



HAL
open science

Les mélanges gazeux pour la respiration en plongée très profonde

X Fructus

► **To cite this version:**

X Fructus. Les mélanges gazeux pour la respiration en plongée très profonde. COMEX. 1969. hal-04351137

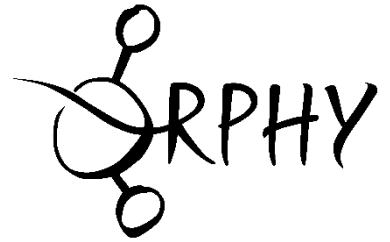
HAL Id: hal-04351137

<https://hal.univ-brest.fr/hal-04351137v1>

Submitted on 18 Dec 2023

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.

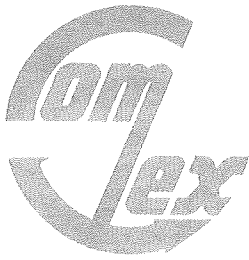


The present document is the property of COMEX SAS. It has been entrusted to the ORPHY laboratory, which scanned and uploaded it.

COMEX (Compagnie Maritime d'Expertises), established in 1962, has positioned itself in the offshore activities sector, where it held a leading international position, becoming the world's foremost company in engineering, technology, and human or robotic underwater interventions. Comex designed a Hyperbaric Testing Center in 1969 and developed its own research programs on various breathing mixtures used in deep-sea diving (helium and later hydrogen). These research efforts led to spectacular advancements in this field, including several world records, both in real conditions and simulations. Comex still holds the world record at -701 meters, achieved in its chambers during Operation HYDRA 10.

The ORPHY laboratory focuses on major physiological functions, their regulation, interactions, and their contribution to the development and prevention of certain pathologies. The primary mechanisms studied involve metabolic aspects (oxygen transport and utilization, energetics, etc.) and electrophysiological aspects (contractility and excitability), mainly related to respiratory, vascular, and/or muscular functions. These mechanisms are studied under various physiological and physiopathological conditions, ranging from the cellular and subcellular levels to the entire organism. In Europe, the ORPHY laboratory is one of the leaders in hyperbaric physiology and diving research.

Being a major player in innovation and expertise in the field of pressure, COMEX maintains a scientific archive from its experimental diving campaigns. The value of this archive is both scientific and historical, as it documents a remarkable chapter in the history of marine exploration and contains results obtained during dives that are very unlikely to be replicated in the future.



DOCTEUR X. FRUCTUS

LES MELANGES GAZEUX POUR LA RESPIRATION

EN PLONGEE TRES PROFONDE

TRAVAIL REALISE AU CENTRE EXPERIMENTAL HYPERBARE DE LA COMEX -

TRAVERSE DE LA JARRE - MARSEILLE 9ème -

LES MELANGES GAZEUX POUR LA RESPIRATION
EN PLONGEE TRES PROFONDE

LIMITES DE L'AIR

Depuis que se sont développées les techniques de plongée sous-marine, on sait que la respiration de l'Oxygène, de l'air et de divers gaz, non toxiques à 1 a pression atmosphérique n'est pas sans inconvénients ni dangers lorsqu'elle s'effectue à des profondeurs de plus en plus grandes et, par conséquent, à des pressions de plus en plus fortes.

Nous ne pouvons revenir ici sur la toxicité bien connue de l'Oxygène hyperbare, toxicité dont les deux aspects aigu et chronique sont fonction de la pression et de la durée du séjour.

Nous ne pouvons non plus nous étendre sur un ensemble de manifestations psychiques provoquées par la plongée à l'air, trouble comparable à l'ivresse alcoolique augmentant avec la profondeur, et dont la cause principale est évoquée dans le nom même de narcose à l'azote que lui ont donné les auteurs américains.

Nous rappellerons simplement que si un plongeur respire de l'oxygène pur, il ne peut descendre et demeurer longtemps au-delà de 7 mètres, sans risquer une crise convulsive. S'il respire de l'air, il ne se trouvera déjà plus tout à fait dans son état normal à partir de 40 mètres tandis qu'au-delà de 70 m, il sera susceptible d'accomplir des actes inconsidérés, et, par conséquent, dangereux du fait de l'environnement.

.../...

