

Les Tables US-Navy 93

Jean-Claude Taymans

l'auteur décline toutes responsabilités pouvant provenir d'une éventuelle erreur ou d'un usage erroné des données de cet ouvrage.

Toute reproduction d'un extrait quelconque de cet ouvrage, par quelque procédés que ce soit, notamment par imprimerie, photocopie, microfilm est strictement interdite sans l'autorisation de l'auteur.

Tous droits de traduction, d'adaptation, et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

Bibliographie : US-Navy Diver's Manual

<i>Généralités sur les tables</i> _____	3
Eléments de calcul des tables _____	3
Définitions _____	4
Les profils de plongées _____	4
<i>Les tables US Navy 1993</i> _____	5
Généralité _____	5
<i>Les M-Values de Workman</i> _____	5
<i>Paramètres</i> _____	6
Utilisation des tables _____	6
<i>Plongée unitaire</i> _____	6
La table nous donne un palier à 6m de 8 minutes et un palier de 26 minutes à 3m _____	7
Conditions et plongées exceptionnelles _____	7
<i>Plongée avec effort ou essoufflement.</i> _____	7
<i>Plongée dans des eaux froides.</i> _____	8
<i>Plongées consécutives.</i> _____	8
<i>Plongée en mer agitée.</i> _____	8
<i>Prolongation du temps de palier.</i> _____	8
<i>Inhalation d'oxygène pur en surface.</i> _____	9
Règles de réimmersions et voyage en avion. _____	9
<i>Interruption de paliers</i> _____	9
<i>Remontée trop rapide</i> _____	10
<i>Paliers de défatigation ou de sécurité.</i> _____	10
<i>Voyages en avion.</i> _____	10
<i>Réimmersion curative</i> _____	10
Adaptation des tables. _____	11
<i>Mélanges aux proportions O2/N2 modifiés.</i> _____	11
<i>Plongée en Altitude</i> _____	11
Exemple 14 nous sortons d'une plongée en ayant un indice de saturation H pour monter à une altitude de 2000m il nous faudra attendre au minimum 8 heures 5 minutes _____	13
<i>Tableau des remontées sans palier (Tableau #01)</i> _____	13
<i>Tableau des remontées avec paliers (Tableau #02)</i> _____	14
<i>Tableau des indices de saturation (Tableau #03)</i> _____	19

Généralités sur les tables

Comme nous l'avons vu au cours de physique, le calcul des tables est basé sur la loi d'Henri. En 1907 le physiologiste J-S Haldane a démontré que le corps humain pouvait être considéré comme un ensemble de tissus différents et réunis. Le principe du modèle de Haldane, avec des améliorations, est toujours utilisé pour calculer la plupart des tables. On définit un « tissu » comme l'ensemble des parties de l'organisme ayant la même période et la période comme étant le temps qu'il faut à ce tissu pour atteindre la mi-saturation. La sursaturation critique (SC) est la tension maximale que peut supporter un tissu sans dommage. Les tables sont élaborées à partir d'un algorithme mathématique et d'expérimentation en conditions réelles. Elles ont évolué au cours du temps et sont devenues de plus en plus fiable grâce à l'expérience accumulée. Les tables de plongées sont conçues pour être utilisées au niveau de la mer, et pour un type de gaz, généralement de l'air. Toute autre utilisation demande d'effectuer des corrections. Il en existe un grand nombre dans chaque pays. Les plus connues sont :

- les US NAVY (USA)
- MN 90 (France)
- COMEXPRO (France table de travail)
- PADI (Dérivée de l'US NAVY)
- Wheel PADI (Table multi-niveaux)
- DCIEM (Canada)
- BSAC (Britannique)
- Buhlmann (Suisse adaptée pour les plongées en altitude)

Éléments de calcul des tables

- Choix des tissus.
- Vitesse de remontée.
- Niveaux des paliers.
- Détermination du rapport de sursaturation critique (SC).

$$SC = p / P_{amb} \quad (1)$$

La tension d'azote dissoute se détermine à l'aide de la loi d'Henri et on peut en déduire t qui est le pour passer de l'état de saturation p_0 à p

$$p = p_0 + (P - p_0) \cdot (1 - e^{-kt}) \quad k = - (1/T) \ln 0,5 \quad (2)$$

$$t = (T / \ln 0,5) \cdot \ln [1 - GRP] \quad GRP = (p - p_0) / (P - p_0) \quad (3)$$

Avec:

p : tension d'azote dans les tissus **après** le changement d'état

p_0 : tension d'azote dans les tissus **avant** le changement d'état

P : Pression partielle d'azote à la profondeur de calcul

T : Période

t: Temps pour passer de l'état de saturation C à p

GRP : Gradient de pression

SC : Coefficient de sursaturation critique

P_{amb} : Pression absolue ambiante

La détermination du SC est particulière à chaque table, sa détermination tient compte des conditions de plongées, température, effort, altitude... et du degré de conservatisme que l'on veut donner à la table.

Exemple de calcul de détermination de tension au sein d'un tissu ?

$$\begin{array}{llll} \text{Profondeur : 50m} & t=30 \text{ minutes} & P_{amb}=6 \text{ bar} & P=6 \times 0,8=4,8 \text{ bar} \\ p_0=0,8 \text{ bar (tension d'azote en surface)} & & & (P-p_0)=4,8-0,8=4 \text{ bar} \end{array}$$

considérons le tissu ayant une période de 40 minutes (T=40)

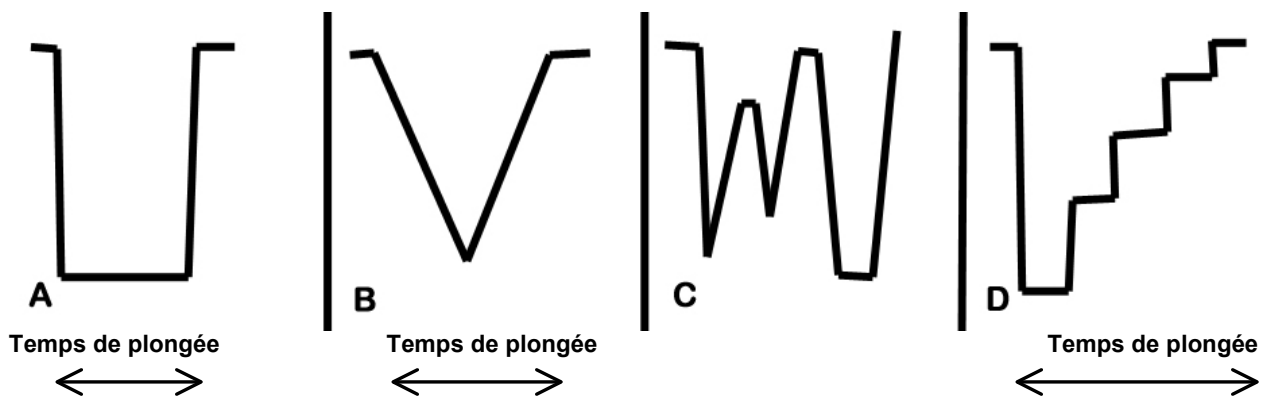
$$k = -(1/40) \ln 0,5 = 0,01733 \quad kt = 0,01733 \times 30 = 0,5199 \quad (1 - e^{-kt}) = 1 - e^{-0,5199} = 0,4054$$

