



HAL
open science

Décompressions humaines

B. Gardette

► **To cite this version:**

| B. Gardette. Décompressions humaines. COMEX. 1979. hal-04465049

HAL Id: hal-04465049

<https://hal.univ-brest.fr/hal-04465049v1>

Submitted on 19 Feb 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



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.

DECOMPRESSIONS HUMAINES
Méthodes de calcul - Tests - Détection de Bulles

C. E. H. - Janvier 1979

B. GARDETTE

S O M M A I R E

1 - METHODE DE CALCUL DES TABLES DE DECOMPRESSION

1.1. INTRODUCTION

1.2. METHODE DE CALCUL

- a) Variations des vitesses de décompression en fonction du taux d'oxygène dans le mélange respiratoire
- b) Variations des vitesses de décompression en fonction de la nature du gaz inerte du mélange respiratoire
- c) Généralisation de la méthode.

1.3. TESTS DE TABLES REALISES AVEC CETTE METHODE DE CALCUL

- a) Plongées unitaires héliox
- b) Plongées longue durée et saturation héliox
- c) Plongées saturation nitrox

2 - DECOMPRESSION SATURATION HELIOX AVEC PIO2 CONSTANTE

3 - CORRELATION ACCIDENT DE DECOMPRESSION ET BULLE CIRCULANTE

1. METHODE DE CALCUL DES TABLES DE DECOMPRESSION

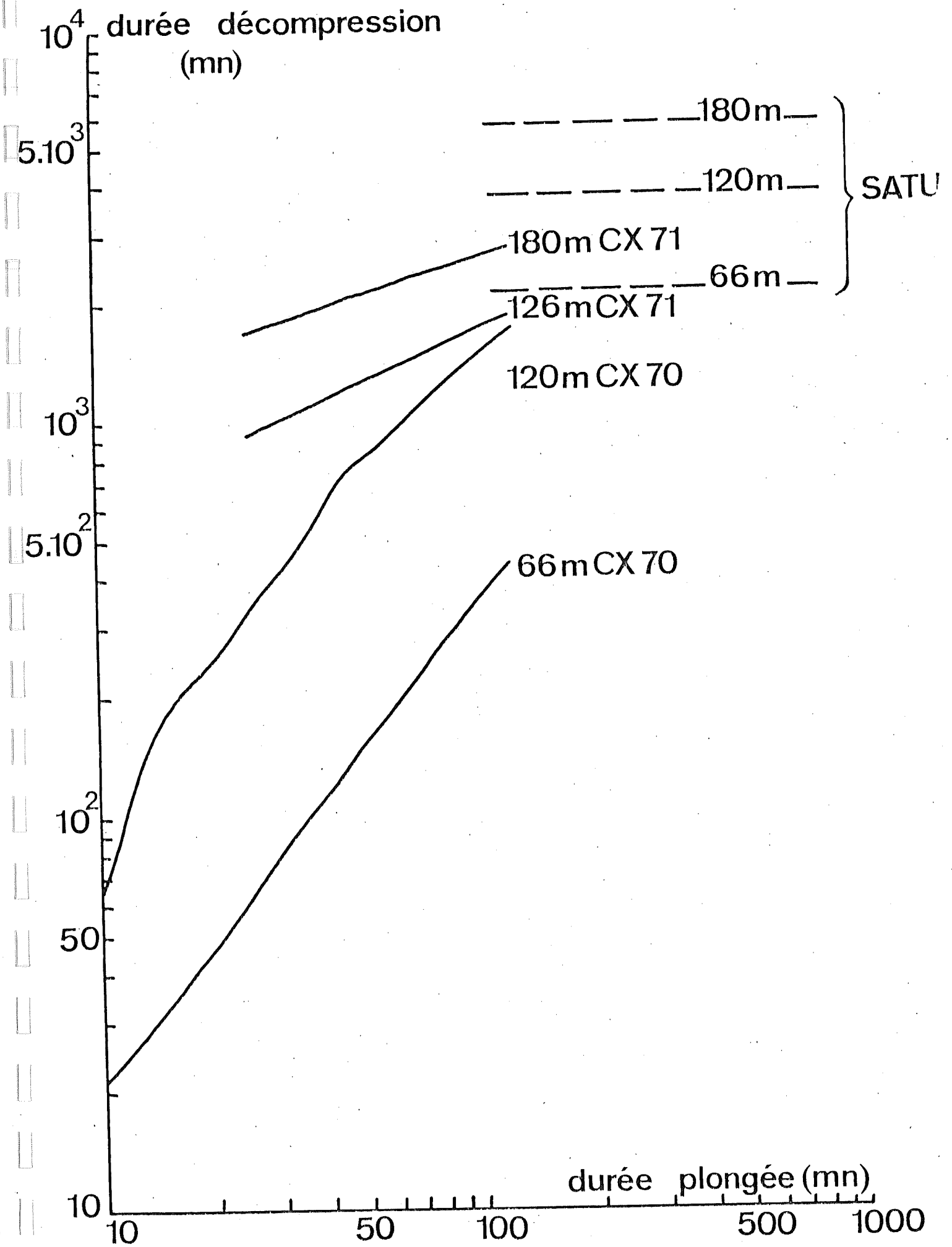
1.1. Introduction

En Juillet 1975, le groupe Recherche Plongée se voyait confier par la Direction Générale COMEX, une étude ayant pour objectif la normalisation des tables de décompression héliox. A cette époque, il était apparu aux utilisateurs que les jeux de tables héliox en application sur les chantiers présentaient des hétérogénéités importantes.

Sur la figure 1, représentant le temps de décompression en fonction de la durée du séjour au fond, on remarque en effet, une discontinuité importante entre les trois jeux de tables héliox COMEX : table de plongée unitaire 60 m - 120 m. (CX 70) ; 126 m - 180 m. (CX 71) et table de plongée saturation (CX 74). De plus, pour un même jeu de tables, il y a impossibilité d'extrapoler pour des durées plus importantes au fond (120 min., 150 et 180 min.) et pour des profondeurs plus grandes (en plongées unitaires).

Nous trouvant devant le problème de réaliser des tables de plongée autorisant des séjours au fond de plus longues durées que celles permises par les tables CX 70 et CX 71 (60 et 70 minutes) et voulant dépasser 180 mètres en plongée unitaire, nous avons fait l'hypothèse qu'il était possible, à partir d'un raisonnement globaliste, de mettre au point une méthode de décompression applicable à toutes les circonstances quelle que soit la durée,

FIGURE 1



la profondeur, les mélanges gazeux. Cette nouvelle manière d'envisager les décompressions faisait l'objet d'une présentation officielle, le 13 Janvier 1976, devant la Direction qui donnait son accord sur le programme de tests de tables de décompression proposé.

1.2. Méthode de calcul

L'élimination globale d'un gaz, au niveau de l'individu saturé se faisant selon une seule fonction exponentielle du temps (SHAW, BEHNKE, MESSER, THOMPSON and MOTLEY, 1935 ; BALLDIN and LUNDGREN, 1972) nous avons estimé que la vitesse de décompression (équivalente à l'élimination) devait être une seule fonction exponentielle de la pression (représentative de la charge en gaz de l'organisme) pour que l'élimination des gaz dissout soit optimale au cours de la décompression. Le bien fondé de cette hypothèse a été vérifié en étudiant l'évolution des vitesses de décompression en fonction de la profondeur pour la table de décompression de saturation CX 74 (figure 2).

Pour les plongées unitaires, il apparaît que ces vitesses suivent une ligne brisée (courbe en escalier), à travers laquelle, il est possible de faire passer une courbe exponentielle (figure 3). La prolongation de cette exponentielle vers la profondeur de la plongée (P_p) permet de déterminer la vitesse de départ de la décompression (dite vitesse initiale V_i). Selon la durée au fond, l'exponentielle dite d'unitaire peut ou non rejoindre l'exponentielle de décompression de saturation au point V_s .

