

Le NITROX

Extended Range

**Pratique de la décompression
aux mélanges sur oxygénés.**

JCT Consulting – Moby Dick Diving School

Préambule

Le but de cet ouvrage n'est pas de remplacer une formation adéquate dispensée par des instructeurs qualifiés mais de donner aux plongeurs, Divemasters et instructeurs des bases pour apprendre à gérer leurs plongées avec une décompression aux mélanges sur oxygénés.

Niveaux :

- Spécialisation plongeur NITROX ADV – Extended Range.

Prés requis pour la formation :

- Avoir au minimum 18 ans et avoir une certification N2 suivant les normes UE (EN-14153-2) ou justifier d'une expérience similaire.
- Avoir une formation Nitrox de base
- Avoir au minimum 25 plongées Nitrox en milieu naturel.
- Justifier d'un minimum de 75 plongées en milieu naturel dont un minimum de :
 - 40 plongées dans la zone des 30m
 - 15 plongées dans la zone des 40m

L'auteur décline toute responsabilité 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 procédé que ce soit, notamment par imprimerie, photocopie, microfilm ...est strictement interdite sans l'autorisation de l'auteur. Toute reproduction faite sans le consentement de l'auteur constituerait une contrefaçon sanctionnée par le code pénal .

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

Copyright © Jean-Claude Taymans - Tous droits réservés
Rue Mouzin 2 - 7390 Wasmuël

Définition	5
Matériel	5
Blocs	5
Bloc de déco ou stage	5
Détendeur de déco	5
Gilet	5
Protection contre le froid	6
Parachute	6
Reels (Dévidoir)	6
Cisailles	6
Mousquetons	7
Support de bloc de déco ou stage	7
Agencement du matériel	7
Principe généraux	7
Agencement de la bouteille de déco	7
Fixation de la bouteille de déco	7
Fixation des détendeurs	7
Procédures de décompression.	7
Calcul d'autonomie	8
Règle des tiers.	8
Détermination de la consommation.	8
Le « Run Time »	9
Les moyens de décompressions	9
Considérations sur les algorithmes non Haldanien et les paliers profonds.	9
La fenêtre oxygène	9
Les Pyles stops	9
VPM	10
RGBM	10
Les tables IANTD	10
Les ordinateurs de plongées.	11
Quelques modèles sur le marché	11
Les logiciels de décompression.	11
Le programme GAP (Gaz Absorption Program).	11
Le « What if »	16
Notions de redondance.	16
Défaut de mode commun.	16
Standards ADIP-CEDIP	17
Prérequis :	17
Prérogatives :	17
Modalités :	17
Théorie	17
Plongée en milieu naturel.	18

Définition

L' « Extended Range » (ER) consiste à faire une plongée à l'air et effectuer une décompression avec un mélange suroxygéné. Le mélange suroxygéné pouvant être soit de l'O2 soit un Nitrox dont le pourcentage d'oxygène est compris entre 36 et 80%.

Matériel

Blocs

Les plongées en ER étant généralement plus longues et plus profonde qu'en plongée loisir, un bloc de 15 litres ne suffira plus dans la plupart des cas. La préférence sera donnée à des bi-bouteilles acier de 10 ou 12 litres. Montée soit avec une vanne d'isolation (Manifold) entre les bouteilles soit comme le font les spéléos montée indépendamment. Il faut être attentif à la manière de monter la vanne d'isolation, le volant doit être tourner vers le plongeur et avoir un angle de 45° par rapport à l'horizontale, de manière à pouvoir être manipulée sous l'eau.



Bloc de déco ou stage



En plongée ER on n'utilise qu'un seul bloc de déco contenant le mélange de déco. Sa capacité est fonction des paramètres de la plongée. Généralement une capacité de 5 litres suffit largement. Pour pouvoir déposer facilement le bloc et ne pas devoir modifier son lestage à chaque changement de stage il faut que le bloc soit le plus neutre possible dans l'eau. Les blocs « Alu » conviennent très bien et ont l'avantage d'être peu sensible à la corrosion : même pas besoin de les peindre. Ce bloc et le robinet doivent être parfaitement dégraissés. Il convient de choisir un robinet à volant, pas un robinet ¼ de tour qui sont trop fragile et difficile à ouvrir avec des gants.

Détendeur de déco

Ils doivent être parfaitement dégraissés, facilement identifiable et le montage le plus simple possible. Inutile de monter un long flexible avec mano : un mano bouton suffit amplement, inutile de monter un tuyau pour inflateur : il ne sert absolument à rien ne pouvant pas être connecté sur un gilet ou un étanche. Le détendeur doit être facile à démonter, à dégraisser, à remonter avec un minimum de réglage. Inutile d'avoir un premier étage ultra compensé et avec un super kit anti givre on ne respire sur ce détendeur qu'à faible profondeur et de par leur fabrication les mélanges de déco sont très secs et sont de par la même intrinsèquement anti-givre. Un premier étage à piston non compensé suffit largement pour ce type de détendeur en outre leur dégraissage est facile et sûr : chemin du gaz sans variation de section, angles vifs, peu de piège à « graisse », peu de chocs moléculaires lors du passage des gaz...

Gilet



Wing OMS double vessie

Il doit avoir une capacité suffisante pour pouvoir combattre efficacement : l'écrasement de la combinaison plus le poids des gaz consommés (sur lestage en début de plongée) plus un sur lestage éventuel avec un bon coefficient de sécurité (2 à 3 : 1,5 au strict minimum). Si on considère que dans une plongée ER il n'est pas rare de consommer 4000 litres de mélange soit +/- 5 Kg de Gaz qu'une combinaison néoprène perd 40% de son épaisseur à 40m soit un poids négatif de l'ordre de 6 kg et un sur lestage de 1kg au palier il faut au minimum une capacité de gilet de 24 litres. Il doit avoir plusieurs anneaux pour permettre d'accrocher le stage et les accessoires : Cisaille, reels, parachutes... L'idéal est sont les Wings composées d'un harnais, d'une plaque dorsale et d'une bouée en forme de fer à cheval elles sont particulièrement confortables même avec des très gros scaphandre. Contrairement à une certaine philosophie « Jarodienne » je suis partisan des « bungee's » qui sont des élastiques qui racrapotent la bouée pour éviter qu'elle ne flotte lorsqu'elle est dégonflée. Si ces élastiques sont bien étudiés et montés : il est tout à fait possible de gonfler la bouée à la bouche, un matériau de bonne qualité (Cordura) n'est pas entamé par le silicone des élastiques et de même si on accroche l'élastique il suffit d'une bonne traction pour le casser.

