

Relation entre pression sous glottique et intensité: étude des voyelles du français

Véronique Lecuit^{1*} et Didier Demolin²

¹Laboratoire de Phonétique Expérimentale,

²Laboratoire de Phonologie,

Université Libre de Bruxelles,

av. F.-D. Roosevelt, CP110,

B-1050 Bruxelles–Belgique

Tél.: (32 2) 650 49 12 – Fax: (32 2) 650 20 07 – e-mail vlecuit@ulb.ac.be

ABSTRACT

This paper presents a study of the relationship between intensity and subglottic pressure in the production of french vowels during continuous speech. The study is based on direct measurement of subglottic pressure by tracheal puncture.

1. INTRODUCTION

Cette étude concerne la relation entre la pression sous-glottique (PSG) et l'intensité du signal de parole dans le cas des voyelles du français en parole continue. Une particularité de cette recherche provient du fait que nous disposons de la mesure directe de la PSG. Il nous a paru intéressant de nous pencher sur le problème du contrôle de l'intensité car c'est un problème complexe. En effet, selon Titze [Tit94], l'intensité peut être contrôlée au moyen de trois types de mécanismes: i) ajustement de la pression des poumons, ii) ajustement laryngéal, et iii) ajustement du conduit vocal. Plusieurs auteurs se sont intéressés aux points i) et ii), notamment Ladefoged et McKinney [Lad63], Isshiki [Iss64], Strik et Boves [Str92], par mesure directe de PSG, Holmberg et al. [Hol88], McAllister et Sundberg [Mac96], par mesure indirecte de la PSG. En ce qui concerne les voyelles du français, Marchal et Carton [Mar79] présentent une étude sur la parole continue, en estimant la PSG à partir des valeurs de la pression oesophagienne corrigée en fonction des forces élastiques du poumon. Cependant, les données quantitatives restent rares, et tout nouvel apport en ce sens concourt à une meilleure compréhension des mécanismes impliqués. Ce papier présente les résultats obtenus sur un sujet masculin et un sujet féminin. Cette étude sur deux sujets ne constitue qu'un préliminaire à une étude plus vaste rassemblant 10 sujets francophones.

2. MÉTHODE

Deux sujets ont participé à cette étude. Un sujet francophone masculin de 43 ans, un sujet francophone féminin de 29 ans. Les deux sujets ne présentaient aucune pathologie du larynx et n'étaient pas entraînés pour la tâche. La pression sous glottique (PSG), la pression intra-orale (PIO), le débit d'air nasal, le débit d'air buccal et le signal de parole ont été enregistrés simultanément au moyen de la procédure suivante. Les

enregistrements ont lieu à l'unité ORL de l'hôpital Erasme, Université de Bruxelles. Un tube flexible en caoutchouc (2mm diam. interne) est introduit à travers la cavité nasale jusqu'à l'oropharynx pour la mesure de PIO. Une aiguille (2mm diam. interne) est introduite dans la trachée après anesthésie locale (2% Xylocaine). Un tube du même type que le tube utilisé pour la PIO est connecté à l'aiguille. Le débit d'air buccal est mesuré avec un masque flexible en silicone. Le débit d'air nasal est mesuré au moyen d'une olive en silicone introduite dans la narine et reliée à un tube en plastique de 0.5 cm de diamètre. Tous les tubes et les masques sont reliés au polyphonomètre, station d'acquisition automatique de paramètres aérodynamiques de la parole, développée à l'institut de phonétique d'Aix (France) [Tes83]. Cette station possède un module de post-traitement des données qui nous a permis de calculer l'intensité (RMS) du signal de parole et la fréquence fondamentale (méthode du peigne). La tâche des sujets était de prononcer un corpus de 13 phrases du français, et ce à trois niveaux d'intensité différents: faible, normal, fort. Les sujets choisissant eux même pour chaque niveau l'intensité la plus confortable. Le choix des phrases est tel que l'on peut avoir un échantillon de voyelles dans des contextes divers. Nous avons ensuite relevé la mesure des différents paramètres au milieu de chaque voyelle. Après analyse, une partie des données correspondant au sujet masculin a du être éliminée, la mesure de PSG n'étant pas correcte (obstruction de l'aiguille). Toutes les plages d'intensité n'ont donc pas pu faire l'objet de mesure. Les données prises en considération sont 200 mesures réalisées sur l'ensemble des voyelles du sujet masculin, et 400 mesures sur l'ensemble des voyelles du sujet féminin.