FIGURE 2

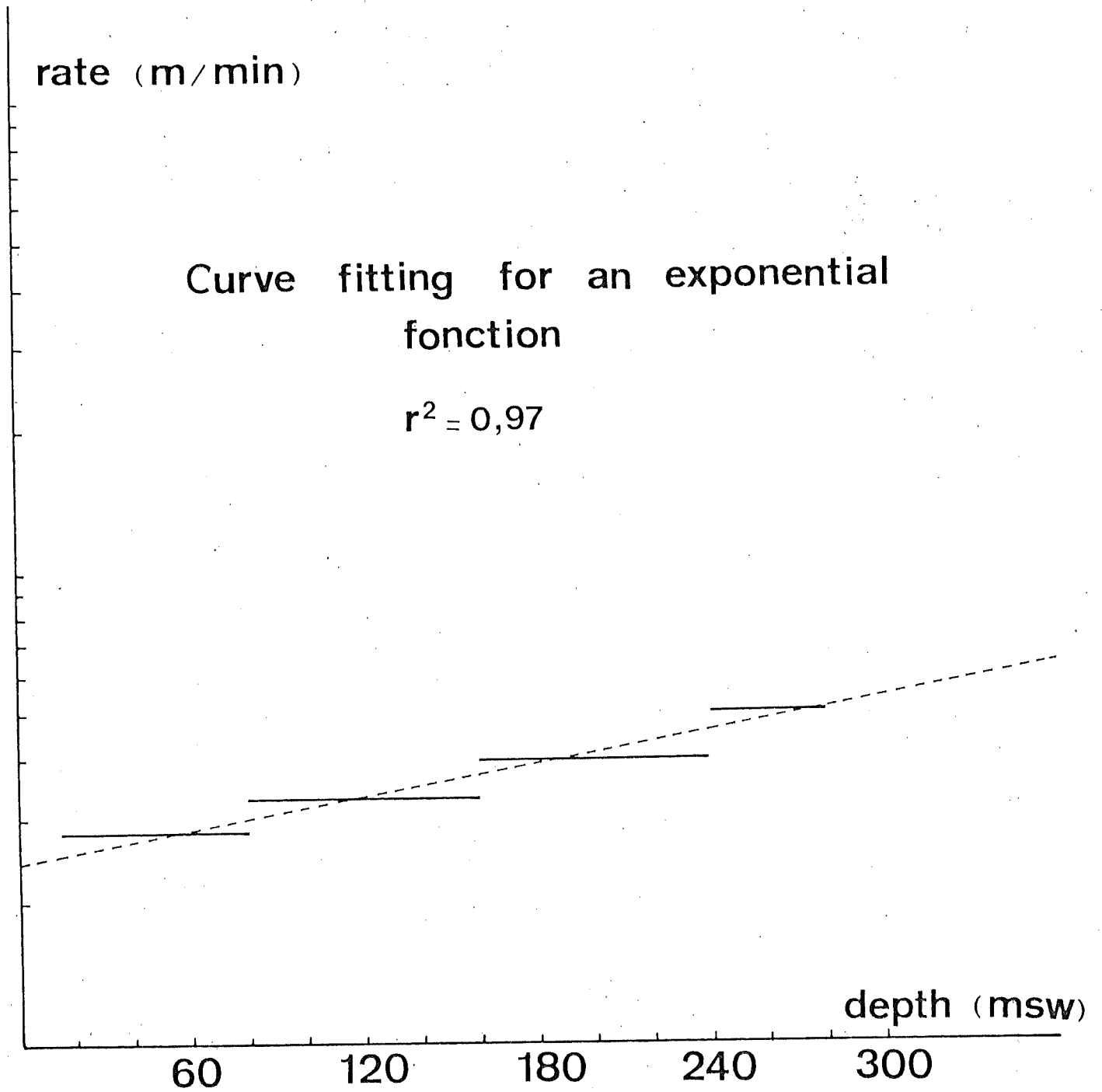
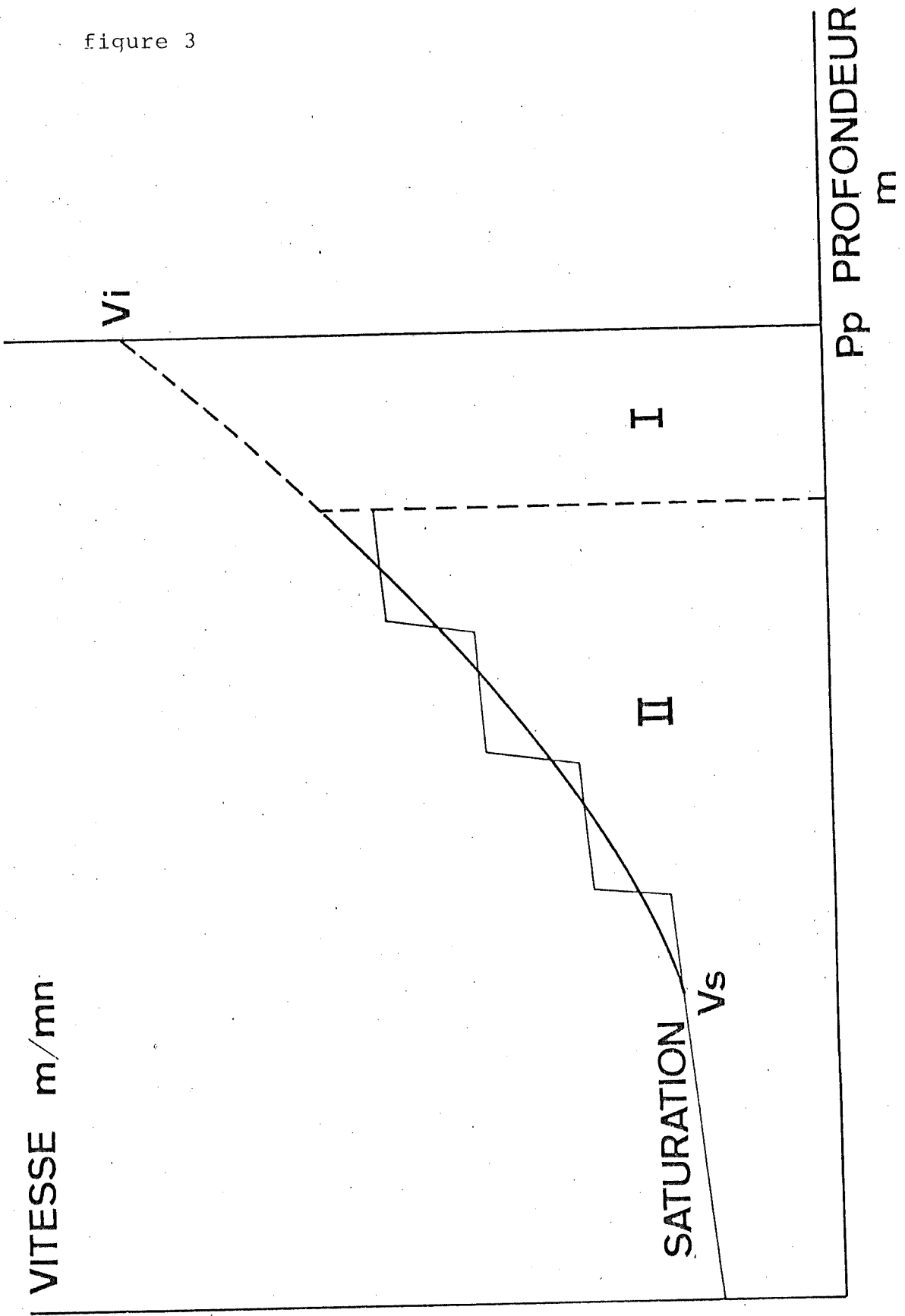


figure 3



Notre méthode repose donc sur les principes suivants :

- la décompression pour une plongée à saturation se fait suivant une exponentielle unique de la vitesse en fonction de la pression (ou de la profondeur) pour une pression partielle ou un pourcentage d'oxygène donné. La pente de cette droite (en coordonnées semi-logarithmiques) varie avec le pourcentage d'oxygène.
- la décompression pour une plongée de plus courte durée se fait suivant une autre droite (exponentielle d'unitaire) qui vient éventuellement rejoindre l'exponentielle de saturation (si la charge en gaz de l'organisme a été importante, c'est-à-dire si la plongée a été longue et/ou profonde). Pour différentes durées du séjour au fond (pour différentes charges en gaz) les droites de vitesse sont parallèles entre elles (fig. 4). Leur ordonnée (V_i) est liée à la durée de la plongée par une fonction exponentielle (puisque la dissolution des gaz dans l'organisme se fait selon une fonction exponentielle du temps) (fig. 5) .

Pour un pourcentage d'oxygène donné, les droites exponentielles des vitesses initiales V_i en fonction de la profondeur évoluent parallèlement à l'exponentielle de la saturation (fig. 6). Ce qui signifie que, pour une durée de plongée donnée, la vitesse initiale sera toujours égale au produit de la vitesse initiale de la décompression de saturation et d'un facteur constant.