LES GAZ DITS INERTES

-Ce sont ces limites de l'oxygène et de l'air qui ont incité les chercheurs à utiliser, pour la plongée profonde, des mélanges respiratoires synthétiques dans lesquels l'O₂, ramené à un taux convenable, serait accompagné d'un diluant biologiquement inerte autre que l'azote.

Parmi les divers gaz utilisables, l'hélium s'est avéré très tôt le plus intéressant et l'on peut dire que l'emploi de ce gaz, relativement rare et coûteux, a ouvert à la pénétration de l'homme sous la mer la voie des grandes profondeurs.

Toutefois, l'intérêt s'est porté aussi sur certains autres gaz, moins dans une perspective utilitaire (comme par exemple l'emploi de mélanges variés permettant d'accélérer la décompression) que pour des raisons spéculatives.

Mais dans le domaine scientifique, la spéculation est souvent payante.

C'est ainsi que l'inventaire des divers diluants gazeux de l'oxygène actuellement en cours, se révèle non seulement intéressant en théorie, mais encore profitable sur le plan pratique.

Les gaz qui ne sont pas métabolisés par l'organisme ont longtemps été considérés comme pharmacologiquement inactifs. D'où leur nom de gaz inertes. Ainsi, l'azote jusqu'à ce que l'on mette en évidence son pouvoir narcotique chez le plongeur, ainsi les gaz du groupe de l'hélium dans le système périodique des éléments (hélium, néon, argon, krypton et xenon) ainsi même l'hydrogène qui peut être respiré sans pour autant participer aux combustions organiques.

.../...

Par la suite, on s'est aperçu que l'argon était plus narcotique que l'azote et que le xénon avait des propriétés anesthésiques à la pression atmosphérique (LAWRENCE).

On a donc recherché les corrélations entre certaines propriétés physiques des gaz dits inertes, et leur pouvoir narcotique car on pense assez généralement que tous sont dépresseurs du système nerveux central à des degrés différents. (voir tableau page 4 bis).

Si nous considérons leur pouvoir narcotique (P.N.) du plus faible au plus élevé, nous classerons les gaz dans l'ordre suivant :

Hélium, Hydrogène, Néon (ou Néon et Hydrogène) Azote Argon,
Krypton, Xénon,

et nous remarquerons aussitôt que si le P.N. dépendait de la masse moléculaire (ou de la masse spécifique) l'Hydrogène devrait être le premier de la série.

L'étude des caractères physiques plus complexes fournit de meilleures corrélations, par exemple en ce qui concerne la polarisabilité et son rapport avec le volume moléculaire (BRAUER) (colonne 3 du tableau), la constante "a" d'attraction intermoléculaire (expression de VAN DER WAALS) (colonne 4 du tableau) et surtout la solubilité dans les lipides et le rapport de solubilité graisse/eau selon la théorie maintenant classique du "coefficient de partage" de MEYER et OVERTON (M.O.).

TABLEAU DE QUELQUES PROPRIETES PHYSIQUES DES GAZ DITS INERTES

G A Z	MASSES MOLECULAIRES ET SPECIFIQUES		POINT D'EBULLITION	POLARISABIL. VOLUM. MOLEC.		VAN DER WAALS "a" "b"		SOLUBILITE (à 37° C)				PRODUITS : "a" X					
	N°			N°		N°		N°	EAU	LIPID. M.O.	N°	LIPID. M.O.	N°				
HELIUM	2	4 - 0,18	1	- 269	1	0,09	1	0,034	2	2,37	1	0,009	0,015	1,7	1	0,0005	0,06
NEON	3	20 - 0,90	3	- 246	2	0,23	2	0,21	1	1,70	2	0,01	0,019	1,9	2	0,004	0,4
HYDROGENE	1	2 - 0,09	2	- 253	3	0,30	3	0,24	3	2,66	3	0,013	0,04	3,1	3	0,01	0,75
AZOTE	4	28 - 1,25	4	- 196	4	0,45	5	1,39	5	3,91	4	0,019	0,067	3,5	4	0,09	4,77
ARGON	5	40 - 1,78	5	- 186	5	0,52	4	1,34	4	3,22	5	0,026	0,14	5,3	5	0,19	7,1
KRYPTON	6	84 - 3,74	6	- 153	6	0,65	6	2,32	6	3,97	6	0,045	0,43	9,6	6	1	21,3
XENON	7	131 - 5,9	7	- 108	7	0,82	7	4,19	7	5,10	7	0,085	1,7	20	7	7,1	80,4
COLONNES :	1		2		3		4		5		6	7	8	9	10		

(N° = numéro d'ordre dans la série).