3 RÉSULTATS

Le but de cette étude étant l'étude de la relation entre PSG et intensité pour les voyelles du français, nous avons tenu à présenter les résultats en séparant chaque voyelle pour chaque sujet (figures 1 à 4). Ceci nous permet de nous affranchir d'une éventuelle influence sur l'intensité due à la forme spécifique du conduit vocal liée à chaque voyelle. Afin de pouvoir comparer nos résultats avec les études existantes, nous avons calculé les équations de régression entre l'intensité et le logarithme de la PSG. Les coefficients des droites de régression (i ordonnée à l'origine, p pente) ainsi que le coefficient de corrélation (r) entre log PSG et intensité sont rassemblés dans une table (table 1). Pour chaque

paramètre, nous avons calculé la moyenne et l'écart type sur l'ensemble des voyelles. La dernière ligne de la table correspond au calcul de l'équation de régression sur l'ensemble du corpus pour chaque sujet.

Table 1: Coefficients de régression et coefficients de corrélation pour la relation entre log PSG et intensité.

	Sujet masculin			Sujet féminin		
	i	p	r	i	p	r
[a]	44.395	26.541	0.76	27.924	49.898	0.97
[œ]	39.466	32.652	0.81	30.055	44.490	0.94
[i]	35.631	27.860	0.79	24.586	45.832	0.89
[ɔ]	40.085	32.049	0.90	29.143	46.026	0.94
[y]	49.162	15.306	0.40	27.053	41.520	0.91
[e]	46.559	23.273	0.85	38.014	33.214	0.93
[ɛ]	44.149	26.083	0.84	31.970	42.304	0.97
[u]	44.597	22.134	0.66	25.797	43.412	0.96
[ø]	37.834	34.579	0.88	34.268	38.026	0.98
[o]	41.829	29.379	0.92	27.556	45.686	0.97
moy.	40.043	32.746	0.82	28.927	43.752	0.95
dev. st.	11.18	13.66	0.15	4.41	4.813	0.03
tout	41.79	27.83	0.67	31.725	40.79	0.86

Table 2: Incréments d'intensité (en dB) correspondant à un incrément de 2 hPa de PSG pour chaque voyelle et chaque sujet (F féminin, M masculin).

	[a]	[œ]	[i]	[ɔ]	[y]	[e]	[ɛ]	[u]	[ø]	[o]
F	15.0	13.4	13.8	13.8	12.5	10.0	12.7	13.1	11.4	13.7
M	8.0	9.8	8.4	9.6	4.6	7.1	7.8	6.7	10.4	8.8

Incréments d'intensité (en dB) correspondant à un incrément de 2 hPa de PSG

On observe un lien très étroit entre la PSG et l'intensité pour les deux sujets. Pour le sujet féminin, le coefficient de corrélation associé à la droite de régression est en général largement supérieur à .90. En ce qui concerne le sujet masculin, on observe une moins bonne corrélation, ainsi que de très grandes variations d'une voyelle à l'autre de .40 pour [y] à .92 pour [o]. Ceci pourrait s'expliquer en partie par un manque de données dans une certaine gamme d'intensité, notamment pour le [u]. Vu que notre méthode de mesure directe diffère fortement de la méthode indirecte utilisée par [Mar79] il est périlleux de vouloir comparer les résultats, cependant on observe le même type de relation entre PSG et intensité, tout en notant une moins grande dispersion des données relatives à chaque voyelle dans notre cas. La table suivante, (table 2), montre les incréments d'intensité (en dB) correspondant à un incrément de 2 hPa de PSG pour chaque voyelle et chaque sujet. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles publiées dans la littérature, 9.9 dB [Iss64], 13 dB [Hol88]. Il reste à vérifier si la différence entre le sujet masculin et le

