Bruit et voix: de l'adaptation au forçage vocal

Maëva Garnier, Danièle Dubois, Nathalie Henrich Bernardoni

▶ **To cite this version:**

Maëva Garnier, Danièle Dubois, Nathalie Henrich Bernardoni. Bruit et voix: de l'adaptation au forçage vocal : Conceptions et implications méthodologiques. B. Vaxelaire, R. Sock, G. Kleiber et F. Marsac. Perturbations et Reajustements. Langue et langage., Université M. Bloch, pp.63-71, 2007. hal-00348704

HAL Id: hal-00348704
https://hal.science/hal-00348704

Submitted on 28 Dec 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BRUIT ET VOIX: DE L'ADAPTATION AU FORÇAGE VOCAL.
CONCEPTIONS ET IMPLICATIONS METHODOLOGIQUES

Maëva Garnier, Danièle Dubois, Nathalie Henrich
LAM (UPMC, CNRS, Ministère de la culture) - 11 rue de Lourmel, 75015 PARIS.
garnier@lam.jussieu.fr

RESUME

Cet article propose une revue de la littérature sur le **forçage vocal** ainsi qu'une nouvelle définition du forçage vocal comme **stratégie d'adaptation inefficace face à une situation de communication perturbée**. Nous présentons les implications méthodologiques de cette nouvelle définition pour l'étude de la parole produite dans des environnements bruyants, au niveau du moyen d'immersion dans le bruit, de la présence d'un interlocuteur, de l'instant des mesures. Deux études acoustiques et articulatoires illustrent par leur protocole et leurs résultats cette conception de la parole dans le bruit comme stratégie individuelle d'adaptation.

1. INTRODUCTION: LA COMMUNICATION EN ENVIRONNEMENT BRUYANT

Les environnements bruyants représentent une part importantes des situations de communication. De tels environnements perturbent à la fois l'intelligibilité de la conversation mais également la perception que le locuteur a de sa propre voix. Pour parvenir à compenser ces perturbations et maintenir un bon niveau de compréhension, il est nécessaire de modifier sa façon de parler. Cette adaptation vocale est connue sous le nom d'"effet Lombard" et consiste en particulier à augmenter l'intensité et la hauteur de la voix [1]. Ce type de production vocale se rapproche de la voix forte ou de la voix criée [2], au point d'y être souvent confondu. Il a été également caractérisé par des réorganisations articulatoires [3], prosodiques [4], par des changements au niveau du rythme, du contenu spectral, des formants vocaliques et de la qualité vocale [5,6,7]. **L'intérêt de considérer la parole dans le bruit comme une adaptation**, plutôt que comme une voix à forte amplitude parmi d'autres, se fonde sur l'hypothèse qu'une adaptation est dépendante de la perturbation qui l'engendre. Dans notre cas, nous effectuons l'hypothèse que l'adaptation vocale va être influencée par les caractéristiques de l'environnement bruyant (différents niveaux d'intensité, différents contenus spectraux, différentes activités reliées à ces environnements sonores). De plus, **la notion d'adaptation se fonde sur le principe qu'un but est à préserver en dépit de la perturbation imposée**. Pour parvenir à maintenir l'intelligibilité du message à la fois pour l'interlocuteur que pour soi-même, différentes stratégies compensatoires peuvent être mises en oeuvre, à la fois pour une même personne, et entre deux personnes différentes. Cependant, si l'**intention** de préserver l'intelligibilité gouverne l'adaptation, la **réalisation** d'une stratégie adaptative n'atteint malheureusement pas toujours son but. Certaines personnes ne parviennent pas à trouver une stratégie efficace, et s'époumonnent sans succès, parfois jusqu'au disfonctionnement vocal, tandis que d'autres semblent pouvoir communiquer sans effort dans le bruit le plus intense. La comparaison des différences interindividuelles de stratégies d'adaptation à un environnement bruyant et l'évaluation de leur efficacité et de leur salubrité pour la voix est ainsi d'un grand intérêt dans le but de comprendre les facteurs environnementaux, individuels et comportementaux qui peuvent conduire certaines personnes au forçage vocal. De nombreuses études en laboratoire et in situ [8,9] se sont déjà penchées sur ce problème et ont permis de caractériser les modifications de la voix consécutives à des tâches de phonation en voix criée ou en environnement bruyant. Ces types de productions vocales sont dans ce cas envisagés comme des tâches entraînant une réaction invariante: le forçage vocal. A notre connaissance, aucune étude n'a pour l'instant étudié l'adaptation vocale en environnement bruyant non pas comme une cause de forçage ou de fatigue vocale, mais comme caractéristique elle-même du forçage vocal. **La conception d'une problématique conditionne les protocoles à mettre en place pour l'étudier**. C'est pourquoi nous nous proposons dans une première partie de cet article de faire une synthèse des différentes conceptions du forçage vocal dans la littérature, puis nous exposerons dans une deuxième partie nos réflexions quant aux méthodologies expérimentales d'étude des stratégies d'adaptation vocale en environnement bruyant. Enfin, nous évoquerons deux études acoustiques et articulatoires de la parole Lombard pour lesquelles nous avons mis en pratique ces réflexions.