FIGURE 4

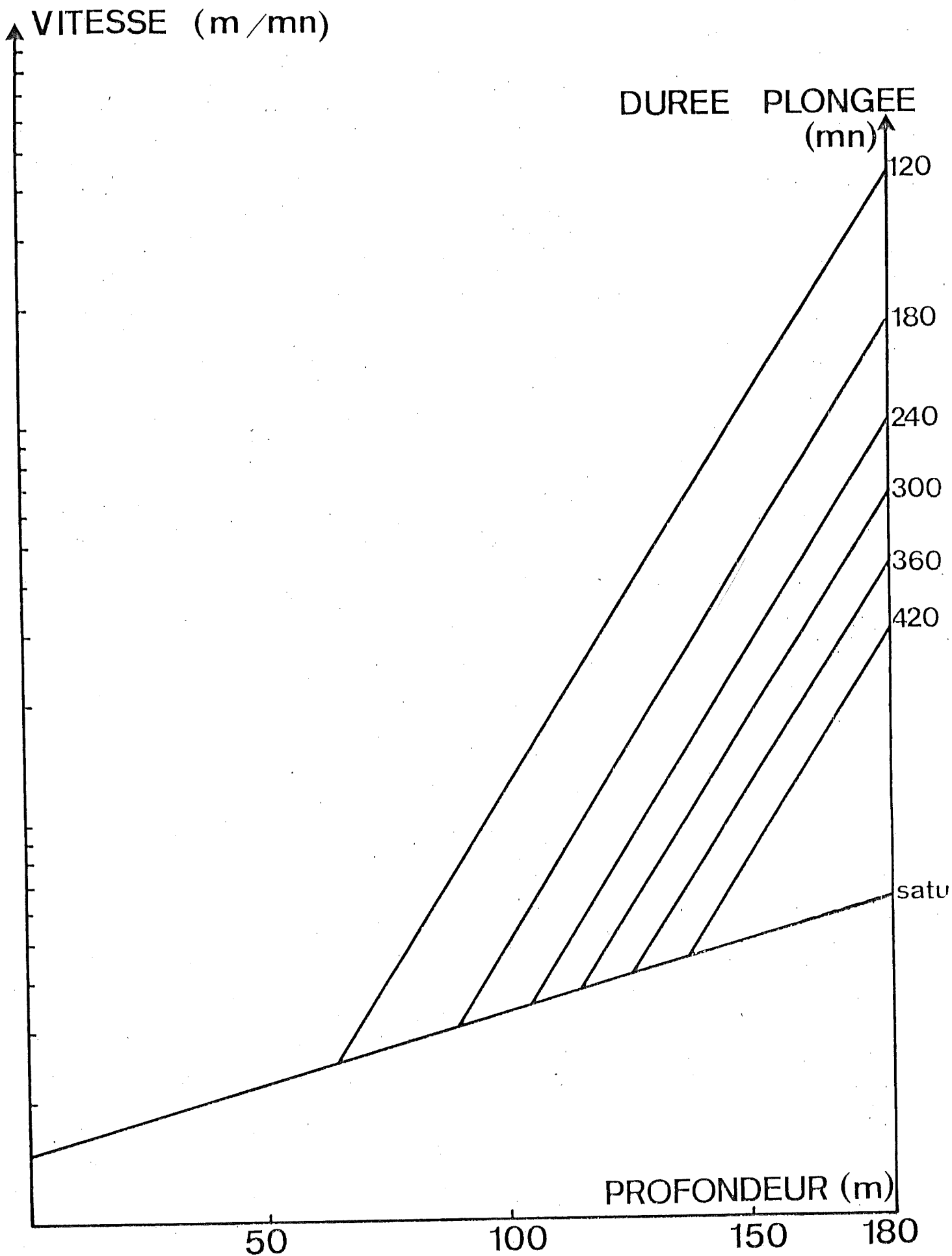


FIGURE 5

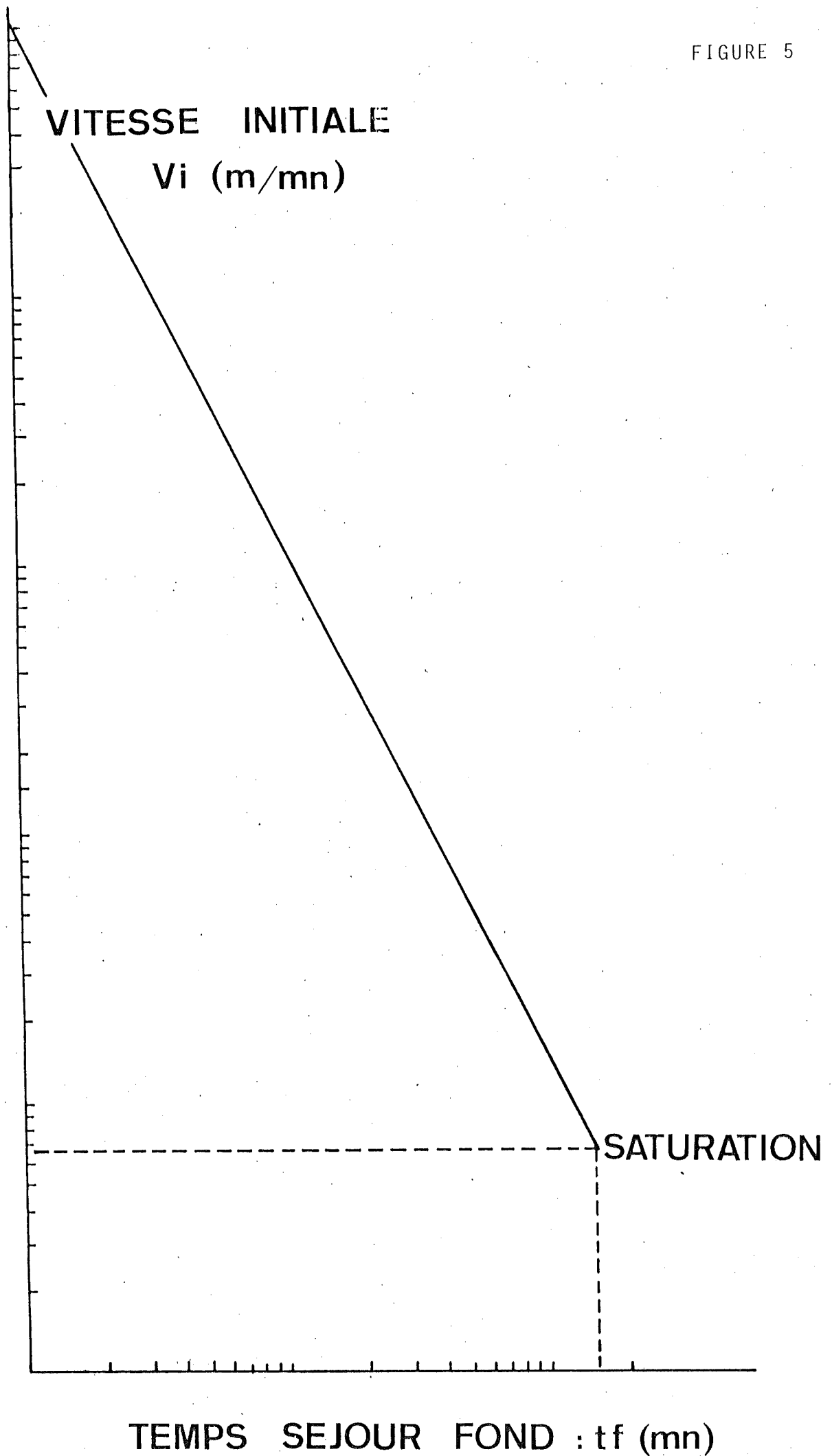
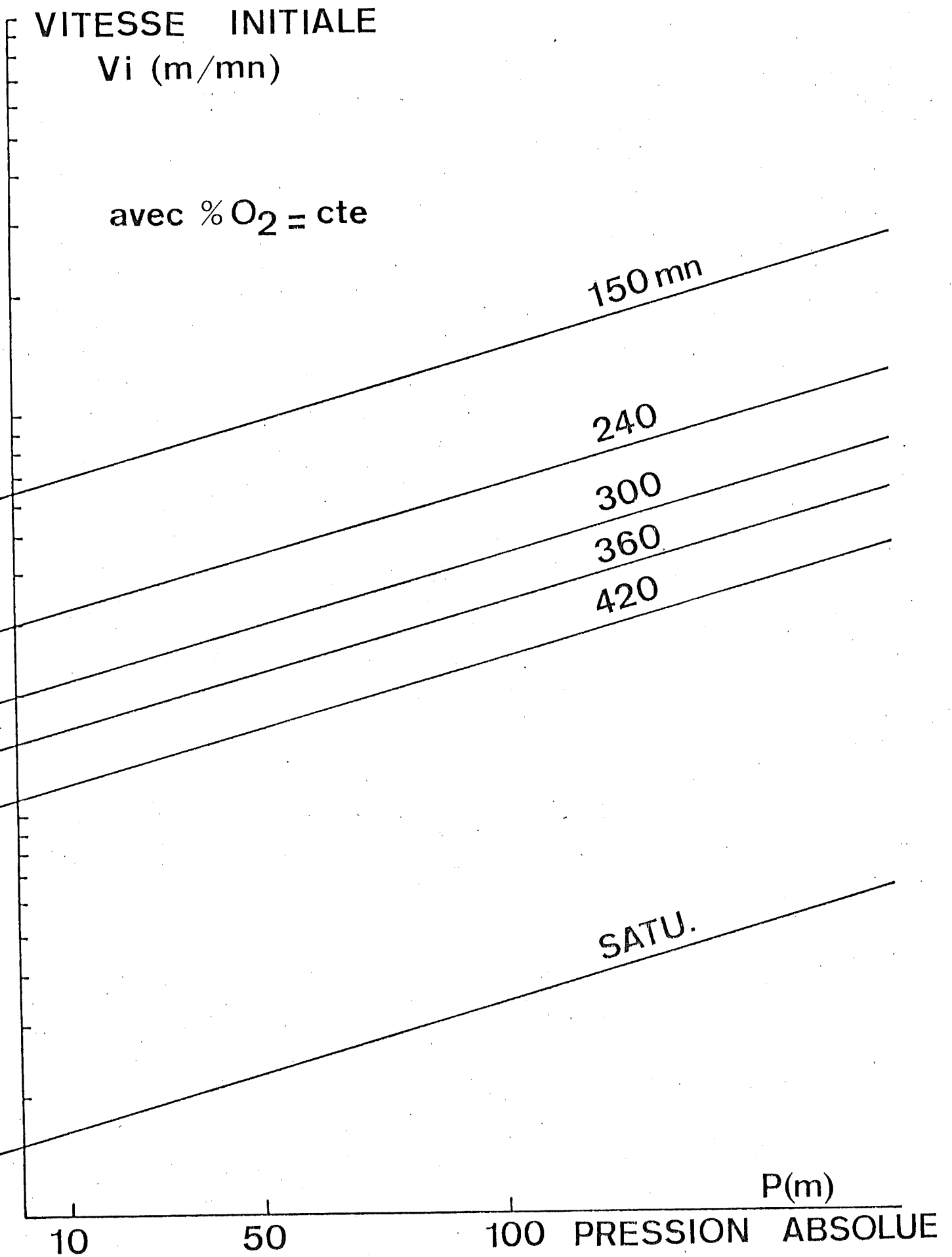


FIGURE 6



La détermination de la pente de la droite "exponentielle d'unitaire" nécessite de connaître, en plus de la vitesse initiale V_i , la vitesse V_s au point de rencontre avec la droite "exponentielle de saturation". Dans le cas où le mélange respiratoire est composé d'hélium et d'oxygène, l'abscisse de ce point V_s correspond à une pression (à une profondeur) équivalente à la demi-pression de gaz inerte du mélange respiré sur le fond (demi-charge en gaz inerte), pour une durée au fond de 180 ^{m'ntg} ~~mètres~~. Ce point caractéristique existe pour tous les mélanges gazeux, la durée au fond correspondante dépendant de la nature du gaz inerte.

a) Variations des vitesses de décompression en fonction du taux d'oxygène dans le mélange respiratoire

A partir de la droite de vitesse de décompression de saturation (en semi-log), pour une désaturation théorique avec 100 % de gaz inerte, on obtient pour différentes PIO_2 (chacune étant constante tout au long de la décompression) des droites parallèles entre elles, alors que pour différents pourcentages d' O_2 (chacun restant constant au cours de la décompression) ces droites sont convergentes (fig. 7).

La relation est bien établie, puisque les vitesses sont régies par le gradient de gaz inerte et que, pour une profondeur donnée, un pourcentage d'oxygène correspond à une pression partielle et donc, les vitesses sont nécessairement identiques.

Pour une profondeur donnée, la relation qui unit les vitesses de décompression aux différents pourcentages d'oxygène est une exponentielle (fig. 8).

FIGURE 7

↑ RATE
(m/min)