Pour mieux accuser les différences, certains auteurs ont utilisé l'expression très artificielle du produit de deux coefficients, comme par exemple :

VAN DER WAALS "a" x solubilité dans les graisses (P.B. BENNETT)

figurant dans la colonne 9 du tableau,

Ou encore :

VAN DER WAALS "a" x coefficient de partage

figurant dans la colonne 10 du tableau

et que nous avons personnellement choisi.

Ce tableau, dans lequel nous avons fait figurer les 7 gaz les plus représentatifs de la série, permet de comparer certaines de leurs propriétés et de les situer sur plusieurs échelles de valeurs. Il ne peut prétendre à une exactitude absolue étant donné la disparité des conditions de mesure et des unités adoptées par les divers auteurs.

Quoiqu'il en soit, il offre matière à réflexion :

- 1 - L'hélium semble usurper la place de l'hydrogène. En effet, deux fois plus lourd que ce dernier, il figure au bas de l'échelle en ce qui concerne la plupart des propriétés physiques tant pour son point d'ébullition paradoxalement le plus bas - que pour certaines constantes physiques auxquelles sont vraisemblablement liées les propriétés biologiques.

.../...

2 - Le Néon lui-même ne paraît pas à sa place ; dix fois plus lourd que l'hydrogène, il a des constantes le plus souvent inférieures à celles de celui-ci. Il est permis de penser que son pouvoir narcotique est plus faible et ce ne sont pas les quelques expériences réalisées jusqu'à présent avec ces deux gaz qui permettraient d'affirmer le contraire.

3 - Si l'on essaie de chiffrer le pouvoir narcotique des 6 autres gaz, par rapport à l'azote représentant l'unité, la référence au produit

$$"a" \times M.O.$$

fournit des valeurs sinon certaines, du moins plausibles et, pour quelques unes, proches de ce que l'on a pu observer : P.N. =

Hélium	Néon	Hydrogène	Azote	Argon	Krypton	Xénon
0,012	0,8	0,15	1	1,40	4,2	16

Toutefois, ici encore la situation excessivement marginale de l'Hélium est troublante. Si l'on en croit son très faible indice il est 80 fois moins narcotique que l'Azote (?!). Déjà, dans un schéma publié en 1966, C.J. LAMBERTSEN situait par extrapolation le degré de narcose à l'hélium (et seulement au stade 2 équivalent à 60 mètres à l'air) à 120 atm, soit 1.200 mètres, chez l'homme !... (ce qui donnerait :

$$P.N.He = \frac{1}{20} P.N.N_2)$$

.../...

L'HELIUM

Les conséquences pharmacodynamiques de ces caractères très particuliers de l'hélium n'ont pu être observées que lorsqu'on a soumis des animaux d'abord, ensuite des hommes à de hautes pressions simulant des plongées très profondes.

Une importante expérimentation sur la souris et sur le singe a été effectuée par R.W. BRAUER depuis 1965. Voici quelques résultats :

Chez le singe Rhésus, l'azote produit une narcose dont les premiers signes E.E.G. apparaissent à 11 - 14 atm et qui devient léthale, si elle se prolonge, à 55 atm. Or sous hélium ou hydrogène (avec 1 % d'O₂) pas de narcose apparente, même après 40 minutes d'exposition.

Par contre, des convulsions de type comitial, confirmées par l'E.E.G., apparaissent à 45 - 47 atm sous hélium et ne se manifestent pas sous hydrogène.

Dans les mêmes conditions (sous héliox avec une p O₂ ne dépassant pas 0,5 atm) le singe Ecureuil ne présente de convulsions qu'à partir de 60 ou 70 atm suivant les cas. Une réduction de pression de 5 atm seulement arrête rapidement la crise.

Le tremblement (hélium trémor) ne se manifeste (à 50 - 60 atm) que si la pressurisation est relativement rapide. En outre, il est réduit par une addition de 0,3 % de protoxyde d'azote au mélange Héliox.