sujet féminin est liée à des différences interpersonnelles ou bien au sexe du sujet.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous observons un lien très net entre la PSG et l'intensité. Il est donc nécessaire de s'interroger sur les facteurs contrôlant la la PSG. On peut émettre deux hypothèses: soit un contrôle au niveau des poumons, la variation de PSG provenant d'une variation du volume pulmonaire, soit un contrôle au niveau du larynx, provenant d'une variation de l'impédance glottique. Si l'on veut tester ces hypothèses il est très important, d'une part, de bien séparer les problèmes en préparant des protocoles adaptés à chaque hypothèse et d'autre part, de bien définir les paramètres pris en compte. On assiste trop souvent à la multiplication de paramètres dérivés à partir des mesures qui sont inutilisables, car trop liés au protocole expérimental utilisé. Si l'on considère par exemple la notion de seuil de phonation, la mesure de ce seuil dans les expériences MacAllister [Mac96] ne correspond pas à la définition stricte au sens où Titze l'entend [Tit94].

BIBLIOGRAPHIE

- [Hol88] Holmberg E.B., R.E. Hillman, J.S. Perkell. (1988), "Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 84, 2, pp. 511-529.
- [Iss64] Isshiki N. (1964) "Regulatory mechanism of voice intensity variation", *J. Speech Hearing Res.*, Vol. 7, pp. 17-29.
- [Lad63] Ladefoged P. et N.P. McKinney. (1963) "Loudness, Sound Pressure, and Subglottal Pressure in Speech", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol 35, 4, pp. 454-460.
- [Mac96] Mc Allister A. et J. Sundberg. (1996), "Data on subglottal pressure and SPL at varied vocal loudness and pitch in 8 to 11-year-old children", *TMH-QPSR*, Vol. 4, pp. 27-35.
- [Mar79] Marchal A. et F. Carton. (1979), "La pression sous-glottique: mesure et relation avec l'intensité et la fréquence fondamentale", *Séminaire Larynx et Parole*, ICP Grenoble, pp. 315-327.
- [Str92] Strik H. et L. Boves. (1992), "Control of fundamental frequency, intensity, and voice quality in speech", *Journal of Phonetics*, Vol. 20, pp. 15-25.
- [Tes83] Teston B. (1983), "Un système de mesure des paramètres aérodynamiques de la parole: le polyphonomètre modèle III", *Travaux de L'Institut de Phonétique d'Aix*. Vol. 9, pp. 373-383.
- [Tit94] Titze I.R. (1994) *Principles of Voice Production*, Prentice Hall.

*Projet de la Communauté Française de Belgique, ARC 93/98-168.