Protection contre le froid

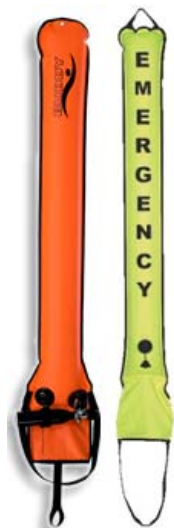
Les plongées en ER sont plus longues que les plongées loisirs il convient d'en tenir compte pour adapter la protection thermique. Sous nos latitudes au minimum une semi-étanche ou de préférence un costume sec. Le tableau ci dessous donne une idée des protections thermiques modernes pouvant être utilisés.

Température de l'eau	Moyen de protection.
14°C et plus	Semi étanche
10-14 °C	Costume sec néoprène + T shirt Costume sec toilé + souris 200 gr/m ²
8 à 10°C	Costume sec néoprène + souris 100 gr/m ² Costume sec toilé + souris 200 gr/m ²
6 à 8°C	Costume sec toilé + souris 400 gr/m ²
4 à 6°C	Costume sec toilé + souris 400 gr/m ² + gants étanches + Argon (si possible)
-1 à 6°C	Costume sec toilé + souris 400 gr/m ² + gants étanches + Argon +PCM

Autres documents à Consulter :

Costumes secs une autre manière de plonger.

Parachute



Elément indispensable à la plongée en ER : il permet non seulement de faire les paliers confortablement en pleine eau mais aussi de se signaler au bateau. Traditionnellement les plongeurs TEK utilisent deux parachutes : un rouge pour faire les paliers et un jaune pour signaler un problème (perte de gaz de déco...). Contrairement à la plongée loisir il convient d'utiliser des parachutes anti-déflation associé a un dévidoir. Les parachutes sont tirés depuis le fond et n'ont plus à la profondeur des paliers ce qui a pour avantages :

- Signalisation immédiate au bateau que la procédure de déco est entamée.
- Le parachute remonte près du bateau qui a plus facile à suivre la dérive des plongeurs.
- Remontée facilitée par un point de repère.
- Moins de risque de remontée trop vite.

Et pour désavantages

- Risque d'emmêlement plus important.
- Risque si le parachute n'est pas utilisé suivant les règles de l'art et que le dévidoir bloque de se faire entraîner rapidement vers la surface.
- Le bobinage est parfois pénible
- Plus encombrant que le système traditionnel

- Longueur de la corde doit être au moins égale à 1,3 fois la profondeur

Les parachutes les plus sophistiqués possèdent une petite bouteille d'air comprimé. Ce système permet de gonfler le parachute sans devoir passer par un détendeur ou un autre système annexe. Avant la plongée la petite bouteille est remplie sur le scaphandre.

Reels (Dévidoir)

Ce sont des moulinets qui s'apparentent aux moulinets de pêche. Ils sont constitués d'une bobine d'un cliquet qui permet de libérer / bloquer le fil d'une manivelle de rembobinage et d'un guide fil pour éviter l'emmêlement. Le fil doit être assez résistant et pas trop gros pour pouvoir avoir une longueur suffisante le 18/10 convient pratiquement à toutes les situations. Les qualités d'un bon dévidoir sont :

- Conception qui élimine les risques d'emmêlement.
- Blocage / déblocage facile même avec des gants.
- Manivelle de bonne dimension permettant un rembobinage aisé avec des gants sans se faire des crampes dans les doigts.



Reel IST

Cisailles

Indispensable pour se dégager d'un emmêlement dans le fil du dévidoir. Elles doivent être très facilement accessibles. L'idéal est d'avoir plusieurs cisailles fixées à divers endroits de manière à pouvoir s'en servir de la main gauche ou de la main droite. Les cisailles ou sécateurs achetées dans les magasins de bricolage conviennent parfaitement.

Mousquetons



Choisir des mousquetons coulissant plutôt que des mousquetons pivotants. La fermeture est plus sûre et la manipulation plus facile sous l'eau. Les mousquetons doivent être en acier inoxydable, pas en Zamac (Alliage de zinc). Le Zamac s'oxyde et devient cassant dans l'eau de mer.

Support de bloc de déco ou stage

Le principe est d'avoir deux mousquetons pivotant et coulissant aux parties supérieures et inférieures de la bouteille. Mousquetons qui seront passés respectivement dans un D ring d'une bretelle de harnais et dans un D ring de la ventrale du harnais. La sangle de portage étant un plus pour transporter le stage. Il existe des systèmes tout faits dans le commerce mais il est très facile de les fabriquer à moindre frais. Les mousquetons doivent avoir une taille suffisante que pour pouvoir être manipulés facilement sous l'eau.

Agencement du matériel

Un plongeur qui ne sait pas faire de nœuds est très aimé dans le magasin car il nourrit le patron, les employés et leurs familles, il l'est moins dans sa famille car il se ruine...

Principe généraux

- Tous les accessoires doivent être fixés
- Tous les accessoires doivent pouvoir être récupérés et rangés facilement sous l'eau seul, sans aide et en aveugle. Ce qui revient à dire que le plongeur doit savoir exactement où le matériel se trouve.
- L'aide d'un binôme pour récupérer du matériel n'est pas une option valable
- Les accessoires pouvant rester accrochés doivent être fixés d'une manière élastique. L'élastique servant de point de rupture ultime en cas de croche.

Agencement de la bouteille de déco

Sur la bouteille de déco est fixé le support de bloc de déco ainsi que deux bandes élastiques qui permettent de lover le flexible du détendeur. Le détendeur doit être fixé de manière à ne pas présenter une gêne, flexible lover de manière à pouvoir l'extraire facilement pour la déco. Lorsque la bouteille est pendue sur le harnais il faut que l'embout pointe vers haut pour éviter l'encrassement et que l'étiquette de marquage de la bouteille de déco soit lisible sans manipulation. Durant la plongée la bouteille de déco est impérativement fermée. L'ouverture de la bouteille et l'extraction du détendeur doit pouvoir se faire d'une seule main.

Fixation de la bouteille de déco

Les bouteilles de décos sont pendues par les mousquetons sur les D-Ring du harnais de manière à placer les bouteilles sous les bras. Une bouteille de déco n'est jamais fixée sur le scaphandre principal, ce n'est pas une pony. Traditionnellement si on a plus d'une bouteille de déco le mélange le plus oxygéné se trouve à droite.

Fixation des détendeurs



Le détendeur principal est équipé de préférence d'un long hose lover à l'aide d'élastique sur le scaphandre ou éventuellement lover dans les bungee's de la wing. Plus simplement il peut aussi être passé autour du cou. C'est ce détendeur que l'on présente au binôme en panne d'air. Le second étage du détendeur principal est équipé d'un mousqueton coulissant avec élastique pour que l'on puisse accrocher le détendeur à un D ring de la wing lors du passage sur le mélange de déco. Le détendeur secondaire est fixé autour du cou à l'aide d'un cordeau flexible (Tube chirurgical).

Procédures de décompression.