$$p = p_0 + (P - p_0) \cdot (1 - e^{-kt}) = 0,8 + (4 \times 0,4054) = 2,42 \text{ bar}$$

Définitions

- Heure de départ : moment où le plongeur quitte la surface pour s'immerger.
- Durée de la plongée : temps compris entre le moment où le plongeur s'immerge et celui où il entame sa remontée jusqu'à la surface, à la vitesse prescrite. Si la vitesse est plus lente on détermine le temps de plongée au moment où le plongeur arrive à la profondeur du premier palier.
- Profondeur : profondeur maximale atteinte au cours de la plongée.
- Remontée : temps consacré pour remonter verticalement sans arrêt et à la vitesse prescrite, d'un niveau d'immersion au palier (ou surface),.
- Palier : séjour dont la durée et le niveau sont définis par la table de plongée en fonction du profil de la plongée.
- Durée totale de la remontée : temps depuis le départ du fond jusqu'à l'arrivée en surface (c'est la durée de la remontée + celle des paliers).
- Heure de sortie : moment où le plongeur fait surface. C'est l'opposé de l'heure de départ.
- Groupe de successives (groupe de sortie ou indice de sursaturation) : Lettre donnée dans la table permettant de calculer l'azote résiduel au moment de l'heure de départ de la deuxième plongée.
- Intervalle de surface : temps compris entre l'heure de sortie de la première plongée et l'heure de départ de la plongée successive
- Plongée successive : plongée dont l'intervalle qui la sépare de la précédente est compris entre 10 mn et 12h. (US Navy)
- Plongée consécutive : plongée dont l'intervalle de qui la sépare de la précédente est inférieur à 10 mn.
- Majoration : traduit l'azote résiduel en une durée à une profondeur considérée. C'est à dire, pour une profondeur déterminée, la majoration s'exprime par le temps qu'il aurait fallu passer à cette profondeur pour atteindre la tension d'azote résiduel indiqué par la table.
- Durée fictive : somme de la durée de la plongée et de la majoration dans le cas d'une plongée successive.

Les profils de plongées



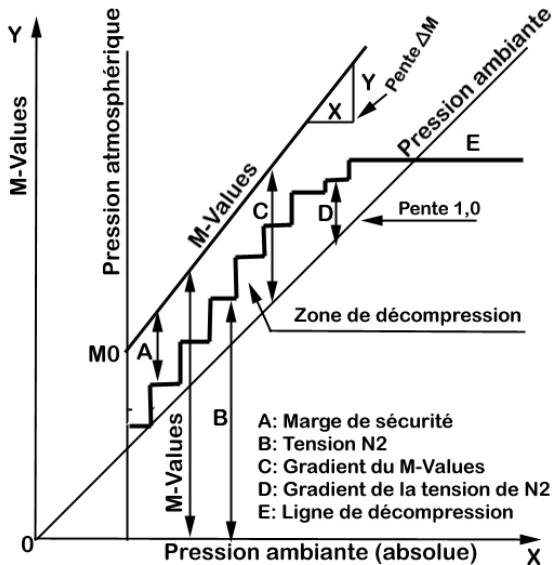
- A : Profil carré normal
B : Profil acceptable
C : Profil en dents de scie à PROSCRIRE absolument
D : Profil acceptable

Les tables US Navy 1993

Généralité

Ce sont des tables qui sont basées sur un modèle haldanien. Mais la SC n'est plus considérée comme constante pour un tissu ou compartiment donné mais variable en fonction de la profondeur suivant un modèle mathématique (équation linéaire) définies en 1965 par Robert Workman (M-Values ou moments de Workman)

Les M-Values de Workman



Le «M» de M-value signifie Maximum. Pour une pression ambiante donnée, une M-value est définie comme étant la pression maximale qu'un tissu peut supporter sans présenter de symptôme de la maladie de décompression. Les M-values représentent la limite de l'écart toléré entre la pression du gaz inerte et la pression ambiante, et ce, pour chaque tissu. En d'autres termes, les M-values sont 'des limites de surpression tolérée' Workman découvrit que la limite de surpression tolérable était fonction des périodes des compartiments ainsi que de la profondeur. Les données montrèrent que les compartiments 'courts' tolèrent un ratio de surpression plus grand que les compartiments 'longs' et que, pour tous les compartiments, les ratios diminuent avec l'accroissement de la profondeur. Aussi, au lieu d'utiliser des ratios, Workman décrivit les M-values comme étant la pression partielle maximale tolérable de gaz inerte pour chaque tissu et pour chaque profondeur. Puis il fit une projection linéaire de ses M-values comme étant une fonction de la

profondeur et il trouva que la droite était raisonnablement proche des données expérimentales

$$M = \Delta M * Prof. + M0 \quad (4) \quad PT = (P - M0) / \Delta M \quad (5)$$

Avec :

P = pression du gaz inerte (absolue) dans le compartiment

M = tension tolérée du gaz inerte (absolue) dans le compartiment hypothétique (M-values)

Prof. = pression à la profondeur lue au manomètre, mesurée à partir du niveau de la mer

PT = pression tolérée à la profondeur lue au manomètre, mesurée à partir du niveau de la mer

M0 = intersection à la profondeur zéro ; valeur de la M_value au niveau de la mer

ΔM = pente de la droite des M-values

Période du tissu en minutes	5	10	20	40	80	120	160	200	240
M0 en mCE	31,7	26,8	21,9	17,0	16,4	15,8	15,5	15,5	15,2
ΔM	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,1