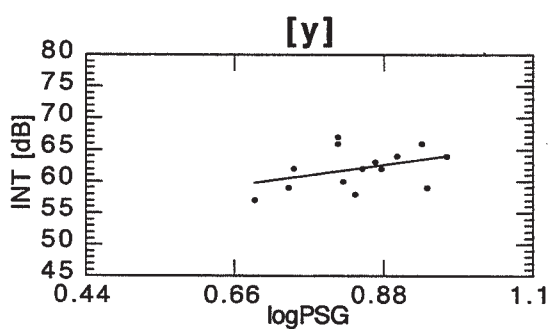
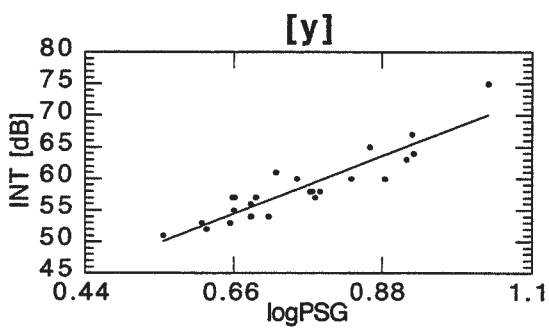
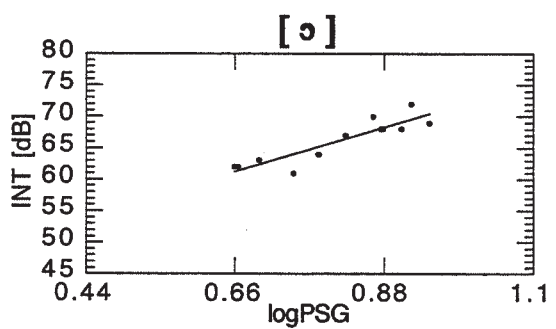
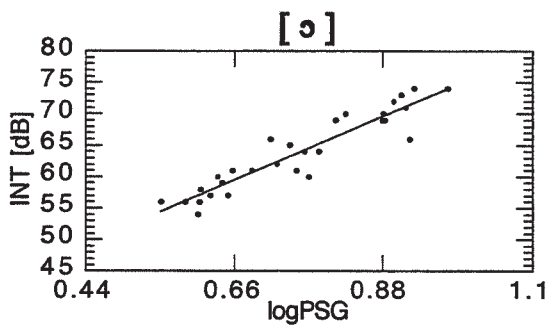
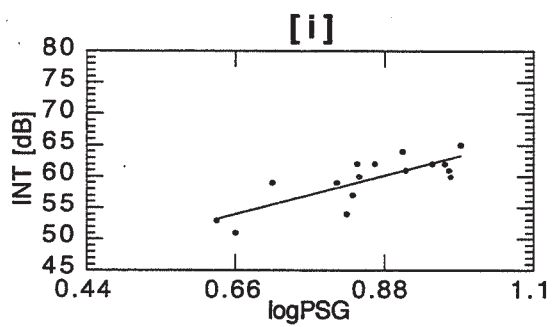
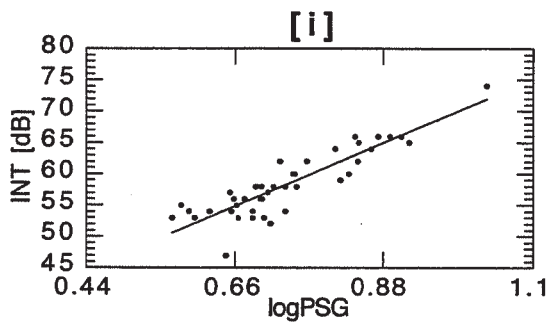
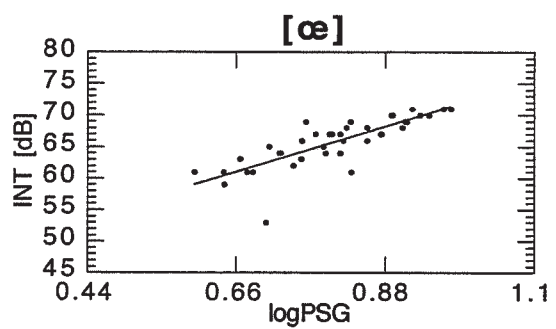
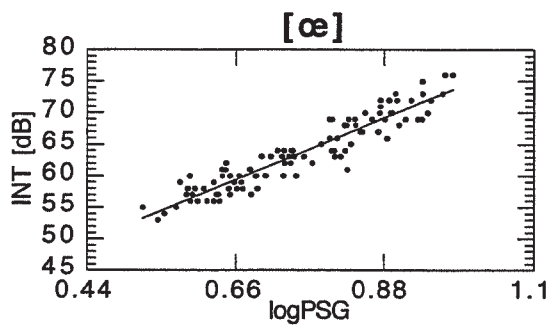
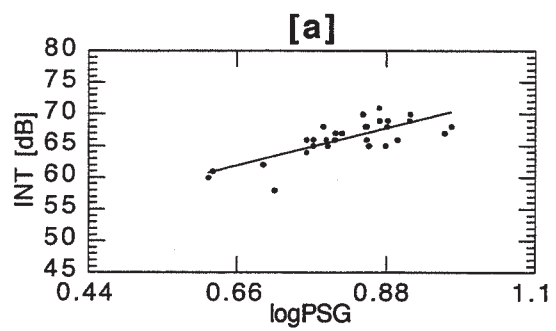
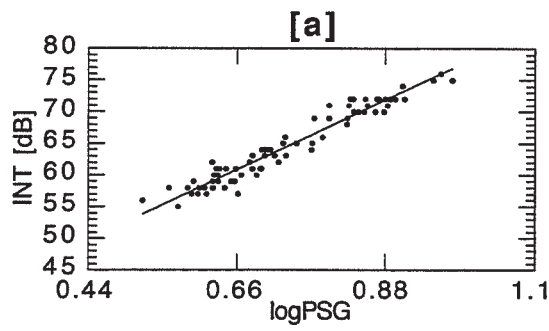