DECOMPRESSION from SATURATION
with $PiO_2 = cte$ and $\%O_2 = cte$

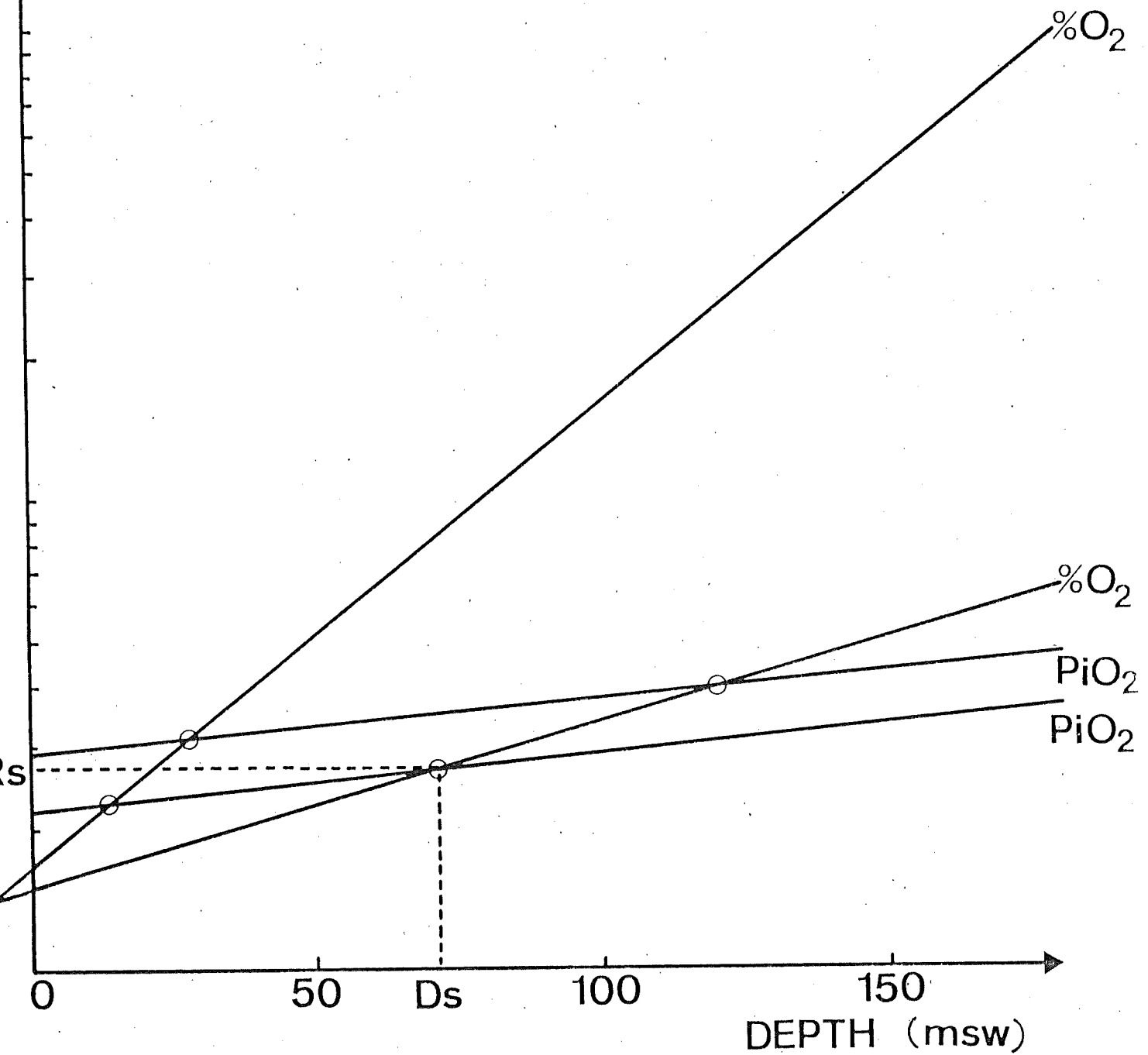
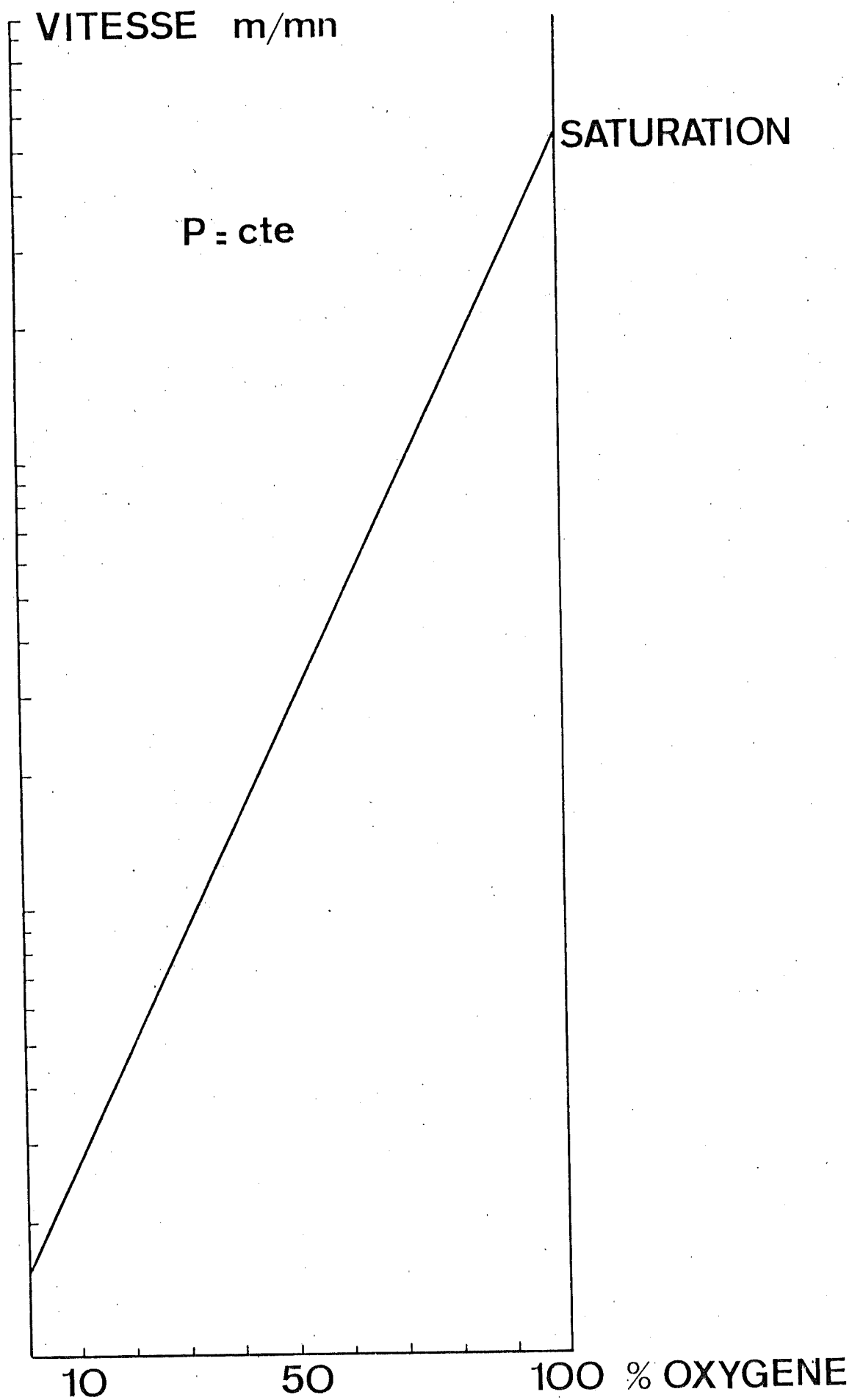


FIGURE 8



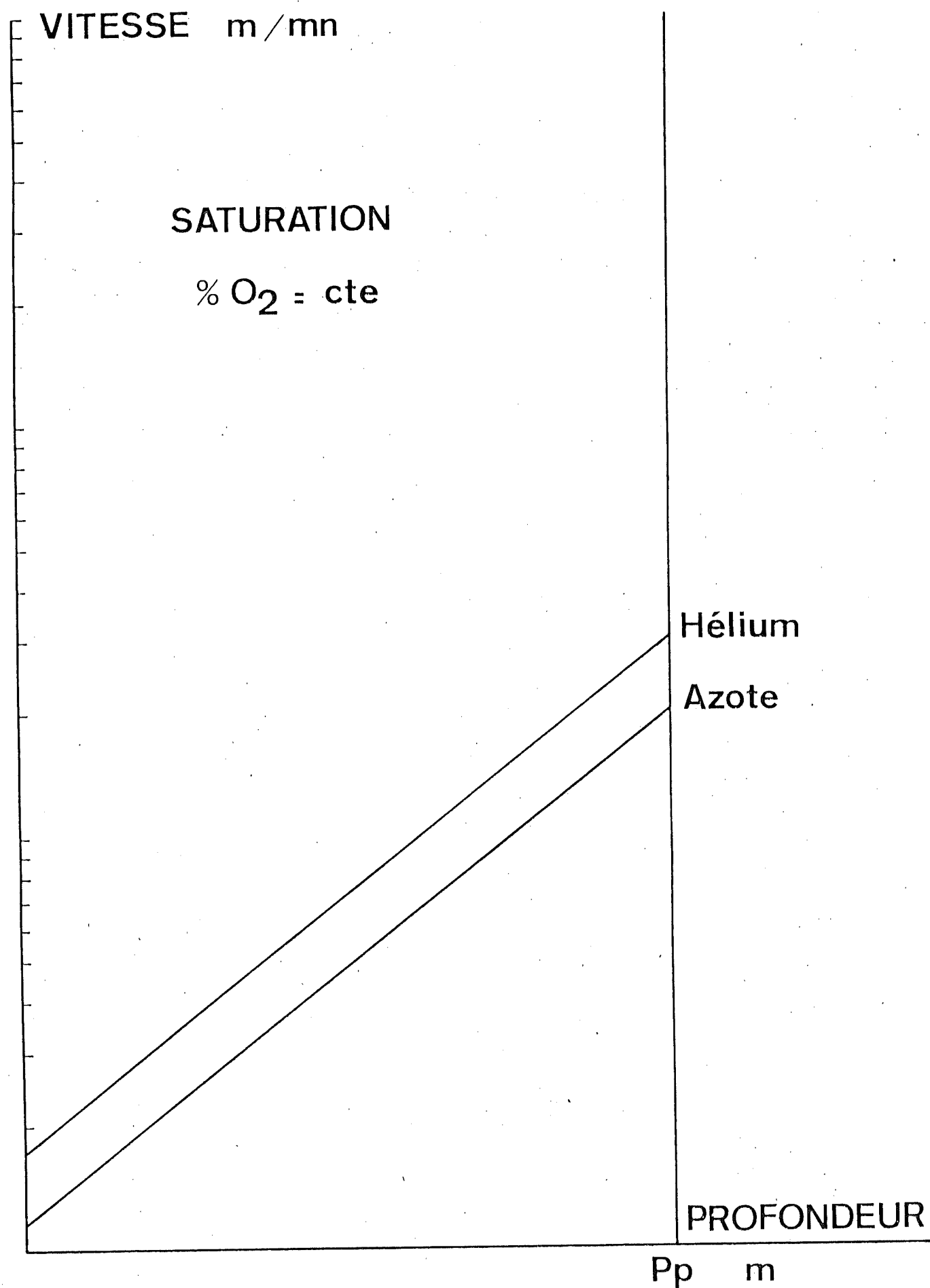
b) Variations des vitesses de décompression en fonction de la nature du gaz inerte du mélange respiratoire

La méthode de calcul établie à partir des plongées hélium-oxygène est applicable pour d'autres mélanges respiratoires contenant un gaz inerte différent, remplaçant totalement ou partiellement l'hélium. Seules, les valeurs affectées à certains paramètres vont changer selon des critères physiques. Ainsi, comme il apparaît sur la figure 9 pour une plongée à saturation, lorsqu'on change de gaz inerte, la courbe des vitesses en fonction des profondeurs subit une translation sans que sa pente varie.

Le coefficient de translation à partir de la courbe hélium dépend de la nature du gaz et se montre proportionnel à la solubilité de ce gaz dans les liquides biologiques.

Dans le cas de plongées de durée limitée, avec un mélange azote-oxygène, la durée de la plongée pour laquelle "l'exponentielle d'unitaire" rencontre "l'exponentielle de saturation" au point d'abscisse correspondant à la demi-pression de gaz inerte est de 360 minutes (contre 180 avec l'hélium).

FIGURE 9



c) Généralisation de la méthode

Du fait même de son origine, la méthode constitue essentiellement un moyen simple de calcul de toutes les décompressions, sans être une modélisation des phénomènes qui se déroulent dans l'organisme. En effet, nous ne nous intéressons qu'au contenu global (charge en gaz inerte, représentée par la profondeur et la durée de la plongée) et à la sortie (vitesse optimale d'élimination). Il est cependant possible de justifier le choix de certaines relations par des réalités physiques ou physiologiques.

Le but à atteindre est qu'à chaque instant, quelle que soit la plongée, la vitesse de décompression calculée corresponde au débit normal du gaz inerte au niveau pulmonaire (à la vitesse d'élimination optimale) et à une bonne élimination au niveau "tissulaire". Les vitesses de décompression seraient les vitesses maximales permises pour une élimination de la masse gazeuse sans formation importante de bulles, en fonction de la profondeur (ou de la pression).

La vitesse initiale V_i représenterait à la fois un index de charge de l'organisme en gaz inerte et une vitesse maximale d'élimination de ce gaz.

