

Session 4 : Technologies génériques de l'intervention sous-marine (robotique)

INTELLIGIBILITE DE LA PAROLE EN MILIEU SUBAQUATIQUE

M.H.Casanova*; M. Avon**; A. Marchal*; P. Gavarry**

*Institut de Phonétique, URA CNRS 261, 29 Av. R.Schuman,
13621 Aix en Provence.

**Institut National de Plongée Professionnelle, Port de la Pointe Rouge,
Entrée N° 3, 13008 Marseille.

Les mélanges gazeux qui constituent l'atmosphère dans laquelle vivent et évoluent les scaphandriers provoquent un phénomène de dégradation de l'intelligibilité de la parole (Effet Donald Duck), qui s'amplifie avec la pression.

A ce facteur respiratoire viennent s'ajouter d'autres éléments perturbateurs :

-mauvaise adaptation des équipements de tête des scaphandriers et leurs composants, conçus pour la protection contre le milieu ambiant, et non adaptés à la parole.

-environnement défavorable tant en milieu aquatique qu'hyperbare en raison de l'importance des bruits divers (gaz, manutention...), et des mauvaises conditions du milieu (éloignement, transmission filaire en ombilical...).

L'I.N.P.P. et le C.N.R.S. ont entrepris la réalisation d'une base de données de parole hyperbare représentative des tranches de profondeur opérationnelles.

Les enregistrements seront édités sur CD ROM.

Les travaux de recherches en cours portent sur la modélisation des déformations de la voix. La base de données est utilisée par ailleurs, comme outil de qualification des systèmes de communication soumis à la conformité à la norme en cours d'élaboration (BNAAH S. 31116).

Session 4 : Basic underwater technology (robotics)

M.H. Casanova*; M.Avon**; A.Marchal*; P.Gavarry**

*Institut de Phonétique, URA CNRS 261, 29 Av. R.Schuman,
13621 Aix en Provence.

**Institut National de Plongée Professionnelle, Port de la Pointe Rouge,
Entrée N° 3, 13008 Marseille.

Gas mixture and pressure modify the spectral characteristics of divers' speech. Additionally, constraints imposed on jaw movements by wearing a facial mask affect the speech production process. The auditory feedback loop is equally concerned. Furthermore, underwater adverse working conditions are characterised by noise from different sources.

As a result, divers' speech is poorly intelligible and communications between divers and surface control need to be enhanced. To this end, "voice unscramblers" are being used.

However, the technological state of commercially available equipment is dated and the quality of speech remains insufficient.

To help with the design, testing and qualification (NORM) of new communication devices, a bilingual (French-English) Data-base is currently being set up. It consists of phonetically balanced lists of 200 words read by 17 divers under sea and in chambers at operational levels from the surface to -300m. These recordings will be edited, labelled and stored for further distribution on a CD-ROM.

INTELLIGIBILITE DE LA PAROLE EN MILIEU SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE

L'objet de l'étude est de définir une base de données s'intégrant dans les moyens à mettre en oeuvre pour évaluer l'intelligibilité de la parole en milieu subaquatique et hyperbare.

Cette étude est menée en vue d'élaborer une norme de qualification des équipements, à laquelle contribuent les différents acteurs concernés (fabricants, utilisateurs, administrations...).

Par ailleurs, des travaux scientifiques sont en cours.

Conditions de production de la parole

En plongée, les problèmes physiologiques (Narcose, SNHP..) dûs à la toxicité des gaz respirés en haute pression ont été résolus grâce à l'utilisation de mélanges gazeux synthétiques qui ont permis des plongées de plus en plus profondes.

Cependant, cette atmosphère synthétique, associée à l'augmentation de la pression, provoque un phénomène de dégradation de l'intelligibilité de la parole.

A ce facteur respiratoire, viennent s'ajouter d'autres éléments perturbateurs :

- mauvaise adaptation des équipements de tête et des composants, conçus pour respirer et non forcément adaptés à la parole.
- environnement défavorable tant en milieu subaquatique qu'hyperbare en raison de l'importance des bruits divers (bulles, laminage des gaz, manutention...) et des conditions difficiles du milieu (éloignement, transmission filaire par ombilical, associés aux problèmes de corrosion marine).