2. LES DIFFERENTES CONCEPTIONS DU FORÇAGE VOCAL DANS LA LITTERATURE

Le problème du forçage vocal et de la communication en environnement perturbé est préoccupant pour de nombreuses professions pour lesquelles la voix est un outil de travail [10]. Les enseignants utilisent leur voix de façon prolongée et le bruit de fond d'une classe les contraint à parler plus fort, jusqu'à atteindre à certains moments des intensités proches de la voix criée (de 90 à 110 dB) [2]. De nombreux travaux de recherche ont été menés depuis une dizaine d'années sur ce problème, évoqué dans la littérature par le biais des termes

vocal loading, vocal strain, loud voice, vocal load, vocal effort, vocal fatigue, voice abuse, voice disorders, misuse of the voice [11,12,13,14]. Les nuances suggérées par ces différentes dénominations ont du mal à trouver leur équivalent exact en français (*forçage/tension vocal(e), charge/effort vocal(e), malmenage/ surmenage/ abus/ disfonctionnement vocal, voix hyperfonctionnelle/ forte/ forcée*). Mais surtout, la plupart des études abordent intuitivement ces concepts sans en donner de définition explicite, et leurs protocoles expérimentaux semblent traduire des différences de conception.

Dans la majorité des études, le forçage vocal est conçu comme une utilisation excessive de la voix dans le cadre de situations de communication particulières ou de modes de production s'écartant de la parole "confortable": En particulier, le forçage vocal est souvent assimilé à des productions vocales de forte amplitude (voix forte, criée, projetée, d'appel, de détresse, d'insistance). Un environnement bruyant ou une augmentation de la distance entre les interlocuteurs [14] sont souvent utilisés comme condition perturbée pour amener des personnes à parler plus fort. Dans d'autres études, il est simplement demandé à la personne de parler plus fort ou de s'aider d'un vu-mètre pour atteindre un niveau sonore imposé [3]. L'élévation de la hauteur de la voix a été également étudiée comme facteur de forçage [15].

Dans d'autres études [16], le forçage vocal est provoqué par un usage prolongé de la voix. En particulier, Vintturi définit le "ESVL", ou "early stage of vocal loading " comme les 45 premières minutes de parole ininterrompue [13].