Il y a plusieurs méthodes pour faciliter l'exécution des paliers de décompression. Remonter en pleine eau sauf le long d'un tombant n'est pas très sécuritaire et n'est pas la meilleure manière de respecter les profondeurs de paliers de décompression. Une meilleure méthode consiste à remonter le long de la ligne d'ancre ou mieux le long d'une station de décompression spécialement mise en place. Ces deux dernières méthodes ne sont possible que si le courant n'est pas trop violent.

La station de décompression permet de faire très confortablement les paliers avant une grande sécurité il est possible de l'équiper pour faire face à un manque de gaz y compris le travel, un manque de lestage... Elle est composée d'une ou plusieurs barres de décos placés intervalle régulier sur des pendeurs lestés. Une ligne permet de rejoindre la station.

La remontée sous parachute est la méthode la plus courante dans les mers à courant. Le parachute sous reel's se lance depuis le fond la procédure est la suivante :

- Décrocher la reels et le parachute et dégonfler un peu le gilet.
- Dérouler le parachute
- Avec le détendeur de réserve souffler de l'air dans le parachute en prenant soin de ne pas risquer de se faire entraîner. Il faut donc que la reels ne soit pas accrochée au harnais, que la dragonne ne soit pas passée autour du poignet . On tient le tout éloigné du corps pour éviter les croches.
- Des que l'on ne peut plus tenir le parachute on le laisse filer jusqu'en surface en débloquent le cliquet de la reels.
- La remontée se fait en bobinant le fil en prenant le plus grand soin de maintenir le fil tendu.

Calcul d'autonomie

	Entrée/sortie		Rebroussement
1/3	4000 l	Aller: consommation 1330 l	2670 l
	Sécurité: 0 l	Retour: consommation 1330 l	Perte d'une bouteille Reste: 1335 l
1/4	4000 l	Aller: consommation 1000 l	3000 l
	Sécurité: 500 l	Retour: consommation 1000 l	Perte d'une bouteille Reste: 1500 l
1/5	4000 l	Aller: consommation 800 l	3200 l
	Sécurité: 800 l	Retour: consommation 800 l	Perte d'une bouteille Reste: 1600 l

Règle des tiers.

La fameuse règle des tiers, qui n'est valable que pour des plongées ou le retour à la surface est à tout moment possible prévoit 1/3 de la réserve de gaz pour l'aller, 1/3 pour le retour et 1/3 pour la sécurité et le palier. Cette règle simpliste est très valable pour la plongée loisir avec peu ou pas de palier est à prendre avec la plus grande prudence pour les plongées en ER ou les paliers peuvent être plus longs et ou il faut tenir compte d'une perte

éventuelle de la totalité des gaz de déco. Le dessin montre la faiblesse de la règle du 1/3 pour la plongée sous voûte. En cas de perte du gaz d'une bouteille juste au point de rebroussement il n'y a pas de réserve de gaz pour faire le chemin inverse. C'est pour cette raison que les spéléos préfèrent la règle du quart ou du cinquième. En fait la sécurité consiste à prévoir un boni de 30% sur tous les gaz utilisés suivant le calcul de consommation en tenant compte que la déco pour être faites sur le gaz de fond en cas de perte totale du gaz de déco.

Détermination de la consommation.

En moyenne un plongeur consomme 20 litres de mélange par minutes et par bar de pression absolue. Le calcul de consommation consiste à additionner la consommation pour chaque niveau.

$$\text{Cons} = \sum 20 \times \text{Pa}_n \times t_n$$

Cons : Consommation en litres

Pa_n : Pression absolue au niveau n en bar

t_n : temps passé à la pression n en minute.

Exemple pour une plongée à 48m durant 20 minutes la table IANTD donne pour une déco air 2,4,2,17 minutes de paliers respectivement à 12,9,6,3m et si on utilise du Nx75 les paliers à 6 et 3m sont de 2 et 9 minutes

	Profondeur	Pa	durée	Cons
Plongée	48	5,8	20	2320
Remontée	48 à 0	3,4	5	340
Palier air 12m	12	2,2	2	88
Palier air 9m	9	1,9	4	152
Palier air 6m	6	1,6	2	64
Palier air 3m	3	1,3	17	442
			Total	3406 litres air
Palier Nx	6	1,6	2	64
	3	1,3	9	234
			Total	298 litres Nx

Ce qui signifie qu'en cas de perte de déco il faut au minimum 3406 litres d'air et 2900 litres si pas de perte du Nx donc au minimum il faut un 2x10 litres en mélange fond et une 2 litres de mélange Nx

Le « Run Time »

Le run time c'est une manière précise d'écrire le temps, la profondeur et les gaz utilisés tout au long de la plongée. Le "run time" doit impérativement être respecté, à la descente et à la remontée. De son suivi dépend la quantité de gaz restante. Il est bien sûr calculé en tenant compte des paliers de décompression. La base de temps indique le moment de QUITTER la profondeur.

GAP - Gas Absorption Program (1538)			
Model: RGBM b=0,45 r=1,10 p=0,95			
mode: OC			
Prof.	Temps (RT)	Gaz	PPO2
54 m	17,3 (20)	Air	1,34
27 m	1 (24)	Air	0,78
24 m	5 (29)	EAN40	1,36
15 m	1 (31)	EAN40	1,00
12 m	3 (34)	EAN40	0,88
9 m	5 (39)	EAN80	1,52
6 m	1 (40)	EAN80	1,28
3 m	5 (46)	EAN80	1,04

Dans l'exemple ci contre on effectue une plongée à -54m. Le temps de plongée est de 20 minutes les vitesses de descente et de remontée sont respectivement de 20 et 10 m/minute.

Le run time est indiqué par les chiffres entre parenthèses. Et doit se lire de la manière suivante.

Descente à l'air jusqu'à 54m, **on quitte** la profondeur de 54m au temps t=20 minutes. On remonte jusqu'à la profondeur de 27 m (+/- 3 minutes de remontée) que **l'on quitte** au temps t=24 minutes. On remonte jusqu'à 24m, passage au Nitrox 40. **On quitte** la profondeur de 24m au temps t=29. Et ainsi de suite jusqu'à la surface.

Les moyens de décompressions

Les moyens pour déterminer la décompression sont multiples. Il y a bien sûr les tables classiques mais aussi des moyens plus sophistiqués comme les ordinateurs multi-gaz ou des logiciels permettant de personnaliser la décompression en fonction du profil de plongée.

Considérations sur les algorithmes non Haldanien et les paliers profonds.