Tout au long de la décompression, ces vitesses tiendraient compte de trois phénomènes essentiels :

- les constantes de diffusion des gaz dans l'organisme,
- le transport du gaz inerte par le sang, c'est-à-dire la perfusion des différents compartiments de l'organisme,
- l'élimination pulmonaire du gaz, sous forme dissoute ou de noyaux gazeux.

Ces vitesses vont donc dépendre principalement de la composition du mélange respiratoire, de la nature du gaz inerte et de la masse de l'organisme soumis à la décompression.

1.3. Tests de tables réalisés avec cette méthode de calcul

a) Plongées unitaires HélioX (1976 - 77 - 78)

En Janvier 1976, une première série de tests de tables de décompression commençait au C.E.H.

Les profondeurs de plongées s'étendaient de 66 mètres à 180 mètres, pour être portées à 210 mètres lors de la sélection des plongeurs de JANUS IV (phase I). Les durées d'exposition étaient de 30, 60, 90 minutes puis de 120 et 150 minutes.

A la fin du mois de Novembre 1976, nous avons réalisé au total 45 plongées avec 120 sujets.

En 1977, deux plongées à 180 mètres (120 et 150 minutes) ont eu lieu au C.E.H. d'Aberdeen (sélection Sea-Conquest) ; en 1978, deux tests à 78 mètres (30 minutes) et 6 à 180 mètres (120 minutes).

Au total, pour ces trois années, 55 plongées unitaires héliox ont été réalisées avec 148 sujets.

Les détails des protocoles de plongées, les résultats des observations cliniques et des détections de bulles circulantes (au moyen du DUG) sont rapportés sur les tableaux ci-joints. De plus, à partir de ces résultats, il est possible de tirer un tableau de corrélation entre accident de décompression et les bulles pour chaque degré observé.

De l'ensemble de ces données, il ressort que ces tables de décompression expérimentales produisent peu de bulles au repos, la grande majorité des plongeurs (91 %) n'ayant pas de bulle. Pour ce type de décompression (unitaires héliox), ce sont les degrés 1 et 2 de bulle au repos qui présentent une forte probabilité d'accident (33 %). Or, ces degrés de bulle sont observés dans moins de 4 % des cas.

Les accidents et les détections de bulles circulantes ont permis au fur et à mesure d'ajuster les paramètres servant au calcul de la décompression de telle sorte que la méthode étant homogène, chaque modification^e sécurisait l'ensemble du jeu de tables.

L'aboutissement de cette série de tests de tables sont les 6 plongées à 180 mètres (durée fond 120 minutes) réalisées à la fois au GISMER (Marine Nationale de Toulon : 3 plongées avec 6 plongeurs) et au C.E.H. COMEX (3 plongées avec 8 plongeurs).

Sur ces 14 plongeurs, aucun accident n'est à signaler (au dire des plongeurs, la décompression est très "confortable"). De plus, la décompression n'a produit des bulles circulantes (degré 1 au repos et 3 au mouvement) que sur 1 seul plongeur (voir tableau de bulles).

Cette décompression présente donc une bonne sécurité puisque seules les bulles au repos donnent une forte probabilité d'accidents. Ce résultat est encourageant, compte tenu que la profondeur est importante (180 mètres), que la durée du séjour au fond (2 heures) est déjà suffisamment longue pour permettre un travail et que cette décompression est représentative de l'ensemble du jeu de tables. Cependant, ces plongées ont été réalisées en centre expérimental, les plongeurs ne produisant pas d'effort particulier au fond. Il serait nécessaire de confirmer ces bons résultats par des plongées réelles en mer.

DESCRIPTIF DES PLONGEES UNITAIRES

HELIOX - 1976

De 60 mètres à 210 mètres / 30 minutes à 150 minutes

Décompressions calculées avec un jeu d'abaques déduits directement des "fit" (droite de régression linéaire de log. vitesse / profondeur) des tables CX 70 et CX 71 (30 et 60 minutes). La saturation utilisée est la table chantier (CX 74) adaptée à pourcentages constants d'oxygène. Elle a été utilisée lors de JANUS IV phase II. Les décompressions sont calculées sur la HP 9821 (service Y. BOUSQUET) avec un programme mis au point par J. POYEN.

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
19/01/76 1		DELGADO ANDRE BEARD	78m - 30mn	2h 53mn	DELGADO douleur articulaire passagère -recomp. à 10m le lendemain
20/01/76 2		LIUCCI GODARD CHARVET	66m - 30mn	2h 06mn	
21/01/76 3		MAVROSTOMOS RENNESSON COMBES	66m - 60mn	3h 48mn	
22/01/76 4	Urines	BEARD GEORGES ANDRE	78m - 60mn	6h 00mn	
23/01/76 5	Prises sang Fact. coagul. Urines	MAVROSTOMOS PANNELLIER LIUCCI	78m - 30mn	2h 15mn	
26/01/76 6	Prises sang Urines	ANDRE BEARD RENNESSON	66m - 90mn	6h 17mn	
27/01/76 7		MAVROSTOMOS GEORGES LIUCCI	78m - 90mn	9h 09mn	
28/01/76 8	Prises sang Urines	RABIN ROUMEGOUS VERLINDE	81m - 60mn	7h 32mn	ROUMEGOUS bend 5 heures après sortie (recomp.)
29/01/76 9	Urines	ANDRE MARVALIN ZENEZINI	81m - 60mn	7h 32mn	

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
30/01/76 10	Prises sang Fact. coagul. Urines	GODARD SITTERLE BEARD	81m - 30mn	3h 00mn	
09/02/76 11	Prises sang	RENNESSON BEARD	81m - 90mn	10h 44mn	
16/02/76 12	Prises sang Fact. coagul. Urines (+urines le 17/02)	BEARD GEORGES RENNESSION	120m - 30mn	6h 30mn	Légères malaises 2 heures après chez BEARD et RENNESSON
17/02/76 13	Urines Prises sang	MOORE ROBINAUD MAVROSTOMOS	99m - 60mn	10h 36mn	
18/02/76 14	Prises sang Urines	GOHON LIENY	120m - 60mn	13h 52mn	
19/02/76 15	Prises sang Fact. coagul. Urines	BROGNE COMBES GEORGES	120m - 90mn	18h 54mn	Douleurs pulmo.
24/02/76 16	Prises sang Urines	CHARVET 126m CLEIN ROBINAUD	126m - 30mn	11h 59mn	
25/02/76 17	Prises sang Urines Fact. coagul.	CAYOL COMBES HERTOUT	126m - 60mn	19h 48mn	
02/03/76 18	Prises sang Urines Fact. coagul. Detec. bulles	MOORE ROBINAUD	126m - 90mn	24h 15mn	Douleurs pulmo. Légères douleurs aux articulations
04/03/76 19	Detec. bulles	CAYOL ROBIN	144m - 60mn	23h 38mn	

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
09/03/76 20	Urines Detec. bulles	CLEIN ROBINAUD VANOVERCHELDE	168m - 30mn	18h 13mn	
10/03/76 21	Detec. bulles	DIAZ ROBIN	168m - 60mn	28h 20mn	
16/03/76 22	Urines Detec. bulles	CHARVET SEGRS SENELIER	168m - 90mn	36h 10mn	
18/03/76 23	Urines Detec. bulles	PRUD'HOMME RIVOIRA	180m - 30mn	24h 27mn	
22/03/76 24	Detec. bulles	SENELIER JOUANNEAU BLEUZET	180m - 60mn	33h 42mn	
24/03/76 25	Urines Détec. bulles Impédance	RIVOIRA PRUD'HOMME MOORE	180m - 90mn	41h 39mn	RIVOIRA : Accrochage 2 genoux à 20m. recomp. de 12m. puis théráp. O ₂ (50/50) sortie 12h après heure prévue - erreur dans le calcul du début de la decomp.
07/04/76 26	Detec. bulles	GRESSIER RISPOLI MULLER	144m - 90mn (sortie 23 % hélioX)	32h 09mn	
13/04/76 27	Détec. bulles Impédance	KINGSFORD BROGNE BOULMIER	99m - 120m (sortie masque O ₂ à 12 m.)	17h 30mn	
14/04/76 28	Détec. bulles Impédance	BENAYOUN GODARD FABRE	99m - 90mn passage nitrox 23% à 48m et sortie ambiance	18h 06mn	BENAYOUN légère douleur muscul. à 1m. (30 mn d'O ₂ pur)

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
21/04/76 29	Détec. bulles Impédance	MULLER MOORE JOURDE	180m - 90mn (sortie héliox avec 02 à 6m.)	41h 38mn	

TESTS DE TABLES POUR LE
'TRAINING CENTER' DE STAVANGER.

02/08/76 30	Héliox 23/77 effort au fond	DIAZ ROUXEL	105m - 30mn	4h 26mn	DIAZ : passage de bulles genou gauche à 4 m. ROUXEL : passage de bulles épaule gauche à 2 m.
03/08/76 31	Héliox 23/77 effort au fond	CIMINO ANGLADA PANNELLIER	105m - 60mn	10h 53mn	
04/08/76 32	Passage à l'air 34 m. effort au fond	DIAZ ROUXEL	105m - 30mn	4h 26mn	
05/08/76 33	Passage à l'air 34 m. effort au fond	CIMINO PANNELLIER	105m - 60mn	10h 53mn	
10/08/76 34	Héliox 23/77 effort au fond	FAURE TURINI	105m - 90mn	15h 30mn	
11/08/76 35	Passage à l'air 34 m. effort au fond	MENA BESSOUANT	105m - 90mn	15h 30mn	

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.		OBSERVATIONS
					UPTD	
15/09/76 36	Détec. bulles C. V.	ROSA LORET	210m - 90mn	50h 55mn	1218	
27/09/76 37	Détec. bulles C. V.	AUBERTIN SAMOLADOPOULOS VERPEAUX	180m - 120mn (J4 T1)	49h 03mn	1278	
29/09/76 38	Détec. bulles C. V.	MESUREUR SOUSOUY VANOVERSHELDE	180m - 150mn (J4 T2)	50h 22mn	1225	
04/10/76 39	Détec. bulles C. V.	JEANTOT PICCHIOLI SCHNEIDER	210m - 120mn (J4 T3)	54h 52mn	1413	PICCHIOLI : accident oreille interne à 102 m. Recomp. de 30 m. + thérapeutique. Remplacement dans le calcul de $\log V_i /$ temps fond par $\log V_i / \log t^f$. d'où ralentissement des débuts de décompression.
11/10/76 40	Détec. bulles C. V.	BERQUE DUTRIAUX GRENON	180m - 120mn (J4 T4)	47h 21mn	1089	Fatigue en fin de décompression
18/10/76 41	Détec. bulles	MAC CLELLAN MAC KENNA	180m - 150mn (J4 T5)	60h 11mn	1748	
25/10/76 42	Détec. bulles C. V.	LEMOUELLIC LENTINI SEILLIER	180m - 150mn (J4 T6)	57h 58mn	1533	LEMOUELLIC + LENTINI : picotements aux doigts - LENTINI : douleurs pulmonaires à 64 mètres
28/10/76 43	Détec. bulles	BENOIT COURVOISIER	210m - 90mn (J4 T7)	51h 38mn	1241	Gêne respiratoire à 50m. pour les 2 plongeurs
09/11/76 44	Détec. bulles	RAUDE SCHNEIDER	180m - 60mn (J4 T8)	35h 36mn	697	

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND.	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
18/11/76 45	Détec. bulles	LECURIEUX- BELFOND SEVELLEC VIAL	180m - 90mn (J4 T9)	43h 22mn	

DESCRIPTIF DES PLONGEES
UNITAIRES HELIOX 1977

Homogénéisation de la méthode de calcul (voir description de la méthode de calcul). Les tables sont calculées sur la HP 9825 du C.E.H. avec un nouveau programme. Ceci est l'aboutissement des tests réalisés en 1976. La saturation utilisée est déduite de la table chantier (CX 74). Elle a été utilisée lors de JANUS IV phase III. Le 10.10.77, ce jeu de table a été fourni à Opé-Diving.