Par ailleurs, le forçage vocal est souvent défini hors situation de communication ou tâche de forçage spécifiée, par exemple par un travail musculaire excessif au niveau du larynx et une augmentation des tensions péri-laryngées, par un manque d'efficacité vocale au niveau aérodynamique, i.e par un mauvais rendement entre l'air expiré et le son produit, souvent lié à une mauvaise respiration (thoracique plutôt qu'abdominale) ou à une posture du corps inadaptée. De même, dans le but de réaliser un diagnostic sur les personnes souffrant de problèmes vocaux, le forçage est très fréquemment caractérisé par ses symptômes [17], qu'ils soient physiologiques (élévation de la viscosité, de la raideur et de la température des cordes vocales [18], modification de vibration des cordes vocales [19], irritation de la gorge, aphonie, douleurs dans la nuque et les épaules), acoustiques (ruptures de pitch, réduction de la gamme d'intensités et de la tessiture) ou perceptives (instabilité de la hauteur de la voix, qualité vocale soufflée, rauque, serrée ou tendue, phonation semblant laborieuse). Le forçage vocal est d'ailleurs un critère perceptif d'évaluation de la qualité vocale pour l'échelle GRBAS (paramètre S, "Strain") [20] Ainsi, le forçage vocal est tantôt abordé du point de vue de l'étude des **pathologies vocales**, tantôt du point de vue de la **prévention** des voix professionnelles, ce qui est assez différent.

D'un point de vue "temporel", le forçage vocal est tantôt défini comme un comportement ou un geste vocal **au cours** d'une situation de communication. Tandis que d'autres études caractérisent le forçage vocal par l'état **conséquent à** un effort vocal: la voix du locuteur est comparée avant et après une tâche éprouvante.

Quant à l'intervalle de temps sur lequel se porte l'observation du forçage vocal, il peut être parfois très ponctuel: un cri intense ou une forte toux sont considérés comme un forçage sur le larynx. D'autres études considèrent plutôt le forçage vocal à l'échelle d'une situation de communication (de plusieurs minutes à une journée), comme une adaptation inappropriée à ce contexte. Enfin, certaines études s'intéressent au forçage vocal chronique se répétant à chaque confrontation du locuteur à une situation de communication demandeuse d'effort vocal, et pouvant conduire à de sérieux disfonctionnements du larynx (oedèmes, polypes, nodules, kystes) nécessitant le recours à un orthophoniste ou à un phoniatre.

Parmi les facteurs de forçage recensés dans la littérature, on peut regrouper les facteurs relatifs à la situation comme le manque d'humidité de l'air ou la présence de gaz, de fumées ou de vapeurs [21,10], l'acoustique de certaines salles ou une posture inconfortable. Au niveau des facteurs individuels, le genre du locuteur, son stress, ses habitudes tabagiques, sa personnalité ont une influence sur le forçage vocal, de même que la fréquence d'utilisation de la voix ou le mauvais traitement de signes précurseurs. A l'inverse, le travail de la voix par le chant permettrait de réduire les risques de forçage vocal.

3. IMPLICATIONS METHODOLOGIQUES

Ces différentes conceptions du forçage vocal ont des implications lorsqu'il s'agit de mettre au point un protocole pour l'étudier. Tout d'abord, l'objectif d'étudier le forçage vocal en tant que **stratégie d'adaptation** impose d'enregistrer un locuteur en situation d'effort pour le comparer à sa parole conversationelle et non de l'enregistrer après une situation d'effort pour le comparer à sa parole au repos. La caractérisation du forçage vocal par ses conséquences nous semble discutable car il est tout à fait possible d'observer les mêmes conséquences ou les mêmes symptômes après des tâches de production vocale très différentes (bruit, phonation prolongée,etc.). En outre l'étude de la phonation prolongée pose un réel problème conceptuel pour caractériser le forçage ou la fatigue vocale, du fait de la grande variabilité interindividuelle de l'endurance vocale [23]. L'apparition de fatigue n'est pas toujours le signe d'une mauvaise utilisation

du larynx: même en parole normale et hors situation de forçage, personne n'est capable de fournir d'effort musculaire illimité. Cependant, certains individus vont se fatiguer moins vite que d'autres, grâce à une constitution plus résistante du larynx, et indépendamment de leur comportement vocal. Cela implique que certaines personnes peuvent tenir plus longtemps avec un geste inapproprié que d'autres avec un geste sain. Il ne faut donc pas perdre de vue que le forçage vocal est une stratégie d'adaptation **individuelle**. Il n'est donc pas possible de définir le forçage par le temps de résistance à la fatigue ou au symptôme pour une tâche donnée, ni par l'état de la parole du locuteur au bout d'un temps donné.