Différents procédés ont été mis en oeuvre pour essayer de corriger les déformations de la parole hyperbare et subaquatique. Des systèmes correcteurs dits "décodeurs" sont couramment utilisés pour améliorer les communications en plongée profonde.

Néanmoins les appareils existants sont de conception technologique dépassée, et fournissent des résultats médiocres au delà d'une certaine profondeur, ou dans certaines conditions spécifiques.

Si l'on veut caractériser les qualités des communications en plongée, il est important de tenir compte de l'ensemble de la chaîne de communication, c'est à dire depuis le plongeur, ...le masque... les volumes morts, les micros,.. la ligne de transmission...jusqu'au correcteur.

Il est important de bien distinguer les différents types de communications afin d'apporter une réponse valable à chaque cas.

Nous résumons les types de communications avec l'indication des milieux ambiants et des moyens de transmission dans le tableau n°1.

Les différents types de communication.

Locuteur/Auditeur	Milieu 1	Milieu 2	Transmission
Plongeur - plongeur	Air (p)	Air(p)	Acoustique
Plongeur-surface	Air (p)	Air (a)	Acoustique
Plongeur-surface	Air (p)	Air (a)	Fil (2)
Plongeur-surface	Mél. (p)	Air (a)	Fil+correcteur*
Bulle-surface	Mél. (p)	Air (a)	Fil+correcteur
Tourelle-surface	Mél. (p)	Air (a)	Fil+correcteur*
Tourelle-plongeur	Mél. (p)	Mél.(p)	Fil+correcteur
Caisson(1)-surface	Air (p)	Air (a)	Fil
Caisson(1)-surface	Mél. (p)	Air (a)	Fil+correcteur*
Caisson(1)-caisson	Mél. (p)	Mél. (p)	Fil+correcteur

(p) : milieu hyperbare (sec ou humide)

(a) : pression atmosphérique (surface et/ou espace confiné)

(1) : ou tout autre enceinte pressurisée à l'air

(2) : ou tout autre moyen non acoustique

* Situation de communication ayant fait l'objet de l'étude préliminaire.

Tableau n° 1

Une étude préliminaire a d'abord été menée sur les différentes méthodes et moyens existants.

La synthèse bibliographique des travaux publiés sur les problèmes de communication en milieu hyperbare (Casanova et al. 1990) a permis de mettre en évidence l'insuffisance du matériel linguistique employé.

Certaines études ont porté sur l'analyse de voyelles isolées (Belcher & Hatlestad, 1983, Crestel & Guitton 1987) de syllabes de type CV, ou CVC (Tanaka et al. 1974 ; Fant & Sonesson 1964 ; Nakatsui & Suzuki, 1971; Crestel & Guitton, 1987 ; Brubacker & Wurst, 1968..).

Des mots isolés ont été également analysés. Toutefois à l'exception de Brown (1976), Morrow et al. (1971), Rothman (1980) et Sergeant (1967) qui ont utilisé les listes de Griffiths, la plupart des études se limitent à l'utilisation d'un échantillon de quelques mots, non représentatifs de la structure phonétique d'une lanque.

Quelques phrases enfin ont été analysées par Brubaker (1968), Crestel (1987), Nakatsui et al. (1972) ainsi que Rothman et al. (1980) mais dans un nombre limité de situations.

Ces études ont été utilisées pour étudier les mouvements des fréquences de formants des voyelles, et la Fréquence fondamentale (Fo).

D'après les résultats publiés, il apparaît qu'un modèle de parole dans l'hélium n'existe pas à l'heure actuelle.

Le problème est d'autant plus complexe qu'il existe une grande variabilité interindividuelle et que les locuteurs peuvent aussi adopter des stratégies différentes pour essayer d'améliorer l'intelligibilité de leur parole.

La nécessité d'une collecte méthodique d'échantillons de parole, enregistrés par un nombre suffisant de locuteurs aux profondeurs opérationnelles courantes en plongée, conduit à la présente étude. Elle a consisté dans un premier temps à réaliser une base de données systématique de parole hyperbare.

Le corpus composant la base de données, enregistré en langue française, est composé de 4 listes phonétiquement équilibrées de 46 mots chacune, et de 8 phrases.

Ces listes seront utilisées ultérieurement pour l'élaboration de tests d'intelligibilité.