Par exemple en appliquant la formule (4) la tension tolérée pour le tissu de période 40 sera de :

Profondeur en m	0	3	6	9
M-values en Bar	1,7	2,12	2,54	2,96

Pour simplifier nous avons admis que 10mCE=1bar

Si nous reprenons l'exemple de détermination de tension au sein du tissu d'une période de 40 minutes pour une plongée de 30 minutes à 50 mètres, la tension dans le tissu est de 2,42 bar sans tenir compte

de la désaturation éventuelle lors de la remontée on peut donc en comparant cette tension avec le M-values dire que pour ce tissu on peut remonter sans danger à la profondeur de 6m (2,42<2,54) mais pas à 3m (2,42>2,12) Il faut donc faire un palier à 6 mètres pour que la tension du tissu passe de 2,42 bar à 2,12 bar ce qui peut se calculer à l'aide de la relation (3)

$$t = (T / \ln 0,5) \cdot \ln [1 - \text{GRP}] \quad \text{GRP} = (p - p_0) / (P - p_0)$$

T=40 P=1,6x0,8 = 1,28 p₀=2,42 p=2,12 GRP=(2,12-2,42)/(1,28-2,42)=0,263
t = (40/ln 0,5) x ln (1-0,263) = (-40/0,693) x (-0,305) = **18 minutes**

Paramètres

- Les tissus qui rentrent en ligne de compte pour les tables sont au nombre de 6 (5,10,20,40,120 minutes) Pour des plongées profondes, de longues de durées ou successives la table tient aussi compte des tissus de période 160, 200 et 240 minutes.
- Les tables sont calculées pour une vitesse de remontée de 10 m/minutes (Min 7 et max 13 m/min)
- Les tables sont calculées pour des profondeurs de 3 à 90 mètres
- Elles ne permettent qu'une seule plongée successive et il faut prévoir une journée de repos minimum par semaine de plongée intensive.
- Elles sont établies pour des effort modérés (100 watt)
- L'altitude maximum d'utilisation est de 700m (400m max conseillé)
- Elles sont prévue pour un mélange contenant 20% d'O2 et 80% de N2

Utilisation des tables

Plongée unitaire

Exemple 01 : considérons une plongée à -38m avec un temps de plongée de 34 minutes. Nous ne trouvons pas dans les tables la profondeur de 38 m ainsi que la durée de 34 minutes nous considérons donc la profondeur immédiatement supérieure soit 39 m et le temps immédiatement supérieur soit 40 minutes (cf. tableau # 02)

130
39
↑

Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)							Total decompression time (min:sec)	Repetitive group
		70	60	50	40	30	20	10		
10		21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0	4:20	-
15	4:00								5:20	F
20	4:00								8:20	H
25	4:00								14:20	J
30	3:40								25:20	M
40	3:40								39:20	N
50	3:20					3	21	39	65:20	U
60	3:20					9	23	52	88:20	Z
70	3:20					16	24	61	105:20	Z
80	3:00				3	19	35	72	133:20	Z
90	3:00				8	19	45	80	156:20	Z

La table nous donne un palier à 6m de 10 minutes et un palier de 25 minutes à 3m l'indice de saturation pour le calcul d'une plongée successive éventuelle est N

Plongée successive

Repetitive Dive Depth (foot/meters)	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G
10 3.0	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
20 6.1	**	**	**	**	**	**	9:17	3:99	2:79	2:10
30 9.1	†	†	†	5:49	2:79	2:29	1:90	1:59	1:32	1:10
40 12.2	2:57	2:41	2:13	1:87	1:61	1:38	1:16	1:01	87	79
50 15.2	1:69	1:60	1:42	1:24	1:11	99	87	76	66	56
60 18.2	1:22	1:17	1:07	97	88	79	70	61	52	44
70 21.3	1:00	96	87	80	72	64	57	50	43	36
80 24.4	84	80	73	68	61	54	48	43	38	32
90 27.4	73	70	64	58	53	47	43	38	33	29
100 30.5	64	62	57	52	48	43	38	34	30	26
110 33.5	57	55	51	47	42	38	34	31	27	24

- On parle de plongée successive lorsque l'intervalle de surface entre les deux plongées est supérieur à 10 minutes tout en étant inférieur à 12 heures.
- En principe, dans la mesure du possible, la plongée successive est moins profonde que la première plongée.
- Si la première plongée est plus profonde que 57m il est interdit de faire une plongée successive.
- En cas d'incident à la première plongée (rupture de palier, vitesse de remontée trop rapide, essoufflement ...) il est interdit de faire une plongée successive.
- Maximum une plongée successive par 24 heures soit

maximum deux plongées par 24 heures, l'intervalle de surface après une plongée successive est de minimum 12 heures.

Exemple 02 : Après la plongée décrite dans l'exemple 01 nous envisageons une plongée successive à 32 m d'une durée de 17 minutes avec un intervalle de surface de 2hr 30minutes. Après un intervalle de 2 hr 30 l'indice de saturation (N) se réduit à (G). La profondeur de 32m n'est pas reprise la table il convient de prendre la profondeur immédiatement inférieure (conservatisme plus élevé) soit 30 m ce qui nous donne une majoration de 26 minutes. (cf. Tableau #03)

Par la suite le problème se résout comme une plongée unitaire en considérant que le temps de rentrée dans les tables est égal à la somme du temps de plongée plus la majoration.

Temps table = 17 + 26 = 43 minutes

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)					Total decompression time (min:sec)	Repetitive group
			50	40	30	20	10		
20							0	3:40	-
25		3:20					3	6:40	H
30		3:20					7	10:40	J
40		3:00				2	21	26:40	L
50		3:00				8	26	37:40	M
60		3:00				18	36	57:40	N

La table nous donne un palier à 6m de 8 minutes et un palier de 26 minutes à 3m

Conditions et plongées exceptionnelles

Les protocoles décrits dans ce chapitre ne sont valables que pour les tables US-Navy

Plongée avec effort ou essoufflement.

Lors d'une plongée avec un effort plus important que la normale ou en cas d'essoufflement (courant, ...) on adapte le temps de plongée en prenant le temps immédiatement supérieur dans la table. Cette procédure permet une plongée successive sauf en cas d'essoufflement. L'essoufflement interdit toute plongée durant 24 heures.