Par ailleurs, si on envisage de caractériser le forçage comme une stratégie d'adaptation individuelle **inefficace**, en comparant l'efficacité des stratégies d'adaptation de différents locuteurs, l'évaluation de l'efficacité vocale pose alors un autre problème de définition. L'efficacité vocale est en effet définie de diverses façons dans la littérature [24]: par le rendement de l'énergie acoustique produite sur l'énergie aérodynamique consommée, par le rendement de l'énergie acoustique sur l'énergie musculaire dépensée, par l'émergence du formant du chanteur, par la perception de l'effort fourni ou l'intelligibilité du message énoncé.

Enfin, nous avons évoqué que les différentes phonations à forte amplitude étaient souvent considérées comme équivalentes du point de vue de l'effort fourni. Cependant, la parole Lombard se distingue de ces autres modes de production sur plusieurs points : Les voix criées émotionnelles (colère, joie) ou provoquées en laboratoire (contrôle au vu-mètre) sont produites de façon intentionnelles, sans avoir à s'adapter à une perturbation de l'intelligibilité. Si l'intensité peut être comparable à celle de la parole Lombard, le contenu spectral, l'articulation ou l'intonation n'ont pas de raison d'être semblables. De plus, l'effet Lombard n'est pas seulement induit par la volonté de compenser la perte d'intelligibilité [25], mais est également en partie gouverné par un réflexe physiologique au niveau de l'oreille [26]. Cela a plusieurs implications méthodologiques : L'immersion du locuteur dans le bruit classiquement effectuée à l'aide d'un casque est problématique puisque le port du casque induit déjà en soi un premier effet Lombard par l'atténuation du retour auditif qu'il impose [27]. Il est donc préférable de restituer l'environnement bruyant à l'auditeur par le biais de haut-parleurs. Ensuite, la volonté de préserver l'intelligibilité étant à la base de l'adaptation vocale **à une situation de communication**, il nous semble indispensable que la tâche de production vocale de l'expérience inclue une interaction avec un interlocuteur nécessitant le fait d'être compris. Par conséquent, les mots prononcés au cours de la tâche de production doivent avoir une signification pour l'interlocuteur, au moins dans le contexte de l'expérience.

4. EXEMPLE DE DEUX ETUDES ACOUSTIQUE ET ARTICULATOIRE

Dans une première étude, nous avons exploré les modifications acoustiques, phonétiques et glottiques de la parole de 10 locuteurs immergés dans 2 types de bruit (bruit blanc et bruit de conversation), pour 4 niveaux de bruit (62,70,78 et 86 dBC). Les locuteurs jouaient à un jeu nécessitant un dialogue interactif, et nécessitant la prononciation semi-spontanée de 16 mots-cibles de forme CVCV représentant la grande majorité des phonèmes du français. Par ailleurs, afin d'examiner l'influence du moyen de restitution du bruit sur l'adaptation vocale, nous avons effectué ces enregistrement pour trois types de restitution du bruit (par casque, par casque avec retour (réinjection de la voix du locuteur dans son casque), par haut-parleurs). Enfin, nous avons questionné par écrit les locuteurs sur leur ressenti après chaque condition d'enregistrement. Les résultats ont montré une influence significative du moyen de restitution du bruit sur le ressenti du locuteur et sur son adaptation acoustique et glottique. (cf figure1)

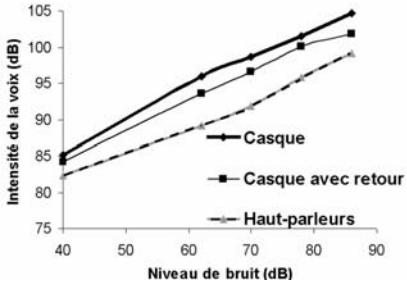

Fig1: Intensité moyenne de la voix en fonction du niveau de bruit, pour 3 moyens d'immersion dans le bruit

Le type de bruit joue également un effet significatif, montrant en cela que l'effet Lombard n'est pas seulement un effet réflexe à l'intensité du bruit, mais un comportement adaptatif à un environnement sonore. Enfin, différentes stratégies interindividuelles ont été observées: certains locuteurs jouent principalement sur l'intensité de leur voix, tandis que d'autres exploitent davantage la répartition d'énergie spectrale pour émerger du bruit. Enfin, on observe également des modifications prosodiques (amplification de l'intonation et des indices de segmentation des mots dans la phrase, allongement des voyelles...) témoignant d'une réorganisation de la parole dans le bruit dans le but d'accroître l'intelligibilité. De plus amples informations sont disponibles dans [28].