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
19/04/77 <i>52</i>	Sélection plongeurs Sea Conquest	RICH COUCH LEMM WREFORD	180m - 150mn	57h 50mn 1624 UCL 30	LEMM : à 6m. douleur muscul. au mollet droit 02 pur au masque 4 plongeurs : légères douleurs aux poumons à 16 m
03/05/77 <i>53</i>	Sélection plongeurs Détec. bulles Sea Conquest	SEALY IMRAY LANGTON ROBERTSON	180m - 120mn	52h 26mn 1375 25	

DESCRIPTIF DES PLONGEES
UNITAIRES HELIOX 1978

La méthode de calcul reste la même qu'en 1977. Elle est décrite dans le texte ci-joint. Certains paramètres de calcul ont été modifiés pour tenir compte des travaux réalisés sur la décompression de saturation.

Un jeu de tables a été fourni à OPE - DIVING le 25 Septembre 1978. C'est celui qui a servi aux six décompressions de 180 mètres.

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
10/01/78 64	Détec. bulles	BOULMIER EMERY LHERMENIER	78m - 30mn (sortie amb.) hélioX	4h 22mn	-
12/01/78 85	Détec. bulles	BOULMIER EMERY LHERMENIER	78m - 30mn (sortiemasque) hélioX	2h 41mn	-
07/11/78 70	Sélection 450m Détec. bulles	MARIE MULLON	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1
14/11/78 71	Sélection 450m Détec. bulles	BULFO MARCEL - AUDA	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1
20/11/78 72	Sélection 450m Détec. bulles	GUILLERMINET PANNELLIER	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1
21/11/78 73	Sélection 450m Détec. bulles	AUTIE MORENO	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1
29/11/78 74	Sélection 450m Détec. bulles	ALLEX RISPOLI Poggi	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1
06/12/78 75	Sélection 450m Détec. bulles	BROGNE GRENIER REJAUD	180m - 120mn	56h 15mn	1500 27,1

PLONGEES UNITAIRES HELIOX 76 - 77 - 78

	Nb Plongées	Nb Plongeurs	Accident Vestibulaire	Bend avec Recomp ou O2	Douleurs sans Recomp, sans O2	Douleurs Pulmonaires	Divers
1976	45	120	1	4	3	5	3
du 19.01.76 au 18.11.76							
1977	2	8	0	1	0	4	0
du 19.04.77 au 03.05.78							
1978	8	20	0	0	0	0	0
du 10.01.78 au 06.12.78							
TOTAL	55	148	1 (0,6 %)	5 (3 %)	3 (2 %)	9 (6 %)	3 (2 %)

DETECTIONS DE BULLES

Plongées unitaires héliox (76 - 77 - 78)

Nombre de plongées avec détection .: 31
 Nombre de plongeurs avec détection : 82

	Degré maxi. de bulles au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	<u>75</u> 82	<u>3</u> 82	<u>3</u> 82	<u>1</u> 82	<u>0</u> 82	<u>57</u> 82	<u>11</u> 82	<u>8</u> 82	<u>6</u> 82	<u>0</u> 82
%	91,5	3,6	3,6	1,2	0	69,5	13,4	9,7	7,2	0

DETECTIONS DE BULLES POUR LES 180 METRES
 2 HEURES

6 Plongées avec 14 Plongeurs

	Degré maxi. de bulles au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	<u>13</u> 14	<u>1</u> 14	<u>0</u> 14	<u>0</u> 14	<u>0</u> 14	<u>7</u> 14	<u>2</u> 14	<u>4</u> 14	<u>1</u> 14	<u>0</u> 14
%	93	7	0	0	0	50	14	^{28,5} 13,5	7	0

CORRELATION ACCIDENT / BULLES CIRCULANTES

Nombre de plongées : 31

Nombre de sujets : 82

	Degré maxi. de bulles au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Accident vestib.	$\frac{0}{75}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{0}{0}$
Accident Bend	$\frac{0}{75}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{11}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{0}{0}$
	0%	33%	33%	-	-	0%	0%	12%	17%	-

b) Plongées longue durée et saturation héliox (1977 - 78)

Pour l'année 1977, notre programme de recherches sur les tables avait un objectif double : d'une part, faire la liaison entre les plongées unitaires testées en 1976 jusqu'à 150 minutes au fond et la saturation en calculant des tables pour 3, 4, 5, 6 et 7 heures au fond et d'autre part, améliorer la sécurité de la décompression de saturation existante (CX 74) qui nous servait pour les sorties de décompression de plongées unitaires (voir méthode de calcul) et la rendre homogène avec ces unitaires, du point de vue méthodologique (paliers de décompression mètre par mètre, utilisation de % constants d'O₂).

Les tests de décompression des plongées longue durée et de saturation héliox ont débuté le 7 Février 1977 et la dernière expérience a eu lieu le 14 Mars 1978. Auparavant, nous avons calculé une table 400 mètres-surface pour la phase C.E.H. de JANUS IV (Décembre 76) et une table 430 mètres-surface pour la phase III (phase en mer Octobre 77).

Au total, nous avons réalisé 22 plongées avec 76 plongeurs. Les protocoles de plongées, les résultats des observations cliniques et des détections de bulles sont rapportés sur les tableaux ci-joints.

Sur les 11 cas de bends observés, un seul a nécessité une recompression (soit 1,6 %).

Du 7 Février 77 au 16 Mars 77, quatre plongées longue durée (4 heures et 7 heures) ont été testées. Les résultats sont très encourageants puisque ces décompressions n'ont pas donné lieu à des bends et produisent peu de bulles. Il est donc possible, pour des durées de plongée de 2 à 7 heures de décompresser en toute sécurité les plongeurs beaucoup plus rapidement qu'en décompression de saturation.

Exemple : pour une plongée à 120 mètres

- . décompression de saturation : 57h 39
- . pour 4 heures au fond : 45h 02 (gain de temps 12h 37 soit 21 %)
- . pour 7 heures au fond : 52h 28 (gain de temps 05h 11 soit 9 %)

Ces plongées "longue durée" qui font la liaison entre les plongées unitaires (jusqu'à 2 heures au fond) et les saturations pourraient être largement utilisées sur les chantiers dans l'avenir.

Les résultats cliniques et les détections de bulles ne doivent pas être considérés comme représentatifs de la qualité de la table de décompression de saturation que nous proposons actuellement, puisqu'ils ont été obtenus (comme pour les plongées unitaires) au cours de recherches du meilleur profil et non pas au cours d'une évaluation de la table. Ainsi, depuis les deux décompressions JANUS IV (phases II et III) et jusqu'à la plongée à 300 mètres (soudure) de décembre 77, les paramètres de calcul ont été modifiés au fur et à mesure des tests.

Depuis le 4 Janvier 78, la même table a été utilisée pour un total de 5 plongées (4 à 180 mètres et 1 à 100 mètres). A la vue des résultats cliniques et des détections de bulles, il ressort que lorsqu'aucune excursion n'est effectuée au fond, la courbe de décompression est très satisfaisante ; aucune douleur n'est à signaler, le dégazage est très faible, les plongeurs rapportent une impression de grand confort. Cependant, lorsqu'on effectue des excursions répétées de 10 mètres et de 9 heures par jour et bien que l'on observe que peu de bulles circulantes, 2 plongeurs sur 12 (17 %) ont ressenti des douleurs en fin de décompression. Le même phénomène a été observé lors d'excursions de plus grandes amplitudes (jusqu'à 70 et 80 mètres) lors des plongées JANUS IV (II et III). Cependant, les deux bends observés lors de la mise au point de la décompression à saturation n'ont pas une valeur statistique. Nous pensons en effet qu'il est nécessaire de poursuivre l'étude, cette voie offrant de grandes possibilités quant à l'utilisation de l'oxygène en décompression. De plus, à partir des tests réalisés sur les décompressions singe et grâce à la possibilité d'extrapoler d'une manière simple les vitesses de décompressions nous avons la certitude qu'il est possible dès à présent de proposer une décompression de saturation héliox présentant une meilleure sécurité que celle pratiquée actuellement sur les chantiers.

DESCRIPTIF DE PLONGEES LONGUE DUREE
HELIOX 1977

Ces tables de décompression sont directement déduites
des plongées unitaires héliox 1977.

La même méthode et les mêmes paramètres de calcul y
sont utilisés.

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
07/02/77 46	Détec. bulles	DEMERLE JOURDE COMBES	87m - 240mn	31h 23mn	
14/02/77 47	Détec. bulles C. V.	DEMERLE JOURDE COMBES	78m - 240mn	28h 01mn	
07/03/77 48	Détec.			45h 02mn	
16/03/77 49	Détec. C.V.			52h 28mn	Douleurs pulmo. au fond au rajout d'O2 (passage de 3 % à 12 %) à 60m. + picotements aux doigts près de la surface
30/03/77 50	Détec. bulles C. V.			52h 28mn (+ 2h 21mn arrêt à 77m = 59h 49mn) même durée que pour 420mn au fond	DAVIES : douleurs au genou gauche à 11m. O2 et douleurs pulmo. WYNESS : vertiges à 77 m. arrêt décomp. (2h 21)

NITROX

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX

(AVEC % CONSTANTS D'O2 en DECOMPRESSION)

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
04/12/76	JEANTOT LENTINI MC KENNA RAUDE SCHNEIDER SEVELLEC VERPEAUX VIAL	400 - 430m 460 480 6 jours	8 jours 10 h 35 mn	Plongée JANUS IV phase II (C.E.H.) table de décompression directement issue de la table chantier (CX 74) mais utilisation pour la 1ère fois en saturation de pourcentage cons- tant d'O2 en décompression. La décompression a été interrompue par deux paliers : à 370 mètres - 15h 44mn et 255 mètres - 12h 47mn	MC KENNA : douleur articulaire à 16 m. - prise de 50/50 (ce plongeur avait fait un accident vestibulaire au retour de sa dernière plongée excursion (480 - 400 m) VERPEAUX : douleur articulaire à 1 mètre - prise d'O2
15/10/77	JEANTOT RAUDE SCHNEIDER SEVELLEC VERPEAUX VIAL	430 - 460m 501m 4 jours	7 jours 1 h 8 mn	Plongée JANUS IV phase III (en mer) Décompression tirée comme pour la phase II de la table chantier (CX 74). Utilisation de pourcen- tages constants d'O2 en décomp. Pas d'arrêt durant la décompression	VERPEAUX : douleur articulaire à 333 mètres SCHNEIDER : douleur articulaire à 8 mètres - prise d'O2.