La fenêtre oxygène

La fenêtre O₂ est différence entre la PPO₂ artériel et veineux. En plongée, les techniques actuelles de décompression aux mélanges suroxygénés ou à l'oxygène s'appuient sur l'utilisation de la Fenêtre Oxygène. Le mouvement des gaz, qui va des poumons aux tissus et vice et versa, est dépendant de l'écart des pressions partielles de ces gaz. D'après les théories dynamiques de la décompression le gradient d'éliminations des gaz inertes sera d'autant plus important que la fenêtre d'O₂ est importante

Taille de la fenêtre O₂ exprimée en bars, en fonction de la PPO₂ est la suivante

PPO₂= 0,2 bar Fenêtre= 0,07 bar

PPO₂= 1,3 bar Fenêtre= 1,05 bar

PPO₂= 1,6 bar Fenêtre= 1,32 bar

Les Pyles stops

Richard Pyles qui n'était pas physiologiste mais biologiste à constater qu'en faisant des arrêts de 1 minute à certaines profondeurs il se sentait moins fatigué même pour des plongées dans la zone des 100m. Ces arrêts étaient rendus obligatoires pour éviter l'éclatement des vessies natatoires des spécimens qu'il remontait. Il a établi la règle suivante :

$$P_{sn} = ((P_s + P_{pal}) / 2)$$

avec:

P_{sn} : Profondeur du pyle stop n

P_{s(n-1)} : Profondeur du pyle stop précédent le P_{sn}

P_{pal} : profondeur du premier palier affiché par l'ordi

Pour n=1 P_{s(n-1)} = profondeur

Exemple: après une plongée à 40m le premier palier est à 6m

$$P_{s1} = (40 + 6) / 2 = 23m$$

$$P_{s2} = (23 + 6) / 2 = 15m$$

Par la suite les travaux sur les algorithmes VPM et RGBM ont démontré l'exactitude de ce que Pyles avait pressenti.

VPM

C'est une rupture importante avec les modèles Haldaniens dans la mesure où les critères limites de remontée ne s'appuient plus sur des ratio de sursaturation entre Tension des tissus et pression ambiante, mais sur des volumes gazeux tolérables par l'organisme. On ne nie plus l'existence des bulles, au contraire, on les étudie, on les quantifie et on les qualifie à travers leur rayon afin de prédire des profils de remontée plus surs et plus proches de la physiologie humaine. VPM suppose en effet que notre corps peut supporter qu'il y a un certain volume de gaz libre. Ce volume est lié au nombre de bulles excitées jusqu'à croissance pendant la décompression. Le principe de l'algorithme VPM est d'empêcher un nombre excessif de bulles de croître.

RGBM

Le RGBM est un algorithme mathématique qui prend en compte, à la fois le passage des gaz de l'état dissous à l'état libre. L'association entre les états libres/dissous et les nouvelles théories sur les microbulles grossissant à partir de micronoyaux produits par les efforts du au frottement des tissus du plongeur, les uns contre les autres. Les microbulles ne provoquent pas de symptômes perceptibles, mais elles sont néanmoins présentes et ne peuvent être détectées qu'au moyen de détection sophistiqué par effet Doppler.

Les micronoyaux gazeux se forment au contact des zones sinueuses des vaisseaux sanguins et des tissus. Ceux-ci ont tendance à s'agglomérer pour former les microbulles. A la remontée ils vont suivre la loi de Boyle-Mariotte, grossir et boucher les vaisseaux. Les microbulles présentes dans les tissus peuvent créer des complications pathologiques après la plongée. Le phénomène est plus évident dans certains cas :

- Plongée plusieurs jours de suite sans arrêt.
- Plongées successives.
- Plongée à profil inversée.

L'algorithme RGBM calculé par le docteur Bruce Wienke¹ est le premier à déterminer mathématiquement des paliers de décompression profonds, améliorant ainsi la possibilité d'élimination des microbulles. Le bienfait des paliers profonds sur la réduction du stress physiologique après plongée avait été introduit intuitivement par Richard Pyles.

Comme l'a démontré Laplace la pression dans une bulle est supérieure à la pression environnante, est inversement proportionnelle au diamètre de la bulle. Si la pression du gaz dans la bulle est supérieure à la tension du tissu, les molécules de gaz vont se déplacer de la bulle vers le tissu, diminuant ainsi la taille de la bulle. Dans le cas contraire, la bulle continuera à grossir. Plus la bulle est petite, plus la différence de pression est grande entre la bulle et l'environnement extérieur. Il est évident que l'idéal est de conserver les bulles aussi petites que possible, la différence de pression entre la bulle et l'extérieur doit être la plus grande possible. La remontée doit être optimisée de façon à ce que les bulles ne deviennent pas trop grosses, pour quelle restent suffisamment petites, il faut rester plus profond plus longtemps. C'est l'origine des paliers profonds.

Les tables IANTD

IANTD a édité une série de table de déco accéléré pour des plongées air et Nx avec une déco au Nx50 ou Nx75 basée sur l'algo ZHL-16 de Buhlmann. L'utilisation est similaire aux US navy, la zone verte indique les décompressions effectuées avec du Nitrox. IANTD a édité diverses tables de plongées air + déco Nitrox ou plongée Nitrox avec déco Nitrox plus oxygéné.

(<http://www.iantd.com/Tables.html>)

IANTD AIR DECOMPRESSION TABLES WITH EAN 75% DECOMPRESSION																									
Depth m	Air						EAN 75% O ₂						R	G	M	H	F	K	L	N	O	P	Q	R	
	M	H	F	K	L	N	O	P	Q	R	M	H													F
12	150	100	70	50	40	30	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	90	60	40	30	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	60	40	30	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	40	30	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	30	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	20	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
105	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
108	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
114	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
117	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

¹ le Dr Bruce Wienke, scientifique du laboratoire de Los Alamos aux USA est l'auteur de nombreuses publications scientifiques sur des sujets liés à la plongée sous-marine. Consultant de plusieurs universités et centres de recherches, il est considéré comme un des meilleurs spécialistes mondiaux dans le domaine de la décompression.

Les ordinateurs de plongées.

Pour pouvoir être utilisé en Extended Range les ordinateurs de plongées doivent pouvoir gérer au minimum deux gaz. Il faut garder à l'esprit que ce ne sont pas des ordinateurs « grand public » et que le meilleur ordinateur que nous avons à notre disposition...C'est celui que nous avons entre nos deux oreilles ! Ce sont souvent des engins fragiles au maniement délicat et pas toujours facile à manipuler sous l'eau (Changement de gaz) surtout en eau froide. Les prix de tels engins est très élevés. Une redondance est OBLIGATOIRE au vu des risques de pannes importants. Il

Quelques modèles sur le marché



UWATEC

Type Smart TEC

Gestion de 3 Gaz Algorithme: Buhlmann ZH-L8 ADT MB PMG

<http://www.scubapro.com>



Suunto

Type Vytac DS

Gestion de 3 Gaz Algorithme: RGBM

<http://www.suunto.com/>



Delta P Technology Limited

Type VR3

Gestion de 10 Gaz Algorithme: Buhlmann ZHL 16

Logiciel Upgradable pour Trimix, et CCR

<http://www.vr3.co.uk>

Les logiciels de décompression.