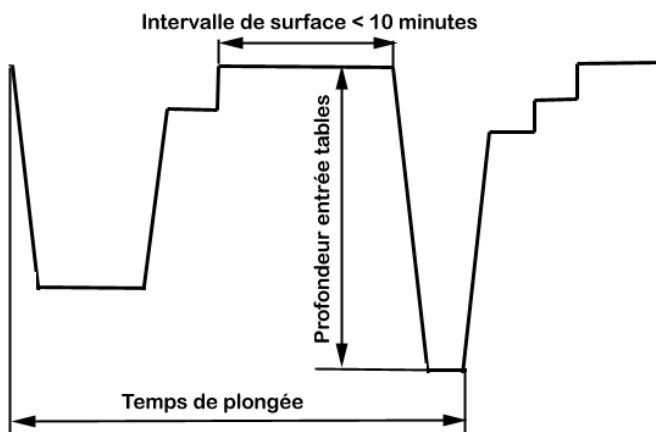
Exemple 03 : la table donne pour une plongée normale de 30 minutes à 33m un palier de 7 minutes à 3 mètres. En cas d'effort important il faut considérer un temps de 40 minutes et donc un palier de 2 minutes à 6 mètres et 21 minutes à 3 mètres.

Plongée dans des eaux froides.

Lorsque le plongeur à froid, les conditions de désaturation sont plus défavorables que celle calculée dans la conception de la table, il faut adapter le temps de plongée en prenant le temps immédiatement supérieur dans la table. Pour les plongeurs non équipés d'un costume sec il est recommandé de faire une plongée sans paliers obligatoires en appliquant à la courbe de sécurité la règle décrite ci dessus.

Exemple 04 : la table donne pour une plongée normale à 24m un temps de plongée sans palier de 40 minutes, ce temps se réduira à 35 minutes si on plonge dans une eau très froide.

Plongées consécutives.



La plongée consécutive est une deuxième plongée qui est effectuée avec moins de dix minutes d'intervalle de surface. Le temps de plongée à prendre en compte pour le calcul des paliers commence des l'immersion de la première plongée jusqu'aux moment où, pour la deuxième plongée l'on prend la décision de remonter à la vitesse prescrite. La profondeur à considérer est la profondeur maximum atteinte que se soit à la première ou à la deuxième plongée.

Cette pratique est sauf cas de force majeure absolument à proscrire.

Exemple 05 : Première plongée à 30 m durant 30 minutes puis intervalle de surface de 5 minutes et la seconde plongée à 27 mètres durant 6 minutes .

Première plongée : Temps de plongée 30 minutes, palier à 3 mètres de 3 minutes , temps de remontée 30/10 soit 3minutes, durée totale : 30+3+3 soit 36 minutes

Plongée consécutive : Temps de plongée : 36+5+6= 47 minutes à la profondeur de 27 m les paramètres d'entrée dans la table seront de 30m 47 minutes (50 minutes) soit un palier de 2 minutes à 6 m et 24m à 3m

Plongée en mer agitée.

Il faut faire les paliers normalement y compris le palier de 6 mètres. Le palier de 3m peut se faire à 6 mètres en doublant le temps donné par les tables. Pour le calcul d'une plongée successive il convient de prendre l'indice alphabétique de saturation immédiatement supérieur à celui donné par les tables.

Dans une mer agitée il est conseillé de plonger dans la courbe de sécurité.

Exemple 06 : plongée de 48m durant 30 minutes la table donne les paliers suivants :

9 mètres 2 minutes, 6 mètres 11 minutes, 3 mètres 25 minutes et un indice de sortie M, en cas de mer agitée il faudra faire les paliers suivants :

9 mètres 2 minutes, 6 mètres (11 +50) soit 61 minutes avec un indice de sortie N

Prolongation du temps de palier.

Il est possible de prolonger (sans danger) les paliers peu profonds (3m) de quelques minutes sans devoir modifier l'indice de saturation. Si après avoir fait les paliers on décide de faire une petite balade qui oscille généralement entre 3 et 6 m durant un temps important il faudra renforcer l'indice de sortie. On

considère que toute la plongée c'est déroulé à 9m avec un temps de plongée qui donne un indice de saturation identique à celui de la plongée réelle. Puis on ajoute le temps de la prolongation et on détermine le nouvel indice en prenant comme 9m comme profondeur.

Exemple 07 : Plongée à 54m durant 10 minutes puis palier et enfin une petite « ballade » de 45 minutes dans la zone des 6mètres.

La table nous donne pour cette plongée 3 minutes de palier à 3m et un indices de sortie F, si toute la plongée avait été faite à 9m nous aurions du plonger durant 95 minutes pour avoir cet indice de saturation.

Le nouveau temps de rentrée dans la table à 9m sera de 95+45 =140 minutes soit l'indice de saturation renforcé H

Depth (feet/meters)	No-Decompression Limits (min)	Group Designation																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
10	3.0	unlimited	60	120	210	300	797												
15	4.6	unlimited	35	70	110	160	225	350	452										
20	6.1	unlimited	25	50	75	100	135	180	240	325	390	917	*						
25	7.6	595	20	35	55	75	100	135	160	195	245	315	361	540	595				
30	9.1	405	15	30	45	60	75	95	115	145	170	205	250	310	344	405			
35	10.7	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310		

Inhalation d'oxygène pur en surface.

Il est possible de diminuer l'indice de saturation en surface en respirant de l'oxygène pur au travers d'un masque qui délivre 100% d'O2. **Cette procédure n'est pas sans danger (hyperoxie) et ne doit être utilisée que dans des cas d'extrême urgence** par exemple pour un retour impératif et urgent en avion. La table ci-dessous donne a durée d'inhalation d'O2 à 100% pour être lavé de l'azote, les valeurs sont arrondies au 5 minutes supérieures. Si la durée totale d'inhalation dépasse une heure il convient d'arrêter de respirer de l'O2 pur 10 minutes toutes les heures.

S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
min	15	30	40	50	60	70	75	85	90	100	105	110	115	120	130	135

Exemple 08 : Après une plongée nous sortons de l'eau avec un indice de saturation H nous désirons prendre un avion dont la cabine est pressurisée à une altitude de 8000 pieds. L'indice de saturation doit être ramené à C (cf.table) nous devons donc inhaler de l'oxygène pur durant : 85-40=45 minutes

Règles de réimmersions et voyage en avion.