Dans une deuxième étude, nous avons observé les modifications articulatoires de la parole de 3 locutrices immergées dans deux types de bruit à 85dBC, restitués par haut-parleurs. Nous avons cette fois comparé deux tâches consistant en un jeu nécessitant ou pas l'interaction avec un interlocuteur. 17 logatomes de type CVCV étaient traités dans le contexte du jeu comme des noms

propres, et permettaient d'étudier 3 consonnes bilabiales (/p/, /b/, /m/) et 6 voyelles (/a/, /e/, /i/, /y/, /u/, /ã/) dans des contextes phonétiques contrôlés. Par ailleurs, nous avons également enregistré ce même corpus en voix criée et en voix hyperarticulée. Nous avons de nouveau observé un effet significatif du type de bruit sur l'évolution des paramètres labiaux dans le bruit (cf figure2), ainsi qu'une hyperarticulation beaucoup plus importante en tâche interactive. Enfin, les paroles Lombard, criée et hyperarticulée montrent des carcatéristiques différentes au niveau articulatoire, spectral et prosodique. Les résultats de l'étude pilote à cette deuxième étude sont exposés plus en détail dans [29].

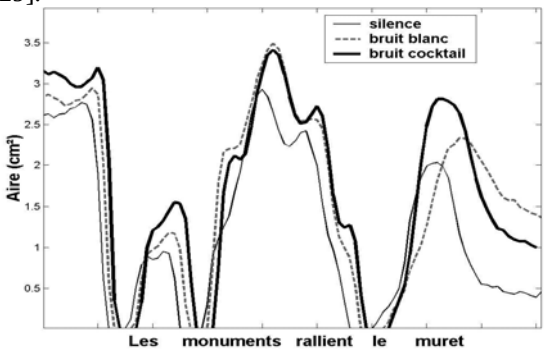

Fig2: Aire intérolabiale mesurée sur un même énoncé dans trois conditions différentes: dans le silence, le bruit blanc et le bruit cocktail.

6.REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] E. Lombard. "Le signe de l'élévation de la voix", *Ann.Mar. Oreil. Larynx* 37, pp. 101–119, 1911.

[2] D. Rostolland. "Phonetic structure of shouted voice", *Acta Acustica* 51, pp. 80–89, 1982.

[3] R. Schulman. "Articulatory dynamics of loud and normal speech", *Jasa* 85 (1), pp. 295–312, 1989.

[4] J. Mejvaldova, M. Dohalska. "Rôle de la prosodie dans la communication en milieu bruité", *actes des 10èmes JEP, Aussois, France*, pp. 265–268, 2000.

[5] W. Van Summers, DB. Pisoni, RH. Bernacki, RI. Pedlow, MA. Stokes. "Effect of noise on speech production: acoustic and perceptual analyses", *Jasa* 84(3), pp. 912-928, 1988.

[6] JC. Junqua. "The Lombard reflex and it role on human listener and automatic speech recognizers", *Jasa* 93 (1), pp. 510–524, 1993.

[7] A. Castellanos, JM. Benedi, F. Casacuberta. "An analysis of general acoustic-phonetic features for Spanish speech produced with the lombard effect", *Speech comm.* 20, pp. 23-35, 1996.

[8] A. Szabo, B. Hammarberg, S. Granqvist, M. Södersten. "Methods to study pre-school teachers' voice at work: simultaneous recordings with a voice accumulator and a DAT recorder", *J. of Voice* 16 (3), pp. 356–370, 2002.