Figure1: Intensité vs log PSG sujet féminin

Figure2: Intensité vs log PSG sujet masculin

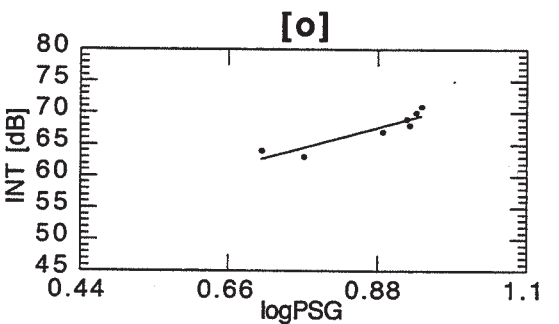
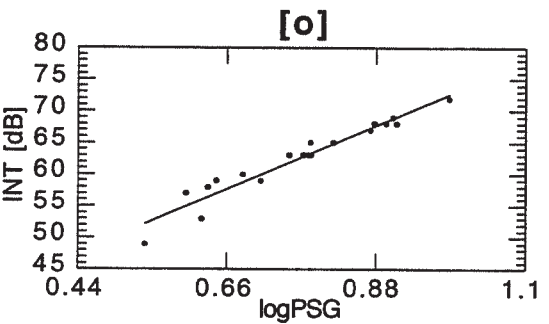
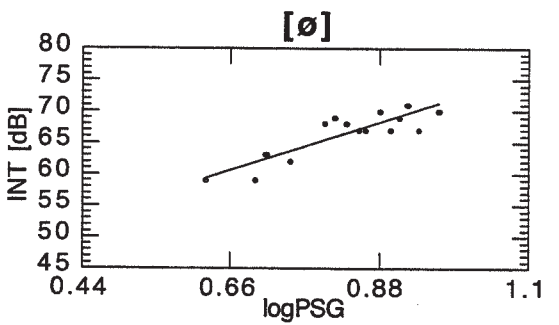
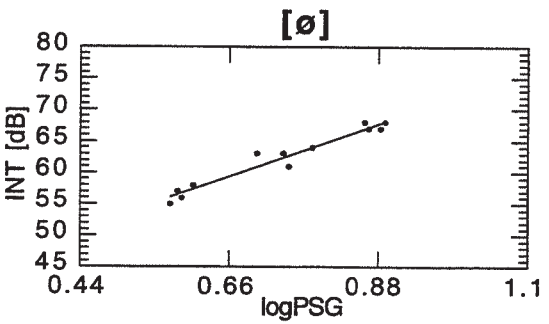
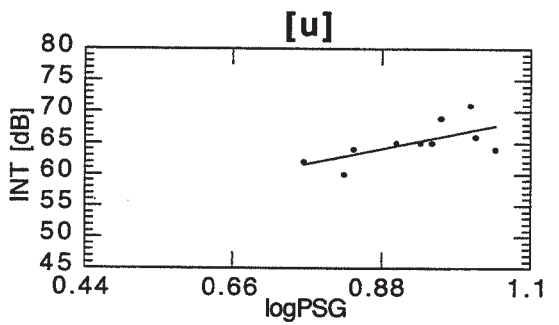