Interruption de paliers

On ne fait jamais une rupture volontaire des paliers, en cas de rupture de palier il faut impérativement dans les 5 minutes redescendre au niveau du palier obligatoire le plus profond puis refaire pour le palier de 12m la durée initiale et pour les paliers de 3,6,9 mètres il faut multiplier la durée initiale par 1,5. **l'interruption de palier interdit la plongée successive et il est conseillé d'attendre au moins 24 heures avant de replonger.**

Exemple 09 plongée à 60m durant 30 minutes

Profondeur de palier (m)	12	9	6	3
Durée initiale (minutes)	2	9	22	37
Durée en cas de rupture de paliers (minutes)	2	14	33	56

Remontée trop rapide

Nous donnons ici la nouvelle et l'ancienne méthode : ces deux méthodes ont leurs partisans et leurs détracteurs dans l'état actuel de nos connaissances il nous est impossible de conseiller l'une ou l'autre méthode. **La remontée trop rapide interdit la plongée successive et il est conseillé d'attendre au moins 24 heures avant de replonger.**

Nouvelle méthode

- A) Plongée dans la courbe de sécurité, le plongeur doit être maintenu en observation durant minimum une heure, il n'y a pas lieu de procéder à une réimmersion
- B) Plongée avec paliers : appliquer les règles de l'interruption de paliers

Ancienne méthode

Dans les trois minutes redescendre à mi-profondeur, y séjourner 5 minutes et entamer une remontée normale avec les paliers nécessaires.

Exemple 10 : plongée à 30m et au bout de 25 minutes le plongeur est victime d'une remontée incontrôlée jusqu'en surface où il séjourne 3 minutes.

Le protocole sera le suivant (ancienne méthode) :

Temps de plongée	25 minutes
Temps en Surface	3 minutes
Redescente à 15m	1 minutes
Séjour à 15 m	5 minutes
Temps table	34 minutes
Paliers (30m - 40 minutes)	15 minutes à 3 m

Paliers de défatigation ou de sécurité.

Il s'agit de faire un palier qui n'est pas obligatoire par la table (plongée dans la courbe de sécurité), ce palier s'effectue à 5m avec une durée de 5minutes. Il doit être fait dans des conditions acceptables de courant, de froid en aucun cas ce palier doit être fatigant ou pénible pour le plongeur.

Voyages en avion.

Après une plongée les montées en altitude ou les voyages en avion doivent être précédés d'une période de désaturation. Pour les voyages en avion il convient d'attendre au minimum 12 heures s'il n'y a pas eu ni plongée successive ni paliers obligatoires. Dans les autres cas ils conviennent d'attendre 24 heures

Profil de la plongée	Délais de sécurité pour prendre l'avion
Plongée unitaire sans paliers	12 heures
Plongée unitaire avec paliers	24 heures
Plongée successive sans paliers	24 heures
Plongée successive avec paliers	24 heures

Réimmersion curative

Les règles de réimmersion curative préconisée par l'US-Navy (table 1a) est quasi inutilisable dans l'eau en effet il faut avoir non seulement une quantité d'air très importante mais aussi pouvoir isoler le plongeur du froid à cause de la durée très longue du traitement (+/-8 heures). Cette solution peut éventuellement être envisagée en dernier recours si l'accidenté est loin de tout centre hyperbare et que l'on dispose d'un caisson monoplace ou une cloche. Cette cloche peut être souple (style ballon) comme celle utilisée en plongée spéléo pour les longs paliers.

Paliers (mètres)	3	6	9	12	15	18	24	30
Durée (minutes)	120	60	60	30	30	30	12	30

Vitesse de descente 7,5 m/minute et Vitesse de remontée : 0,3m/minute

Adaptation des tables.

Les tables de l'US-Navy peuvent être adaptées pour des mélanges O₂/N₂ modifiés et pour l'altitude.

Mélanges aux proportions O₂/N₂ modifiés.

Ce chapitre est abordé largement dans la spécialisation « plongeur NITROX » nous nous bornerons à donner dans ce paragraphe un résumé succinct. Lorsqu'on parle des mélanges modifiés seul les proportions d'oxygène et d'azote peuvent être modifiées il est impossible d'adapter les tables si on injecte un deuxième gaz inerte (de l'hélium par exemple)

$$EAD = \frac{(1 - \%O_2/100)(Pr+10)}{0.79} - 10 \quad (5)$$

Le principal facteur dans la détermination de la décompression est la pression partielle de l'azote (Ou encore en toute rigueur de l'ensemble des gaz neutres) dans le NITROX, l'oxygène ne joue lui aucun rôle dans cette détermination. On pourra donc utiliser les tables de la

plongée à l'air à condition qu'il y ait équivalence des pressions partielles d'azote. La profondeur équivalente (EAD) est la profondeur qui donne le même profil de décompression qu'une plongée faite à l'air pour la même durée. C'est avec cette profondeur calculée que nous utiliserons les tables. Pr étant la profondeur réelle de plongée

Exemple 11 : on désire faire une plongée à 22m avec un mélange contenant 40% d'Oxygène quelle est la profondeur à considérer pour utiliser les tables

$$(1 - 0,4)(22+10) = 19,2 \quad 19,2/0,79 = 24,3 \quad EAD = 24,3 - 10 = 14,3 \text{ m soit } :15\text{m}$$

Plongée en Altitude

En altitude, la pression atmosphérique diminue et donc la pression partielle d'azote qui est le fondement principal du calcul des tables. De ce fait, pour des profondeurs identiques en mer ou en altitude, ces pressions vont être différentes et les tables de plongées en mer ne pourront plus être utilisées sans adaptations, ces adaptations ont été étudiées par le commandant Chauvin qui préconise d'utiliser une profondeur fictive pour utiliser les tables les autres paramètres de la table, vitesse de remontée et profondeur de palier devront bien sur aussi être adaptés. La méthode simple (il considère que la hauteur théorique de l'atmosphère est de 10.000 mètres) du commandant Chauvin n'est valable que si il existe un temps d'adaptation à l'altitude de minimum 12 heures, si il n'est pas possible de respecter cette période il faut envisager la première plongée en altitude comme une plongée successive.