Chez la souris, suivant les races, les convulsions sont constantes sous Hélium à 60, 90 ou 110 atm. Sous hydrogène la narcose est apparente à 99 - 110 atm. mais, dans 50 % des cas des convulsions se produisent entre 105 et 110 atm.

L'azote enfin modifie l'effet de l'hélium (dans la zone des 100 atm) :
à 9% dans le mélange, il prévient les convulsions chez 40 % des souris,
à partir de 16 % il prévient les convulsions chez 100 % des souris.

En outre, à partir de 30 % son propre effet anesthésique se manifeste
à 90 - 130 atm.

L'ensemble de ces expériences a permis à BRAUER d'évaluer le pouvoir narcotique
de l'hydrogène à $26 + 1,2\%$ de celui de l'azote ($P.N.H_2 = \frac{1}{4} P.N.N_2$).

LE SYNDROME NERVEUX DES HAUTES PRESSIONS

(Décrit en collaboration avec R.W. BRAUER, R. NAQUET, J. GOSSET)

Chez l'homme, c'est au cours de notre série de plongées fictives très profondes,
à l'héliox, réalisée de Mars à Juin 1968, que nous avons pu noter chez la plupart
des plongeurs certains troubles du comportement et chez deux d'entr'eux (sur sept)
d'importantes modifications de l'E.E.G. D'après ces observations, nous avons pu
décrire le syndrome nerveux des hautes pressions (S.N.H.P.), tout particulièrement
au cours des expériences dites PHYSALIES II et III (voir tableau).

.../...

PLONGEES TRES PROFONDES "PHYSALIES"

C O M E X 1968

PLONGEE	PLC 1	PLC 2	PLC 3	Phys, 1	Phys, 2	Phys, 3	Phys, 4
DATE	24.3.68	2.5.68	14.5.68	21.5.68	11.6.68	27.6.68	24.9.68
PLONGEURS	R.V. A.J.	J.D. H.R.	P.F. A.J.	H.D. R.W.B.	R.V. R.W.B.	R.V. R.W.B.	J.D. F.F.
PROFONDEUR 'mètres'	335	270	300	335	360	365	300
DESCENTE ET SEJOUR (min.)	133	110	85	123	120	127	190
TEMPS PASSE AU-DELA DE 300 m (Min.)	41	0	20	24	77	111	10
DUREE REMONTEE (heures)	94.37	97.45	90.50	97.33	114.31	138.34	106.50

La symptomatologie comporte trois aspects principaux :

1 - Des signes moteurs statiques et cinétiques, avec

- à partir de 21 ata un tremblement statique d'attitude des extrémités pouvant quelquefois persister dans l'acte ("hélium tremor" de P.B. BENNETT)

- à partir de 33 ata, des troubles cinétiques (gestes saccadés, dysmétrie)

2 - Une baisse du niveau de vigilance, peu discernable au début, annoncée par des bâillements, facilement vaincue par les stimuli extérieurs jusqu'à 35 ata et sans dégradation marquée des performances.

Mais à partir de 36 ata, les sujets se désintéressent de plus en plus du monde extérieur. Ils manifestent un net ralentissement de compréhension et d'exécution des ordres. Leur facies se fige, leur somnolence devient continue sans pour autant s'approfondir - dès qu'on les laisse au repos sensoriel.

3 - Du point de vue électroencéphalographique, des anomalies peuvent apparaître dès 25 ata, elles sont de trois types : (voir cliché)

- Apparition d'une activité thêta survenant en bouffées, mêlée à l'activité alpha et occupant le territoire temporo-occipital ;

- Apparition d'ondes thêta en bouffées à 6 c / s occupant les régions antérieures et moyennes des deux hémisphères ;

- Transformation du tracé de veille en un tracé de sommeil de stade I et éventuellement II ; toutes ces activités réagissent parfaitement à l'ouverture des yeux ; et le tracé redevient analogue à un tracé de veille dès que l'on fait faire un travail dirigé aux plongeurs ;

.../...

Entre 35 et 36,5 ata, les ondes thêta temporo-occipitales et rolando-vertex ne sont plus bloquées par l'ouverture des yeux ou par un travail imposé. Dès que le sujet est au repos, apparaît instantanément une activité de sommeil.