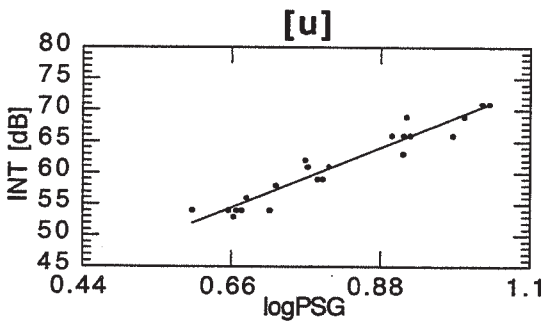
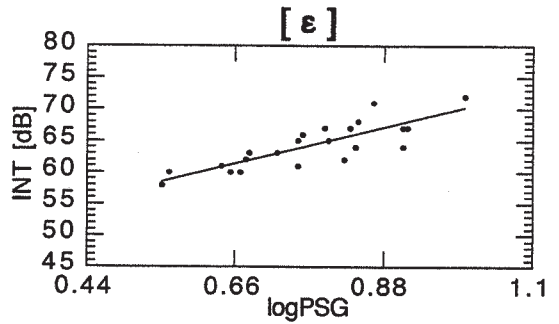
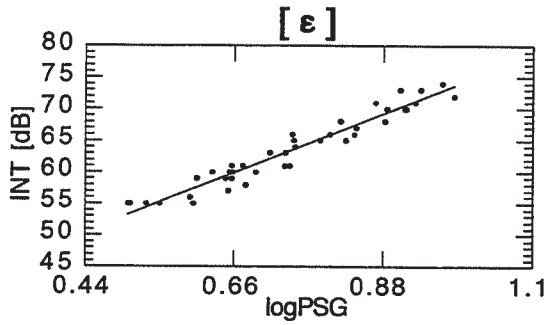
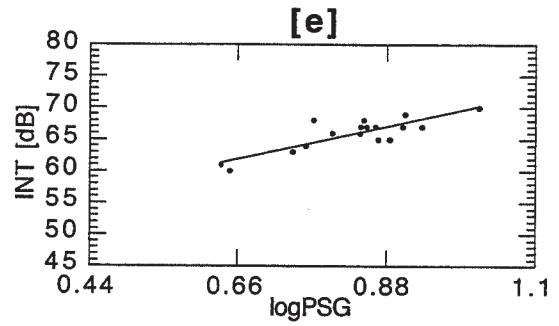
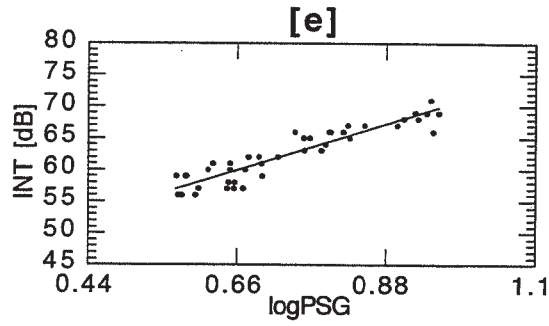


Figure3: Intensité vs log PSG sujet féminin

Figure4: Intensité vs log PSG sujet masculin