Méthode du commandant Chauvin.

$$\begin{aligned} PF &= PR \times \text{Coef} \\ \text{Coef} &= 10.000 / (10.000 - \text{Alt}) \\ VR &= 10 / \text{Coef} & Ppal &= Ptab / \text{Coef} \end{aligned}$$

On peut aussi déterminer le Coef à l'aide de la pression atmosphérique mesurée à l'altitude de la plongée ce qui est plus précis.

$$\text{Coef} = 1013 / Patm$$

Avec :

PF : Profondeur fictive en mètre PR : Profondeur réelle de plongée
Coef : Coefficient Alt : Altitude de la plongée en mètre
VR : vitesse de remontée
Ppal : Profondeur de palier à respecter lors de la plongée en altitude
Ptab : Profondeur de palier donnée dans les tables
Patm : Pression atmosphérique mesurée à l'altitude de plongée en millibar

Exemple 12 : on désire faire une plongée à 3000 mètre d'altitude à 39 mètres durant 17 minutes

$$\text{Coef} = 10.000 / (10.000 - 3000) = 1,43 \quad PF = 39 \times 1,43 = 56 \text{ mètres}$$

La table nous donne pour une plongée à 57m durant 20 minutes des paliers à 3,6 et 9 mètres

Les profondeurs de paliers seront respectivement de :

9/1,43=6,3 mètres 6/1,43=4,2 mètres 3/1,43= 2,1 mètres

Profondeur de palier en mètres	6,3	4,2	2,1
Durée des paliers en minutes	2	6	20

Temps d'adaptation inférieur à 12 heures.

Altitude (feet / m)	Repetitive Group
1000 / 333	A
2000 / 650	B
3000 / 1000	B
4000 / 1330	C
5000 / 1650	D
6000 / 2000	E
7000 / 2330	E
8000 / 2650	F
9000 / 3000	G
10000 / 3330	H

Il faut envisager la plongée comme une plongée successive les coefficients de saturation à considérer sont donné dans le tableau ci contre.

Exemple 13 : Dans l'exemple précédent au lieu d'attendre 12 heures nous décidons de plonger après un délai de 4 heures quelles sera la majoration à adopter dans les calculs.

Le tableau ci contre nous indique que pour une altitude de 3000 mètre le groupe de saturation à considérer est G en utilisant le tableau #3 au bout de 4 heures l'indice de saturation se réduit à C ce qui donne une majoration de 6 minutes à 57m. soit un temps table de 23 minutes (prendre 25 minutes) ce qui donne les paliers

6,3	4,2	2,1
5	11	25

Montée en altitude après une plongée au niveau de la mer.

Repetitive Group Designator	Increase in Altitude									
	333m 1000	650m 2000	1000m 3000	1330m 4000	1650m 5000	2000m 6000	2330m 7000	2650m 8000	3000m 9000	3330m 10000
A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	2:11
C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	3:06	8:26
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:09	3:28	7:33	12:52
E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:51	3:35	6:54	10:59	16:18
F	0:00	0:00	0:00	0:00	1:12	3:40	6:23	9:43	13:47	19:07
G	0:00	0:00	0:00	1:23	3:34	6:02	8:46	12:05	16:10	21:29
H	0:00	0:00	1:31	3:28	5:37	8:05	10:49	14:09	18:13	23:33
I	0:00	1:32	3:20	5:15	7:28	9:54	12:38	15:58	20:02	24:00
J	1:32	3:09	4:57	6:52	9:04	11:32	14:16	17:35	21:39	24:00
K	3:00	4:37	6:25	8:20	10:32	13:00	15:44	19:03	23:07	24:00
L	4:21	5:57	7:46	9:41	11:52	14:20	17:04	20:23	24:00	24:00
M	5:35	7:11	9:00	10:55	13:06	15:34	18:18	21:37	24:00	24:00
N	6:43	8:20	10:08	12:03	14:14	16:42	19:26	22:46	24:00	24:00
O	7:47	9:24	11:12	13:07	15:18	17:46	20:30	23:49	24:00	24:00
Z	8:17	9:54	11:42	13:37	15:49	18:17	21:01	24:00	24:00	24:00

Pour monter en altitude après une plongée au niveau de la mer l'idéal consiste bien sur à attendre au moins 24 heures mais si ce n'est pas possible pour des raisons urgentes il est possible de raccourcir ce délai en utilisant le tableau ci dessus.

Exemple 14 nous sortons d'une plongée en ayant un indice de saturation H pour monter à une altitude de 2000m il nous faudra attendre au minimum 8 heures 5 minutes

Tableau des remontées sans palier (Tableau #01)

Ce tableau donne les temps limites de plongée ainsi que les indices de sursaturation pour des plongées sans palier (No-Decompression Limits)

Depth (feet/meters)	No-Decompression Limits (min)	Group Designation															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
10	3.0	unlimited	60	120	210	300	797	*									
15	4.6	unlimited	35	70	110	160	225	350	452	*							
20	6.1	unlimited	25	50	75	100	135	180	240	325	390	917	*				
25	7.6	595	20	35	55	75	100	125	160	195	245	315	361	540	595		
30	9.1	405	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310	344	405	
35	10.7	310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310
40	12.2	200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200	
50	15.2	100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100			
60	18.2	60		10	15	20	25	30	40	50	55	60					
70	21.3	50		5	10	15	20	30	35	40	45	50					
80	24.4	40		5	10	15	20	25	30	35	40						
90	27.4	30		5	10	12	15	20	25	30							
100	30.5	25		5	7	10	15	20	22	25							
110	33.5	20			5	10	13	15	20								
120	36.6	15			5	10	12	15									
130	39.6	10			5	8	10										
140	42.7	10			5	7	10										
150	45.7	5			5												
160	48.8	5				5											
170	51.8	5					5										
180	54.8	5						5									
190	59.9	5							5								

Tableau des remontées avec paliers (Tableau #02)

Ce tableau donne les temps limites de plongée ainsi que les indices de sursaturation pour des plongées avec paliers

80
24.3

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression steps (feet/meters)					Total decompression time (min:sec)	Repetitive group
			60 15.2	40 12.1	30 9.1	20 6.0	10 3.0		
40							0	2:40	*
50	2:20						10	12:40	K
60	2:30						17	19:40	L
70	2:30						23	25:40	M
80	2:00					2	31	35:40	M
90	2:00					7	39	43:40	N
100	2:00					11	45	59:40	O
110	2:00					13	53	68:40	O
120	2:00					17	58	75:40	Z
130	2:00					19	63	83:40	Z
140	2:00					26	69	97:40	Z
150	2:00					32	77	111:40	Z