A la décompression, le tremblement disparaît rapidement, la somnolence domine pendant les premières heures et les sujets la perçoivent d'avantage. Les anomalies E.E.G. localisées disparaissent entre 25 et 23 ata.

L'évolution du S.N.H.P. se fait en trois étapes :

- 1 - Tremblement, premières bouffées thêta et baillements entre 21 et 27 ata,
- 2 - Somnolence nette mais réductible et accentuation des critères E.E.G. de sommeil à partir de 30 ata,
- 3 - Syndrome cinétique avec dysmétrie s'accroissant : somnolence de plus en plus profonde ; accentuation des anomalies E.E.G. pendant la veille et disparition de leur réactivité, à partir de 34 et surtout de 36 ata.

Il nous est difficile de parler de formes cliniques du S.N.H.P., étant donné le petit nombre de cas observés. Il n'en existe pas moins d'importantes différences de degrés dans les modifications du comportement, aux mêmes profondeurs, entre deux plongeurs ou même entre deux expériences chez le même plongeur.

Le rôle favorisant de la vitesse de pressurisation, surtout en ce qui concerne les signes moteurs statiques et cinétiques, est considérable. Toutes nos expériences ont montré que plus la "descente" était rapide, plus le S.N.H.P. était précoce et cliniquement accusé, tandis qu'une "descente" lente permettait, par exemple, d'atteindre 300 mètres en 3 heures, sans aucun trouble apparent chez les deux plongeurs en cause.

.../...

Ces constatations donnent à penser que le S.N.H.P. ne se manifestera qu'à des profondeurs voisines de 400 mètres (et peut-être au-delà) si les étapes ultimes sont précédées de séjours prolongés à des niveaux intermédiaires.

De toutes façons, et quelle que soit la profondeur à laquelle apparaîtront les troubles nerveux, ils constitueront le signal d'alarme interdisant de poursuivre la descente car (nous l'avions à l'esprit lors de nos premières expériences et nous ne croyons pas qu'il soit question de l'oublier) un processus semblable, chez les singes et les souris de BRAUER aboutit à des crises convulsives lorsqu'on augmente la pression.

Par ailleurs, rien ne dit que ces désordres apparents ne traduisent pas une souffrance cérébrale qui, si partielle et transitoire qu'elle soit, pourrait entraîner des dommages irréversibles.

CONSIDERATIONS GENERALES ET CONCLUSIONS

L'étiopathogénie du S.N.H.P. (et plus généralement des troubles nerveux constatés par divers auteurs chez l'animal soumis à de fortes pressions) fait l'objet d'hypothèses diverses qui mettent en cause soit le pouvoir pharmacodynamique propre à chaque gaz dit inerte, soit l'action traumatisante de la pression par elle-même (soit les deux), ou encore les effets indirects de la densité des gaz respirés.

Nous nous étendrons plus loin sur cette dernière hypothèse, vu son importance. Mais notons en passant - et pour ne plus y revenir - qu'elle n'incrimine pas la rétention de CO_2 , rétention qui, justement, pourrait se produire du fait d'une insuffisance ventilatoire provoquée par la forte augmentation de la masse spécifique des gaz respirés sous pression.

Cette hypercapnie, si elle peut être totalement exclue, ne serait, semble-t-il qu'accessoire. Les expérimentateurs ont eu, en général, le souci d'éliminer le facteur CO_2 . Au cours de nos PHYSALIES, la p_{CO_2} de l'ambiance ne dépassait pas 7 mb ; les plongeurs évitaient les efforts musculaires prolongés et restaient au repos la plupart du temps, sans hyperpnée apparente.

Il n'empêche qu'un doute subsiste et qu'il ne sera levé que le jour où nous saurons mesurer la $P_A CO_2$ des sujets en expérience.

Les propriétés pharmacodynamiques de l'Hélium sont encore mal connues. Si elles se rattachent à ses caractères physiques, elles ne peuvent que le singulariser (voir plus haut). Ses effets biologiques le situent incontestablement loin des autres gaz. Ainsi, à pO_2 constante, les pressions partielles de gaz nécessaires pour inhiber de 50 % le taux de croissance mycéliale du *Neurospora Crassa* sont les suivantes (d'après H.R. SCHREINER) :

Xénon	: 0,8 atm	Krypton	: 1,6 atm
Argon	: 3,8 atm	Néon	: 35 atm
Hélium \sim 300 atm (?)			