Les phrases seront analysées essentiellement afin de permettre l'étude du phénomène de coarticulation, qui joue un rôle important dans la perception de la parole.

Les enregistrements

Jusqu'à présent, dix sept plongeurs ont été enregistrés.

Ils ont été sélectionnés selon les critères suivants :

Plongeurs profonds expérimentés.

Age : entre 20 et 35 ans.

Examen audiologique : normal.

Pas de défaut d'élocution.

Accent standard.

Les enregistrements ont été réalisés lors de plongées simulées à 60 mètres en caisson à l'Institut National de Plongée Professionnelle (INPP) et jusqu'à la profondeur de 300 mètres dans le caisson séjour, la tourelle et le caisson humide (piscine) au centre hyperbare de la Marine Nationale lors de plongée en saturation.

Dans tous les cas, l'enregistreur était branché directement à la sortie du caisson, sans passer par le système de communication de manière à recueillir le signal provenant du micro.

Le tableau n°2 résume le détail des enregistrements disponibles : nombre de locuteurs, profondeur, composition des gaz, température ambiante, et équipement de tête utilisé par les plongeurs.

Détail des enregistrements disponibles

Bandes	Date	Loc.	Situation	Prof.	PpO2	%O2	%He	T° Gaz	T° eau	Casque
n° 1	21/12/89	AM	} Caisson	-60 m	1,47 b	21	-	40°	-	-
"	"	R.L.								
n° 3	14/15/02 1990	GV DG LG CM RG	} Piscine	-180 m	570 mb	3	92,7	-	5°	X-LITE " Kmb 17 X-LITE
n° 3	15/02/90	LG	Tourelle	-180 m	400 mb	2,2	92,5	31°	-	Beyer DT 109
n° 4	15/02/90	GV DG LG CM RG	} Caisson	-180 m	409 mb	2,1	92,3	31°	-	-
n° 5	17/02/90	GV DG LG CM RG	} Caisson	-150 m	502 mb	3,05	92,1	30,5°	-	-
n° 6	18/02/90	GV DG LG CM RG	} Caisson	-103 m	506 mb	4,4	90,8	29,5°	-	-

Tableau n° 2.1

Bandes	Date	Loc.	Situation	Prof.	PpO2	%O2	%He	T° Gaz	T° eau	Casque
n° 7	19/02/90	GV DG LG CM RG	} Caisson	-55 m	511 mb	7,7	87,6	29°	-	-
n° 9	13/14/03 1990	JP FC CD TM CS	} Piscine	-180 m	570 mb	3	92,5	-	4°	} X-LITE
n° 10	18/03/90	JP FC CD TM CS	} Caisson	-84 m	500 mb	5,3	91,2	29,5°	-	-
n° 12	09/10/05 1990	OS MH JPA MC CD	} Piscine	-200 m	407 mb	1,9	94,08	-	5,5°	} X-LITE
n° 13	10/05/90	OS MH JPA MC CD	} Caisson	-200 m	411 mb	1,9	94,3	31°	-	-

Tableau n° 2.2

Bandes	Date	Loc.	Situation	Prof.	PpO2	%O2	%He	T° Gaz	T° eau	Masque
n° 14	11/12/05 1990	OS MH JPA MC CD	} Piscine	-300 m	737 mb	2,38	93,5	-	4°	Kmb 17 " X-LITE ¹ Kmb 17 "
n° 15	12/05/90	OS MH JPA MC CD	} Caisson	-300 m	400 mb	1,31	96,4	31,5°	-	-
n° 16	13/05/90	OS MH JPA MC CD	} Caisson	-255 m	500 mb	1,89	95,9	31,5°	-	-
n° 17	15/05/90	OS MH JPA MC CD	} Caisson	-178 m	501 mb	2,6	95,8	31,5°	-	-
n° 18	18/05/90	OS MH JPA MC CD	} Caisson	-60 m	409 mb	7,2	90,43	30°	-	-

Tableau n°2.3

¹JPA enregistré (partiellement= plongée interrompue) avec casque KMB 17 à - 300m.

Les locuteurs ont tout d'abord été familiarisés avec le corpus, puis un enregistrement de référence a été fait en condition silencieuse.

Les enregistrements ont eu lieu ensuite durant la plongée, ainsi que pendant la décompression, à plusieurs profondeurs.