[9] L Rantala, E Vilkman, R Bloigu. "Voice changes during work: subjective complaints and objective measurements for female primary and secondary schoolteachers", *J. of Voice* 16 (3), pp. 344–355, 2002.

[10] E. Vilkman. "Voice problems at work : A challenge for occupational safety and health arrangement", *Folia Phoniatr Logop.* 52, pp. 120–125, 2000.

[11] M.A. Maclagan, N.V.Welham. "Vocal fatigue : current knowledge and future directions", *J. of Voice* 7 (1), pp. 21–30, 2003.

[12] A. Sonninen et al., "On vocal strain", *Folia Phoniatrica* 24, pp. 321–336, 1972.

[13] J. Vintturi. "studies on voice production with a special emphasis on vocal loading, gender, some exposure factors and intensity regulation", *thèse de médecine, université d'Helsinki*, 2001.

[14] H. Tranunmüller, A. Eriksson. "Acoustic effects of variation in vocal effort by men, weomen and children", *Jasa* 107 (6), pp. 3438–3451, 2000.

[15] H. Gutzmann. "Sprachheilkunde", *Berlin Fischers Medizinische Buchhandlung*, 1912.

[16] E. Vilkman, ER. Laud, P. Alku, E. Sala, M. Sihvo. "Effect of prolonged oral reading on fo, spl, subglottal pressure and amplitude characteristics of glottal flow waveforms", *J. of Voice* 13, pp. 303–315, 1999.

[17] B.E. Kostyk, A.P. Rochet , "Laryngeal airway resistance in teachers with vocal fatigue : a preliminary study", *J. of Voice* 12(3), pp. 287-99, 1998.

[18] I.R. Titze. "Vocal fatigue: some biomechanical considerations", *actes du XIIème symposium "care of the professional voices", New York*, 1984.

[19] S.E. Linville. "Changes in glottal configuration in women after loud talking", *J. of Voice* 9 (1), pp. 57–65, 1995.

[20] PH. Dejonckere, C. Obbens, GM. De Moor, GH. Wieneke. "Perceptual evaluation of dysphonia : reliability and relevance", *Folia Phoniatrica* 45 (2), pp. 76–83, 1993.

[21] B. Hoffman-Ruddy, J. Lehman, C. Crandell, D. Ingram, C. Sapienza. "Laryngostroboscopic, acoustic, and environmental characteristics of high-risk vocal performers", *J. of Voice* 15 (4), pp. 543–552, 2001.

[22] J. Vintturi, P. Alku, ER. Lauri, E. Sala, M. Sihvo, E. Vilkman. "Objective analysis of vocal warm-up with special reference to ergonomic factors", *J. of Voice* 15 (1), pp. 36–53, 2001.

[23] R. Buekers. "Are voice endurance tests able to assess vocal fatigue ?", *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 23 (6), pp. 533–538, dec 1998.

[24] C. Pillot. "Sur l'efficacité vocale dans le chant lyrique. Aspects physiologique, cognitif, acoustique et perceptif", *thèse de doctorat, université Paris 3*, 2004.

[25] H. Lane, B. Tranel, C. Sisson. "Regulation of voice communication by sensory dynamics", *Jasa* 47 (2), pp. 618–624, 1970.

[26] HL Pick, GM. Siegel, PW. Fox, SR. Garber, JK. Kearney. "inhibiting the Lombard effect", *Jasa* 85 (2), pp. 894–900, 1989.

[27] T. Frank, J. Tufts. "Speech production in noise with and without wearing hearing protection", *Jasa* 114 (2), pp. 1069–1080, 2003.

[28] M. Garnier, N. Henrich, D. Dubois, JD. Polack. "Est-il valide de considérer l'effet Lombard comme un phénomène linéaire en fonction du niveau de bruit ? ", *Actes du 8ème CFA, Tours*, 2006.

[29] M. Garnier, L.Bailly, M.Dohen, H. Lœvenbruck, P. Welby. "Etude acoustique et articulatoire de la parole Lombard", actes des *XXVIèmes JEP, Dinard*, 2006.