Chez le mammifère, le pouvoir neuro-dépresseur qui caractérise les divers diluants de l'Oxygène est de très loin le plus faible pour l'Hélium (à P.N. très bas), si faible que l'on peut se demander si ce dernier gaz ne se comporte pas au contraire, tout au moins partiellement et sous certaines conditions de pressurisation, comme un excitant du système nerveux central ...

Il est peut-être plus facile d'admettre l'action excitante de la pression par elle-même (à partir de 25 atm environ), comme l'a fait BRAUER. Certains faits sont troublants. Tandis que, d'un côté, la pressurisation rapide tendrait (comme nous l'avons observé chez l'homme), à abaisser le seuil du S.N.H.P. et à l'aggraver, à l'opposé, la lente montée en pression, comportant des paliers successifs de saturation, s'accompagnerait (chez certains mammifères tout au moins) d'un tableau clinique ressemblant à la narcose.

D'autres interprétations sont plausibles. On pourrait raisonnablement supposer qu'aux très grandes profondeurs, il existe une synergie hélium - pression partiellement excitante du S.N.C. ou, plus vraisemblablement, un très faible antagonisme entre l'effet- hélium à l'effet-pression à cause du P.N. très bas de ce gaz.

Ainsi, la pressurisation interviendrait différemment suivant sa vitesse :

- relativement rapide (entre 20 et 2 atm/heure) elle favoriserait l'effet pression (du tremblement aux convulsions)
- extrêmement lente (moins de 2 atm/heure) et entrecoupée de pauses, elle respecterait le temps d'adaptation du S.N.C. et permettrait à l'effet-hélium (plus ou moins narcotique) de se manifester.

L'hypoxie cérébrale peut-être aussi invoquée. Elle a été mise en évidence par CHOUTEAU sur le bouc. Toutefois, ce mécanisme n'a pas été démontré chez les singes de BRAUER. Par ailleurs, chez l'homme, deux faits, au moins, ne cadrent pas avec cette hypothèse :

a) - Au cours de nos PHYSALIES, par prudence, nous avons toujours fait respirer aux plongeurs soumis aux très fortes pressions, des mélanges dont la p_{O_2} se situait entre 0,50 et 0,75 atm, c'est à dire à un niveau d'hyperoxie respiratoire modérée mais suffisante chez le bouc pour faire disparaître ses troubles à plus de 500 mètres. Or, cette hyperoxie n'a pas empêché le développement du S.N.H.P., ni de sa composante dépressive (sommolence) chez certains sujets.

b) - Si la masse spécifique des gaz respirés aux très grandes profondeurs est telle que, malgré la faible densité de l'Hélium, elle gêne la diffusion alvéolo-capillaire de l'O₂ et provoque ainsi l'hypoxie cérébrale (CHOUTEAU), un simple calcul montre qu'à des profondeurs beaucoup moins importantes, la masse spécifique de l'Azote est encore supérieure. Ainsi, dans PHYSALIES III, R.W.B. et R.V. respirant un mélange pesant 9 gr,5 au litre, présentaient un S.N.H.P. marqué. Or, quelques temps auparavant, les mêmes plongeurs, soumis à une expérience de narcose à l'Azote (à 100 mètres au Nitrox à 97 %) avaient tous deux subi "l'ivresse des profondeurs", sans le moindre trouble clinique ou E.E.G. comparable au S.N.H.P., sans le moindre signe d'hypoxie cérébrale : pourtant, ils respiraient un mélange pesant plus de 13 gr au litre !

Quoiqu'il en soit, jusqu'à présent seule l'utilisation de l'Hélium comme diluant de l'O₂ a permis le développement de la plongée profonde (au-delà de 70 mètres) et très profonde (au-delà de 200 mètres).

Les expériences de BUHLMANN, de l'U.S. NAVY et les nôtres, réalisées en 1968, ont montré que le mélange Oxygène - Hélium, à pO₂ modérée (0,5 atm) nous permet d'accéder facilement à la profondeur de 300 mètres, tout en restant en-deça des limites de sécurité, ce qui, soit dit en passant, met tout le plateau continental à notre portée.

