termes, la voyelle longue veut et peut conserver son mouvement propre quoique la consonne la suive; et la voyelle brève est aisément distinguée par dissimilation de la consonne subséquente.

Cependant, il y a plusieurs voyelles exceptionnelles qui, en dépit de la forte influence de la consonne subséquente, ne décroissent pas mais plutôt s'accroissent.

Par observation physique, il a été prouvé que l'occlusive sonore finale tente d'équilibrer l'énergie plus en bas que l'occlusive sourde. Mais, de notre observation sur la distribution de durée, nous ne pouvons attendre aucun symptôme qui l'indique. C'est pourquoi: plus forte est la consonne subséquente, plus haut s'équilibre l'énergie de la voyelle précédente; et en fin de compte, le temps de décroissance défini ci-dessus devient long.

Puisque sur la durée et sur le mouvement d'amplitude vocalique, l'énergie de la consonne qui précède la voyelle ne semble pas avoir une influence si forte que la consonne subséquente, l'examen de la consonne précédente peut être retranché. La voyelle peut être considérée comme commençante lorsque l'énergie d'impulsion de la consonne s'équilibre et se développe suivant son style propre, après que l'impulsion est complètement finie.

Naturellement la durée typique et propre des voyelles doit être discutée de divers points de vue. Mais il est très difficile de distinguer, de la forme d'enveloppe de voyelle, la part de voyelle la plus typique. La durée typique et propre est préférablement l'abstraite de la caractéristique mélodique.

En langue française, la quantité vocalique n'est pas seulement un résultat indispensable pour les considérations phonétiques, et la distinction de longueur ou de brièveté n'est pas nécessairement fondée sur la différence perceptible, mais elle suggère une possibilité de distinction.

Références

- 1) M. Durand: Voyelles longues et voyelles brèves. Librairie C. Klincksieck, Paris, 1946.
- 2) M. Grammont: Traité de phonétique, Paris, 1933.
- 3) P. Denes: Effect of duration on perception of voicing. JASA, July, 1955.
- 4) D. B. Fry: Duration and intensity as physical correlates of linguistic stress. JASA, July, 1955.
- 5) T. Chiba: A study of accent. Research into its nature and scope in the light of experimental phonetics. Tokio, 1935.
- 6) I. B. Crandall: Sounds of speech. BSTJ, Oct., 1925.
- 7) H. Delacroix: Le temps et les souvenirs. Dumas, Nouveau traité de psychologie, Tome V, Fasc. 4, Paris, 1936.
- 8) H. Bergson: Mémoire et vie. Presses Universaires de France, Paris, 1957.
- 9) A. Moles: L'étude et représentation de la note complexe en acoustique musicale. Annales des Télécommunications (Cahier d'Acoustique N° 46), Tome 7, N° 11, 1952.
- 10) A. Gemelli: Variations signalatorices et significatorices et variations individuelles des unités élémentaires phoniques du langage humain: moyens fournis par l'électro-acoustique pour les déceler et évaluation physiologique des résultats. Archivio di psicologia neurologia psichiatria e psicoterapia. 1^{re} année, Fasc. 1-2, Milan, 1939.
- 11) N. Trubetzkoy: Die Quantität als phonologischen Problem. Actes du 4^e congrès international des linguistes, Copenhagen, 1938.