La base de données parole subaquatique et hyperbare (P.S.H.)

Les enregistrements ont été organisés en base de données.

La base de données P.S.H. sera mise à profit pour analyser les déformations de la parole dans différentes conditions de pression et de mélange gazeux et modéliser les déformations de la parole.

Les résultats des analyses acoustiques seront progressivement incorporés à cette base de données, de manière à en faire une base de connaissances.

L'ensemble des enregistrements, analysés et étiquetés sera disponible sous forme de CD ROM (compact disc) et pourra être utilisé par les scientifiques et les industriels pour des études complémentaires et la mise au point de nouveaux produits.

La base de données sera utilisée par ailleurs, comme outil de qualification des systèmes de communication soumis à la conformité de la norme en cours d'élaboration BNAAH (Norme S. 31116).

A	B	C	D
Loi	Doigts	Polds	Bois
Capot	Calot	Cadeau	Canot
Gnon	Bon	Don	Long
Bachot	Badaud	Ballot	Barreau
Chien	Bien	Mien	Rien
Hache	Hâle	Are	Ane
Rance	Danse	Panse	Chance
Lait	Dais	Mai	Gai
Pack	Page	Panne	Pagne
Pâques	Pâle	Passe	Pâte
Mille	Mig	Miche	Mime
Toge	Tome	Tonne	Toque
Ralant	Talent	Palan	Salant
Ane	Aine	Une	Aune
Sure	Sar	Serre	Sort
Pile	Bille	Huile	Mille
Bain	Pin	Faim	Vin
Sou	Doux	Chou	Bout
Un	Ain	An	On
Deux	Don	Doux	Dos
Cagnes	Cache	Caille	Canne
Carne	Carde	Carpe	Carpe
Basse	Bave	Baffe	Base
Qui	Gui	Riz	Pis
Deuil	Oeil	Seuil	Feuille
Ouest	Veste	Geste	Zeste
Ouïrent	Virent	Rire	Lyre
Jade	Rade	Lad	Fade
Yard	Jarre	Barre	Var
Achille	Agile	Asile	Habile
Ouais	Niais	Geai	Chaix
Bouille	Bouffe	Bouse	Bouge
Ragot	Râteau	Rabot	Rameau
Pis	Pou	Pain	Peu
Bâche	Bague	Bac	Basse
Epile	Emile	Ethyle	Edile
Râpe	Rave	Rate	Rase
Fiche	Quiche	Chiche	Niche
Vingt	Rein	Faim	Sain
Batte	Bave	Base	Bagne
Bêche	Bête	Baisse	Benne
Blais	Pied	Lier	Nier
Juter	Chuter	Futé	Muter
Meute	Mante	Motte	Math
Manie	Mamie	Mali	Marie
Dans	Zan	Rang	Gens

C'est un peu fade comme pâte, il faudrait un zeste de citron.

Emile a de la chance, car il fait rire les gens.

A pâques, nous irons à Cagnes ou dans le Var.

Marie a une bague qui va bien à son doigt.

Le chien de la meute est dans sa niche.

Il est bête comme ses pieds, mais il a du talent.

L'âne porte sur son dos un ballot de foin.

Tous les ans, on envoie mille tonnes de riz au Mali.

Liste de phrases de la base de données P.S.H.

MATERIEL LINGUISTIQUE ETUDIE DANS
LES TRAVAUX PUBLIES.

Voyelles isolées

Voyelles en contexte : dans des mots
appartenant à des phrases ou dans des mots seuls.

Syllabes de type CV : me, see...

Syllabes de type CVC : fish, bac...

Logatomes.

Mots.

Listes de mots (Griffiths).

Phrases.

Chiffres.

Mais, matériel linguistique insuffisant et conditions
d'enregistrement pas assez représentatives.

BASE DE DONNEES : applications

Analyse des déformations de la parole dans
différentes conditions de pression et de mélanges
gazeux en analysant les paramètres suivants :

Fréquence fondamentale (F0).

F1, F2, F3 (valeurs en fréquences).

Durée des syllabes.

Spectre des consonnes.

Rapport voyelle/consonne.

Effet de coarticulation.

Comparaison des résultats ainsi obtenus entre
locuteurs et entre situation.

Tous ces résultats seront incorporés à la base de
données de manière à en faire une base de
connaissances.