Il existe de nombreux logiciel générateur de table de décompression, nous avons opter pour GAP pour les raisons suivantes.

- Facile d'utilisation et fiable
- Interface conviviale
- Comparaison sur un seul écran des modèles Buhlmann et RGBM avec possibilité d'afficher la ppo2 et le CNS
- Possibilité de générer divers run time exportable en Excel.
- Faible coût.

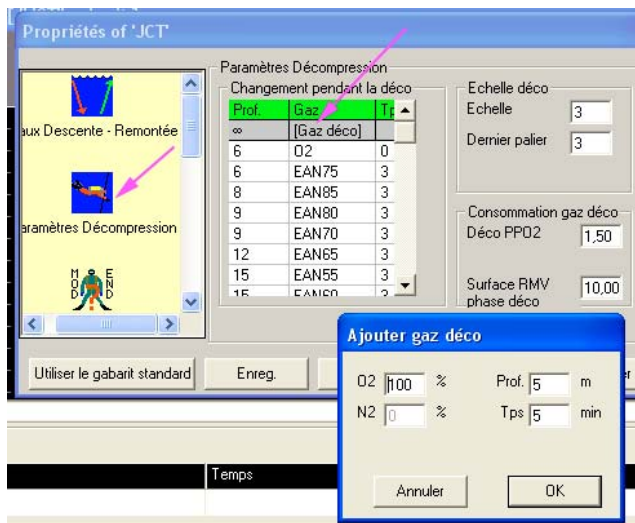
Le programme GAP (Gaz Absorption Program).

<http://www.gap-software.com/>

GAP - RGBM est un programme reconnu de décompression qui utilise simultanément le modèle révolutionnaire de décompression de RGBM de B.R. Wienke et la version du modèle de décompression d'A.A. Bühlmann ainsi que l'algorithme de palier profond développé par Erik C. Baker. La version minimale conseillée pour l'Extended Range est GAP- Recreational.

Pour Débuter avec GAP

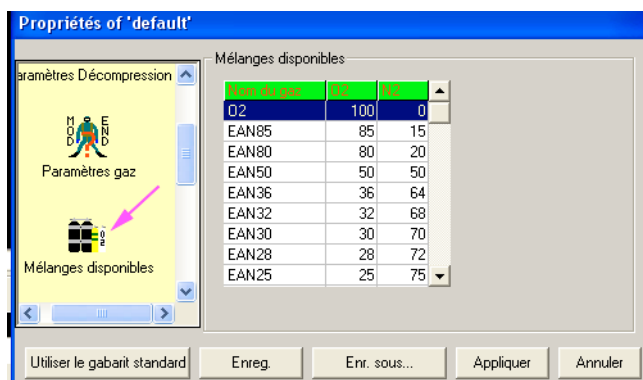
Après avoir lancer le programme et accepter les conditions la première phase consiste à créer un fichier gabarit en modifiant le fichier gabarit par défaut et en le sauvegardant sous la forme [nom].tpl ou éventuellement utiliser le fichier par défaut.



Il faut paramétrer les gaz de décompression. (Paramètres Décompression). Un clic avec le bouton de droite de la souris permet d'ajouter des gaz de décompression. Il faut remplir le cadre ajouter gaz déco. « Prof » indique la profondeur à laquelle le gaz va commencer à être utilisé et Tps la durée minimale de palier à cette profondeur.

Prof.	Gaz	Prof.	Gaz
6	O2	15	EAN60
6	EAN85	15	EAN55
9	EAN80	21	EAN50
9	EAN75	21	EAN45
9	EAN70	24	EAN40
12	EAN65	32	EAN36

L'idéal est de paramétrer Tps entre 3 et 5 minutes. Il faut veiller à ce que la PPO2 ne dépasse pas 1,6 bar, et que la « Surface RMV » soit au minimum égale à 20 lt/min. Le tableau ci dessus donne les valeurs des paramétrages usuels