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX 1977 - 78

(AVEC % CONSTANTS D' O2 EN DECOMPRESSION).

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
05/04/77 51	HOWIE LAURO BARRY	120m - 22 h	57h 39mn	1er test de table de décompression de saturation utilisant des % constants d'O2 et des paliers tous les mètres. Décompression servant de base aux unitaires testées en 76	
23/05/77 54	LAURO HOWIE TURINI	120m - 21 h	55h 54mn	Basculement de la courbe des vitesses en fonction de la profondeur. Accélération du début de la décomp.	LAURO : douleur légère au genou droit à 9 mètres. A 3 mètres O2 pur
31/05/77 55	DUBREUIL SANTAMARIA ESPOSITO	120m - 19 h	52h 33mn	Nouvelle accélération du début de la décompression	ESPOSITO : douleurs aux genoux à 8 mètres. O2 pur.
14/06/77 56	GARBE LUICCI TEMPIER	35m - 27 h	21h 46mn	Même décompression que la fin de la décompression de la plongée précédente	TEMPIER Douleur à 4 mètres
26/09/77 57	AUGE FABRE OUZENANE	35m - 26 h	20h 15mn	Accélération de la décompression	

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX 1977 - 78

(AVEC % CONSTANTS D' O2 EN DECOMPRESSION).

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
04/10/77 58	KORKOUNOFF RIABSTSEV SMIRNOV	200m - 8h (subsaturation)	99h 07mn	Décompression utilisant la même fin de décompression que précédemment	
15/11/77 59	ALEX FABRE GREGOIRE	35m - 30h	19h 39mn	Même décompression que celle testée le 26/09/77 mais avec une accélération du départ	
21/11/77 60	BEDNAR CHERRUAULT MAVROSTOMOS	180m - 26h 30	89h 56mn (+ 2h palier à 7m.)	Mêmes paramètres de calcul que pour la plongée du 04/10/77 mais avec accélération du départ	MAVROSTOMOS : douleur au genou à 19m. A 7m:02 pur + palier.
05/12/77 61	CASOULI PACCHIONI SEGURA	150m - 24h	74h 01mn	Même paramètre de calcul que pour la décompression précédente	SEGURA : douleur musculaire jambe gauche. A 33m. prise de 50/50. A 22m palier de 1h 30. A 7m. recompression à 13m. Palier de 2h. et 02 pur.

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX 1977 - 78

(AVEC & CONSTANTS D' O2 EN DECOMPRESSION).

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
12/12/77 62	JALPI HOWIE ROUMEGOUS MIMOT TAYLOR ZENEZINI	300m - 35h 09	153h 55mn	Ralentissement de l'ensemble des décompressions	JALPI : douleur musculaire jambe gauche à 6m. O2 pur.
04/01/78 63	CASOULI GAND MAVROSTOMOS	180m - 24h	103h 45mn	Même décompression que précédemment mais avec rajouts d'O2 anticipés, passage à l'air à 8 mètres et changement de palier en 20 mn à partir de 22 mètres	
16/01/78 66	EMERY ROUX TOLMAN	170 - 180m - 4 jours	103h 45mn	Même table que précédemment mais avec une excursion à 180 mètres de 9 heures par jour	TOLMAN et ROUX à 12m douleurs articulaires. O2 pur.
20/02/78 67	BRAUD COULOIGNIER KORKOUNOFF	170 - 180m - 4 jours	103h 53mn	Une excursion de 9 heures par jour même décompression que précédemment mais avec 4 recompressions de 3 m. à chaque changement de % d'O2	

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX 1977 - 78

(AVEC % CONSTANTS D' O2 EN DECOMPRESSION).

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
28/02/78 58	COMBES DUPRAT HUSS	170 - 180m 4jours	103h 53mn	Une excursion de 9 heures par jour même décompression que la plongée précédente	
14/03/78 60	DIAZ NICOD ROZOTTE	90 - 100m 1 jour	66h 33mn	Une seule excursion. Le séjour au fond prévu à 4 jours a été écourté. Pas de recompression durant la décompression	

DECOMPRESSION LONGUE DUREE
ET SATURATION HELIOX AVEC % O2 CONSTANT

	Nb plongées	Nb plongeurs	Accident Vestibulaire	Accident bend avec recomp. ou O2	Douleurs art. ou muscul. sans recomp. sans O2
TESTS TABLES 77-78 C.E.H. Avec JANUS IV phases II et III de Déc. 76 au 14 Mars 78	22	76	0	11 (14 %)	2 (2,6 %)

DETECTION DE BULLES

Nb plongées : 22
Nb plongeurs : 75

	Degré maxi. de bulles au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	<u>57</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>25</u>	<u>9</u>	<u>14</u>	<u>27</u>	<u>0</u>
	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
%	76	10,6	13,3	0	0	33,3	12	18,6	36	0

DECOMPRESSION LONGUE DUREE
ET SATURATION HELIOX AVEC % O2 CONSTANT

CORRELATION BULLE / ACCIDENT (BEND)

22 plongées avec 75 plongeurs
(10 bends)

	Degré maxi. de bulles au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	<u>5</u> 57	<u>1</u> 8	<u>4</u> 10	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 25	<u>2</u> 9	<u>3</u> 14	<u>5</u> 27	<u>0</u> 0
%	9	12	40	-	-	0	22	21	18	-

c) Plongées saturation nitrox

Ce programme de tests a été intercalé dans l'étude des saturations héliox, sur une demande de COMEX SERVICES. Il possédait un double objectif :

- savoir s'il était possible de réaliser des plongées à l'air pour un niveau travail de 50 mètres à partir d'une saturation nitrox.
- mettre au point un jeu de tables de saturation à l'air permettant le travail entre 17 et 50 mètres.

Après une première plongée réalisée d'après les instructions spéciales Comex Services utilisées sur 'TALISMAN', trois autres plongées ont été faites au C.E.H. entre le 24 Janvier 78 et le 11 Février 78. Ces décompressions constituent donc une première généralisation de la méthode de calcul à d'autres gaz que l'hélium.

Le descriptif des plongées, les résultats cliniques et les détections de bulles sont rapportés sur les tableaux ci-joints. Sur les 9 plongeurs, un seul a présenté une douleur au genou 3 heures après la sortie. Il faut noter également que ces décompressions ne présentent pratiquement pas de bulles circulantes (sauf 1 cas). Ces tables présentent donc une bonne sécurité. De plus, cette décompression a déjà été modifiée (dans le sens d'un rallongement) en fonction des résultats obtenus sur les saturations héliox.

D'autres tests seront nécessaires pour confirmer ces résultats.

DESRIPTIF DES PLONGEES SATURATION NITROX 1977 - 78

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
28/11/77 76	GINTZ GUILLOU MARTIN	17 - 27m - 4 Jrs	17h 01mn	Une excursion à 27m de 9 heures par jour. Instructions spéciales TALISMAN	
24/01/78 77	MULLER PRUD'HOMME ROBINAUD	50m - 36h	64h 54mn	Décompression extrapolée de la saturation héliox. Passage à l'air à 34 mètres	
30/01/78 78	BOULMIER BRESSON SEILLIER	36 - 50m - 4 jrs	64h 54mn	Une excursion à 50m de 6 heures par jour à l'air. Même table de décompression que précédemment	BOULMIER : 3 heures après la sortie douleur au genou. Diminution de la capacité vitale chez les 3 plongeurs le 3ème jour au fond
06/02/78 79	LHERMENIER ROUSSEL ROZOTTE	20 - 30m - 4 jrs	45h 00mn	Une excursion à 30m de 6 heures par jour à l'air. Même table que précédemment.	

DECOMPRESSION SATURATION NITROX

	Nb plongées	Nb plongeurs	Accident Vestibulaire	Bend avec avec recomp ou O2	Douleur art. ou muscul. sans recomp. sans O2
DECOMPRESSION 'TALISMAN' 28.11.77	1	3	0	0	0
DECOMPRESSION C.E.H. du 24.01.78 au 06.02.78	3	9	0	0	1
TOTAL	4	12	0	0	1

DETECTION DE BULLES

	degré maxi. de bulles au repos (debout)					degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	<u>11</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
%	91,6	0	8,3	0	0	83,3	8,3	0	8,3	0

CORRELATION BULLE / ACCIDENT
SATURATION NITROX

	Degré maxi de bulles au repos (debout)					Degré maxi de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
'TALISMAN'	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{6}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
C. E. H.	$\frac{0}{8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{7}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$
TOTAL	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$

2. DECOMPRESSION SATURATION HELIOX AVEC PI O2 CONSTANT
(0,6 b)

Depuis les plongées à 300 mètres CORAZ III et IV (1975) nous avons systématiquement recueilli les observations comportementales et pratiqué des détectations de bulles circulantes sur les plongées réalisées au C.E.H. Ces plongées sont, pour la plupart, des soudures à 150 mètres. Elles peuvent se séparer en deux catégories : d'une part, celle qui utilisent pour la décompression la table saturation chantier (CX 74) et d'autre part, celles qui sont réalisées avec une table de décompression 'rallongée' mise au point par 'OPE-DIVING'.

Les résultats cliniques et des détectations de bulles sont rapportés sur les tableaux ci-joints. On remarque que la décompression type CX 74 produit un pourcentage de bends important (21 %), des bulles au repos (degré 1 dans 19,6 % des cas) et un dégazage important de bulles au mouvement (degré 3 dans 46,9 % des cas). Quand on sait que pour ce type de décompression, la probabilité d'accident pour un degré 1 au repos est de 38 % et de 26 % pour un degré 3 au mouvement, on peut prévoir que cette table ne présente pas une sécurité suffisante.

En ce qui concerne la décompression type 'OPE-DIVING' celle-ci présente un taux de bends beaucoup plus faible. Moins de 5 % de bulles au repos et peu de bulles au mouvement (moins de 10 % pour le degré 3 au mouvement).

Bien que le nombre des plongeurs soit peu important (21) et la profondeur faible (150 mètres maxi.). Cette table se révèle incontestablement meilleure que la CX 74.