Exceptional
Exposure

180	2:00					35	85	122:40	**
240	1:40			8		52	120	180:40	**
300	1:40			29		50	160	281:40	**
480	1:40			59		107	187	355:40	**
720	1:30		17	108		142	187	456:40	**

90
28.7

30							0	3:00	*
40	2:40						7	10:00	J
50	2:40						14	21:00	L
60	2:40						25	28:00	M
70	2:30						30	40:00	M
80	2:20						13	49:00	N
90	2:20						18	69:00	O
100	2:30						21	78:00	Z
110	2:20						24	88:00	Z
120	2:20						32	103:00	Z
130	2:00			5			38	118:00	Z

100
30.4

25							0	3:20	*
30	3:00						3	6:20	I
40	3:00						15	18:20	K
50	2:40					2	24	29:20	L
60	2:40					9	28	40:20	M
70	2:40					17	39	59:20	O
80	2:40					23	48	74:20	O
90	2:20			3		23	57	86:20	Z
100	2:20			7		29	66	99:20	Z
110	2:20			10		34	72	119:20	Z
120	2:20			12		41	78	134:20	Z

Exceptional
Exposure

180	2:00		1	29		53	118	204:20	**
240	2:00		14	62		84	142	285:20	**
300	1:40	2	42	73		111	187	418:20	**
480	1:40	21	61	91		142	187	505:20	**
720	1:40	65	108	122		142	187	615:20	**

Depth
feet/meters
110
33.1

Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)					Total decompression time (min:sec)	Repetitive group	
		50	40	30	20	10			
20		15.2	12.1	9.1	6.0	3.0	0	3:40	*
25	3:20						3	6:40	H
30	3:20						7	10:40	J
40	3:00				2	21	26	26:40	L
50	3:00				8	26	36	37:40	M
60	3:00				18	36	46	57:40	N
70	2:40			1	23	46	56	75:40	O
80	2:40			7	23	57	64	90:40	Z
90	2:40			12	30	64	72	109:40	Z
100	2:40			15	37	72	80	127:40	Z

Depth
feet/meters
120
36.5

Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)							Total decompression time (min:sec)	Repetitive group	
		70	60	50	40	30	20	10			
15		21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0	0	4:00	*
20	3:40								2	6:00	H
25	3:40								8	16:00	I
30	3:40								14	18:00	J
40	3:20						5	26	26	34:00	L
50	3:20						15	31	31	58:00	N
60	3:00					2	22	46	46	73:00	O
70	3:00					9	23	55	55	91:00	O
80	3:00					15	27	63	63	109:00	Z
90	3:00					19	37	74	74	134:00	Z
100	3:00					23	45	80	80	152:00	Z

Exceptional Exposure

120	2:40				10	19	47	98	98	178:00	**
180	2:20			5	27	37	76	137	137	298:00	**
240	2:20			23	35	60	97	179	179	398:00	**
360	2:00		18	45	64	93	142	187	187	553:00	**
480	1:40	3	41	64	93	122	142	187	187	858:00	**
720	1:40	32	74	100	114	122	142	187	187	1775:00	**

Depth
feet/meters
130
39.6

10									0	4:30	*
15	4:00								1	5:30	F
20	4:00								4	8:30	H
25	4:00								10	14:30	J
30	3:40							3	18	25:30	M
40	3:40							19	26	38:30	N
50	3:20						3	21	37	65:30	O
60	3:20						9	23	52	88:30	Z
70	3:20						16	24	61	105:30	Z
80	3:00				3	19	35	72	72	133:30	Z
90	3:00				8	19	45	80	80	156:30	Z

* See No Decompression Table for repetitive groups

** Repetitive dives may not follow exceptional exposures dives

Depth
feet/meters

140
42.6

Bottom time (min)	Time final stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)									Total decompression time (min:sec)	Repetitive group	
		90	80	70	60	50	40	30	20	10			
10										0	4:40	-	
15	4:20									2	6:40	G	
20	4:20									6	10:40	I	
25	4:00									2	14	20:40	J
30	4:00									6	21	30:40	K
40	3:40								2	16	26	48:40	M
50	3:40								6	24	44	78:40	O
60	3:40								16	23	56	99:40	Z
70	3:20							4	19	32	68	127:40	Z
80	3:20							10	23	41	79	157:40	Z

Exceptional
Exposure

90	3:00					2	14	15	42	88	168:40	**
120	3:00					12	14	35	56	120	242:40	**
180	2:40				10	26	32	54	94	168	368:40	**
240	2:20			8	28	34	50	73	124	187	513:40	**
360	2:00		9	32	42	64	84	122	142	187	686:40	**
480	2:00		31	44	69	100	114	122	142	187	803:40	**
720	1:40	16	56	88	97	100	114	122	142	187	926:40	**

150
45.7

5										0	5:00	C	
10	4:40									1	6:20	E	
15	4:40									3	8:00	G	
20	4:20									2	7	14:00	H
25	4:20									4	17	26:00	K
30	4:20									8	24	37:00	L
40	4:00								5	19	33	62:00	M
50	4:00								12	23	51	91:00	O
60	3:40							3	19	26	62	115:00	Z
70	3:40							11	19	39	75	146:00	Z
80	3:20							1	17	19	50	176:00	Z

160
48.7

5										0	5:20	D	
10	5:00									1	4	6:20	F
15	4:40									1	4	10:20	H
20	4:40									3	11	19:20	J
25	4:40									7	20	32:20	K
30	4:20								2	11	25	43:20	M
40	4:20								7	23	39	74:20	N
50	4:00							2	15	23	55	101:20	Z
60	4:00							9	19	33	69	126:20	Z

Exceptional
Exposure

70	3:40					1	17	22	44	80	169:20	**
----	------	--	--	--	--	---	----	----	----	----	--------	----

* See the Decompression Table for repetitive groups
 ** Repetitive class may not follow exceptional exposure class

170
51.8

Depth feet/meters	Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression steps (feet/meters)										Total decompression time (min:sec)	Repetitive group		
			110	100	90	80	70	60	50	40	30	20			10	
			33.5	30.4	27.4	24.3	21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0			3.0	
5													0	5:40	D	
10	5:20												2	7:40	F	
15	5:00											2	5	12:40	H	
20	5:00											4	15	24:40	J	
25	4:40											2	7	37:40	L	
30	4:40											4	13	48:40	M	
40	4:20									1	10	23	45	84:40	O	
50	4:20									5	18	23	81	112:40	Z	
60	4:00									2	15	23	37	74	155:40	Z