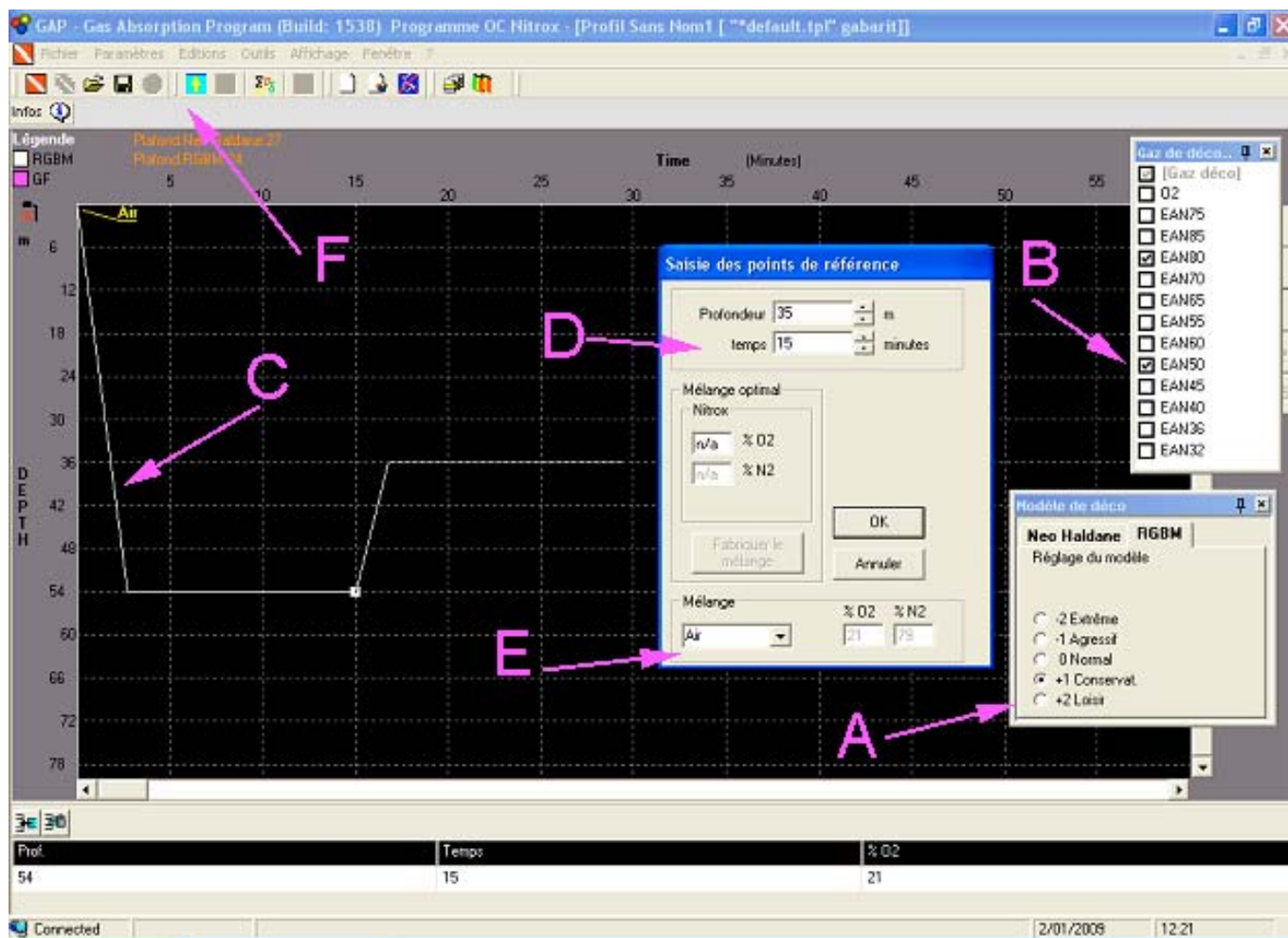


Procéder d'une manière identique pour ajouter les gaz de fond (Mélanges Disponibles). Généralement les autres paramètres peuvent être pris par défaut. Il faut vérifier que :

1. Le taux de descente et de remonter soit respectivement égal à 20 et 10 m/min (maximum).
2. Paramètre gaz : PPO2 max : 1,4 bar Consommation gaz : minimum 20 lt/min Maximum EAD : 30m
3. Les paramètres Neo-Haldanien doivent être conservés par défaut c'est à dire gradient bas 20% et gradient haut 85% . modifier ces paramètres implique que l'on modifie la taille et le nombre des micros bulles admissible dans l'organisme. C'est une opération très risquée. Le gradient bas détermine la profondeur du premier palier. Plus la valeur de ce gradient est basse et plus le premier palier sera profond. Le gradient haut donne le coefficient de sécurité. La sécurité **se réduit** lorsque la valeur de ce gradient tend vers 100%
4. Les paramètres RGBM sont à déterminer en fonction des conditions de plongée, de votre état physique... Il est fortement conseillé de ne JAMAIS descendre en dessous de « 0 »

Planifier avec GAP.

La première chose à faire dans l'onglet « Affichage » c'est activer « Afficher gaz de déco » (Ctrl + F1) et « Afficher modèle de déco » (Ctrl + F2). Ces deux champs vont vous permettre de choisir votre degré de conservatisme (A) pour le modèle RGBM et choisir vos gaz de déco (B).

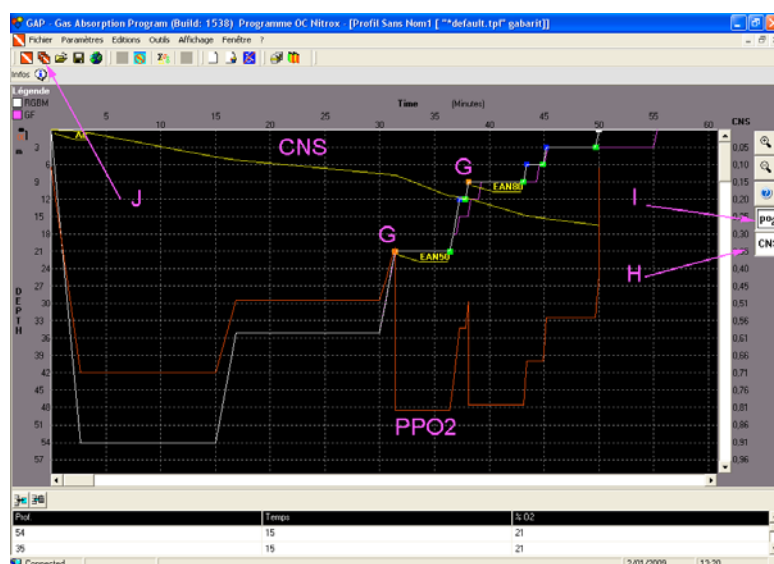


La suite est très simple : Il suffit de dessiner (C) sur la feuille de profil, le profil de la plongée. Au moment du dessin le champ « Saisie des points de référence » va s'ouvrir. Ce qui va vous permettre d'une part de corriger temps et profondeur (D) et de choisir le mélange fond (E) d'après la liste des mélanges que vous avez dans le gabarit. Pour à choisir le « best mix » de fond vous êtes aider les indications données dans le cadre « mélange optima ». Pour calculer la décompression il suffit d'appuyer sur la flèche verticale (F).

La courbe de décompression ainsi générée va vous montrer les points de changement de gaz (G). Il est possible de monter les variations de PPO2 en cliquant sur le bouton PO2 (I) ainsi que les variations de CNS (H).

Il ne reste plus qu'à imprimer le « Run Time » et le rapport de sécurité. Pour visualiser le Run time normal : il suffit d'actionner la touche « F2 » et sur « F4 » pour afficher le rapport de sécurité.

Pour calculer une plongée successive, il faut introduire l'intervalle de temps à l'aide du bouton (J). Une nouvelle feuille de profil sera automatiquement ouverte.



Run time généré par Gap

GAP - Information Plongée

Conçu pour : JCT

Page 1/1

Date de création 2/01/2009

Les informations présentées ici n'offrent aucune garantie contre un accident mortel
Les auteurs n'acceptent aucune responsabilité dans l'utilisation des informations présentées ici.

deco schedule

GAP - Gas Absorption Program (1538)

Model: RGBM $b=0,45$ $r=1,10$ $p=0,95$

mode: OC

Prof.	Temps (RT)	Gaz	PPO2
54 m	12,3 (15)	Air	1,34
35 m	13,1 (30)	Air	0,95
21 m	5 (36)	EAN50	1,55
12 m	1 (38)	EAN50	1,10
9 m	5 (43)	EAN80	1,52
6 m	2 (45)	EAN80	1,28
3 m	5 (50)	EAN80	1,04