DESCRIPTIF DES PLONGEES SATURATION HELIOX (avec PIO2 constante)
 TABLE DE DECOMPRESSION CHANTIER CX 74

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
10/06/75 CORAZ III	Détec. bulles 80	GAURET GANGLOFF	300 m. Saturation	136 heures	
09/12/76 CORAZ IV	Détec. bulles 81	GRISELIN MARY	300 m Saturation	136 heures	MARY : bend art. à 14 m.-prise 02
24/02/77	Eétec. bulles 82	STEVENSON BARRY DEWSNAP CARTER HOWIE ROBINS SMITH TAYLOR D.	150 m. saturation	type chantier 78h 18mn 3j. 6h. 18mn	STEVENSON : bend articulaire à 12 mètres - prise 02
04/03/77	Détec. bulles 83	SAUNDERS JOHNSON YOUNG VAUGHAN HUTCHINSON BAKER FITZSIMMONS GRENIER	150 m. saturation	type chantier 78h 18mn	BAKER : bend articulaire à 2m FITZSIMMONS : bend articulaire à 7 m. GRENIER : bend art. à 9m.
18/03/77	Détec. bulles 84	HOWIE BARRY TAYLOR D. MOLE WRIGHT DUMON TAYLOR L. BOWDEN	150 m. saturation	type chantier 78h 18mn	TAYLOR : bend articulaire à 10 m. BOWDEN : bend articulaire à 5 m.
25/03/77	Détec. bulles 85	CHAUVET JALPI ROUMEGOUS ALBERTO MILLION GABBI CAPOBILLA MARVALIN	150 m. saturation	type chantier 78h 18mn	CHAUVET : bend articulaire à 124 mètres puis à 4 mètres. GABBI : bend à 124 mètres.

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
03/04/77	Détec. bulles 86	DUMON MOLE SAUNDERS TAYLOR D. TAYLOR L.	150 m. saturation	type chantier 78 h 18 mn	DUMON : bend articulaire à 7 mètres.
11/04/77		BRESAN MIMOT GALIFI RABIN CHAUVET GAUBALD FAGET MARVALIN	150 m. saturation	type chantier 78 h 18 mn	FAGET : bend articulaire à 2 mètres.
06/05/77	Détec. bulles 88	MELQUION RABIN NAPIERALA DEWSNAP TAYLOR D. SAUNDERS	150 m. saturation	type chantier 78 h 18 mn	SAUNDERS : bend articulaire à 15 mètres. NAPIERALA : bend articulaire à 5 mètres.
17/10/77	Détec. bulles 89	ARANGIO MENDOZA ORTIZ SUELDO VASQUEZ LESCANO ROMERO PACCIOLI	200 m. saturation 'argentins'	type chantier 105 heures	ARANGIO : bend articulaire à 20 mètres - prise 02 (50/50)
24/10/77	Détec. bulles 90	GÜTTIERREZ OLMOS AGUILLAR RUFINO BRUNET CASOULI	200 m. saturation 'argentins'	type chantier 103 heures avec saut initial ralenti avec 650mb 02	

DATE	EXAMENS EFFECTUES	PLONGEURS	PROFONDEUR DUREE FOND	DUREE DECOMP.	OBSERVATIONS
04/12/78	Détec. bulles 100 01	CROITORU DINU LISTARU PAVEL ROTARU ROUSSEL	200 m. saturation 'roumains'	type chantier 114 heures sans saut initial	LISTARU : douleur articulaire à 19 mètres. CROITORU : bend articulaire à 5 mètres - prise d'02 pur.

TABLE DE DECOMPRESSION TYPE 'OPE-DIVING'

(AVEC PIO2 CONSTANTE ; 600 mb)

Date	Plongeurs	Prof. et durée	Durée décomp.	But du Test	Observations
28/03/78 <i>92</i>	COLOM COMBES JACOBS	130 - 140m 4 jours	86h 40mn	Une excursion par jour	
02/05/78	BARRY BOIVIN HOWIE SASSANO SAVES SMITH TAYLOR ZOLLO	150m - avec palier de 48h à 60m	44h (60 mètres surface)	SOUUDURE à 150 et 60 mètres	
<i>93</i> 23/05/78	BARRY BOIVIN GAUBALD SAUNDERS SMITH ZENEZINI	100m	69 heures	SOUUDURE	
<i>94</i> 21/12/78	BARRY BOIVIN FRAIZ ZENEZINI	150m	73 heures	SOUUDURE - Décompression mètre par mètre. Rinçage à l'air à 10m.	FRAIZ et BARRY : bend articulaire à 8 mètres - prise 02 pur

DECOMPRESSION SATURATION HELIOX
AVEC PIO2 CONSTANTE

	Nb plongées	Nb plongeurs	Accidents Vestibulaires	Bend avec Reomp. au O2
Tables saturation CX 74 CORAZ III et IV SOUDURES PLONGEE COMEX INDUSTRIES	12	75	0	16 (21 %)
Saturation Tables opé-diving du 28.03.78 au 19.12.78	4	21	0	2 (9,5 %)
TOTAL	16	96		18 (19 %)

DETECTION BULLE PLONGEES SATURATION
HELIOX AVEC PIO2 CONSTANTE

	degré maxi. de bulles au repos (debout)					degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
CX 74	<u>50</u>	<u>13</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>10</u>	<u>19</u>	<u>31</u>	<u>0</u>
	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
%	75,7	19,6	4,5	0	0	9	15	28,8	46,9	0
Opé-Dving	<u>18</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>12</u>	<u>1</u>	<u>6</u>	<u>2</u>	<u>0</u>
	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
%	85,7	4,7	0	0	0	57,1	4,7	28,6	9,5	0
TOTAL	<u>68</u>	<u>14</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>18</u>	<u>11</u>	<u>25</u>	<u>33</u>	<u>0</u>
	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
%	78	16	3	0	0	21	13	29	38	0

CORRELATION BULLE / ACCIDENT (BEND)

CX 74 : 11 plongées et 66 plongeurs
Opé-diving : 4 plongées et 21 plongeurs

TOTAL : 15 plongées et 87 plongeurs (16 bends)

	degré maxi. de bulles au repos (debout)					degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
CX 74	<u>9</u>	<u>9</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	<u>0</u>
	50	13	3	0	0	6	10	19	31	0
%	18	38	-	-	-	-	-	21	26	-

OPE-DIVING	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	18	3	0	0	0	12	1	6	2	0
%	5,5	33	-	-	-	-	-	33	-	-

TOTAL	<u>10</u>	<u>6</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>0</u>
	68	16	3	0	0	18	11	25	33	0
%	15	37	-	-	-	11	-	24	24	-

3. CORRELATION ACCIDENT DE DECOMPRESSION ET BULLES
CIRCULANTES

Les accidents de décompression peuvent-ils être prévenus par la détection de bulle ?

A partir de l'ensemble des résultats des détections, on peut tirer des corrélations entre les bulles et la probabilité d'apparition des accidents de décompression.

La situation est différente suivant le type de plongée : unitaire ou saturation.

En ce qui concerne les accidents vestibulaires, ceux-ci ne sont survenus que lors des décompressions de plongées unitaires ou des plongées excursions. Il apparaît qu'ils sont toujours précédés d'un dégazage important (degré 3 de bulle au repos). Malgré le peu de cas, on peut déduire que le degré 3 au repos présente une très forte probabilité d'accidents vestibulaires (2/3) en début de décompression (phase rapide) des plongées unitaires ou en retour des plongées excursions. Aucun accident de ce type n'est survenu lors des décompressions des plongées à saturation.

Pour ce qui est des douleurs articulaires ou musculaires (bends) observées généralement dans les derniers mètres, de la décompression (10 mètres \pm 7 mètres), leurs probabilités d'apparition en fonction des divers degrés de bulles sont différentes en décompression de plongée unitaire et de plongée à saturation. En effet, en unitaire, l'absence de bulle au repos donne 0 % d'accident (p.12), par contre, en saturation on a 12 % (voir tableau corrélation bend-bulle - total.décomp. saturation).

De même, les bulles observées au mouvement dans le cas des plongées unitaires donnent moins de bends (0 %, 12 %, 17 % respectivement pour les degrés 1, 2, 3) que dans le cas de plongées à saturation (10 %, 23 %, 22 %).

Pour qu'une table de décompression soit considérée comme sûre (probabilité d'accident $< 5\%$) il est donc nécessaire d'éliminer en décompression de saturation même le degré 1 au mouvement (10 % d'accident) alors qu'en décompression d'unitaire, celui-ci ne présente pas de danger (0 % d'accident). Or, dans l'état actuel de nos tests, nous n'avons pas encore mis au point une telle décompression de saturation. Mais il existe un moyen détourné d'arriver au même résultat. En effet, sur l'ensemble de nos décompressions de saturation, ce sont les bulles apparaissant au cours de la décompression qui présentent un danger et non celles qui pourraient apparaître dans les derniers mètres. Il suffirait donc de déterminer les plongeurs ayant des bulles au mouvement (détectables au DUG) au cours de la décompression (par exemple, entre 80 et 30 mètres, pour une plongée à 150 mètres) et d'entreprendre une ACTION Préventive (respiration au moyen d'un mélange suroxygéné) pour ramener les cas d'accidents à moins de 5 %. Cette action préventive, peut être faite en 2 temps : une première prise d'oxygène 50/50 à 25 mètres ($PIO_2 = 1,7$ b) en 2 fois 30 minutes (avec un arrêt de 5 minutes) et une seconde prise d'oxygène pur à 12 mètres ($PIO_2 = 2,2$ b) également en 2 fois 30 minutes. Cette action préventive ne constitue évidemment qu'une mesure provisoire mais qui peut être rapidement mis en place sur les chantiers COMEX.

La poursuite du travail sur les tables de décompression de saturation calculées avec la méthode décrite précédemment devrait permettre dans un proche avenir de posséder une table donnant un taux d'accidents inférieur à 5 % quelle que soit la profondeur de la plongée.

CORRELATION BULLE / ACCIDENT VESTIBULAIRE

50 plongées - 139 sujets

	Degré maxi. de bulle au repos (debout)					Degré maxi. de bulles au mouvement				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Unitaires hélio	$\frac{0}{75}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{0}{0}$
Excursions hélio	$\frac{0}{52}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{46}$	$\frac{0}{4}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{2}$
TOTAL	$\frac{0}{127}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{103}$	$\frac{0}{15}$	$\frac{0}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$
%	0 %	0 %	0 %	75 %	0 %	0 %	0 %	0 %	11 %	50 %

CORRELATION BULLE / BEND TOTAL DECOMP. SAT.

degré maxi. de bulles au repos (debout)					degré maxi. de bulles au mouvement				
0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
$\frac{15}{125}$	$\frac{7}{24}$	$\frac{4}{13}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{43}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{9}{39}$	$\frac{13}{60}$	$\frac{0}{0}$
12 %	29 %	31 %	-	-	5 %	10 %	23 %	22 %	-

162 plongeurs (26 bends)