Exceptional Exposure

70	4:00									8	17	19	51	86	188:40	**	
90	3:40									13	12	14	34	52	120	2:48:40	**
120	3:00				2	10	12	18	32	42	82	156		359:40	**		
180	2:40			4	10	22	28	34	50	78	120	187		538:40	**		
240	2:40			18	24	30	42	50	70	116	142	187		884:40	**		
300	2:20		22	34	40	52	60	88	114	122	142	187		1:378:40	**		
480	2:00	14	40	42	56	91	97	100	114	122	142	187		1010:40	**		

180
54.8

5													0	6:00	D	
10	5:40												3	9:00	F	
15	5:20											3	6	15:00	I	
20	5:00									1	5	17		29:00	J	
25	5:00									3	10	24		43:00	L	
30	5:00									6	17	27		56:00	N	
40	4:40									3	14	23	50	86:00	O	
50	4:20									2	9	19	30	95	131:00	Z
60	4:20									5	16	19	44	81	171:00	Z

190
57.9

5	5:40												0	6:20	D	
10	5:40											1	3	10:20	G	
15	5:40											6	7	17:20	I	
20	5:20											2	6	20	34:20	K
25	5:20											5	11	25	47:20	M
30	5:00									1	8	19	32	66:20	N	
40	5:00									8	14	23	55	108:20	O	

Exceptional Exposure

50	4:40									4	13	22	33	72	150:20	**
60	4:40									10	17	19	50	84	186:20	**

* See No Decompression Table for repetitive groups
 ** Repetitive dives may not follow exceptional exposure dives

Depth
feet/meters

Bottom time (min)	Time first stop (min:sec)	Decompression stops (feet/meters)										Total decompression time (min:sec)		
		130	120	110	100	90	80	70	60	50	40		30	20
		39.6	36.5	33.5	30.4	27.4	24.3	21.3	18.2	15.2	12.1	9.1	6.0	3.0

200
60.9

Exceptional Exposure

5	6:30													1	7:40
10	6:00												1	4	11:40
15	5:40											1	4	10	21:40
20	5:40											3	7	27	43:40
25	5:40											7	14	25	53:40
30	5:20										2	9	22	37	76:40
40	5:00									2	8	17	23	59	115:40
50	5:00									6	16	22	39	75	164:40
60	4:40								2	13	17	24	51	89	202:40
90	3:40					1	10	10	12	12	30	38	74	134	327:40
120	3:20				6	10	10	10	24	28	40	64	98	180	476:40
180	2:40		1	10	10	16	24	24	42	48	70	106	142	187	688:40
240	2:40		6	20	24	28	36	42	64	68	114	122	142	187	826:40
360	2:20	12	22	36	40	44	55	62	98	100	114	122	142	187	1051:40

210
64.0

Exceptional Exposure

5	6:40													1	8:00
10	6:20												2	4	13:00
15	6:00											1	5	13	26:00
20	6:00											4	10	23	44:00
25	5:40									2	7	17	27	60:00	
30	5:40									4	9	24	41	85:00	
40	5:20									4	9	19	26	63	128:00
50	5:20								1	9	17	19	45	89	178:00

220
67.0

Exceptional Exposure

5	7:00													1	8:20
10	6:40												2	5	14:20
15	6:20											2	5	16	30:20
20	6:00										1	3	11	24	46:20
25	6:00										3	8	19	33	79:20
30	5:40									1	7	10	23	47	95:20
40	5:40									6	12	22	26	68	144:20
50	5:20								3	12	17	18	51	86	194:20

230
70.1

Exceptional Exposure

5	7:20													2	9:40
10	6:20											1	2	6	16:40
15	6:20											3	6	18	34:40
20	6:20										2	5	12	26	52:40
25	6:20										4	8	22	37	78:40
30	6:00									2	8	12	23	51	103:40
40	5:40								1	7	15	22	34	74	160:40
50	5:40								5	14	16	24	51	89	206:40

Tableau des indices de saturation (Tableau #03)

Ce tableau donne en fonction de l'intervalle de surface la réduction de l'indice de sursaturation et la majoration correspondante.

Locate the diver's repetitive group designation from his previous dive along the diagonal line above the table. Read horizontally to the interval in which the diver's surface interval lies.

Next, read vertically downward to the new repetitive group designation. Continue downward in this same column to the row that represents the depth of the repetitive dive. The time given at the intersection is residual nitrogen time, in minutes, to be applied to the repetitive dive.

* Dives following surface intervals of more than 12 hours are not repetitive dives. Use actual bottom times in the Standard Air Decompression Tables to compute decompression for such dives.

** If no Residual Nitrogen Time is given, then the repetitive group does not change.

		Repetitive group at the beginning of the surface interval															
		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
Repetitive Dive Depth		New Repetitive Group Designation															
feet/meters																	
10	3.0	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
20	6.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
30	9.1	†	†	†	349	279	229	190	159	132	109	88	70	54	39	25	12
40	12.2	257	241	213	187	161	138	116	101	87	73	61	49	37	25	17	7
50	15.2	169	160	142	124	111	99	87	76	66	56	47	38	29	21	13	6
60	16.2	122	117	107	97	88	79	70	61	52	44	36	30	24	17	11	5
70	21.3	100	96	87	80	72	64	57	50	43	37	31	26	20	15	9	4
80	24.4	84	80	73	68	61	54	48	43	38	32	28	23	18	13	8	4
90	27.4	73	70	64	58	53	47	43	38	33	29	24	20	16	11	7	3
100	30.5	64	62	57	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	10	7	3
110	33.5	57	55	51	47	42	38	34	31	27	24	20	16	13	10	6	3
120	36.6	52	50	46	43	39	35	32	28	25	21	18	15	12	9	6	3
130	39.6	46	44	40	38	35	31	28	25	22	19	16	13	11	8	6	3
140	42.7	42	40	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	10	7	5	2
150	45.7	40	38	35	32	30	27	24	22	19	17	14	12	9	7	5	2
160	48.8	37	36	33	31	28	26	23	20	18	16	13	11	9	6	4	2
170	51.8	35	34	31	29	26	24	22	19	17	15	12	10	8	6	4	2
180	54.8	32	31	29	27	25	22	20	18	16	14	11	10	8	6	4	2
190	59.9	31	30	28	26	24	21	19	17	15	13	10	10	8	6	4	2