Breathing gas	Volume
Air	3266,70 lit
EAN50	392,00 lit
EAN80	381,10 lit

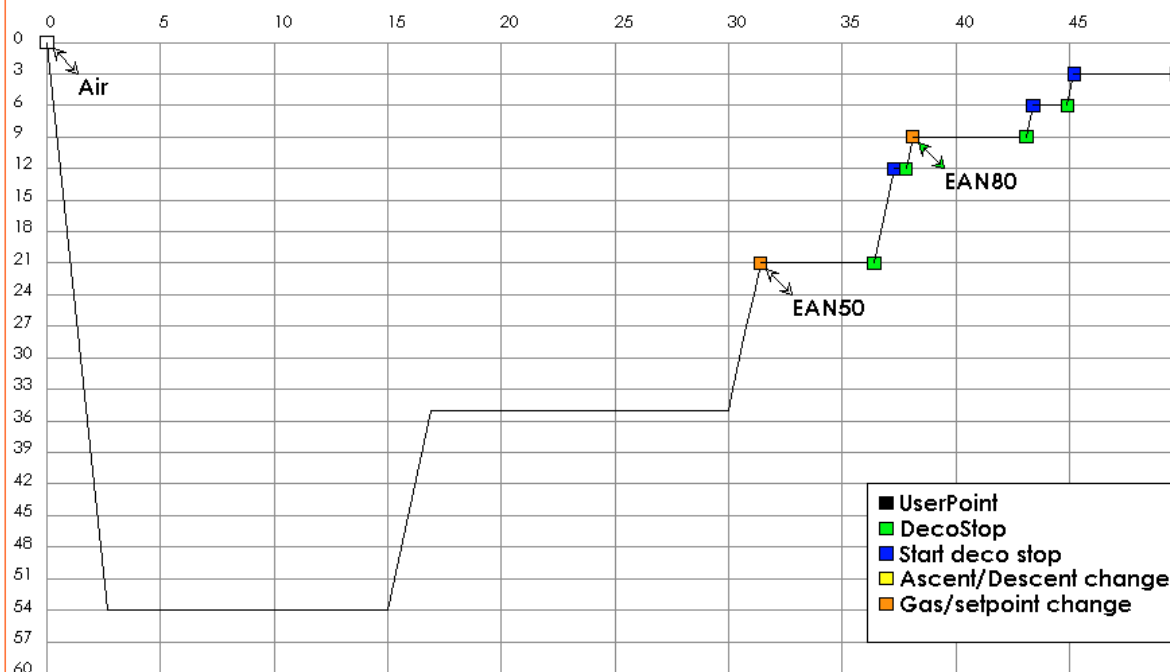
total CNS	total OTU
27,8 %	64,5

Prof Maximale	Temps Maximale
54,0 m	00:50 (= 50 min)

Po2 (B) Maximale	Po2 (D) Maximale
1,4 Bar	1,5 Bar

RMV (B) Maximale	RMV (D) Maximale
20,0 lit/min	20,0 lit/min

END Maximale
30,0 m



Le rapport de sécurité.

Le rapport de sécurité s'obtient en cliquant sur la touche « F4 ». Ce Rapport est particulièrement important car il permet d'une part de simuler ce que devient le « Run time » en cas de perte du ou des gaz de déco. D'autre il donne des indications sur le « Run time » à respecter en cas d'interruption inopinée de la plongée.

Le paramètre « Echelle de » donne la base d'incrémentation de temps pour calculer divers profil en cas d'abandon de la plongée. Par exemple si on donne à ce paramètre une valeur de « 5 », les profils seront calculés de 5 en 5 minutes. Les boutons « Echec xx » permettent de simuler des pertes de gaz. Le bouton « Echec total » permet en outre de vérifier si on a assez de mélange fond pour assurer la décompression sur ce mélange.

Ne pas perdre de vue que les consommations calculées par le programme en paramétrant les RMV fond et déco à 20 lt/min sont des consommations optimales. Pour déterminer la capacité des bouteilles il faudra multiplier par un coefficient de sécurité. Un coefficient de l'ordre de 1,5 me semble le minimum admissible.

La gestion des profils

Il faut envisager deux types de profil : les profils de base et les profils d'urgence. Les profils de base sont l'ensemble des profils ayant pour objectif de favoriser la meilleure décompression possible. Les profils d'urgence sont l'ensemble des profils ayant pour but de sortir de l'eau dans un temps limité, par exemple pour la perte du binôme.

La prudence veut qu'il faut examiner au moins 5 profils de base.

1. Un profil normal
2. Un profil plus court avec un temps fond de l'ordre de trois minutes.
3. Un profil plus long c'est à dire avec un dépassement de temps fond de l'ordre de trois minutes.
4. Un profil plus profond c'est à dire avec un dépassement de la profondeur maximale de l'ordre de trois mètres.
5. Un profil plus long et plus profond c'est à dire avec un dépassement de temps de l'ordre de trois minutes combiné avec un dépassement de profondeur de l'ordre de trois minutes.

Les profils d'urgences se calculent en diminuant le degré de conservatisme. On peut par exemple avoir le profil normal avec un conservatisme de +2 et un profil d'urgence ayant un degré de conservatisme nominal (0)

Profondeur	Degré de conservatisme					Mélange
	Conservateur		Nominal	Agressif		
	+2	+1	0	-1	-2	
54	15	15	15	15	15	Air
35	30	30	30	30	30	
21	36	36	36	36	36	NX 50
12	38	38				
9	44	43	43	43	43	NX80
6	46	45	43			
3	52	50	48	46	44	

Le « What if »

Littéralement : Que faire au cas où! Cette philosophie des plongeurs « Tec » est très facile à comprendre, moins facile à mettre en œuvre. Il s'agit de faire une liste, non exhaustive, de tous les problèmes matériels ou non que l'on puisse rencontrer en plongée. On ne plonge que si tous les points ont reçu une réponse satisfaisante. L'aide obligatoire de la part du buddy pour résoudre un problème de la liste n'est pas considérée comme une option valable et doit être rejetée. C'est cette liste qui va permettre de mettre en place un système de redondance.

Exemple non exhaustif dans le cas de plongée ER

- Que faire si mon ordinateur est en panne ?
- Que faire si je perd mon gaz de déco ?
- Que faire si je dois abandonner mon parachute rouge?
- Que faire en cas d'emmêlement dans le fil de la reels ?
- Puis je atteindre tous mon matériel en aveugle ?

Notions de redondance.

La redondance consiste à disposer plusieurs exemplaires d'équipements ayant les mêmes fonctions de base. Les solutions peuvent être mécaniques et/ou électronique. Ce système permet de réduire les risques induits par une panne mais aussi d'augmenter les performances de l'outil ou combiner les deux effets. La redondance peut être symétrique, asymétrique, évolutive ou modulaire.

- Le redondance symétrique est réalisée à l'aide de deux systèmes ayant des fonctions identiques strictement opposées dans l'espace.
- La redondance asymétrique permet de basculer d'un type d'équipement vers un autre.
- La redondance évolutive consiste en cas de panne d'isoler le mécanisme défaillant pour utiliser une autre partie du système.
- La redondance modulaire consiste à dévier une panne d'un équipement vers un autre (free flow control device).

La redondance en plongée profonde est constituée par le doublement symétrique du matériel ou des dispositifs sensibles (machines, appareils, instruments, etc.) pour un même fonction vitale; de sorte que, en cas de défaillance de l'un ou de plusieurs, la fonction vitale puisse être assurée.

Avec plusieurs appareils pour une fonction, la probabilité de défaillance simultanée sera bien inférieur à celle d'une seule machine. La probabilité de survenance d'un événement est convertie en degré de confiance ou de criticité.

Défaut de mode commun.

Le défaut de mode commun consiste à risquer de perdre plusieurs systèmes redondants à cause d'une et une seule cause extérieure.