X. FRUCTUS.

BIBLIOGRAPHIE

AQUADRO C.F. et J. CHOUTEAU - Problems of extreme duration in open sea saturation exposure in Underwater Physiologie, C.F. LAMBERTSEN, Chapter 10, p. 98-108 The Williams and Wilkins Cy cd Baltimore 1967.

BENNETT P.B. The Aetiologie of Compressed Air Intoxication and Inert Gas Narcosis. Pergamon Press 1966.

R.W. BRAUER, DENNIS O. JOHNSON, RITA, PESSOTI, USNRDL, San Francisco, Calif. and Richard Redding, Ohio State Univ. Colombus, Ohio
Effects of Hydrogen and Helium at Pressures to 67 atmospheres on Mice and Monkeys - Fed. Proc. 25 : 202, 1966.

BRAUER R.W., M.R. JORDAN, R.O. WAY, WMBL, Wilmington, N.C.
Modification of the Convulsive Seizure Phase of the High Pressure Excitability - Fed. Proc. 27 : 284, 1968.

BRAUER R.W., R.O. WAY, WMBL, Wilmington N.C. and Dr Fructus, Compagnie Maritime d'Expertises, Marseille, France.
A generalized Method for the Determination for Anesthetic Potency of H₂ in Man - Proc. Int. Cong. Physiol. Sci. VII, 1968.

BRAUER R.W., M. R. JORDAN, R.O. WAY and M.E. SHEEHAN, WMBL Wilmington, N.C.
High Pressure Hyperecitability Syndrom in the Squirrel Monkey, - Fed. Proc. 28 : 1969.

BRAUER R.W., DIMOV, S. FRUCTUS X et P., GOSSET, A, NAQUET, R,
Syndrome Neurologique et électrographique des hautes pressions - Sté Française d'E.E.G. - Séance du 5 Mars 1969 (sous presse).

CHOUTEAU J, J.Y. COUSTEAU, J. ALINAT et C.F. AQUADRO

Sur les limites physiologiques de la plongée à saturation à l'air et aux mélanges synthétiques ($O_2 - N_2 - O_2 - H_e$ - Internationales d'hyperbarie et de physiologie subaquatique, Marseille 29 Mai - 3 Juin 1967, R. Phys. Subaq. Med. Hyperb. 1968 - 1 p. 38-44.

CHOUTEAU J. J.Y. COUSTEAU, J. ALINAT

Manifestations hypoxiques lors de la respiration sous pression de mélanges respiratoires ($O_2 - He$; $O_2 - N_2$ normoxiques. Influence de la masse spécifique du mélange - 35ème Réunion Association des Physiologistes, Milan 7 - 10 Juin 1967, J. Physiol. Paris 1967, 59 p. 376.

FRUCTUS X, et CHOUTEAU J.

Opération Pré-Continent numéro 1 - Aspects physiologiques de la vie sous pression - Médecine, Education physique et sport - Paris - Numéro 1 1963 -

FRUCTUS X, et H. DELAUZE MARSEILLE -

Aspects opérationnels de la plongée profonde - Revue de Physiologie Subaquatique et Médecine Hyperbare, Tome 1 - Mars - Avril - Mai 1968 - Numéro 1.

FRUCTUS X, R. NAQUET, A. GOSSET et col.

Le syndrome nerveux des hautes pressions - Marseille Médical, Marseille 1969 (sous presse).

FRUCTUS X.

Progrès de l'HOMO SUBAQUATICUS, IMMEX, PARIS - 1969 - sous presse.

LAMBERTSEN C.J.

Basic Requirements for Improving Diving depth and Decompression Tolerance Third Symposium on Underwater Physiology - The Williams and Wilkins Co, Baltimore 1967.

MAIO D. A., NEVILLE J.R.

The effect of chemically inert gases on oxygen consumption in living tissues. USAF School of Aerospace Medicine Aerospace Medical Division (AFSC), Brooks Air Force Base, TEXAS. December 1966.

SCHREINER H.R.

The Significance of Inert Gases in Compression and Decompression. The USAF School of Aerospace Medicine Air Force Systems Command, San Antonio, TEXAS. December 9, 1966.

SCHREINER H.R.

General Biological Effects of the Heliox-Xenon series of Elements. Federation Proceedings Vol. 27 N° 3. May - June 1968.