Exemples de défauts de mode commun:

- Pas de vanne manifold sur un bi bouteille. Un défaut qui survient sur une des bouteilles risque de vider les deux bouteilles.
- Utilisation de deux ordinateurs identiques : Un bug au niveau du logiciel fait perdre la fiabilité de l'ensemble du système.

Standards ADIP-CEDIP

Prérequis :

- Avoir au moins 18 ans accompli au début de la formation.
- Être titulaire d'un diplôme 3*CEDIP, 3*CMAS, AWD + spécialité Deep Diver (RSTC), ADIP N3 ou équivalent².
- Être titulaire d'une spécialisation Nitrox de base CEDIP/ADIP, TDI, IANTD, DSAT, CMAS, PADI, NAUI, SSI ou équivalent.
- A discrétion de l'instructeur avoir au minimum 75 plongées en milieu naturel³ dont au minimum 40 plongées à 30m et 15 à 40m
- Avoir au minimum 25 plongées Nitrox en milieu naturel.

Prérogatives :

- Peut plonger avec de l'air comprimé à la profondeur maximale de 57 m (PPO2=1,4) avec un plongeur de niveau équivalent.
- Peut utiliser des mélanges Nitrox contenant plus de 40% d'oxygène
- Peut utiliser des mélanges Nitrox ou de l'oxygène pur en décompression.

Modalités :

- Au moins 8 plongées totalisant un minimum de 240 minutes de temps fond (durée des paliers non compris)
- Théorie : minimum 16 heures
- Ratio élèves/ instructeur : 6/1 pour la théorie. 2/1 pour la pratique en milieu naturel ce ratio sera réduit à 1/1 en cas de visibilité réduite. Ce ratio peut être porté à 2/1 uniquement si la visibilité le permet et avec un aidant qualifié. C'est à dire un plongeur CEDIP 4* minimum ayant la spécialité Advanced Nx - Extended Range et une expérience de minimum 200 plongées en milieu naturel.
- Profondeur : Minimum 30m et maximum 42m avec une tolérance de 5%.
- Interdiction de faire les exercices dans des zones à courant, dans un chenal de navigation, si le vent dépasse 4 Beaufort ou si la visibilité en surface est inférieure à 100m ou sous voûte.
- Les bouteilles de décompression doivent contenir soit de l'oxygène pur, soit un Nitrox à plus de 40%.
- Sur le site de plongée l'instructeur doit avoir en sa possession en plus du « matériel classique » les outils spécifiques à la formation c'est à dire : Les bouteilles de décompression (correctement remplie) avec leurs attaches. Un oxymètre, un parachute anti-déflation rouge⁴, un dévidoir avec au minimum 60m, les outils pour vérifier la décompression (ordinateur, PC + Soft, Tables), ardoises, cisailles.
- Le matériel de décompression sera préparé et entretenu suivant « les règles de l'art » d'un « service oxygène »
- L'instructeur doit avoir du gaz de décompression en suffisance pour palier à une « perte totale » de gaz de l'élève. Ce gaz doit être directement disponible conjointement pour l'élève et l'instructeur ce qui implique soit une deuxième bouteille soit un octopus sur le détendeur de décompression⁵.
- En aucun cas la PPO2 ne pourra dépasser 1,6 au palier et 1,4 sur le fond (préconisé par DAN). Le CNS ne pourra pas dépasser 75% (Directives NOAA).
- La protection thermique des plongeurs sera adaptée en fonction des conditions de plongée⁶.
- Le scaphandre doit être équipé de deux robinets et deux détendeurs séparés.
- En l'absence de table de décompression ADIP/CEDIP l'instructeur pourra, à sa discrétion, utiliser les tables NOAA, TDI, IANTD.
- En l'absence de logiciel de décompression ADIP/CEDIP l'instructeur pourra, à sa discrétion, utiliser les logiciels préconisés par TDI, IANTD, DSAT, GUE, ANDI.
- L'utilisation d'un ordinateur multi-gaz est souhaitable mais pas obligatoire.
- Quel que soit le mode de gestion de la décompression choisi, il doit faire l'objet d'une redondance.

Théorie

Module 1 : Nitrox

- Rappel des notions de physique
- Détermination du Best Mix
- Toxicité des gaz (O2, CO2, CO), hyperoxie

² Le plongeur doit être autonome dans l'espace lointain. Le degré d'autonomie est défini par la norme EN 14153 de l'UE.

³ Les fosses ne sont pas acceptables comme milieu naturel.

⁴ Il est conseillé d'avoir aussi un parachute jaune pour indiquer la demande de gaz de déco.

⁵ La deuxième bouteille est fortement conseillée

⁶ Dans nos eaux habituelles le costume étanche est plus que souhaitable.

- Calcul CNS, EAD, OTU, Réduction du CNS.
- Planification, utilisation des tables pour une plongée mono-gaz (au niveau de la mer et en altitude)

Module 2 : Physiologie

- Narcose, hypothermie, hyperthermie.
- Diffusion du N2 dans l'organisme, l'ADD, Les algorithmes de décompression (Haldane, VPM, RGBM, Modèle probabiliste)
- Les ordinateurs multi-gaz, les softwares de gestion de la décompression.

Module 3 : Fabrication du Nitrox, Préparation du matériel

- Fabrication du Nitrox (pression partielle, filtre DNAX, stick)
- Analyse des mélanges et analyseurs.
- Préparation du matériel, nettoyage, tonnelage, dégraissage
- Matériaux compatible O2

Module 4 : Matériel de plongée profonde.

- Les philosophies du DIR et du What if
- Les Scaphandres, calcul de l'autonomie.
- Montage, positionnement, utilisation, accessoires de la bouteille de déco
- Utilisation des parachutes et des dévidoirs
- Le petit matériel et les redondances

Module 5 : Procédures et planification

- Procédures de décompression, air, O2, Nitrox
- Procédures d'urgences
- Planification de plongée
- Exercices de planification

Plongée en milieu naturel.

A chaque plongée : préparation du matériel, analyse des gaz, planning et briefing

Plongée 1

- Evaluation du candidat à une profondeur de 30m (reconnaissance des signes, comportement général...)
- Faire un palier de sécurité en pleine eau

Plongée 2

- Evaluation du candidat à une profondeur de 40m (reconnaissance des signes, comportement général...)

Plongée 3 à 8

A chaque plongée : procédure de passage sur le gaz de décompression.

Les exercices suivants ne doivent pas être faits dans l'ordre indiqué

- Montrer la procédure d'isolation d'un détendeur et le passage sur le détendeur de secours
- Deux remontées sous parachute (30 et 40 m) : déployer le parachute anti-déflation, effectuer la remontée à l'aide du dévidoir, faire les paliers sous le parachute.
- Remontée jusqu'au palier sur le détendeur de secours du buddy
- Remonter un plongeur inconscient de -40 à -9m
- Paliers en pleine eau

Sur le fond : déposer et reprendre la bouteille de déco.